

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

128801

**ENTEGRE TEKSTİL PROSESLERİ İÇİN
UYGUN
BİLEŞİK ELEKTRİK ve ISI SİSTEMLERİNİN
BELİRLENMESİ**

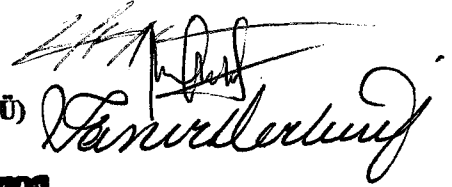
Mak. Yük. Müh. Tamer TURNA

**F.B.E. Makina Mühendisliği Anabilim Dalı Isı Proses Programında
Hazırlanan**

DOKTORA TEZİ

**Tez Savunma Tarihi
Tez Danışmanı
Jüri Üyeleri**

**: 14.Şubat.2002
: Prof. Dr. Doğan ÖZGÜR (YTÜ)
: Prof. Dr. Mahir ARIKOL (BÜ)
Prof. Dr. Taner DERBENTLİ (İTÜ)**



**TEZ YÖNETİM KURULU
DOKÜMANLARI MERKEZİ**

İSTANBUL, 2002

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
SİMGE LİSTESİ.....	i
KISALTMA LİSTESİ.....	vii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xvi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xviii
ÖNSÖZ.....	xx
ÖZET.....	xxii
ABSTRACT.....	xxiii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK TARAMASI.....	3
2.1. B.E.I.S. Teknolojisinin Endüstrideki Yeri	3
2.2. B.E.I.S. Teknolojisi Türleri	4
2.3. B.E.I.S.'de Kullanılan Yakıt Türleri	4
2.4. Temel Tanımlar	5
2.5. Bileşik Elektrik ve Isı Sisteminin Genel Yapısı.....	6
2.6. İçten Yanmalı Pistonlu Makinelerin Çevrimi	7
2.7. Gaz Otto Motoru	10
2.7.1. Yakıtın kimyasal bileşenleri ve gaz motorunda fakir yanma:	11
2.7.2. Stoikiyometrik yanma için ve gerçek yanma için gerekli minimum hava miktarı	11
2.8. Dizel Motoru	11
2.9. Seiliger Karma Çevrimi	12
2.10. Dizel - Gaz (Dual) Motoru	12
2.11. Verimler ve Tanıma Sayıları	13
2.11.1. Etkinlik	13
2.11.2. Mekanik verim	13
2.11.3. Efektif verim	13
2.11.4. Efektif özgül yakıt tüketimi.....	14
2.11.5. Efektif verimin motor yüküne bağlı değişimi	14
2.11.6. Yakıt (gaz) kalitesinin motorun çalışmasına etkisi	15
2.12. Gaz Türbini	18
2.12. Rankine Buhar Türbini.....	22
2.14. Ara Buhar Almalı Rankine Buhar Türbini Çevrimi.....	25
2.15. Kombine Gaz Türbini ve Buhar Türbini Çevrimi	26
2.16. Alternatör (Jeneratör)	28
2.16.1. Alternatör verimi	28
2.17. Atık Isı Geri Kazanımı Ekipmanları	29
2.17.1. Isı değiştiricileri.....	30
2.17.1.1. Plakalı ısı değiştiricileri (PID).....	31
2.17.1.2. Boru kovan tip ısı değiştiricileri.....	32
2.17.1.3. Egzoz gazı (atık) ısı kazanları	33
2.18. Isı Depolarının Bileşik Elektrik ve Isı Sistemlerinde Kullanımı.....	37

2.18.1.	Sürekli akışlı açık tip sulu ısı depolarının prosese bağlanma şekli	38
2.18.2.	Kapalı çevrimli sulu ısı depolarının prosese bağlanma şekli	39
2.18.3.	Isı depolarına ait konstrüksiyon özellikleri	39
2.18.3.1.	Isı deposu şekli	39
2.18.3.2.	Isı deposu su dolum biçimi.....	41
2.18.3.3.	Basınçlı ısı depoları	41
2.18.3.4.	Isı deposu hacminin hesaplanması	41
2.19.	Skoç Tip Kazanda Buhar Üretimi	42
2.20.	B.E.I. Sistemin Enerjisine Genel Bakış.....	43
2.20.1.	B.E.I.S enerji bilançosu.....	43
2.20.2.	Verim ve elektriksel tanıma sayısı	44
2.20.2.1.	Elektriksel verim (yararlanma oranı)	44
2.20.2.2.	Atık ısı verimi ve yararlanma oranı.....	45
2.20.2.3.	Elektriksel tanıma sayısı.....	45
2.20.3.	Bileşik elektrik ve ısı sistemlerinin hidromekanik bağlanma şekilleri	46
2.21.	Yatırımların Ekonomik Değerini Ölçme Yöntemleri.....	48
3.	ENTEĞRE BİR TEKSTİL FABRİKASINDAKİ ENERJİ KULLANIMINA AİT TEMEL BİLGİLER	49
3.1.	Üretim Teknolojisine Bağlı Enerji Gereksinimi	49
3.1.1.	Tekstil işletmelerindeki enerji tüketiminin bölümlere göre dağılımı	49
3.1.2.	Tekstil işletmelerinde enerji maliyetinin ekonomik önemi.....	51
3.2.1.	İplikhane bölümü.....	51
3.2.1.1.	Pamuklu iplik üretimi.....	52
3.2.2.	Dokuma bölümü.....	53
3.2.3.	Örme bölümü.....	54
3.2.4.	Terbiye bölümü	55
3.2.4.1.	Kumaşların boyama öncesi hazırlık işlemleri	55
3.2.4.2.	Kumaş boyama.....	56
3.2.4.3.	Kumaşı soğuk yıkama	57
3.2.4.4.	Kumaş baskı boya	57
3.2.4.5.	Kumaş kurutma, fikse ve buharlama.....	57
3.3.	Hali Hazırda Kullanılan Enerji Tasarrufu Yöntemleri	58
3.3.1.	Atık su toplama havuzundaki ısıнын geri kazanılması.....	59
3.4.	Tekstil Üretiminde Bileşik Elektrik, Isı (ve Soğutma) Sistemleri (B.E.I.S)	61
3.5.	Tekstil Üretiminde Isı Depolama Teknikleri.....	66
4.	B.E.I. SİSTEMLERİNİN EKONOMİK DEĞERLENDİRME MODELİ	67
4.1.	Özgül Elektrik Üretim Maliyetinin Belirlenmesi.....	67
4.1.1.	Özgül kuruluş maliyeti hesabı	68
4.1.2.	Özgül yakıt maliyeti hesabı	68
4.1.3.	Özgül işletme maliyeti hesabı	68
4.2.	Kojenerasyonda Atık Isı Geri Kazanımına Ait Özgül İşletme Maliyeti (KAIGKÖİM).....	69
4.3.	Özgül Konvansiyonel Isı Üretimi Maliyeti (ÖKIÜM).....	69
4.4.	Özgül Toplam Enerji Üretim Maliyeti (OTOPENÜM)	69
4.5.	Bugünkü net değer (Net Present Value; NPV) Hesabı	69
4.6.	İç Getiri Oranı (Internal Rate of Return; IRR) Hesabı.....	70

5.	ENTEĞRE TEKSTİL TESİSİ ve B.E.I.S.' lerin UYGULANMASI MODELİ ...	71
5.1.	Modele Ait Ürün Üretim Kapasitesi	71
5.1.1.	Üretim bölümlerine ve üretim kapasitelerine ait tanımlamalar.....	73
5.2.	Üretim Bölümlerine Ait Enerji Tüketimi Kapasitelerinin Belirlenmesi	76
5.3.	Proses Sularına Ait Verilerin Tanımlanması ve Kapasitelerin Formüllendirilmesi	77
5.4.	Atık Sıcak Su Verilerinin Tanımlanması ve Isı Geri Kazanımı Kapasitesinin Belirlenmesi.....	79
5.5.	B.E.I.S.' lerin Entegre Tekstil Prosesine Uyarlanması ait Modelleme	81
5.5.1.	Elektrik şebekesinden elektrik ve konvansiyonel buhar kazanından ısı (buhar) temini modeli.....	83
5.5.1.1.	Elektrik şebekesinden elektrik ve konvansiyonel kazandan ısı temininde NPV ve IRR hesaplarının modellemesi.....	86
5.5.2.	Gaz motoru B.E.I.S.' den enerji temini modeli.....	87
5.5.2.1.	Gaz motoru B.E.I.S.' ye ait özgül elektrik üretim maliyetinin (ÖEÜM) modellemesi.....	92
5.5.2.2.	Gaz Motoru B.E.I.S.' de NPV ve IRR hesaplarının modellemesi	93
5.5.2.3.	Ek yanmalı gaz motoru B.E.I.S.' den enerji temini modeli	95
5.5.2.4.	Ek yanmalı gaz motoru B.E.I.S.' ye ait özgül elektrik üretim maliyetinin (ÖEÜM _{EKY}) modellemesi.....	96
5.5.2.5.	Ek yanmalı gaz motoru B.E.I.S.' de NPV _{EKY} ve IRR _{EKY} hesaplarının modellemesi.....	97
5.5.3.	Gaz türbini B.E.I.S.' den enerji temini modeli.....	98
5.5.4.	Rankine buhar türbini ve konvansiyonel buhar kazanı B.E.I.S.' den enerji temini modeli.....	101
5.5.4.1.	Rankine buhar türbini B.E.I.S.' ne ait ÖEÜM, NPV ve IRR modellemesi	103
5.5.5.	Kombine gaz türbini ve rankine buhar türbini B.E.I.S.' den enerji temini modeli.....	103
5.5.5.1.	Kombine gaz türbini ve rankine buhar türbini B.E.I.S.' ye ait ÖEÜM, NPV ve IRR modellemesi	107
5.5.6.	Karşı basınçlı buhar türbini B.E.I.S.' den enerji temini modeli.....	108
5.5.6.1.	Karşı basınçlı buhar türbini B.E.I.S.' ne ait ÖEÜM, NPV ve IRR modellemesi	111
5.5.7.	Ara buhar almalı buhar türbini B.E.I.S.' den enerji temini modeli.....	112
5.5.7.1.	Ara buhar almalı buhar türbini B.E.I.S.' ne ait ÖEÜM, NPV ve IRR modellemesi	115
5.5.8.	Kombine gaz türbini ve karşı basınçlı buhar türbini B.E.I.S.' den enerji temini modeli.....	116
5.5.9.	Kombine gaz türbini ve ara buhar almalı buhar türbini B.E.I.S.' den enerji temini modeli.....	120
5.5.10.	Tüm B.E.I.S.' ler için elektriksel tanıma sayısı, elektrik, ısı ve toplam verim modelleri.....	126
6.	SAYISAL UYGULAMA.....	128
6.1.	Örnek Tekstil Fabrikasının Enerji Tüketiminin Belirlenmesi.....	128
6.2.	Konvansiyonel Yöntemlerle Elektrik Şebekesinden Elektrik ve Buhar Kazanından Isı Teminine ait Sayısal Uygulama.....	135
6.3.	Gaz Türbini B.E.I.S.' de Enerji Teminine ait Sayısal Uygulama	140

6.4.	Entegre Tekstil Fabrikasına Ait Enerji Tüketimlerini Karşılama Üzere Tasarlanan 10 Adet Farklı B.E.I. Sistem Seçenekleri için Yapılan Sayısal Uygulamaların Sonuçları.....	146
6.5.	Sayısal Uygulamalara Ait Sankey Diagramları.....	149
6.6.	Tekstil Fabrikası İçin Yapılan Sayısal Program Sonuçlarının Yorumlanması ...	152
6.6.1.	Tekstil fabrikası için elektrik şebekesinden elektrik ve konvansiyonel buhar kazanından buhar temini koşullarındaki teknik ve ekonomik uygunluk.....	152
6.6.2.	Tekstil fabrikası için gaz motoru (1) B.E.I. sisteminden enerji temini koşullarındaki teknik ve ekonomik uygunluk	153
6.6.3.	Tekstil fabrikası için gaz türbini (1) B.E.I. sisteminden enerji temini koşullarındaki teknik ve ekonomik uygunluk	153
6.6.4.	Tekstil fabrikası için gaz motoru (2) B.E.I. sisteminden enerji temini koşullarındaki teknik ve ekonomik uygunluk	154
6.6.5.	Tekstil fabrikası için gaz türbini (2) B.E.I. sisteminden enerji temini koşullarındaki teknik ve ekonomik uygunluk	155
6.6.6.	Tekstil fabrikası için rankine buhar türbini ve konvansiyonel ısı kazanından ısı temini yöntemine göre çalışan B.E.I. sisteminden enerji temini koşullarındaki teknik ve ekonomik uygunluk	156
6.6.7.	Tekstil fabrikası için kombine gaz türbini ve rankine buhar türbini ve konvansiyonel ısı kazanından ısı temini yöntemine göre çalışan B.E.I. sisteminden enerji temini koşullarındaki teknik ve ekonomik uygunluk.....	157
6.6.8.	Tekstil fabrikası için karşı basınçlı buhar türbini B.E.I. sisteminden enerji temini koşullarındaki teknik ve ekonomik uygunluk.....	158
6.6.9.	Tekstil fabrikası için ara buhar almalı buhar türbini B.E.I. sisteminden enerji temini koşullarındaki teknik ve ekonomik uygunluk.....	159
6.6.10.	Tekstil fabrikası için kombine gaz türbini ve karşı basınçlı buhar türbini B.E.I. sisteminden enerji temini koşullarındaki teknik ve ekonomik uygunluk.....	159
6.6.11.	Tekstil fabrikası için kombine gaz türbini ve ara buhar almalı buhar türbini B.E.I. sisteminden enerji temini koşullarındaki teknik ve ekonomik uygunluk.....	160
6.6.12.	Sayısal uygulamalara ait sonuçların yorumlanması	161
6.7.	Programın Orijinal Çıktıları	167
6.8.	Tekstil Fabrikasına ve B.E.I. Sistemlerine ait Önemli Parametrelerin Değişken Seçilerek Yeni Sonuçların Elde Edilmesi ve Yorumlanması.....	189
6.8.1.	Senaryo 1	189
6.8.1.1.	Senaryo 1' de baz alınan sayısal kıstaslar	190
6.8.1.2.	Senaryo 1' in yorumlanması	191
6.8.2.	Senaryo 2	193
6.8.2.1.	Senaryo 2' de baz alınan sayısal kıstaslar	194
6.8.2.2.	Senaryo 2' nin yorumlanması	195
6.8.3.	Senaryo 3	197
6.8.3.1.	Senaryo 3' de baz alınan sayısal kıstaslar	197
6.8.3.2.	Senaryo 3' ün yorumlanması.....	199
6.8.4.	Senaryo 4	201
6.8.4.1.	Senaryo 4' de baz alınan sayısal kıstaslar	201
6.8.4.2.	Senaryo 4' ün yorumlanması.....	202
6.8.5.	Senaryo 5	205
6.8.5.1.	Senaryo 5' de baz alınan sayısal kıstaslar	205
6.8.5.2.	Senaryo 5'in yorumlanması	206
7.	SONUÇLAR ve ÖNERİLER.....	210

KAYNAKLAR	213
EKLER	217
Ek1 Sayısal Uygulamaya Ait Algoritma	217
ÖZGEÇMİŞ	263



SİMGE LİSTESİ

A	Isı Transfer Yüzeyi.....	m ²
Bh	Yakıt Tüketimi.....	kg/h
cos φ	Elektrik yüküne bağlı güç faktörü	
C _p	Atık suyun özgül ısınma ısısı	kJ/kgK
C _p	Taze suyun özgül ısınma ısısı	kJ/kgK
C _p	Özgül ısınma ısısı	kJ/kgK
C _p	Suyun özgül ısınma ısısı	kJ/kgK
C _p E _{gort}	Egzost gazının ortalama özgül ısınma ısısı.....	kJ/kgK
C _p AST	Atık suyun özgül ısınma ısısı.....	kJ/kgK
C _p DSI	Suyun özgül ısınma ısısı.....	kJ/kgK
C _p msupom	Suyun pompadaki ortalama özgül ısınma ısısı.....	kJ/kgK
C _p mTEG	Egzost gazlarının ortalama özgül ısınma ısısı.....	kJ/kgK
C _p mTEGKIZBUH	Egzost gazlarının kızdırıcı ve buharlaştırıcıdaki özgül ısınma ısısı.....	kJ/kgK
C _{po}	Ortalama kızgın su ısınma ısısı.....	kJ/kgK
C _{po}	Düşük sıcaklıklı ısı kaynağının özgül ısınma ısısı	kJ/kgK
C _{pok}	Suyun kazandaki ortalama özgül ısınma ısısı	kJ/kgK
C _p ps	Permotit suyun özgül ısınma ısısı.....	kJ/kgK
C _p PS	Permotit suyun özgül ısınma ısısı.....	kJ/kgK
C _p PS1	Permotit suyun özgül ısınma ısısı.....	kJ/kgK
C _{ps}	Yüksek sıcaklıklı ısı kaynağının özgül ısınma ısısı	kJ/kgK
C _{psk}	Egzost gazının ortalama özgül ısınma ısısı	kJ/kgK
C _p TEG1	Egzost gazlarının atık ısı kazanı girişindeki özgül ısınma ısısı.....	kJ/kgK
C _p TEG2	Egzost gazlarının atık ısı kazanı çıkışındaki özgül ısınma ısısı	kJ/kgK
C _p YSI	Suyun özgül ısınma ısısı.....	kJ/kgK
C _v	Sabit hacimde özgül ısınma ısısı (kJ/kgK).....	kJ/m ³ K
D _h	Buhar Üretimi	kg/h
E	Elektriksel tanıma sayısı	
f _{emn}	Emniyet Faktörü	
f _k ast	Artık su tankı su kayıp faktörü	
f _k it	Isı transfer kaybı	
f _k öp	Ön ısıtılmış permotit devresinde kayıp su miktarı	
f _k p	Permotit tankında buharlaşan (kayıp) su miktarı	
f _k tit	Toplam ısı transfer kaybı	
h _{fg}	Gaz fazından buhar fazına geçiş entalpisi	kJ/kgK
h _{odbk}	Doymuş buharın entalpisi	kJ/kgK
h _{odsk}	Doymuş suyun entalpisi	kJ/kgK
H _u	Yakıtın Alt Isıl Değeri	kJ/kgK
i _D	Doymuş buharın entalpisi	kJ/kgK
i _o	Kazan besı suyu entalpisi	kJ/kgK
k	Isı transfer katsayısı	kW/m ² K
k	Isentropik üst	
k ₁	Buhar kazanı veriminden kaynaklanan kayıp.	%
k ₂	Tekstil ürün işleme makinalarındaki cidar kaybı.	%
k ₃	Artık sıcak sularda geri kalan kayıp ısı oranı	%
L	Yanma için gerekli olan hava miktarı	

L_{min}	Stoikyometrik yanma için gerekli olan minimum hava miktarı	kg/s
m_{AIK}	Artık ısı kazanı egzost gazı kütleselel verdisi	kg/s
m_{EG}	Egzost gazı debisi	kg/s
m_{EG}	Egzost gazı kütleselel debisi.	kg/s
$m_{Soğuk\ Su\ Giriş}$	Tekstil proses suyu kütleselel debi.	kg/s
m_{ss}	Motor soğutma suyu kütleselel debi.	kg/s
$m_{yakıt}$	Kütleselel yakıt debisi	kg/
$m_{Yakma\ Havası}$	Yanma için gerekli hava	kg/
m_1	Atık suyun kütleselel verdisi (kg/s)	kg/
m_2	Taze suyun kütleselel verdisi	kg/
m_{AST}	Yararlanılabilir atık suların toplam verdisi	kg/
m_{DSI}	DSI devresi kütleselel su verdisi	kg/s
M_{EGZOST}	Egzost gazları kütleselel debisi	kg/s
M_{YMOL}	Yakıtın mol ağırlığı	kg/s
m_o	Düşük sıcaklıklı ısı kaynağının kütleselel debisi	kg/s
m_{ok}	Suyun kütleselel verdisi	kg/s
m_{PS}	Ön ısıtılmış permotit su verdisi	kg/s
m_{PS}	Permotit suyu verdisi	kg/s
m_{PSI}	Permotit suyu kütleselel verdisi	kg/s
m_s	Yüksek sıcaklıklı ısı kaynağının kütleselel verdisi	kg/s
m_{sk}	Egzost gazının kütleselel debisi	kg/s
M_{su}	Suyun kütleselel debisi	kg/s
m_Y	Çevrime giren yakıtın debisi	kg/s
M_Y	Çevrime giren yakıtın debisi	kg/s
$M_{YAKHAVA}$	Yakma havası kütleselel debisi	kg/s
m_{YSI}	YSI devresi su verdisi	kg/s
n	Yeteri sayıda B.E.I.S. ünite adedini oluşturan katsayı	Adet
n	Motor adedi.....	Adet
N_A	Alternatör gücü.....	kW
N_E	B.E.I.S.'nin net elektrik üretim gücü	kW
N_Q	B.E.I.S.'nin net ısı üretim gücü	kW
N_Y	B.E.I.S.'nin yakıt tüketim gücü	kW
NPV_{GM}	Gaz motoruna ait NPV değeri	\$
NPV_{GT}	Gaz türbinine ait NPV değeri	\$
NPV_{KBBT}	Karşı basınçlı buhar türbinine ait NPV değeri	\$
$NPV_{KGTABABT}$	Kombine gaz türbini ve ara buhar almalı buhar türbinine ait NPV değeri	\$
$NPV_{KGTKBBT}$	Kombine gaz türbini ve ara buhar almalı buhar türbinine ait NPV değeri	\$
P	Alternatörde aktif güç	kW
P_b	Hedeflenen doymuş buhar basıncı	kW
$P_{el\ Alternatör}$	B.E.I.S.'de yer alan alternatörden elde edilen net elektriksellel güç.....	kW
$P_{el\ İş\ İhtiyaç}$	B.E.I.S de yer alan yardımcı ekipmanları elektrik tüketimi	kW
$P_{el\ Net\ Elektrik\ Üretimi}$	B.E.I.S.'den elde edilen net elektriksellel güç.	kW
$P_{emniyetli}$	Bir B.E.I.S. sisteminin emniyetli elektrik üretim gücü.....	kW
$P_{modül}$	Bir B.E.I.S. modülünün elektrik üretim gücü	kW

P_{eff}	Efektif krank mili gücü	kW
P_{el}	Elektriksel güç	kW
P_{alt}	Alternatörden aktif güç olarak alınan elektrik enerjisi	kW
$P_{el\ iç}$	BEIS'deki yardımcı yüklere ait elektrik tüketimi	kW
$P_{el\ Net}$	BEIS den elde edilen net elektrik (çıkışı)	kW
$P_{el\ Net}$	B.E.I.S'den elde edilen net elektrik (çıkışı)	kW
PE_{teo}	Tekstil prosesinin ortalama toplam teorik elektrik ihtiyacı	kW
P_i	İndike güç	kW
P_K	Karşılaştırma prosesindeki teorik güç	kW
P_{KIZC}	Su buharının kızdırıcı çıkışındaki basıncı	Bar
P_{KON}	Suyun kondenzasyon basıncı	Bar
PQ_{teo}	Tekstil prosesinin ortalama toplam teorik ısı ihtiyacı	kW
q	Özgül ısı aktarımı (kJ/kg)	kW
Q_{AIK}	Transfer olan ısı akısı	kW
Q_{EG}	Egzost gazı ısı akısı	kW
q_{fg}	Birim buharlaşma ısı akısı	kJ/kg
Q_{ID}	Transfer olan ısı	kW
$q_{öi}$	Birim ön ısınma ısı akısı	kJ/kg
q_{Toplam}	Toplam, Birim ısı akılarının toplamı	kJ/kg
$Q_{Yakıt}$	Motora giren yakıt:	kW
Q_1	Atık suların ısı gücü (kW)	kW
Q_{1KTI}	Birinci Kademe Turbo Isısı	kW
Q_2	Taze suyunun ısı değiştirgeci çıkışındaki ısı gücü	kW
Q_{2KTI}	İkinci Kademe Turbo Isısı	kW
Q_{AIK}	Egzost gazı ısı geri kazanımında kazanda transfer olan ısı ..	kW
$Q_{AIK/K}$	Egzost gazından geri kazanılamayan kayıp ısı	kW
Q_{AIKSU}	Atık ısı kazanında suya transfer olan ısı	kW
Q_{ASS}	Atık sıcak sularına ait ısı kapasitesi	kW
Q_{ASS1}	Artık ısı geri kazanımı	kW
q_{AST}	Birim ısı geri kazanım akısı (potansiyeli)	kJ/kg
Q_{AST}	Fiili ısı transfer akısı	kW
$Q_{AST'}$	Teorik ısı transfer akısı	kW
q_{buh}	Buharlaştırıcıdaki özgül ısı transferi	kJ/kg
$Q_{DSI'}$	Teorik ısı transfer akısı	kW
Q_{DSI}	Toplam DSI ısı geri kazanım ısı transfer akısı	kW
$Q_{DSI/2}$	DSI ısı geri kazanım devresine ait ısı transfer akısı	kW
$Q_{DSI+YSI}$	Motor soğutma suyu ısısı	kW
Q_{EGBUH}	Buharlaştırıcıda egzost gazlarından transfer olan ısı	kW
Q_{EGK}	Egzost gazından geri kazanılamayan kayıp ısı	kW
Q_{EGKIZ}	Kızdırıcıda egzost gazlarından transfer olan ısı	kW
$Q_{EGKIZBUH}$	Egzost gazlarının kızdırıcı ve buharlaştırıcıdaki ısı transferi	kW
q_{eko}	Ekonomiserdeki özgül ısı transferi	kJ/kg
Q_k	Genel kayıp ısılar	kW
$Q_{Kayıp}$	Genel kayıp ısı (radyasyon ve konveksiyon kayıpları)	kW
$Q_{Kayıp}$	Genel kayıp ısı (radyasyon ve konveksiyon kayıpları , sürtünme kayıpları , alternatör kayıpları)	kW
$q_{kız}$	Kızdırıcıdaki özgül ısı transferi	kJ/kg
q_{kon}	Özgül kondenzasyon ısısı	kJ/kg
Q_{Motor}	Motordan geri kazanılan tüm ısı	kW

$Q_{\text{özaıksu}}$	Atık ısı kazanında suya transfer olan özgül ısı	kJ/kg
$Q_{\text{özsuhuh}}$	Buharlaştırıcıdaki suya ait özgül ısı	kJ/kg
$Q_{\text{özsukız}}$	Kızdırıcıdaki suya ait özgül ısı	kJ/kg
Q_{pompa}	Pompalama işlemi sırasındaki özgül ısı	kJ/kg
Q_{PPS}	Hesaba giren fiili ısı geri kazanım akısı	kW
$Q_{\text{PPS}'}$	Teorik ısı transfer akısı	kW
Q_{Reel}	İplik ve kumaşlardaki ısı proses işlemi için gerekli reel ısı	kW
$Q_{\text{Skoç}}$	Skoç tip kazana ait ısı transfer akısı	kW
$Q_{\text{Skoç}}$	Kazandaki Isı Akısı	kW
Q_{SS}	Motor soğutma sularının ısısı	kW
Q_{SSI}	Motor dan geri kazanılan motor soğutma suyu ısısı	kW
Q_{SUBUH}	Buharlaştırıcıda suya transfer olan ısı	kW
Q_{SUEKO}	Ekonomizerde suya transfer olan ısı	kW
Q_{SUKIZ}	Kızdırıcıda suya transfer olan ısı	kW
Q_Y	Yakıt girdisi , birincil enerji	kW
Q_Y	At zaman diliminde tüketilen birincil enerji	kW
Q_{YSI}	Toplam YSI ısı geri kazanım ısı transfer akısı	kW
r	Sıkıştırma Oranı	
r_c	Kesme oranı	
R_m	Gaz sabitesi	kJ/kgK
S	Alternatörde görünen güç sürtünme kayıpları, alternatör kayıpları	
s	Entropi	kJ/kgK
$SBEF$	Şebekenin elektrik satış fiyatı	\$/kWh
$SEBSATF$	Şebekeye elektrik satış fiyatı	\$/kWh
T_a	Atık suyun toplama havuz sıcaklığı ve Atık suyun ısı değiştirgecine giriş sıcaklığı	°C veya K
T_b	Atık suyun ısı değiştirgecinden çıkış sıcaklığı	°C veya K
T_c	Taze suyun ısı değiştirgecine giriş sıcaklığı	°C veya K
T_d	Doyma sıcaklığı	°C veya K
T_d	Taze suyun ısı değiştirgecinden çıkış sıcaklığı	°C veya K
$T_{EGÇ}$	Egzost gazı kazan çıkış sıcaklığı	°C veya K
T_{EGG}	Egzost gazı kazan giriş sıcaklığı	°C veya K
T_{KB}	Kazan besisi suyu sıcaklığı	°C veya K
T_1	Motor soğutma suyu; ısı değiştirici giriş sıcaklığı	°C veya K
T_2	Motor soğutma suyu ; ısı değiştirici çıkış sıcaklığı	°C veya K
T_3	Tekstil proses suyu; ısı değiştirici giriş sıcaklığı	°C veya K
T_4	Tekstil proses suyu; ısı değiştirici çıkış sıcaklığı (= atık ısı kazanı giriş sic.)	°C veya K
T_5	T5, Tekstil proses suyu; atık ısı kazanı çıkış sıcaklığı (= prosese gidiş sıcaklığı)	°C veya K
T_{AST}	Plakalı eşanjör çıkış sıcaklığı	°C veya K
$T_{AST"}$	Atık suların ortalama biriken havuz sıcaklığı	°C veya K
T_{DSI}	DSI devresi eşanjör çıkış sıcaklığı	°C veya K
T_{DSF}	DSI su devresi eşanjör giriş sıcaklığı	°C veya K
$T_{EÇS}$	Motor egzost gazı atık ısı kazanı çıkış sıcaklığı	°C veya K
T_{EGBUHC}	Egzost gazlarının buharlaştırıcı çıkışındaki sıcaklığı	°C veya K
T_{EGBUHG}	Egzost gazlarının buharlaştırıcı girişindeki sıcaklığı	°C veya K
T_{EGKIZC}	Egzost gazlarının kızdırıcı çıkışındaki sıcaklığı	°C veya K
T_{EGKIZG}	Egzost gazlarının kızdırıcı girişindeki sıcaklığı	°C veya K

T_{EGS}	Motor egzost gazı çıkış sıcaklığı (=atık ısı kazanı giriş sıcaklığı).....	$^{\circ}\text{C}$ veya K
TIS	Sistemin yıllık toplam işletme süresi.....	h/Yıl
$T_{kızgın buhar}$	Kızgın buhar sıcaklığı.....	$^{\circ}\text{C}$ veya K
T_{obk}	Suyun kazan içerisindeki basınçtaki buharlaşma sıcaklığı....	$^{\circ}\text{C}$ veya K
$T_{oç}$	Düşük sıcaklıklı ısı kaynağının ısı değiştirgeci çıkış sıcaklığı	$^{\circ}\text{C}$ veya K
T_{og}	Düşük sıcaklıklı ısı kaynağının ısı değiştirgeci giriş sıcaklığı	$^{\circ}\text{C}$ veya K
T_{ogk}	Suyun kazana giriş sıcaklığı	$^{\circ}\text{C}$ veya K
$T_{PS'}$	Permotit suyu sıcaklığı	$^{\circ}\text{C}$ veya K
$T_{PS''}$	Plakalı eşanjör giriş sıcaklığı	$^{\circ}\text{C}$ veya K
$T_{PS'''}$	Plakalı eşanjör çıkış Sıcaklığı	$^{\circ}\text{C}$ veya K
$T_{PS''''}$	Ön ısıtılmış permotit tankından gelen su sıcaklığı	$^{\circ}\text{C}$ veya K
T_{PS1}	Plakalı eşanjör giriş sıcaklığı	$^{\circ}\text{C}$ veya K
$T_{sç}$	Yüksek sıcaklıklı ısı kaynağının ısı değiştirgeci çıkış sıcaklığı	$^{\circ}\text{C}$ veya K
$T_{sçk}$	Egzost gazının kazan çıkış sıcaklığı	$^{\circ}\text{C}$ veya K
T_{sg}	Yüksek sıcaklıklı ısı kaynağının ısı değiştirgeci giriş sıcaklığı	$^{\circ}\text{C}$ veya K
T_{sgk}	Egzost gazının kazan giriş sıcaklığı	$^{\circ}\text{C}$ veya K
T_{SUEKOC}	Suyun ekonomizer çıkışındaki sıcaklığı	$^{\circ}\text{C}$ veya K
T_{SUEKOG}	Suyun ekonomizer girişindeki sıcaklığı	$^{\circ}\text{C}$ veya K
$T_{ÜMPERSGS}$	Proses için tüm permotit su ihtiyacı	$^{\circ}\text{C}$ veya K
T_{YSI}	YSI devresi eşanjör çıkış sıcaklığı	$^{\circ}\text{C}$ veya K
T_{DSI}	DSI su devresi eşanjör giriş sıcaklığı	$^{\circ}\text{C}$ veya K
V	Hacim	m^3
V_{AIK}	Atık ısı kazanı verimi	%
V_{alt}	Alternatörde mekanik gücün elektrik güce dönüştürülmesi verimi	%
V_{Depo}	Su Depo Hacmi	m^3
V_m	Özgöl hacim	m^3/kg
V_S	Strok hacmi	m^3
V_{YARD}	B.E.I.S.'nin yardımcı yükler verimi; yardımcı yüklerde harcanan elektrik enerjisinden doğan kaybın ifadesi	%
$W_{net s}$	İzentropik çevrimdeki net iş	kJ/kg
W_{dbts}	Buhar türbininin düşük basınç kısmına ait iş.....	kJ/kg
W_{el}	At zaman diliminde elde edilen elektriksel iş	kW
W_k	Gaz türbini kompresöründe harcanan iş.....	kJ/kg
W_{net}	Çevrimde elde edilen net iş	kJ/kg
W_p	Pompada harcanan iş	kJ/kg
W_t	Gaz türbininde üretilen iş	kJ/kg
$W_{t reel}$	Gaz türbinine ait katalog değerlerine göre reel güç.....	kW
W_{ts}	İzentropik çevrimde türbinden elde edilen iş	kJ/kg
W_{ybts}	Buhar türbininin yüksek basınç kısmına ait iş	kJ/kg
x_{teo}	Teorik çevrimdeki kuruluk oranı	kg/kg
$\gamma_{Artık}$	Artık ısı yararlanma oranı	%
γ_{el}	Elektriksel yararlanma oranı	%
ΔT	Sıcaklık farkı	K

Δt	Isı deposunun dolun süresi	h
ΔT	Deposu öncesi ısı değıştiricideki sıcaklık farkı	K
ΔT_{EGG}	Sıcaklık farkı	K
ΔT_1	Sıcaklık farkı	K
ΔT_2	Sıcaklık farkı	K
ΔT_{AST}	Sıcaklık farkı	K
$\Delta T_{AST''}$	Isı kayıpları sonucunda sıcaklık düşümü	K
ΔT_m	Logaritmik ortalama sıcaklık	K
ΔT_{PS}	Sıcaklık farkı	K
$\Delta T_{PS''}$	Isı kayıpları sonucunda sıcaklık düşümü	K
$\Delta T_{PS1''}$	Isı kayıpları sonucunda sıcaklık düşümü	K
ΔT_{PS1}	Sıcaklık farkı	K
ΔT_{YSI}	Sıcaklık farkı	K
$\eta_{Brayton}$	Brayton gaz türbini çevriminin ısı verimi	%
η_{Diesel}	Diesel çevriminin ısı verimi	%
$\eta_{Isıl}$	Isıl verim	%
$\eta_{mekanik}$	Mekanik güç üretimi verimi	%
η_{Otto}	Otto çevriminin ısı verimi	%
$\eta_{şan}$	Buhar türbini şanzımanına ait verim	%
$\eta_{Artık}$	Artık ısı verimi	%
η_G	Etkinlik	%
η_{Gen}	Alternatör verimi	%
η_k	Kazan verimi	%
η_{mek}	Mekanik verim	%
λ	Hava fazlalık katsayısı	
ρ	Yoğunluk	kg/m ³
ρ_{su}	Suyun Yoğunluğu	kg/m ³
ρ_m	Egzost gazlarına ait ortalama yoğunluk	kg/m ³
ρ_Y	Yakıtın Yoğunluğu	kg/m ³

KISALTMA LİSTESİ

AIK	Artık Isı Kazanı , egzost gazı ısı geri kazanımı kazanı
ASSD	Atık sıcak suların debisi (kgs)
ATÜMSDDO	Atık tüm sıcak sularına ait hesaplara katılan debinin düzeltme oranı (%)
B.E.I.S.	Birleşik elektrik ve ısı sistemi
BBAKM	Birim bakım maliyeti (\$/kWh)
BDIM	Birim diğer maliyetlerin (\$)
BGTG	Birim gaz türbini gücü (kWm/Adet)
BPM	Birim personel maliyeti (\$/Kişi-Yıl)
BŞŞM	Birim eşdeğer su şartlandırma maliyeti (\$/kWh)
BSUM	Birim eşdeğer su maliyeti (\$/kWh)
BT	Buhar Türbini
BYYM	Birim yağlama yağı maliyeti (\$/kWh)
CHP	Combined heat and power
DM	Dizel motoru
DSI	Motora ait düşük sıcaklıklı ısı kaynağı (turbo soğutma suyu)
FAOR	Faiz oranı (%)
GM	Gaz motoru
GT	Gaz türbini
GTMG	Gaz türbininin mekanik gücü (kW)
GTALTEG	Gaz türbininin alternatöründen sağlanan elektririk gücü (kW)
IBPI	İplik bölümünde işlenen pamuklu iplik miktarı (kg/s)
IBSI	İplik bölümünde işlenen sentetik iplik miktarı (kg/s)
IRR	İç getiri oranı (%)
IRR	Yatırımın iç getiri oranı (%)
KAIGKÖİM	Atık ısı geri kazanımına ait özgül işletme maliyeti (\$/kWh)
KGTBT	Kombine Gaz Türbini ve Buhar Türbini
KIÜÖEM	Konvansiyonel ısı üretiminde özgül elektrik tüketimi maliyeti (\$/kWh)
KIÜÖKM	Konvansiyonel ısı üretiminde özgül kuruluş maliyeti (\$/kW)
KIÜÖPM	Konvansiyonel ısı üretiminde özgül personel maliyeti (\$/kWh)
KIÜÖŞŞM	Konvansiyonel ısı üretiminde özgül su şartlandırma maliyeti (\$/kWh)
KIÜÖSUM	Konvansiyonel ısı üretiminde özgül su maliyeti (\$/kWh)
KIÜÖYM	Konvansiyonel ısı üretiminde özgül yatırım maliyeti (\$/kW)
KM	Kuruluş maliyeti (\$)
LPG	Sıvı petrol gazı yakıtı
MP	İplik bölümünde işlenen pamuklu iplik miktarı (kg/s)
MS	İplik bölümünde işlenen sentetik iplik miktarı (kg/s)
NPV	Yatırımın net bugünkü değer cinsinden karlılığı (\$)
ÖEÜM	Özgül enerji üretim maliyeti (\$/kWh)
ÖİM	Özgül İşletme Maliyeti (\$/kWh)
ÖKIÜM	Özgül konvansiyonel ısı üretim maliyeti (\$/kWh)
ÖKM	Özgül kuruluş maliyeti (\$/kW)
ÖS	Ödeme süresi (Yıl)
ÖTOPENÜM	Özgül toplam enerji üretim maliyeti (\$/kWh)

ÖYM	Özgöl yakıt maliyeti (\$/kWh)
ÖZK	Öz Kaynak (\$)
PDDO	Pamuk ipliğinin dokuma bölümündeki üretime dağılım oranı (%)
SDDO	Sentetik ipliğinin dokuma bölümündeki üretime dağılım oranı (%)
SPSD	Sıcak permotit suyu debisi (kg/s)
SPSO	Sıcak permotit suyu oranı (%)
TM	Termik makineler
VBTS1	Buhar türbininin yüksek basınç kademesine ait izentropik verim (%)
VBTS2	Buhar türbininin düşük basınç kademesine ait izentropik verim (%)
YAFÖ	Yıllık ana para ve faiz ödeme (\$/Yıl)
YAIÜM	Yıllık atık ısı üretim maliyeti (\$/Yıl)
YEÜ	Yıllık elektrik üretimi (kWh/Yıl)
YEÜMYENİ	Yeniden hesaplanmış olan yıllık elektrik üretim maliyeti (\$/Yıl)
YF	Birim yakıt fiyatı (\$/kWh)
YSEM	Yıllık şebeke elektrik maliyeti (\$/Yıl)
YSI	Motora ait yüksek sıcaklıklı ısı kaynağı (silindir soğutma suyu) (kW)
YYM	Yıllık yakıt maliyeti (\$/Yıl)
YYT	Yıllık yakıt tüketimi (kWh/Yıl)



ALGORİTMADA KULLANILAN KISALTMALAR

ABBTEG	Ara buhar almalı buhar türbini B.E.I.S.'nin elektrik üretim gücü	kW
ABBTMG	Ara buhar almalı buhar türbini B.E.I.S.'nin mekanik gücü	kW
ADET	Adet	-
AIK	Artık Isı Kazanı , egzost gazı ısı geri kazanımı kazanı	-
ASDSD	Artık sıcak durulama sularının debisi	kg/s
ASDSKS	Artık soğuk durulama sularının karışım sıcaklığı	C
ASSD	Atık sıcak suların debisi	kg/s
ASSKS	Artık sıcak suların karışım sıcaklığı	C
ASSTEOD	Artık sıcak suların teorik debisi	kg/s
ATUMSD	Artık tüm suların debisi	kg/s
ATUMSDDO	Artık tüm suların debi düzeltme oranı	%
ATUMSKS	Artık tüm sıcak suların karışım sıcaklığı	C
ATUMSSDF	Artık tüm suların sıcaklık düzeltme faktörü	%
ATÜMSDDO.	Atık tüm sıcak sularına ait hesaplara katılan debinin düzeltme oranı	%
ATÜMSDDO	Atık tüm sıcak sularına ait hesaplara katılan debinin düzeltme oranı	%
B.E.I.S.	Birleşik elektrik ve ısı sistemi	-
BBAKM	Birim bakım maliyeti	\$/kWh
BBPM	Brüt birim personel maliyeti	\$/Kişi-Yıl
BBTG	Birim buhar türbini gücü	kW
BDIM	Birim diğer maliyetler	\$/Yıl
BKM	Birim Kuruluş Maliyeti	\$
BMGAZ	Birim egzost gazı debisi	kg/s
BPA	Birim personel adeti	Kişi/kW
BPM	Birim personel maliyeti	\$/kWh
BSG	Birim silindir gücü	kW/SS
BSSM	Birim su şartlandırma maliyeti	\$/kWh
BSSMeky	Ek yanma durumundaki birim su şartlandırma maliyeti	\$/kWh
BSUF	Birim su fiyatı	\$/ltr.
BSUG	Birim su gereksinimi	kg/kWh
BSUM	Birim eşdeğer su maliyeti	\$/kWh
BT	Buhar Türbini	-
BTBBT	Buhar türbininin birim buhar tüketimi	kg/s
BTEG	Buhar türbini B.E.I.S.'nin elektrik üretim gücü	kW
BTMG	Buhar türbininin mekanik gücü	kW
BTIZG	Buhar türbininin izentropik gücü	kW
BYT	Birim yakıt tüketimi	kW/kW
BYTm	Mekaniksel güç bazlı birim yakıt tüketimi	kW/kWm
BYYF	Birim yağlama yağı fiyatı	\$/kg
BYYM	Birim yağlama yağı maliyeti	\$/kWh
CHP	Combined heat and power	-
CPAS	Artık suların özgül ısınma ısısı	kJ/kgK
Cpmsueko	Suyun ekonomizerdeki özgül ısınma ısısı	kJ/kgK
CPmsupom	Suyun pompadaki ortalama özgül ısınma ısısı	kJ/kgK
CPmTEG	Egzost gazlarının ortalama özgül ısınma ısısı	kJ/kgK

CPmTEG	Egzost gazlarının ortalama özgül ısınma ısı	kJ/kgK
CPmTEGKIZBUH	Egzost gazlarının kızdırıcı ve buharlaştırıcıdaki özgül ısınma	kJ/kgK
CPSPS	Sıcak permotit suyunun özgül ısınma ısı	kJ/kgK
CPTEG1	Egzost gazlarının atık ısı kazanı girişindeki özgül ısınma ısı	kJ/kgK
CPTEG2	Egzost gazlarının atık ısı kazanı çıkışındaki özgül ısınma ısı	kJ/kgK
CPYSI	Yüksek sıcaklık ısı geri kazanımındaki suyun özgül ısınma	kJ/kgK
DBPBAS	Dokuma bölümünde pamuklu proses başlangıç sıcaklığı	C
DBPBEG	Dokuma bölümünde işlenen pamuklu ipliğin birim elektrik	kWh/kg
DBPBIG	Dokuma bölümünde işlenen pamuklu ipliğin birim ısı	kWh/kg
DBPBIS	Dokuma bölümünde pamuklu proses bitiş sıcaklığı	C
DBPBSG	Dokuma bölümünde pamuklu proses için gerekli olan birim	kg/kg
DBPI	Dokuma bölümünde işlenen pamuklu iplik miktarı	kg/s
DBPSG	Dokuma bölümünde pamuklu proses için gerekli olan permotit	kg/kg
DBSBAS	Dokuma bölümünde sentetik proses başlangıç sıcaklığı	C
DBSBIS	Dokuma bölümünde sentetik proses bitiş sıcaklığı	C
DBSBSG	Dokuma bölümünde sentetik proses için gerekli olan birim	kg/kg
DBSI	Dokuma bölümünde işlenen sentetik iplik miktarı	kg/s
DBSSG	Dokuma bölümünde sentetik proses için gerekli olan permotit	kg/kg
DIM	Diğer maliyetler	\$/Yıl
DM	Dizel motoru	-
DSI	Motora ait düşük sıcaklıklı ısı kaynağı (turbo soğutma suyu)	kW
DSID	Düşük sıcaklık ısısındaki su debisi	kg/s
ELVERIM	B.E.I.S.'nin elektrik üretim verimi	%
ELVERIM-Ünite	Beher B.E.I.S. ünitesinin elektrik üretim verimi	%
FAOR	Faiz oranı	%
GM	Gaz motoru	-
GT	Gaz türbini	-
GTALTEG	Gaz türbininin alternatöründe üretilen elektririk gücü	kW
GTBF	Gaz türbininin birim faktörü	Adet
GTBYT	Gaz türbininin birim yakıt tüketimi	kW/kW
GTEG	Gaz türbininin elektririk gücü	kW
GTMG	Gaz türbininin mekanik gücü	kW
HU	Yakıtın alt ısı değeri	kWh/kg
IBPBAS	İplik bölümünde pamuklu proses başlangıç sıcaklığı	C
IBPBEG	İplik bölümünde işlenen pamuklu ipliğin birim elektrik	kWh/kg
IBPBIG	İplik bölümünde işlenen pamuklu ipliğin birim ısı gereksinimi	kWh/kg
IBPBIS	İplik bölümünde pamuklu proses bitiş sıcaklığı	C
IBPBSG	İplik bölümünde pamuklu proses için gerekli olan birim permotit suyu	kg/kg
IBPI	İplik bölümünde işlenen pamuklu iplik miktarı	kg/s
IBPI	İplik bölümünde işlenen pamuklu iplik miktarı	kg/s
IBPSG	İplik bölümünde pamuklu proses için gerekli olan permotit suyu	kg/kg
IBSBAS	İplik bölümünde sentetik proses başlangıç sıcaklığı	C
IBSBIS	İplik bölümünde sentetik proses bitiş sıcaklığı	C
IBSBSG	İplik bölümünde sentetik proses için gerekli olan birim permotit suyu	kg/kg
IBSI	İplik bölümünde işlenen sentetik iplik miktarı	kg/s
IBSI	İplik bölümünde işlenen sentetik iplik miktarı	kg/s

IBSSG	İplik bölümünde sentetik proses için gerekli olan permotit suyu	kg/kg
IRR	İç getiri oranı	%
ISILVERİMreel	Reel ısı verim	%
KAIGKÖİM	Atık ısı geri kazanımına ait özgül işletme maliyeti	\$/kWh
KAZVERİM	Kazan Verimi	%
KBBTALTEG	Karşı basınçlı buhar türbini B.E.I.S.'nin alternatörüne ait elektrik üretim gücü	kW
KBBTEG	Karşı basınçlı buhar türbini B.E.I.S.'nin elektrik üretim gücü	kW
KBBTMG	Karşı basınçlı buhar türbini B.E.I.S.'nin mekanik gücü	kW
KGTBT	Kombine Gaz Türbini ve Buhar Türbini	-
KGTBTEG	Kombine gaz türbini ve buhar türbini B.E.I.S.'nin elektrik üretim gücü	kW
KGTBTMG	Kombine gaz türbini ve buhar türbini B.E.I.S.'nin mekanik gücü	kW
KİÜÖEM	Konvansiyonel ısı üretiminde özgül elektrik tüketimi maliyeti	\$/kWh
KİÜÖKM	Konvansiyonel ısı üretiminde özgül kuruluş maliyeti	\$/kW
KİÜÖPM	Konvansiyonel ısı üretiminde özgül personel maliyeti	\$/Kişi-Yıl
KİÜÖŞŞM	Konvansiyonel ısı üretiminde özgül su şartlandırma maliyeti	\$/kWh
KİÜÖSUM	Konvansiyonel ısı üretiminde özgül su maliyeti	\$/kWh
KİÜÖYM	Konvansiyonel ısı üretiminde özgül yatırım maliyeti	\$/kW
KKF	Kondens kayıp faktörü	%
KM	kuruluş maliyeti	\$/kW
LAMDA	Hava fazlalık katsayısı	-
LPG	Sıvı petrol gazı yakıtı	-
MEGZOST	Egzost gazı debisi	kg/s
MGAZ	Egzost gazı debisi	kg/s
MP	İplik bölümünde işlenen pamuklu iplik miktarı	kg/s
mPB	Proses buharı debisi	kg/s
MS	İplik bölümünde işlenen sentetik iplik miktarı	kg/s
MS	İplik bölümünde işlenen sentetik iplik miktarı	kg/s
MY	Yakıt debisi	kg/s
MYAKHAVA	Yakma havası debisi	kg/s
NA	B.E.I.S.'nin alternatörüne ait elektrik üretim gücü	kW
NE	B.E.I.S.'nin elektrik üretim gücü	kW
NKAZEKY	Ek yanmalı kazanda tüketilen ısı	kW
NM	B.E.I.S.'nin mekanik gücü	kW
NPV	Net bugünkü değer	\$
NQ	B.E.I.S.'nin ısı üretim gücü	kW
NQBT	Buhar türbinine ait ısı gücü	kW
NY	B.E.I.S.'nin yakıt tüketim gücü	kW
NYPB	Proses buharı üretimine ait yakıt gücü	kW
OBPBAS	Örme bölümünde pamuklu proses başlangıç sıcaklığı	C
OBPBEG	Örme bölümünde işlenen pamuklu ipliğin birim elektrik	kWh/kg
OBPBIG	Örme bölümünde işlenen pamuklu ipliğin birim ısı gereksinimi	kWh/kg
OBPBIS	Örme bölümünde pamuklu proses bitiş sıcaklığı	C
OBPBSG	Örme bölümünde pamuklu proses için gerekli olan birim	kg/kg
OBPSG	Örme bölümünde pamuklu proses için gerekli olan permotit	kg/kg
OBSBAS	Örme bölümünde sentetik proses başlangıç sıcaklığı	C
OBSBIS	Örme bölümünde sentetik proses bitiş sıcaklığı	C

OBSBSG	Örme bölümünde sentetik proses için gerekli olan birim permotit suyu	kg/kg
OBSSG	Örme bölümünde sentetik proses için gerekli olan permotit suyu	kg/kg
OEUMyeni	Özgöl elektrik üretim maliyetinin yeniden hesaplanmış değeri	\$/kWh
OIM	Özgöl işletme maliyeti	\$/kWh
OKMyeni	Özgöl kuruluş maliyetinin yeniden hesaplanmış değeri	\$
OS	Borç ödeme süresi	Yıl
OSEM	Özgöl şebeke elektriği maliyeti	\$/kWh
OTOPENUM	Özgöl toplam enerji üretim maliyeti	\$/kWh
OZGHACM	Özgöl hacim	ltr./kg
OZKO	Öz kaynak oranı	%
ÖEÜM	Özgöl enerji üretim maliyeti	\$/kWh
ÖİM	Özgöl İşletme Maliyeti	\$/kWh
ÖKIÜM	Özgöl konvansiyonel ısı üretim maliyeti	\$/kWh
ÖKM	Özgöl kuruluş maliyeti	\$/kW
ÖS	Ödeme süresi	Yıl
ÖTOPENÜM	Özgöl toplam enerji üretim maliyeti	\$/kWh
ÖYM	Özgöl yakıt maliyeti	\$/kWh
ÖZK	Öz Kaynak	\$
PA	Personel adeti	Adet
PDDO	Pamuk ipliğinin dokuma bölümündeki üretime dağılım oranı	%
PED	Dokuma bölümünde gerekli olan elektrik enerjisi	kW
PEI	İplik bölümünde gerekli olan elektrik enerjisi	kW
PEO	Örme bölümünde gerekli olan elektrik enerjisi	kW
PET	Terbiye bölümünde gerekli olan elektrik enerjisi	kW
PKIZC	Su buharının kızdırıcı çıkışındaki basıncı	bar
PKON	Suyun kondenzasyon basıncı	bar
PQD	Dokuma bölümünde gerekli olan ısı	kW
PQI	İplik bölümünde gerekli olan ısı	kW
PQO	Örme bölümünde gerekli olan ısı	kW
PQT	Terbiye bölümünde gerekli olan ısı	kW
QASS	Gaz motoru uygulaması durumundaki artık sıcak sulardan ısı	kW
QASS1	Artık sıcak sularından ısı geri kazanımı ısı gücü	kW
QASS2	Gaz motoru uygulaması durumundaki artık sıcak sulardan ısı	kW
QBDSıkay	Birim düşük sıcaklık ısı kaynağı	kW
QBYsıkay	Birim yüksek sıcaklık ısı kaynağı	kW
QDSıkay	Düşük sıcaklık ısı kaynağı	kW
QEGKIZ	Kızdırıcıda egzost gazlarından transfer olan ısı	kW
QEGKIZBUH	Egzost gazlarının kızdırıcı ve buharlaştırıcıdaki ısı transferi	kW
qeko	Ekonomiserdeki özgöl ısı transferi	kJ/kg
QKAZEKY	Ek yanmalı kazanda üretilen ısı	kW
QKOJEN	Kojenerasyon sisteminden sağlanan toplam ısı	kW
qözakısı	Atık ısı kazanında suya transfer olan özgöl ısı	kJ/kg
qözabuh	Buharlaştırıcıdaki suya ait özgöl ısı	kJ/kg
qözakısı	Kızdırıcıdaki suya ait özgöl ısı	kJ/kg
qpompa	Pompalama işlemi sırasındaki özgöl ısı	kJ/kg
QSPS1	Artık sıcak suların geri kazanılmasında permotit suyuna	kW

QTOP	Sistemden sağlanan toplam ısı	kW
QYSıkay	Yüksek sıcaklık ısı kaynağı	kW
SDDO	Sentetik ipliğinin dokuma bölümündeki üretime dağılım oranı	%
SDDO	Sentetik ipliğinin dokuma bölümündeki üretime dağılım oranı	%
SPSD	Sıcak permotit suyu debisi	%
SPSO	Sıcak permotit suyu oranı	%
SS	Silindir sayısı	Adet
TASCS	Gaz motoru uygulaması durumundaki artık sıcak suların geri kazanımı çıkışındaki sıcaklığı	C
TASCS1	Artık sıcak suların geri kazanımı çıkışındaki sıcaklığı	C
TASCS2	Gaz motoru uygulaması durumundaki artık sıcak suların geri kazanımı çıkışındaki sıcaklığı	C
TASKS	Artık sıcak suların karışım sıcaklığı	C
TBPBAS	Terbiye bölümünde pamuklu proses başlangıç sıcaklığı	C
TBPBEG	Terbiye bölümünde işlenen pamuklu ipliğin birim elektrik gereksinimi	kWh/kg
TBPBIG	Terbiye bölümünde işlenen pamuklu ipliğin birim ısı	kWh/kg
TBPBIS	Terbiye bölümünde pamuklu proses bitiş sıcaklığı	kWh/kg
TBPBSG	Terbiye bölümünde pamuklu proses için gerekli olan permotit suyu	kg/kg
TBPK	Terbiye bölümünde işlenen pamuklu kumaş miktarı	kg/s
TBPSG	Terbiye bölümünde pamuklu proses için gerekli olan permotit suyu	kg/kg
TBSBAS	Terbiye bölümünde sentetik proses başlangıç sıcaklığı	C
TBSBIS	Terbiye bölümünde sentetik proses bitiş sıcaklığı	C
TBSBSG	Terbiye bölümünde sentetik proses için gerekli olan permotit suyu	kg/kg
TBSK	Dokuma bölümünde işlenen sentetik kumaş miktarı	kg/s
TBSSG	Terbiye bölümünde sentetik proses için gerekli olan permotit suyu	kg/kg
TEG	Egzost gazlarının ortalama sıcaklığı	C
TEG1	Egzost gazlarının atık ısı kazanı girişindeki sıcaklığı	C
TEG2	Egzost gazlarının atık ısı kazanı çıkışındaki sıcaklığı	C
TEGBUHC	Egzost gazlarının buharlaştırıcı çıkışı sıcaklığı	C
TERVERIM-Ünite	Behr B.E.I.S. ünitesinin ısı üretim verimi	%
TIS	Tesis işletim süresi	Yıl
TM	Termik makineler	-
TOPVERIM	B.E.I.S.'nin toplam verimi	%
TOPVERIM-Ünite	Behr B.E.I.S. ünitesinin toplam verimi	%
TPS1	Permotit suyunun proses başlangıcındaki sıcaklığı	C
TPS2	Gaz motoru uygulamasındaki permotit suyunun birinci	C
TPS2A	Permotit suyunun ısı geri kazanımı çıkışındaki sıcaklığı	C
TPS3	Gaz motoru uygulamasındaki permotit suyunun yüksek sıcaklık ısı geri kazanımı giriş sıcaklığı	C
TPS3A	Gaz motoru uygulamasındaki permotit suyunun ısı geri kazanımı çıkış sıcaklığı	C
TPS4	Gaz motoru uygulamasındaki permotit suyunun yüksek sıcaklık ısı geri kazanımı çıkış sıcaklığı	C

TRVERIM	Trafo verimi	%
TYS1	Gaz motoruna ait yüksek sıcaklık ısısı ısı geri kazanımı giriş sıcaklığı	C
TYS2	Gaz motoruna ait yüksek sıcaklık ısısı ısı geri kazanımı çıkış sıcaklığı	C
TSUBUHSIC	Suyun atık ısı kazanında buharlaşma sıcaklığı	C
USEBVERIM	Ulusal elektrik şebekesinden temin edilen elektriğin üretim ve iletim verimi	%
VALT	Alternatörde mekanik gücün elektrik güce dönüştürülmesi verimi	%
VALTBT	Buhar türbinine ait alternatördeki mekanik gücü elektriğe dönüştürme verimi	%
VBTS1	Buhar türbininin yüksek basınç kademesine ait izentropik verim	%
VBTS2	Buhar türbininin düşük basınç kademesine ait izentropik verim	%
Vyard	B.E.I.S.'nin yardımcı yükler verimi; yardımcı yüklerde harcanan elektrik enerjisinden doğan kaybın ifadesi	%
VYARDBT	Buhar türbinli B.E.I.S.'nin yardımcı yükler verimi; yardımcı yüklerde harcanan elektrik enerjisinden doğan kaybın ifadesi	%
wdbtREEL	Buhar türbininin düşük basınç kısmına ait reel iş	kJ/kg
wdbts	Buhar türbininin düşük basınç kısmına ait iş	kJ/kg
Wel	At zaman diliminde elde edilen elektrikselsel iş	kW
wk	Gaz türbini kompresöründe harcanan iş	kJ/kg
wnet	Çevrimde elde edilen net iş	kJ/kg
wp	Pompada harcanan iş	kJ/kg
wt	Gaz türbininde üretilen iş	kJ/kg
Wt reel	Gaz türbinine ait katalog değerlerine göre reel güç	kW
wt s	İzentropik çevrimde türbinden elde edilen iş	kJ/kg
wybtREEL	Buhar türbininin yüksek basınç kısmına ait reel iş	kJ/kg
wybts	Buhar türbininin yüksek basınç kısmına ait iş	kJ/kg
xteo	Teorik çevrimdeki kurulum oranı	kg/kg
YAFO	Yıllık ana para ve faiz ödemesi	\$
YAFOyeni	Yıllık ana para ve faiz ödemesinin yeniden hesaplanmış değeri	\$
YAIÜM	Yıllık atık ısı üretim maliyeti	\$/Yıl
YAKYOG	Yakıtın yoğunluğu	kg/ltr.
YEU	Yıllık elektrik üretimi	kWh/Yıl
YEUMyeni	Yıllık elektrik üretim maliyetinin yeniden hesaplanmış değeri	\$/Yıl
YEÜ	Yıllık elektrik üretimini	kWh/Yıl
YEÜMEKYYENİ	Ek yanmalı durum için yeniden hesaplanmış olan yıllık elektrik üretim maliyeti	\$/Yıl
YF	Yakıt fiyatı	\$/kWh
YIU	Yıllık ısı üretimi	kWh/Yıl
YKIUM	Yıllık konvansiyonel ısı üretim maliyeti	\$/Yıl
YPM	Yıllık personel maliyeti	\$/Yıl
YSEBSAT	Şebekeye satılan elektrikten elde edilen yıllık gelir	\$/Yıl
YSEM	Şebeke elektriğinin yıllık maliyeti	\$/Yıl
YSEM	Yıllık şebeke elektrik maliyeti	\$/Yıl
YSET	Yıllık şebekeden elektrik tüketimi	kWh/Yıl
YSI	Motora ait yüksek sıcaklıklı ısı kaynağı (silindir soğutma suyu)	kW

YSID	Yüksek sıcaklık ısı devresine ait su debisi	kg/s
YYM	Yıllık yakıt maliyeti	\$/Yıl
YYT	Yıllık yakıt tüketimi	\$/Yıl
YYYM	Yıllık yağlama yağı maliyeti	\$/Yıl
YKPBIUM	Yıllık konvansiyonel proses buharı ısı üretim maliyeti	\$/Yıl



ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2. 1 :	B.E.I. sisteminin genel yapısına ait model.....6
Şekil 2. 2 :	Bir modülden oluşan İçten Yanmalı Pistonlu bir B.E.I. sisteminin elektrik ve ısı geri kazanımı sistem bileşenleri.(Fischer, 1988)8
Şekil 2. 3 :	Efektif verimin, motor yüküne göre değişimi. (DEUTZ, 2001) 14
Şekil 2. 4 :	Yüksekliğin gaz motoru performansına etkisi . (DEUTZ, 2001)..... 15
Şekil 2. 5 :	Gaz Türbini ve Ek Yanma Brülörlü B.E.I.S. (Fischer, 1988).....20
Şekil 2. 6:	Brayton baz türbini çevrimi T-S diyagramı. (Strauss, 1997)20
Şekil 2. 7 :	Efektif verimin gaz türbini yüküne bağlı değişimi. (Solar, 2000)21
Şekil 2. 8 :	Deniz seviyesine göre gaz türbini performansının değişimi. (Solar, 2000) ..21
Şekil 2. 9 :	Rankine buhar türbini çevrimiyle elektrik üretimi ve ayrı konvansiyonel buhar kazanıyla ısı üretimine ait akış diyagramı. (Strauss, 1997).....23
Şekil 2. 10 :	Rankine buhar türbini çevrimi T-S diyagramı. (Strauss, 1997)24
Şekil 2. 11 :	Karşı basınçlı buhar türbini çevrimi akış diyagramı.24
Şekil 2. 12 :	Ara buhar almalı buhar türbini çevrimi T-S diyagramı.....25
Şekil 2. 13 :	Ara Buhar Almalı Buhar Türbini Çevrimi Akış Diyagramı.25
Şekil 2. 14 :	Kombine gaz türbini ve buhar türbini çevrimi T-S diyagramı.....27
Şekil 2. 15 :	Kombine Gaz Türbini ve Buhar Türbini Çevrimi Akış Diyagramı.27
Şekil 2. 16 :	Plakalı ısı değiştiricisi. (Alfa Laval, 2000)31
Şekil 2. 17 :	Sürekli akışlı açık tip sulu ısı depolarının B.E.I.S' ne bağlanma şekli.39
Şekil 2. 18 :	Kapalı çevrimli sulu tip ısı depolarının B.E.I.S' e bağlanma şekli.40
Şekil 2. 19 :	Bir B.E.I. modülüne ait enerji bilançosu. (Fischer, 1988)43
Şekil 2. 20:	Gaz motorundaki enerji dağılımının, motor yük oranına bağlı değişimi. (CW, 1999)..... 47
Şekil 3. 1 :	Reaktif Boyama – Kontrollü Ekleme Tekniği; Pastel Tonlar. (Collishow, 1986).....56
Şekil 3. 2 :	Atık sıcak suların geri kazanılmasıyla sağlanan enerji tasarrufu Sankey diyagramı.....61
Şekil 3. 3 :	Tekstil sektöründe özgül elektrik gereksiniminin özgül ısı gereksinimine oranının yıllara göre dağılımı. (Türkiye Sanayi Kalkınma Bankası Müşavirliği, 1998).65
Şekil 5. 1 :	Genel bir entegre tekstil üretim prosesi.....71
Şekil 5. 2 :	Bir tekstil tesisinde yer alan bölümlere ait birim proses elektrik ihtiyacı örneği.72
Şekil 5. 3 :	Bir tekstil tesisindeki bölümlere ait proses klimaları için birim elektrik ihtiyacı örneği.....72
Şekil 5. 4 :	Bir tekstil tesisine ait üretim bölümlerine düşen birim proses ısı ihtiyacı örneği.....72
Şekil 5. 5 :	B.E.I.S.' lerin entegre tekstil proseslerine uyarlanmasına ait genel bir model.....81
Şekil 5. 6 :	B.E.I.S.' lerin entegre tekstil proseslerindeki bölümlere uyarlanmasına ait genel bir model.82

Şekil 6. 1:	Otto gaz motorunu içeren bileşik elektrik ve ısı sistemine ait Sankey diyagramı.....	149
Şekil 6. 2:	Brayton gaz türbini içeren bileşik elektrik ve ısı sistemine ait Sankey diyagramı.....	149
Şekil 6. 3:	Rankine buhar türbini çevrimiyle elektrik üretimi ve ayrı konvansiyonel buhar kazanıyla ısı üretimine ait sankey diyagramı.....	150
Şekil 6. 4:	Karşı basınçlı buhar türbini çevrimini içeren bileşik elektrik ve ısı sistemine ait Sankey diyagramı.....	150
Şekil 6. 5:	Ara buhar almalı buhar türbini çevrimini içeren bileşik elektrik ve ısı sistemine ait Sankey diyagramı.....	151
Şekil 6. 6:	Kombine gaz türbini ve karşı basınçlı buhar türbini içeren bileşik elektrik ve ısı sistemine ait sankey diyagramı.....	151
Şekil 6. 7:	Kombine gaz türbini ve ara buhar almalı buhar türbini içeren bileşik elektrik ve ısı sistemine ait Sankey diyagramı.....	152
Şekil 6. 8 :	Değişen PDDO' ya göre $E = P_E / P_Q$ oranının değişimi.....	190
Şekil 6. 9 :	Değişen PDDO' ya göre NPV ve IRR sonuçlarının değişimi.....	191
Şekil 6. 10 :	Değişen ATÜMSDDO' ya göre $E = P_E / P_Q$ oranının değişimi.....	194
Şekil 6. 11 :	Değişen ATÜMSDDO' ya göre NPV ve IRR sonuçlarının değişimi.....	195
Şekil 6. 12 :	Değişen MP/(MP+MS) oranına göre $E = P_E / P_Q$ oranının değişimi.	198
Şekil 6. 13 :	Değişen MP/(MP+MS) oranına bağlı olarak NPV ve IRR sonuçlarının değişimi.	198
Şekil 6. 14 :	Değişen SBEF'ye bağlı olarak NPV ve IRR sonuçlarının değişimi.	202
Şekil 6. 15 :	Değişen YF'ye bağlı olarak NPV ve IRR sonuçlarının değişimi.....	206

ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 2. 1 : Farklı gazların metan sayıları. (Deutz, 2000).....	15
Çizelge 2. 2 : Çeşitli gaz yakıtların önemli özellikleri. (Recknagel-Sprenger-Hönnmann, 2000).....	17
Çizelge 2. 3 : Tam yükte çalışan alternatörlerin verimleri. (Fischer, 1988).....	29
Çizelge 2. 4 : Plakalı ısı değıştiricilerin uygulama biçimine bağli ısı transfer katsayıları.....	32
Çizelge 2. 5 : Boru kovan tipi ısı değıştiricilerin uygulama biçimine bağli ısı transfer katsayıları. (Recknagel-Sprenger-Hönnmann, 2000)	33
Çizelge 2. 6 : Egzoz gazı ısı kazanı türünün seçiminde kullanılan temel proje kıstasları. (Hutter, 1995).....	34
Çizelge 3. 1 : Tekstil işletmelerindeki özgül enerji tüketiminin bölümlere göre dağılımı.....	49
Çizelge 3. 2 : Terbiye bölümlerinde tüketilen özgül ısı enerjisi miktarları. (Tarakçioğlu, 1984)	50
Çizelge 3. 3 : Hesaplamalar için seçilebilen örnek bir tekstil işletmesine ait özgül enerji tüketimleri. (Tarakçioğlu, 1984).....	50
Çizelge 3. 4 : Tekstil üretim maliyetlerindeki oranlar. (Tarakçioğlu, 1984)	51
Çizelge 3. 5 : Kurutma sıcaklığının iplik türüne bağli değerleri. (Tarakçioğlu, 1984)...	54
Çizelge 3. 6 : Ortamın bağli nemine bağli haşılı iplik nemi. (Tarakçioğlu, 1984).....	54
Çizelge 3. 7 : Kumaş yıkama işlemlerinde; su, ısı ve elektrik tüketimleri. (Tarakçioğlu, 1984)	57
Çizelge 3. 8 : Kurutma işlemine ait ısı tüketimi. (Tarakçioğlu, 1984)	58
Çizelge 6. 1 : Örnek tekstil fabrikasına ait B.E.I.S. çözümlerine ait sayısal sonuçların özeti.....	147
Çizelge 6. 2 : Örnek tekstil fabrikasının enerji ihtiyacına göre tasarlanan yedi farklı B.E.I.S.' nin IRR cinsinden sıralaması.....	162
Çizelge 6. 3 : Örnek tekstil fabrikasının enerji ihtiyacına göre tasarlanan yedi farklı B.E.I.S.' nin NPV cinsinden sıralaması.....	164
Çizelge 6. 4 : Örnek tekstil fabrikasının enerji ihtiyacına göre tasarlanan yedi farklı B.E.I.S.' nin kuruluş maliyeti (KM) cinsinden sıralaması.	165
Çizelge 6. 5: Entegre tekstil fabrikasının elektrik ve ısı ihtiyacının belirlenmesine ait programın orijinal ekran sayfası.	167
Çizelge 6. 6: Elektrik şebekesinden elektrik ve konvansiyonel kazandan ısı temini, sistem seçimi ve uygulanabilirliğine ait programın orijinal ekran sayfası.	168
Çizelge 6. 7: Gaz motoru (1) B.E.I.S. seçimi ve uygulanabilirliğine ait programın orijinal ekran sayfası.....	169
Çizelge 6. 8: Gaz türbini (1) B.E.I.S. seçimi ve uygulanabilirliğine ait programın orijinal ekran sayfası.....	171
Çizelge 6. 9: Gaz motoru (2) B.E.I.S. seçimi ve uygulanabilirliğine ait programın orijinal ekran sayfası.....	173
Çizelge 6. 10: Gaz türbini (2) B.E.I.S. seçimi ve uygulanabilirliğine ait programın orijinal ekran sayfası.....	175

Çizelge 6. 11:	Rankine buhar türbini çevrimi ve konvansiyonel buhar kazanı B.E.I.S. seçimi ve uygulanabilirliğine ait programın orijinal ekran sayfası.	177
Çizelge 6. 12:	Kombine Brayton gaz türbini ve Rankine buhar türbini B.E.I.S. seçimi ve uygulanabilirliğine ait programın orijinal ekran sayfası.	179
Çizelge 6. 13:	Karşı basınçlı buhar türbini B.E.I.S. seçimi ve uygulanabilirliğine ait programın orijinal ekran sayfası.	182
Çizelge 6. 14:	Ara buhar almalı buhar türbini B.E.I.S. seçimi ve uygulanabilirliğine ait programın orijinal ekran sayfası.....	183
Çizelge 6. 15:	Kombine gaz türbini ve karşı basınçlı buhar türbini B.E.I.S. seçimi ve uygulanabilirliğine ait programın orijinal ekran sayfası.....	185
Çizelge 6. 16:	Kombine gaz türbini ve ara buhar almalı buhar türbini B.E.I.S. seçimi ve uygulanabilirliğine ait programın orijinal ekran sayfası.	187



ÖNSÖZ

Entegre tekstil tesislerinde; üretim prosesi gereği , mekanik enerjinin yanında ısıya da ihtiyaç vardır. Bu nedenle 19'uncu yüzyılın başlarından bu yana bu sektörde Birleşik Güç ve Isı Sistemleri yaygın olarak kullanılmıştır.

O dönemlerde geçerli olan teknoloji, buhar türbininden veya pistonlu buhar motorundan tezgahlar için gerekli olan mekanik tahrik enerjisinin üretilmesi yanında, buhar türbini çıkışındaki atık buharın, ısı prosesinde kullanılması şeklindeydi.

Mekanik tahrikli tezgahların yerini, elektrik tahrikli tezgahların alması sonucunda, entegre tekstil fabrikalarındaki birleşik elektrik ve ısı (B.E.I.) sistemleri; elektrik , ısı ve soğutma üretiminde kullanılmaya başlanmıştır.

1973 petrol krizine dek geçen süreçte, genelde buhar türbini içeren B.E.I.S. uygulamaları, sadece %10'luk elektriksel verime ve %70'lik yararlı ısı üretimi verimlerine rağmen, entegre tekstil fabrikalarında uygulama bulmuştur.

Yıllar içerisinde, ülkelerin elektrik enerjisi üretiminin temelini oluşturan, 500 – 2000 MW' lik santrallara (termik vb.) ait verimlerin %15 - %50 düzeylerine yükselmiş olmasından dolayı, düşük verimli buhar türbinleri yerine, %30 - %45 elektriksel verimleri olan içten yanmalı motor tahrikli B.E.I.S.'lerin veya gaz türbini tahrikli B.E.I.S.'lerin kullanımı yaygınlaşmıştır. Batı sanayi ülkelerinde, 1980'li yıllardan sonra oluşturulan serbest enerji piyasası sayesinde, kapasite olarak daha düşük ve ancak daha verimli olan B.E.I.S. teknolojisi gelişmiş ve yurdumuzda da 1987 yılından sonra yaygın olarak kullanıma sunulan doğal gaz sayesinde gündeme girmiş ve 1995' den sonra B.E.I.S. teknolojisi yaygınlaşmıştır.

1995 – 2001 yıllarında, otoprodüktör mevzuatı kapsamında elektrik şebekesiyle paralel olarak çalışan B.E.I.S. kapasitesi toplam 1941 MW, montajı süren kapasite 1474 MW ve üretim izni almak üzere T.C. Enerji ve Tabi Kaynaklar Bakanlığına müracat edilmiş olan kapasite 9632 MW'dir. 2001 yılı itibarıyla TEAŞ ve imtiyazlı şirketlerin (Çukurova, Kepez vs.) toplam kurulu kapasitesinin, yaklaşık 30000MW olduğu dikkate alınırsa, özel sektörün yatırım hamlesinin önemi ve potansiyeli daha da iyi anlaşılmaktadır.

Son 6 yılda yapılan B.E.I.S. yatırımlarının temelinde, endüstrinin enerji kesintilerinden duyduğu çekince yatmaktadır. Enerji kesintisi beklentilerinin kaynağı ise, 1990 – 2001 döneminde Enerji ve Tabi Kaynaklar Bakanlığı'nın yanlış ve yetersiz politikalarıdır. Bu dönemdeki hükümetlerin uyguladığı teşvik edici politikalar (yatırım indirimi ve gümrük muafiyeti) doğru adımlar olmuştur. Ancak BOTAŞ' ın doğal gaz temininde kaynak çeşitliliği yaratamaması ve makro politik sebepler ve hatalar nedeniyle, ne yazık ki doğal gazlı tesislerin yanında önemli miktarda fuel oil'e dayalı B.E.I.S. tesisinin kurulmasına neden olmuştur. Diğer yandan yatırımcıların eksik bilgisi ve projelere teminat veren bankalardaki bilgi yetersizliği "az verimli" yatırımların yapılmasına neden olmuştur.

Türkiye'nin teknolojik yatırımlarına karar veren mühendis, yönetici, yatırımcı ve politikacılar, borç sarmalındaki ülkemizin kısıtlı kaynaklarını dikkate alarak, 65 milyon insanımızın (ve hatta küreselleşme dikkate alındığında, bir anlamda tüm dünyalılarının) sorumluluğunu omuzlarında hissederek, gerek teknolojik açıdan, gerekse ekonomik açıdan

en doğru kararları vermek zorundadır. İlgililer verdikleri kararlardan da sorumludur. Son yaşadığımız Şubat 2001 krizi, çoğunlukla verimsizlikten ve ilkesizlikten kaynaklanmıştır.

Yüksek teknoloji ürünü B.E.I.S.'ler, ülkemizin, mevcut kurulu kapasitesinin %30'unu üretmeye aday hale gelmiştir. Bu teknolojinin tüm nimetlerinden en üst düzeyde ve doğru

biçimde yararlanılması için bu doktora tezini yazdım. Tezde yazılan bilgisayar programında, entegre tekstil fabrikalarının enerji ihtiyaçları programa veri olarak girilmekte ve 8 çeşit B.E.I.S. türü için teknik ve ekonomik sonuçlar, yatırım kararını verenlere sunulmaktadır. Bu sayede, teknik ve ekonomik anlamda en verimli B.E.I.S. tesis türünün seçilebileceğine inanmaktayım.

Küreselleşen dünya ekonomisindeki liberal ekonomik politika sürecinde; üretime dayalı endüstriler için enerji tasarrufu ve ucuz enerji üretim teknolojileri zorunlu hale gelmiştir.

Bu tez çalışmasına 1990- ile 2001 tarihleri arasında yurt içinde ve dışında tasarlanmış, projelendirilmiş, toplam 28 adet üniteden oluşan 72500 kW gücündeki değişik tip ve özellikteki B.E.I Sistemlerden elde ettiğim deneyimim temel oluşturmuştur.

Bu tezin hazırlanmasında bana yardımcı olan tez danışmanım Sayın Prof. Dr. Doğan ÖZGÜR'e Yıldız Teknik Üniversitesindeki lisans , yüksek lisans ve doktora öğrenimim süresince; bilimsel, teknolojik, sosyal ve siyasal bazda bana öğrettiği her şey için, jüri üyelerinden hocam, Sayın Prof. Dr. Mahir ARIKOL'a ve tez çalışmasında bana yardımcı olan Sayın Prof. Dr. Taner DERBENTLİ'ye teşekkürü bir borç bilirim, ayrıca bu tezin hazırlanmasında ve yazılmasında bana verdiği destekten dolayı sevgili eşim Seher'e sonsuz teşekkürler ederim.

ÖZET

Bu çalışmada entegre tekstil fabrikalarının elektrik enerjisi ve ısı ihtiyaçlarının, en uygun biçimde, karşılanmasına yönelik birleşik elektrik ve ısı sistemlerinin (B.E.I.S) belirlenmesi için bir model oluşturulmuş ve buna uygun bilgisayar programı geliştirilmiştir.

Programda entegre tekstil fabrikalarının üretimden kaynaklanan teknik verileri (birim elektrik ihtiyaçları, birim ısı ihtiyaçları, proses sıcaklıkları vs.) bilgi olarak girilmekte ve toplam kapasiteler ara sonuç niteliğinde çıkarılmaktadır. B.E.I.S. hesaplamalarına geçilmeden önce programda, proses atık sıcak sularındaki ısı geri kazanımı potansiyeli belirlenmektedir.

Bu sayede niha-i net elektrik ve net ısı ihtiyacı belirlenen entegre tekstil prosesi için, 8 farklı B.E.I.S. seçeneği hesaplanmaktadır. Seçeneklerin teknik yeterliliği, elektrik üretim gücü ve yararlı ısı üretim güçleri üzerinden belirlenirken, ekonomik uygulanabilirlikleri; bugünkü net değer (NPV) ve iç getiri oranı (IRR) cinsinden hesaplanmaktadır.

Elde edilen sonuçlar, seçilmesi gereken uygun B.E.I.S. için temel verileri oluşturmaktadır. Ancak seçimin kesin ve hatasız olabilmesi için seçeneklerle ilgili, sistem tasarım parametrelerinden kimileri sabit, kimileri ise değişken olarak atanması yöntemiyle, duyarlılık analizleri yapılmakta, sonuçlar programdan yine çıktı olarak alınabilmektedir.

Yapılan araştırmaya dayalı sonuçlara göre: gaz motorlu, gaz türbinli, kombine gaz türbini ve karşı basınçlı buhar türbini, kombine gaz türbini ve ara buhar almalı buhar türbini B.E.I.S.'ler teknik ve ekonomik açıdan uygulanabilir teknolojiler olarak belirlenmiştir. Karşı basınçlı buhar türbini B.E.I.S. ekonomik açıdan uygulanabilir bulunmasına karşın, elektrik üretimindeki kapasite yetersizliği sebebiyle bir zafiyet göstermiştir.

Uygulanması genel anlamda uygun olan bu beş çeşit B.E.I.S.'nin, tezde geliştirilen bilgisayar programı kullanılarak, her bir entegre tekstil fabrikası için ayrı ayrı yeniden hesaplanılmasında, tekstil proseslerinin farklılığı sebebiyle yarar vardır.

Anahtar Kelimeler: Birleşik elektrik ve ısı sistemi, kojenerasyon, atık ısı geri kazanımı, enerji, yazılım.

ABSTRACT

This thesis covers the development of a model and a computer program, to meet the electrical and thermal power needs of integrated textile facilities.

Inputs are being given to the program such as, specific electricity consumptions, specific thermal energy consumptions, process temperatures etc. in order to calculate the total electrical and thermal power requirements of the whole process, as intermediate results. Before starting with the CHP calculation, the program analysis the heat recovery potential via the process waste water of the textile mil.

By this the final net electrical power and final net thermal power requirements of the textile facility is being determined and the technical and economical feasibility of 8 different CHP systems is being calculated. The technical applicability of each plant is being determined by the electrical and thermal power outputs, while the economical applicability is being determined by net present value (NPV) and internal rate of return (IRR) calculations.

These results of the program are fundamental for the determination of the suitable CHP system. In addition to that the program makes a sensitivity analysis by taking some of the critical design parameters as fixed values while iterating others as variable values. Those results can be printed as well.

The final results have shown that; gas engine, gas turbine, combined gas turbine and intermediate steam extracted steam turbines, combined gas turbine and back pressure turbine CHP systems are all technically and economically applicable. Although the back pressure turbine is economically applicable, this system has a weakness on the technical side by not being able to meet the electrical power output requirement.

All five different CHP systems have in general been found to be applicable. The results show that for each textile process application, these CHP alternatives should be analysed, by using this program.

Keywords: Combined heat and power system, cogeneration, waste heat recovery, energy, software.

1. GİRİŞ

Entegre tekstil tesisleri: iplik üretimi, dokuma, örme, boya ve terbiye bölümlerinden oluşur. Hammadde olarak: pamuklu elyaf ve/veya sentetik cips kullanılan entegre tekstil proseslerinde; elektrik enerjisinin yanı sıra yüksek miktarda ısı enerjisine de gereksinim vardır. Pamuklu ve sentetik iplik hammaddelerinin işlenmesi sırasında, elektrik enerjisi gerektiren üretim prosesleri birbirine yakın özellikte olmasına rağmen, bunların ısı gerektiren üretim prosesleri birbirine göre farklılık gösterir. Pamuklu veya sentetik malzemeden üretilen; iplik, yarı mamul (yani örgü ve dokuma sonrası kumaş) ve boyanmış kumaşın ısı proses işlemleri 15 – 150°C' lik ürün sıcaklıkları aralığında gerçekleştirilmektedir. Ürünlerin bu sıcaklıklara getirilmesi, çeşitli ısı değiştiricisi teknolojileri aracılığıyla, buhar, sıcak su, kızgın yağ veya kurutma ve fiksaj işlemlerinde olduğu gibi sıcak havayla gerçekleştirilmektedir.

Bu çalışmanın amacı: entegre tekstil proseslerinin elektrik ve ısı ihtiyaçlarını belirleyen, bunlara bağlı birden fazla Bileşik Elektrik ve Isı Sistem (B.E.I.S.) türünün teknik ve ticari uygulanabilirliğini hesaplayan, elde edilen sonuçları grafikler biçiminde veren ve bu sayede en uygun B.E.I. Sistemi çözümünün seçilmesini sağlayan bir bilgisayar programını yazmak olmuştur.

Programda, tekstil proseslerindeki (süreçlerindeki) üretime dayalı çeşitli kritik parametrelerin seçilerek değişken atanması, bu hususun farklı B.E.I.S.' lerinin uygulanabilirliğine etkisi incelenmiş, duyarlılık analizini de kapsayacak şekilde sonuçlar, grafikler üzerinden irdelenmiştir.

Programda, öncelikle tekstil prosesine ait kritik parametreler baz alınarak, elektrik enerjisi, ısı kapasitesi, permotit suyu ihtiyacı belirlenerek, proses sonrası atık sıcak suların debisi ve karışım sıcaklığı hesaplanmaktadır. Bundan sonraki işlemlerde ise atık sıcak sulara ait ısıdan ısı geri kazanımı olasılıkları irdelenmekte ve değerlendirilmektedir. Program buna bağlı olarak; B.E.I.S.' lerin her biri için uygulanabilirliklerini hesaplayıp, sonuçları, hem bir form sayfasında, hem de grafiksel çıktılar şeklinde vermektedir. Farklı B.E.I.S.' lerin arasından en uygun tesis türünü seçmek üzere programda (a) özgül elektrik üretim maliyeti, (b) yatırımın bugünkü net değeri (NPV) ve (c) yatırımın iç getiri oranı (IRR) hesaplanmaktadır.

Evrensel sonuçlar elde etmek üzere bu parametrelerin bir kısmı boyutsuz sayılar şeklinde hesaplanıp, grafiklerde gösterilmiştir. Grafiklerin oluşturulmasında kimi parametrelerin sabit, kimilerinde de değişken atama yöntemine gidilmiş ve sonuçlar irdelenmiştir.

Türkiyede 1990 –2001 yılları arasında, otoprodüktör mevzuatı^(*) kapsamında, 1941 MWe'lik^(**) B.E.I.S., kombine çevrimli enerji üretim santrali, rüzgar santrali ve hidrolik santral yatırımları gerçekleştirilmiştir. 2001 itibariyle toplam 1474 MWe'lik yeni yatırım onayı alınmış, 9632 MWe'lik yeni yatırım başvuruları Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığına yapılmıştır. B.E.I.S. yatırımları bu projelerin içerisinde çoğunluktadır. (Kojenerasyon Derneği, 2001).

Kapasite açısından bakıldığında B.E.I.S.'ler, yakın bir gelecekte, Türkiye'nin enerji ihtiyacının %20-30'unu üretecek duruma gelecektir. Ülkemizin parasal kaynaklarının aktarımının söz konusu olduğu B.E.I.S. teknolojisiyle ilgili ülkemizin koşullarını dikkate alan bilimsel çalışmaların yetersiz olması sebebiyle, bu doktora tezinin ülke ekonomisine, bu bakımdan da ,yarar sağlayacağı inancındayım.

^(*) B.E.I.S.'ler, salt elektrik üreten enerji santralleri gibi, resmi anlamda otoprodüktör mevzuatına tabidir.

^(**) MWe: elektrik üretim gücü.

2. KAYNAK TARAMASI

Yapılan kaynak taramasında, bileşik elektrik ve ısı teknolojisiyle doğrudan ilgili olan, 1436 adet makale, 65 adet kitap ve 155 adet dergi incelenmiştir. Bunun yanı sıra entegre tekstil prosesleriyle ilgili 40 adet makale, 4 adet kitap ve 25 adet dergi incelenmiştir. Bu kaynak taraması sonucunda B.E.I.S.'lerin entegre tekstil tesislerine uygulanmasına ait bir doktora tezine rastlanmamıştır. Ancak muhtelif teknik dergilerde, kimi tekstil fabrikalarına uygulanmış olan çeşitli B.E.I.S. projelerinin anlatımları bulunmuştur. Ayrıca B.E.I.S. teknolojisinde yer alan, gaz motorları, gaz türbinleri ve buhar türbinleriyle ilgili yeteri kadar doktora tezi, makale ve kitaplara rastlanmıştır.

Kaynak taramasında öncelikle gelişmiş sanayi ülkelerinin kaynaklarına baş vurulmuş ve her ülkenin, B.E.I.S. teknolojisiyle ilgili olarak, kendi endüstrisinin veya insanların ihtiyaçlarına göre şekillenmiş olan makalelere rastlanmıştır. Örneğin, Alman bir bilim adamı bira üretimine göre tasarlanmış olan bir B.E.I.S.'yi bildiri olarak sunarken (Fischer, 1988), bir İtalyan bilim adamının seramik endüstrisine göre tasarlanmış olan bir B.E.I.S.'yi bildiri olarak sunduğu görülmüştür.

Türkiye'de tekstil endüstrisi önemli bir konuma sahiptir. Hammaddesinin ülke topraklarında yetişiyor olması, bu önemi ekonomik anlamda pekiştirmektedir.

Bu tezin, bu anlamda sağlayacağı katkı ve getireceği temel yenilik, B.E.I.S.'lerin özel olarak entegre tekstil fabrikalarına uygulanması çeşitleriyle ilgili olmak üzere; tekstil prosesinin elektrik enerjisi ve ısı ihtiyacı (kapasite ve sıcaklık) verilerinin irdelenmesi, tekstil prosesinin atık ısı geri kazanımı imkanları değerlendirildikten sonra, uygun B.E.I.S. türlerinin belirlenmesidir.

2.1. B.E.I.S. Teknolojisinin Endüstrideki Yeri

Elektrik enerjisinin ve ısının bileşik üretilmesi, birincil enerjinin kullanılabilir enerji türlerine dönüştürülmesinde yararlanılan oldukça verimli bir yöntemdir. Özellikle endüstriyel uygulamalardaki elektrik üretiminde yan ürün olarak ortaya çıkan ısının

değerlendirilmesi hususunda önemli imkanlar vardır. Söz konusu olan bu teknolojiye bileşik elektrik ve ısı sistemleri (B.E.I.S.) denilmektedir. (Hutter, 1995)

Klasik termik santral uygulamalarından sağlanan şebeke elektriğinin fiyatlarında, 1 kWh elektrik enerjisi için 2.4 - 3kWh'lik birincil enerji maliyeti mevcuttur. Çünkü burada 1.4 – 2 kWh'lik kısım, soğutma sularından veya bacadan kaybolmaktadır. (Suttor, 1995)

Bir B.E.I.S.'den sağlanan "x" miktardaki elektrik enerjisi ve "y" miktardaki ısı, buhar türbinli bir termik santralde üretilen "x" miktardaki elektrik enerjisi ve klasik buhar kazanında üretilen "y" miktardaki ısı için gerekli olan birincil enerji tüketimleri karşılaştırıldığında; B.E.I.S.'lerdeki tüketimin çok daha düşük olduğu görülmektedir. Yakıt tüketiminin B.E.I.S.'lerde daha düşük olması: kısıtlı olan birincil enerji kaynaklarının tasarruflu kullanılması, yanma sonrasında çevreye daha az kirletici madde atılması ve ekonomik yönden yarar sağlamaktadır. (Suttor, 1995)

2.2. B.E.I.S. Teknolojisi Türleri

B.E.I.S. uygulamalarında genelde gaz motorları, dizel motorları, gaz türbinleri, karşı basınçlı buhar türbinleri, ara buhar almalı buhar türbinler ve bunların birbirleriyle kombinasyonları kullanılmaktadır. B.E.I.S. teknolojileri genelde ana makina türlerine göre adlandırılmaktadır. Örneğin bir gaz motorunun kullanıldığı B.E.I.S.'ye, gaz motorlu bileşik elektrik ve ısı sistemi denilmektedir. (Recknagel, 1990)

Ana makinanın cinsinin yanı sıra, kullanılan yakıtın cinsi de B.E.I.S. türünü belirlemektedir. Doğal gaz, fuel oil, biogaz, kömür, nafta ve LPG bu teknolojiye sıkça kullanılan yakıtlardır. Bunlardan başka kimi özel endüstriyel proseslerde, atık baca gazı, atık buhar, yanabilen katı atıklar, bitkisel yağlar da ana makinalarda yakıt olarak kullanılmaktadır. (Recknagel, 1990)

2.3. B.E.I.S.'de Kullanılan Yakıt Türleri

Bölüm 2.1.'de sayılan yakıt türleriyle işletilebilen B.E.I.S.'lerin var olmasına karşın, bu tezde, çevre kirliliğinin önlenmesi hususu dikkatte alınarak, sadece doğal gaz yakabilen B.E.I.S.'ler incelenmiştir.

Entegre tekstil tesislerinin ferdi anlamda elektrik tüketimlerinin ortalama 1 – 50 MW olması sebebiyle, bu kapasitelerdeki kömürlü tesislerin birim yatırım maliyetlerinin, baca gazı arıtma ekipmanları (toz tutucu, desülfürizasyon, denitrifikasyon) ve bunlara ait işletme maliyetlerinin yüksek olmasından ötürü, kömürlü tesisler değerlendirme dışı tutulmuştur. (Recknagel, 1990)

Fuel oil'lı B.E.I.S.'lerde her ne kadar sadece desülfürizasyon ve denitrifikasyon ekipmanları yeterli olsa bile, doğal gazın yaygın ve sağlam bir birincil enerji kaynağı haline gelmek üzere olduğu ülkemizde, avrupa topluluğunda olduğu, gibi fuel oil'lün giderek ender kullanılacağı düşüncesiyle, fuel oil'lı tesisler de değerlendirme dışı tutulmuştur.

Bu tezde geçen B.E.I.S.'lerin detaylı termodinamik hesaplarında kullanılan formüller ileriki bölümlerde kaynaklarıyla birlikte verilmiştir.

2.4. Temel Tanımlar

Bileşik elektrik ve ısı (B.E.I.) sistemleri; tek bir ana tahrik makinesinden eşzamanlı olarak elektrik enerjisinin ve yararlanılabilir ısının üretilme teknolojisine denilmektedir. Ana tahrik makineleri; termik makineler (T.M.) ismiyle anılmakta, kıvılcım ateşlemeli gaz motorları (G.M.), sıkıştırılmalı ateşlemeli dizel motorları (D.M.), gaz türbinleri (G.T.) ve buhar türbinlerinden (B.T.) oluşmaktadır. Enerji verimliliğini ve kapasiteleri arttırmak için ayrıca GM, DM ve GT' lerinin BT' leriyle kombinasyonları yapılmakta ve bunlara kombine çevrimli sistemler denilmektedir. Elektrik üreticisi olarak ise; senkron tip alternatör (alternatif akım üreticisi) kullanılmaktadır.

B.E.I. teknolojisinde; içten yanmalı termik makinelerin çevrimlerindeki kütle akışlarına ait atık enerjiler (ısılar); olabildiğince yüksek düzeyde geri kazanılması ve başka çevrimlerin bunlarla tahrik edilmesi ve işletilmesi temel hedeftir.

Belirli bir endüstriyel proses için ve özel olarak bu tezde irdelenen tekstil üretim prosesi için, hangi tür B.E.I.S.' nin en uygun teknik ve/veya ekonomik çözümü oluşturacağını belirlerken, birden fazla parametreyi irdelemek gerekmektedir. Bu nedenle, bu tezde öngörülen karar kriterlerine uygun olarak, yukarıda adı geçen tüm B.E.I.S türlerinin

(toplam 9 çeşit olmak üzere) teknik ve ekonomik fizibilitesini gerçekleştiren ve kısmen boyutsuz grafiksel sonuçlar elde eden bir bilgisayar programı yazılmıştır.

Grafiksel olarak gösterilen sonuçların temelinde yatan bilimsel, teknolojik ve ekonomik nedenler, sonuçların yorumlanmasına katkı sağlayacağı düşüncesiyle, gerektiği ölçüde detaylandırarak ekli biçimde irdelemekte yarar gördüm.

2.5. Bileşik Elektrik ve Isı Sisteminin Genel Yapısı

B.E.I.S.' lerin yapısına baktığımızda aşağıdaki model karşımıza çıkmaktadır.

Kumanda, Kontrol ve Senkronizasyon Sistemleri		
Elektrik Şalt Tesisi, Isı Deposu, Isı Dağıtım Sistemi		
- Isı Geri Kazanım Sistem Elemanları - makine Soğutma Suyu Isı Kazanım Esanjörü - Egzoz Gazı Isı Kazanı	- Ana Tahrik Makinesi - Otto Gaz Motoru ve Dizel Motoru - Gaz Türbini - Buhar Türbini	- Enerji Dönüştürücüsü - Senkron Jeneratör - Asenkron Jeneratör - Mekanik Soğutma Makinesi - Absorpsiyonlu Soğ. Makinesi

Şekil 2. 1 : B.E.I. sisteminin genel yapısına ait model.

Şekil 2.1.' de gösterilen modelde çeşitlilik ve kombinasyon türetmek mümkün olup; endüstriyel proseste ihtiyaç duyulan enerji türlerine bağlı olarak çeşitli çözümler oluşturulabilir.

Sistem elemanlarına ait detaylara, tezin ilerdeki bölümlerinde yer verilmiştir.

B.E.I. sisteminin ısı bakımından belirli bir prosese entegrasyonunda, şablon çözüm yaratmak zor. Her prosese en uygun çözüm ayrı ayrı üretilmelidir.

Daha açık bir anlatımla, ısı tüketicilerinin farklı sıcaklık seviyeleri, ısıtma biçimleri, devreye girme zamanları ve ısı yükleri nedeniyle, bunların zamana bağlı enerji kapasitesi ihtiyacını karşılamak üzere; özel olarak tasarlanmış bir sisteme (B.E.I.S) yani; ısı değiştiriciye, boru tesisatlarına, ısı depolarına, armatür ve kontrol ekipmanlarına ihtiyaç vardır. Şekil 2.2.'de bir modülden oluşan bir B.E.I. Sisteminin elektriksel ve ısı geri kazanımı (sıcak proses suyu üretimi) sistem bileşenlerini göstermektedir.

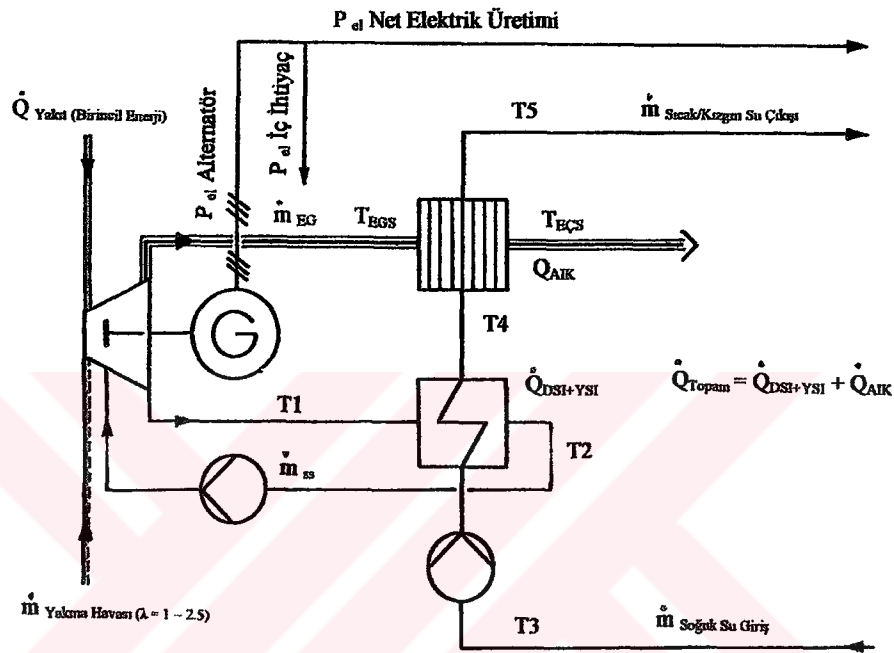
2.6. İçten Yanmalı Pistonlu Makinelerin Çevrimi

İçten yanmalı pistonlu makineler; kıvılcım ateşlemeli (Otto çevrimi) ve sıkıştırma sonucu içten yanmalı (Dizel çevrimi) olmak üzere iki türdedir. Bunlarda silindir içerisindeki yanma sonucunda oluşan enerji, pistonun ileri geri hareketini transfer eden, bir biyel kolu ve krank mekanizması üzerinden elektrik üretiminde kullanılan dönel bir harekete dönüştürülür. (Fischer, 1988)

Dört zamanlı gaz motorlarında piston üst ölü noktadan alt ölü noktaya doğru giderken, emme subapı açıktır ve silindir içerisine yakıt hava karışımı emilir. Dizel motorlarında ise, sadece hava emilir. Piston ters yönde hareket ederken, subaplar kapatılır ve emilmiş olan karışım veya hava sıkıştırılır. Gaz motorlarında bujide çakan bir kıvılcım karışımı tutuşturur. Dizel motorlarında ise, sıkıştırma oranı çok büyük seçildiğinden; sıkıştırma süreci sonunda havanın sıcaklığı, yakıtın kendi kendine tutuşma sıcaklığının üzerine çıkar ve silindir içerisine püskürtülen yakıt, kendiliğinden tutuşur. Yanma sonrasında basınç artar. Daha sonra genişleyerek, iş yapan gazların basıncı düşer ve egzoz subapı açılır. Gazların hızla dışarı çıkması nedeniyle; silindir içerisindeki basınç düşer. Pistonun üst ölü noktaya doğru hareketi ile silindirden dışarıya itilir. Böylece çevrim tamamlanmış olur. (Baehr, 1992 ve Büyüktur, 1985).

Tekstil tesislerinde geçerli olan elektrik güç ihtiyacı aralığında (500 – 15000 kW) Otto veya Dizel çevrimlerine göre çalışan dört zamanlı içten yanmalı motorlar kullanılabilmektedir. İki zamanlı motorların devirlerinin düşük olmasından ve buna bağlı olarak, birim ilk yatırım maliyetlerinin (\$/kW) yüksek olmasından ötürü; bunlar, ancak 30MW_{el} ve üzeri elektrik üretim kapasitelerine ihtiyaç duyulan uygulamalarda yer alabilmektedir. Bu nedenle, bu tezde iki zamanlı motorların tekstil endüstrisine uygulanabilirliği incelenmemiştir.

Gaz yakıtlarının (ör. Doğal Gaz, Propan) fiyat avantajı nedeniyle, Otto Motorlar genelde bu yakıtlarla işletilmektedir. Bu nedenle, bunlara Gazlı Otto Motorları (GOM) denilmektedir. Dizel Motorlar ise; sıvı yakıtlarla (motorin, fuel oil vb.) işletilebildiği gibi, pilot yakıt huzmesi enjeksiyonlu sistemler sayesinde çift yakıtlı olarak (yani gaz + sıvı yakıt) da işletilmektedir.



Şekil 2. 2 : Bir modülden oluşan İçten Yanmalı Pistonlu bir B.E.I. sisteminin elektrik ve ısı geri kazanımı sistem bileşenleri.(Fischer, 1988)

Harflerin (Rumuz) Açıklaması:

Q Yakıt (Birincil Enerji)	: Motora giren yakıt:
m Yakma Havası ($\lambda = 1 - 2.5$)	: Yanma için gerekli hava
P_{el} Net Elektrik Üretimi	: B.E.I.S.' den elde edilen net elektriksel güç.
P_{el} Alternatör	: B.E.I.S.' de yer alan alternatörden elde edilen net elektriksel güç.
P_{el} İç İhtiyaç	: B.E.I.S de yer alan yardımcı ekipmanları elektrik tüketimi.
Q_{DSI+YSI}	: Motor soğutma suyu ısısı.
m_{ss}	: Motor soğutma suyu kütleli debi.

T_1	: Motor soğutma suyu; ısı değiştirici giriş sıcaklığı.
T_2	: Motor soğutma suyu; ısı değiştirici çıkış sıcaklığı.
$m_{\text{Soğuk Su Giriş}}$	: Tekstil proses suyu kütleli debisi.
T_3	: Tekstil proses suyu; ısı değiştirici giriş sıcaklığı.
T_4	: Tekstil proses suyu; ısı değiştirici çıkış sıcaklığı (= atık ısı kazanı giriş sic.)
T_5	: Tekstil proses suyu; atık ısı kazanı çıkış sıcaklığı (= proses gidiş sıcaklığı).
m_{EG}	: Egzoz gazı kütleli debisi.
T_{EGS}	: Motor egzoz gazı çıkış sıcaklığı (=atık ısı kazanı giriş sıcaklığı).
$T_{\text{EÇS}}$	: Motor egzoz gazı atık ısı kazanı çıkış sıcaklığı.
Q_{AIK}	: Egzoz gazı ısıısı (=atık ısı kazanı ısıısı).
$m_{\text{Sıcak/Kızgın Su Çıkışı}} = m_{\text{Soğuk Su Giriş}}$	: Proses sıcak su besleme kütleli debisi.
$Q_{\text{Topam}} = Q_{\text{DSH+YSI}} + Q_{\text{AIK}}$	: Toplam yararlı ısı geri kazanımı.

Motorlardan yapılan ısı geri kazanımının bir kısmı 350 –550°C sıcaklık aralığında değişen egzoz gazları üzerinden yapılmakta ve bu ısı kaynağıyla proses ısıısı (buhar, kızgın su, sıcak su, kızgın yağ, sıcak hava) üretilebilmektedir. Bu kaynaklardan yararlanarak üretilebilen yeni ısı kaynakları:

- 100 °C' ye kadar sıcak su
- 260 °C' ye kadar kızgın su
- 500 °C' ye kadar sıcak hava (kurutma prosesleri için) olmaktadır.

Diğer %40 – 50' lik kısım daha düşük sıcaklıklara sahip olan; motor ceket soğutma suyu, yağlama yağı soğutma suyu ve turbo ısıları şeklinde oluşmaktadır. Bu kaynaklardan yararlanarak üretilebilen yeni ısı kaynakları;

- 100 °C' ye kadar sıcak su
- 130 °C' ye kadar kızgın su
- 100 °C' ye kadar sıcak hava (kurutma prosesleri için).

olmaktadır.

B.E.I. Sistemlerinde, egzoz gazlarında var olan duyulur ve gizli ısılardan en yüksek düzeyde yararlanılması istenir.

Dizel motorları işletilmeleri bakımından, gaz motorları karşısında kimi dezavantajlara sahiptir. Örneğin, dizel motorları; kısmi yük durumunda "is" oluşturmaktadır. Egzoz gazı ısı kazanının zaman zaman temizleme gereğini doğurur. Ayrıca kükürt içeren sıvı yakıtların yanması sonucunda SO_3 oluşmakta ve egzoz gazı doyma sıcaklığına inilmesi durumunda sülfürik asit (H_2SO_4) oluşmaktadır. Buda gizli ısıyı geri kazanmamızı, korozyon sebebiyle, ekonomik açıdan olanaksız kılmaktadır.

Yukarda anlatılan nedenlerden ötürü B.E.I. Sistemlerinde, genel olarak dört zamanlı gaz otto motorları kullanılmakta, ancak çok özel şartlarda (ör. gaz yakıtının olmaması durumunda) dizel motorları tercih edilmektedir.

Tesise ait Emre Amadelik Emniyet Katsayısı:

Genel bir kural olarak emre amadelik emniyetinin ve efektif verimlerin toplamını yükseltmek için; enerji (elektrik ve ısı) yükleri birden fazla modüle dağıtılmaktadır.

Elektriksel anlamda emre amadelik emniyetini sağlamak üzere, yeteri sayıda ünite adedini oluşturan katsayının (n) hesabı, P emniyetli > P modül bağı olarak şu şekilde hesaplanmaktadır:

$$P_{\text{emniyetli}} = P_{\text{modül}} (n - 1) \quad (2.1)$$

(Fischer, 1988)

2.7. Gaz Otto Motoru

Her ne kadar otto çevrimi ilk keşfedilen içten yanmalı motor türüyse de, dizel motorunun 1970' li yıllara kadar olan yaygın kullanımı ve buna bağlı gelişiminden dolayı; enerji üretiminde kullanılan modern otto motorları, seri olarak imal edilen dizel motorlarından 1970' li yıllarda yapılan modifikasyon (dönüştürme) sonucunda, seri imal edilir hale getirilerek, B.E.I.S teknolojisinde kullanılabilecek maliyet seviyelerine erişebilmiştir.

Otto çevriminin özelliği; yakıt hava karışımındaki yakıtın ve havanın ateşlemeden önce karıştırılmasıdır. Yakıt içerisine havanın önceden karıştırılması nedeniyle ise; sıkıştırma oranının üst limiti, erken patlama (vuruntu) nedeniyle sınırlıdır. Gaz otto motorları bujili ateşleme düzeneği içerir. (Recknagel, Sprenger, Hönnmann, 2000)

Otto çevrimi: izentropik sıkıştırılması, havanın sabit hacimde ısıtılması, izentropik genişleme süreci ve havanın sabit hacimde soğutulması süreçlerinden oluşmaktadır.

Gaz motorlarının egzoz gazı sıcaklıkları genelde 350 – 550°C olmaktadır. Bu sıcaklık, dizel motorlarının egzoz gazı sıcaklığıyla (300 – 360°C) karşılaştırıldığında daha yüksek olması sebebiyle, bu sayede ısı geri kazanımı uygulama tekniği açısından, B.E.I.S. teknolojisinin uygulanmasında gaz motorlarını avantajlı kılmaktadır.

2.7.1. Yakıtın kimyasal bileşenleri ve gaz motorunda fakir yanma:

Gaz motorlarında, egzoz gazı emisyon değerlerini TA-Luft (500 mg/Nm³ SO₂ ve 500 mg/Nm³ NO₂) çevre emisyon seviyelerine düşürmek üzere, yanma prosesi ile ilgili yanma sonrası önlemler alınmaktadır. Burada teknolojinin son 15 yılda ulaştığı çözüm λ (hava fazlalık katsayısını) 1.8 – 2.6 arasında tutması suretiyle, silindir içerisindeki yanma sıcaklığını 1500°C' nin altında tutarak NO_x oluşumunu önlemek ve sonrasında redüktif katalitik egzoz gazı işleme sistemleri aracılığıyla, CO_x emisyonlarını düşürmek olmuştur. (Deutz AG, 2000)

2.7.2. Stoikiyometrik yanma için ve gerçek yanma için gerekli minimum hava miktarı

Karışımı yukarıdaki oranlara sahip bileşenlerden oluşan doğal gaz yakıtının, Stoikiyometrik yanma prosesi için gerekli olan minimum hava miktarı L_{min} , gerçek hava miktarı L , Recknagel-Sprenger-Hönnmann' a (2000) göre, ilişikteki formülden hesaplanmaktadır.

$$L_{min} = 1/0,21 \times [(CO + H_2)/2 + (n + m/4)C_nH_m - O_2] (m_n^3 / m_n^3) \quad (2. 2)$$

$$L = \lambda \times L_{min} (m_n^3 / m_n^3) \quad (2. 3)$$

2.8. Dizel Motoru

Dizel motorlarında yakıt hava karışımı, sıkıştırma prosesi sonunda silindir içinde oluşturulmaktadır. Sıvı yakıt; yüksek basınç altındaki silindir içerisine bir yakıt enjeksiyon pompasıyla basılmaktadır. Teorik olarak sabit basınçlı bir yanma prosesi gerçekleşmektedir. Sıkıştırma sonucunda oluşan yüksek sıcaklık sebebiyle; özel bir ateşleme düzeneğine gereksinme yoktur. (Recknagel, Sprenger, Hönnmann, 2000)

Sıkıştırma oranını 14' ün üzerine çıkarmak suretiyle, sıkıştırma sonu sıcaklığını yakıtın kendi kendine tutuşma sıcaklığı üzerine çıkarmak ve böylece bujide bir kıvılcım çakmasına gerek kalmadan yanmayı başlatmak olanağı vardır. Fakat bu taktirde silindir içerisinde yakıt hava karışımını emmek ve bu karışımı sıkıştırmak söz konusu olamamaktadır. Aksi halde karışım sıkıştırma süreci sırasında herhangi bir noktada ve tamamen kontrolümüz dışında tutuşur. Bunu önlemek için emme süreci sırasında silindire sadece hava emilir ve bu hava ile bir evvelki çevrimden kalan yanma ürünlerinin karışımı sıkıştırılır. Yakıtın silindir içerisine gönderilmesine pistonun üst ölü noktaya çok yakın bir konumda iken başlanır. (Büyüktur, 1985).

Otto Gaz Motorlarında kullanılan doğal gazların metan endeksleri ve buna bağlı vuruntu riski, uygulamada dizel motorları şu an geçerli olan teknolojik gelişim düzeyi itibariyle, doğal gazlı otto motorlarına göre daha yüksek bir efektif verime sahiptir. Ağır devirli dizel motorlarında gerçek çevrime ait mekanik verim %45' dir. Dizel motorlarının egzoz gazı sıcaklıkları genelde 300 – 400°C olmaktadır.

2.9. Seiliger Karma Çevrimi

Otto çevrimi ile Dizel çevrimi birleştirilerek karma bir çevrim meydana getirilebilmektedir. Verilmiş bir sıkıştırma oranı için karma çevrimi verimi, Otto çevrimi veriminden daha küçük, Dizel çevrimi veriminden daha büyüktür. (Büyüktur, 1985)

2.10. Dizel - Gaz (Dual) Motoru

Bu motor tipi şekil olarak dizel motoru gibidir. Aralarındaki tek fark birinde, hava yerine gaz (yakıt) hava karışımının silindire emdirilmesi ve sıkıştırma prosesinin sonuna doğru, %1 - %10 oranında sıvı dizel yakıtının enjeksiyon pompası üzerinden silindire basılmasıdır. Bu sistem şekli, motora, çift yakıtle (gaz ve dizel) işletilebilme özelliği kazandırmaktadır.

Gazın kesilmesi durumunda, otomatik olarak dizel yakıtına geçme imkanı vardır.

Dezavantaj olarak karşımıza, az miktarda enjekte edilen sıvı yakıt nedeniyle, egzoz gazı kazanında kirlenme olmaktadır. % 100 dizel yakıt ile uzun süreli çalışılması durumunda ise, hızlı bir kirlenme oluşmaktadır. (Suttor, 1988)

Bu dezavantajın ortadan kalkması için bir önlem olarak; %100 dizel yakıt ile çalışma konumuna geçildiğinde, egzoz ısı kazanının baypas edilmesidir. Ancak bu durumda, tesisin toplam çevrim verimi geçici olarak düşecektir. Çift yakıtlı motorların egzoz gazı sıcaklıkları genelde 400 – 500°C olmaktadır.

2.11. Verimler ve Tanıma Sayıları

B.E.I. Sistemlerinin karşılaştırılması için öncelikle termik makinelerin verimleri önemlidir.

2.11.1. Etkinlik

Termik pistonlu makinede, piston üzerine transfer olan gerçek güçle, teorik karşılaştırma (Seiliger) prosesinde hesaplanan güç arasındaki oran, bize makinenin etkinliğini vermektedir. (Fischer, 1988)

$$\eta_G = P_i / P_K \quad (2. 4)$$

η_G : Etkinlik

P_i : Pistona transfer olan (indike) güç; kW

P_K : Karşılaştırma prosesine ait teorik güç; kW

Otto motorların etkinlikleri 0,5 – 0,8 arasında olup; dizel motorlarında bu etkinlik en fazla 0,85'tir.

2.11.2. Mekanik verim

Pistona transfer olan güç P_i ; makinenin iç güç ihtiyacı kadar azalarak, krank mili üzerinden alınabilen efektif güç şeklini almaktadır.

$$\eta_{mek} = P_{eff} / P_i \quad (2. 5)$$

η_{mek} : Mekanik Verim

P_{eff} : Efektif Krank Mili Gücü (kW)

Mekanik verim; 0,7 – 0,9 arasındadır. (Fischer, 1988)

2.11.3. Efektif verim

B.E.I. Sistemlerin seçiminde, ekonomik yatırım kararımızı yönlendiren temel özellik,

efektif verim ögesidir.

$$\eta_{\text{eff}} = P_{\text{eff}} / (m_{\text{yakıt}} \times H_u) \quad (2. 6)$$

η_{eff} : Efektif Verim

P_{eff} : Krank Milindeki Efektif Güç (kW)

$m_{\text{yakıt}}$: Kütlesel Yakıt Debisi (kg/s)

H_u : Yakıtın Alt Isıl Değeri (kJ/kg) (Fischer, 1988)

2.11.4. Efektif özgül yakıt tüketimi

B.E.I. sistemlerinin seçimlerinde, efektif özgül yakıt tüketimi de dikkate alınmaktadır.

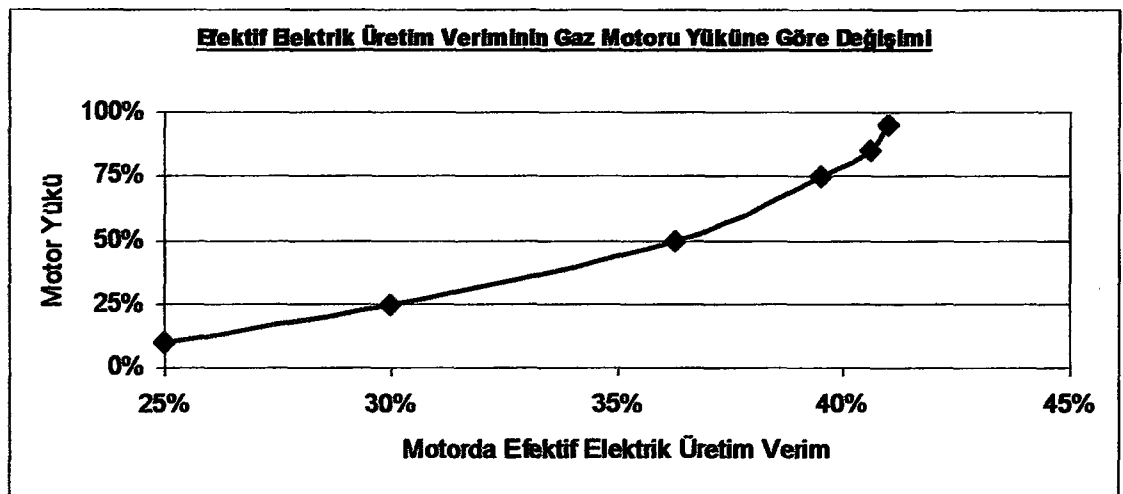
$$m_{\text{eff}} = m_{\text{yakıt}} / P_{\text{eff}} \quad (2. 7)$$

m_{eff} : Efektif Özgül Yakıt Tüketimi (kg/kj)

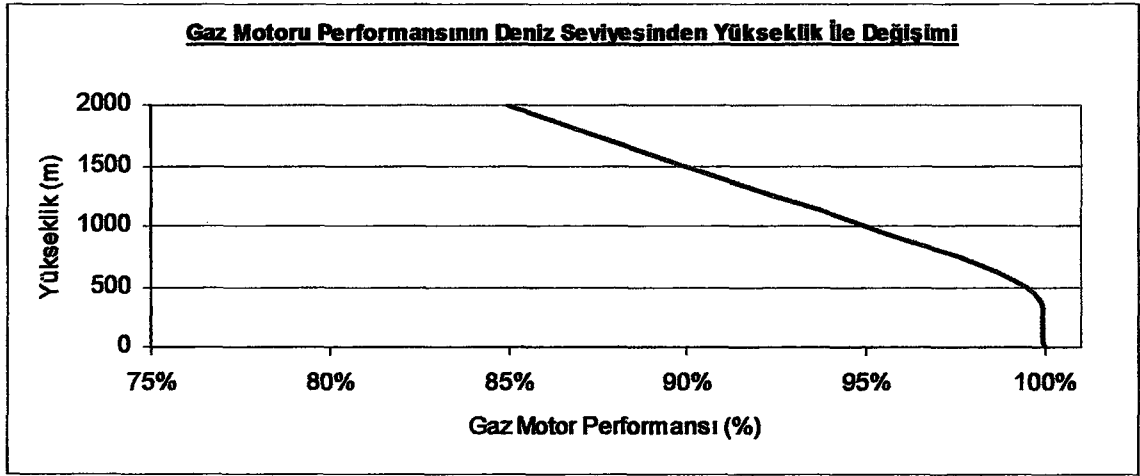
$m_{\text{yakıt}}$: Kütlesel Yakıt Debisi (kg/s) (Fischer, 1988)

2.11.5. Efektif verimin motor yüküne bağlı değişimi

Motor seçimlerinde olabildiğince yüksek efektif verime sahip olan motor seçilmelidir. Unutulmamalıdır ki; bir B.E.I. Sistemi, elde edilen mekanik güç sayesinde, kendini amorti etmektedir. Şekil (2.3.) göstermektedir ki; bir motorun kısmi yükte çalıştırılması durumunda, efektif verim düşecektir. Şekil (2.4.) ise deniz seviyesinden yükseklik ile, gaz motoru performansı, arasındaki ilişkiyi vermektedir.



Şekil 2. 3 : Efektif verimin, motor yüküne göre değişimi. (DEUTZ, 2001)



Şekil 2. 4 : Yüksekliğin gaz motoru performansına etkisi . (DEUTZ, 2001)

2.11.6. Yakıt (gaz) kalitesinin motorun çalışmasına etkisi

Gaz kalitesinin, otto gaz motorunun çalışma performansı üzerinde önemli bir etkisi vardır. Öyle ki; her motorda, istenilen çeşitte her gaz kullanılamaz. Motorlar her gazın bileşenlerine göre, vuruntu unsuru dikkatte alınarak, muhtelif ayarlara tabi tutulurlar. Bu ayarlar; sıkıştırma oranının belirlenmesi, ateşleme açısının (zamanının) belirlenmesi ve hava fazlalık katsayısının belirlenmesi şeklinde olacaktır. Sıkıştırma oranı bir kere belirlendikten sonra, işletme anında değiştirilememektedir. Değişimin istenmesi durumunda, motorda; krank, biyel kolu, piston boyutları ve sonuç olarak strokun komple değişmesi gerekmektedir.

Sıkıştırma oranı; öngörülen en kötü gaz kalitesine bağlı olarak tespit edilmelidir.

Gaz yakıtlarının; otto gaz motorlarında kullanılabilirliğinin belirlenmesi için; Metan Sayısı (MS) kullanılmaktadır. Metan Sayısı arttıkça, yakıtın kendi kendine tutuşması ve vuruntu riski o oranda azalmaktadır. (Fischer, 1988)

Çizelge 2. 1: Farklı gazların metan sayıları. (Deutz, 2000)

Gaz Türü	Kimyasal Simge	Metan Sayısı
Hidrojen	H ₂	0
Bütan	C ₄ H ₁₀	10
Bütadien	C ₄ H ₆	12
Etilen	C ₂ H ₄	15
Beta Bütilen	C ₄ H ₈	20
Propilen	C ₃ H ₆	18.6

Izo Bütlen	C_4H_8	26
Şehir Gazı ¹⁾		33
Propan	C_3H_8	33.5
Etan	C_2H_6	43.7
Karbonmonoksit	CO	75
Doğal Gaz ²⁾		77
Doğal Gaz ³⁾		78.5
Metan		100
Aritma Gazı ⁴⁾		133.8

	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	C ₄ H ₁₀	CO ₂	N ₂	CO	H ₂
1)	19%	-	-	2.7%	3.5%	17%	12.5%	44%
2)	84%	5.6%	1.7%	0.75	1.6%	6.4%	-	-
3)	81.9%	3.4%	0.7%	0.6%	1.2%	12.2%	-	-
4)	65%	-	-	-	35%	-	-	-

Metan sayısı düşük olan gazların kullanılması durumunda; hava fazlalığının yüksek ve sıkıştırma oranının düşük tutulması gereklidir. Sıkıştırma oranını 12:1' den 8:1' e düşürülmesi sonucunda; motora ait efektif verim %10 azalmaktadır. Ayrıca 12:1' lik motorlar ile 8:1' lik motorlar karşılaştırıldığında; maksimum yüklenme bakımından birincisi %100 yüklenebilirken, ikincisi %90 yüklenebilmekte; dolayısıyla motor gücü ikincisinde %10 düşük olmaktadır. (Caterpillar, 2000)

Sürekli %90 yükte, 8:1 sıkıştırma oranına sahip propan yakmalı gaz motoru içeren bir B.E.I.S, Uçal Kağıt' ta (Polenezköy) işletmeye alınmıştır. (Turna, 1995)

Türkiye' nin kimi bölgelerinde doğal gaz ağı yaygın olup; bu bölgelerde temel olarak doğal- gaz ile işletilen ve sıkıştırma oranı 12:1 olan motorların, B.E.I. Sistemlerinde, kullanılmasını önermekteyim. Doğal gazın kesilmesi anında ise; otomatik olarak propan yakıtına geçilebilmektedir. Bu geçişte motorda vuruntu yaratmamak için, 12:1' lik motorun yükü otomatik olarak %100' den %60' a düşürülmekte ve tesisin doğal gaz kesintisi ortadan kalkana dek, bu şekilde çalıştırılması tavsiye edilmektedir. Bu sayede hem doğal gazın fiyat avantajından, hem 12:1' lik motorların yüksek efektif verimlerinden, hem de

kısmi yükte çalışmayla sınırlı olmak üzere, yedek yakıt olarak propan yakıtından yararlanılmış olacaktır.

Yakıtın metan sayısının, yakıta bağlı yanma prosesi doğrultusunda, egzoz emisyonları üzerinde de etkisi vardır. CO_x , NO_x ve C_nH_m (yanmamış yakıt) kirletici emisyon olarak adlandırılmaktadır. Örneğin; NO_x emisyonlarını belirli bir düzeyin altında tutabilmek için, yanma sıcaklığını 1500°C ' nin altında tutmak gerekmektedir. Bu durum ancak hava fazlalık katsayısını arttırmakla ($\lambda = 1.2 - 2.6$) sağlanabilir. Bu durumda; CO_x baca gazı emisyon değerleri, yani CO_2 ve CO , artmaktadır. CO_x emisyonlarını limitlemeye en etkin yöntem ise Stoikiyometrik ($\lambda = 1$) yanmayı sağlamaktır, bu yanma yüksek sıcaklıklarda gerçekleşir ($1800 - 2200^\circ\text{C}$). Bu ise NO_x oranını artırır. Çözüm olarak karşımıza; Stoikiyometrik yanma sonrası 3 yollu katalizörle, NO_x (yani NO , NO_2) ve C_nH_m (yanmamış yakıt) emisyonlarını düşürmek çıkmaktadır. Ancak yukarıda açıklanan sebeplerden dolayı, $\lambda = 1$ yanmanın, metan sayısı düşük gazlarda, vurutuya sebep olması nedeniyle, emisyonlar açısından bir tercih yapılması zorunlu olmaktadır. (Suttor, 1988)

Çizelge 2. 2 : Çeşitli gaz yakıtların önemli özellikleri.
(Recknagel-Sprenger-Hönnmann, 2000)

Gaz Fazındaki Yakıtlar										
Yakıt Türü	Üst Isıl Değer kWh/n m ³	Alt Isıl Değer kWh/nm ³	Teorik Yanma Havası nm ³ /nm ³	Karışımın Alt Isıl Değeri kWh/n m ³	Yanma Hızı cm/s	20 C Hava-daki Tutuşma Sınırı Alt Hava-daki % Hacim	Tutuşma Sınırı % Hacim	Ateş-lenme Sıcaklığı C	Doyma Sıcaklığı C	Metan Sayısı Indek s
Karbonmonoksit	3,51	3,51	2,38	1,04	20	12,5	75	610	13	73
Hidrojen	3,54	2,99	2,38	0,89	346	4,1	72,5	530	73	0
Metan	11,06	9,97	9,52	0,95	43	5,3	15	645	60	100
Etan	19,53	17,87	16,66	1,01	49	3,1	11,7	530	58	43,5
Propan	28,12	25,89	23,8	1,04	47	2,1	9,5	510	56	35
n-Butan	37,24	34,39	30,94	1,08	45	2	8,5	490	55	2
Doğal gaz (Hafif)	9,77	8,82	8,4	0,94	41	5	15	640	65	90
										80-
Doğal gaz (Ağır)	11,48	10,38	9,9	0,95	43	4	16	640	61	100
Ham Petrol Gazı	13,43	12,21	11,5	0,98	30/35	3,5	8	600/670		50-70

Kok Gazı	1,48	1,39	1	0,69	32	19	64	600	42	60-90
Çöplük Gazı	5,53	4,98	4,76	0,86		5	35	650		130
Aritma Tesis										
Gazı	6,63	5,97	5,71	0,88	55/75	5	35	550/570		140

2.12. Gaz Türbini

Gaz türbinleri, yanma sonrasında oluşan enerjiyi doğrudan dönme hareketine dönüştüren termik makinelerdir. Gaz türbini ünitesi temel olarak; hava kompresörü, yanma odası ve güç türbininden oluşmaktadır. Kompresör, havayı 8:1 – 12:1 oranında sıkıştırmaktadır. Sıkıştırılan hava, yanma odasına sevk edilmekte ve bu havanın %25'i yanmada kullanılırken, geri kalan %75' lik kısım yanma odasındaki yanma sıcaklığının aşırı yükselmemesini sağlamaktadır. Bu sayede ayrıca güç türbini kanatlarına gazın aşırı yüksek bir sıcaklıkta temas etmemesi de sağlanmaktadır. Yani yanma prosesinin hava fazlalık katsayısı $\lambda = 3 - 4$ aralığında olmaktadır.

Yakıtın yanma odasına enjekte edilmesi sebebiyle, yakıtın basıncı, yanma odasına, yakma havasını basan kompresör basıncını yenecek düzeyde olması gerekmektedir. Bunun sonucunda, gaz türbinlerinin işletilebilmesi için 10 – 35 bar doğal gaz basınçlarına ihtiyaç duyulmaktadır. Yüksek basınçlı gazın bulunmadığı yerlerde, ek bir doğal gaz basınç yükselticisine (kompresöre) ihtiyaç duyulmaktadır.

Hava fazlalık katsayısının $\lambda = 3 - 4$ aralığında seçilmesi sayesinde, türbin kanatçıklarına 1200°C' nin üzerinde gazın intikal etmemesi sağlanmaktadır. Güç türbininde genişleyen gazın sıcaklığı egzozda genel olarak 450 – 600°C seviyesine düşmektedir.

Egzoz gazlarının bu sıcaklığı, proses endüstrisinde çeşitli türde teknik uygulama imkanı yaratan bir seviyededir. Egzoz gazları; direkt kurutmada veya doğrudan ısıl işlemde kullanılabilir gibi; dolaylı olarak, bir atık ısı kazanı üzerinden; buhar, kızgın su ve kızgın yağ üretiminde de kullanılabilir. 600°C' lik egzoz gazı sıcaklıkları sayesinde, basit tip atık ısı kazanı konstrüksiyonları tasarlamak mümkün olmaktadır. Kazan besisi suyu sıcaklıkların düşük olduğu (<100°C) proseslerde, gaz türbini çevriminin verimi önemli düzeyde artmaktadır. Egzoz gazlarının doğrudan değerlendirilmesine örnek olarak Seramik (Turna, 1996), Çimento, Tuğla fabrikaları ve benzeri pişirme proseslerine sahip işletmeleri

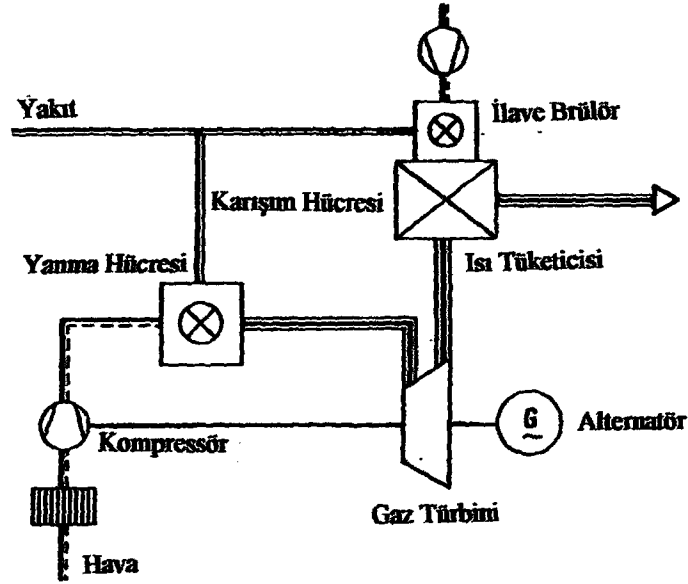
sayabiliriz. Gaz türbini yanma prosesi sonucunda egzoz gazlarında %75 oranında hava fazlalığının mevcut olması sayesinde, kanala yerleştirilen bir brülörle ek ısı ihtiyacı ve sıcaklık seviyesinin 700°C'lere çıkarılmasını kolaylıkla sağlayabilmektedir.

Proses endüstrisindeki bileşik elektrik ve ısı sistemi pazarına hizmet vermek üzere, gaz türbinleri 0,5 ile 50 MWel elektrik üretimi gücünde mevcuttur. 5 MWel' in üzerindeki güçlerde, türbinlerin mekanik verimleri %30 – %33 aralığında olmaktadır. 5 MWel' in altındaki güçlerde ise, türbinlerin mekanik verimleri %20 seviyelerine düşmektedir. Gaz türbinlerinin mekanik verimleri her durumda içten yanmalı motorların verimlerinin altında olmaktadır. Bunun başlıca sebebi; bu makinalarda, ısıнын transferi için kullanılan ortamın, çevre havası olmasıdır. Bu sebeple, çevre havasının özelliklerine bağlı olarak yoğunluğun sıcaklığa ve basınca bağlı olarak düşmesi sonucunda, gaz türbininin gücü de, o oranda düşmektedir.)

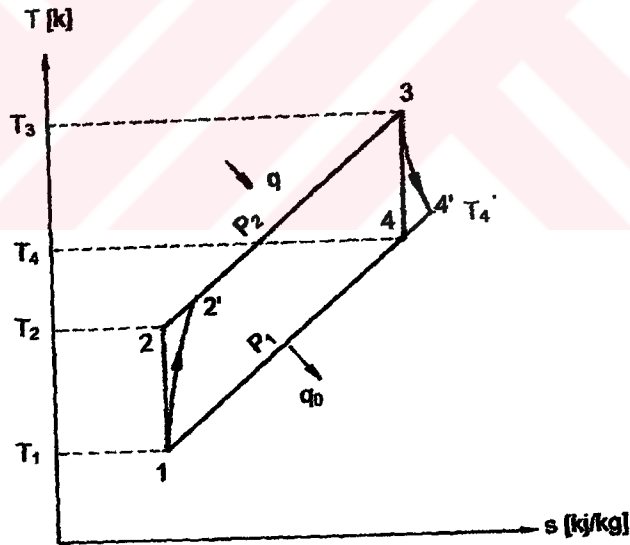
Bunun yanı sıra gaz türbininin kısmi yükteki davranış biçimi de önem taşımaktadır. %80' lik bir sürekli yük durumunda, kompresör girişindeki by-pass klapeleri sayesinde, verimin aşırı oranda düşmesi engellenmektedir. Ancak bunun altındaki kısmi yük hallerinde, mekanik verim önemli ölçüde düşmektedir. Bu sebeplerden ötürü, ısı ve elektrik tüketimi düzgün ve sürekli olmayan endüstri prosesleri, gaz türbini uygulamaları için pek uygun olmamaktadır.

Şekil 2.6'da Brayton çevrimine ait T-S diyagramı gösterilmiştir. Burada (1-2) izentropik sıkıştırma sürecini, (2-3) havanın sabit hacimde ısıtılmasını (yanma odasında yanma sonucunda havanın ısıtılması), (3-4) izentropik genişleme sürecini, (4-1) ise havanın sabit hacimde soğutulmasını temsil etmektedir. Atmosfere açık gaz türbini prosesinde, (4-1) prosesi egzoz gazlarının atmosfere deşarjını ve (1) noktasında taze atmosfer havasının atmosfer basıncında yeniden kompresör tarafından emilmeye hazır olması şartlarını açıklamaktadır. (Serra, Lozano, Valero, Torres, 1995 ve Strauss, 1997)

Gaz türbinlerinde son 30 yılda sağlanan gelişim sayesinde, yanma odası sıcaklıkları 600°C' den 1200°C' lere dek yükseltilerek, bu sayede buhar türbinleri karşısında önemli güç ve mekanik verim avantajı sağlanmıştır. Temel olarak, metalürjideki teknolojik gelişme sayesinde sağlanan sıcaklık artışıyla, egzoz gazlarının sıcaklık düşümü aralığı (Delta T) artmış ve teknik gelişmeler bu sayede sağlanmıştır. (Hutter, 1995)



Şekil 2. 5 : Gaz Türbini ve Ek Yanma Brülörlü B.E.I.S. (Fischer, 1988)

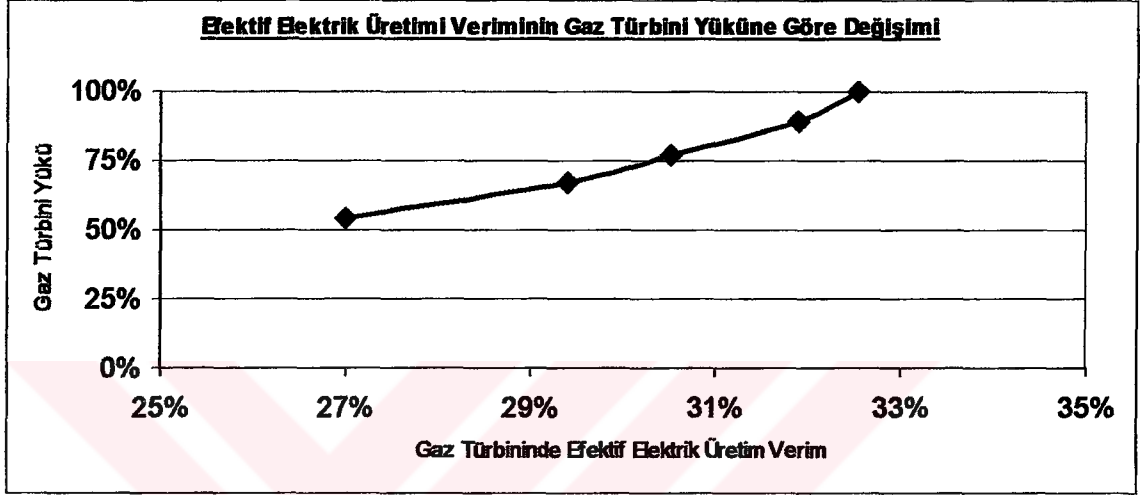


Şekil 2. 6: Brayton baz türbini çevrimi T-S diyagramı. (Strauss, 1997)

Gaz türbinlerinin mekanik verimlerini arttırmanın en geçerli yöntemi, reküperatör ilavesidir. Reküperatörde; yanma havası, sıcak egzoz gazlarından yararlanılarak, ön ısıtılmakta ve bu sayede, mekanik güç ve mekanik verim arttırılmaktadır. Buna karşılık;

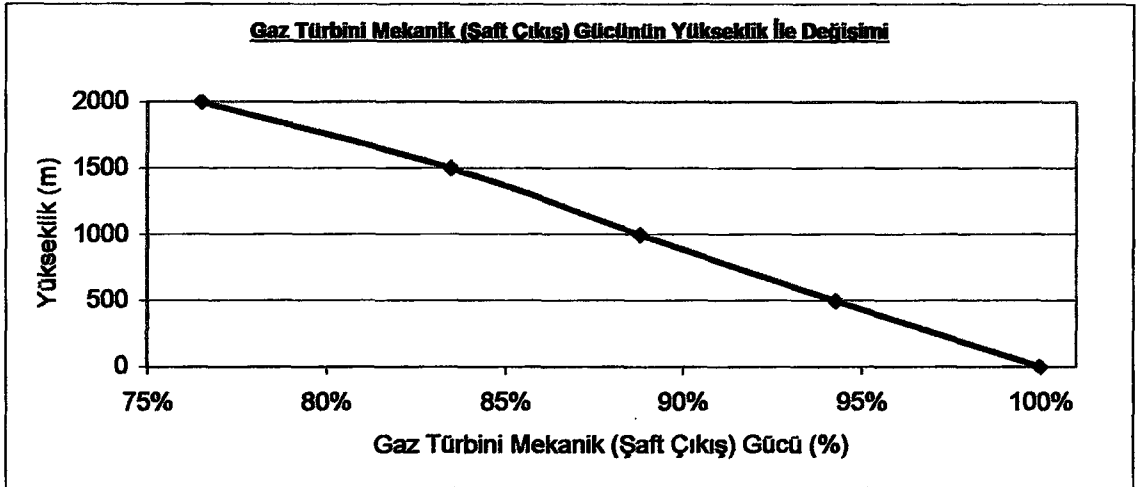
düşen egzoz gazı sıcaklığı sebebiyle, ısı proses uygulama imkanı olumsuz etkilenmektedir. (Suttor, 1995)

Su enjeksiyonlu gaz türbinlerinde; kompresöre veya yanma odasına, sıvı fazında veya buhar fazında, su enjekte edilmekte ve bu sayede güç artırımı ve verim artırımı sağlanmaktadır. (Belli, Pallabazer, 1995)



Şekil 2. 7 : Efektif verimin gaz türbini yüküne bağlı değişimi. (Solar, 2000)

Yukarıdaki şekil efektif verimin gaz türbini yüküne bağlı değişimini ve ekli şekil yükseltiyle gaz türbini gücünün değişimini göstermektedir.



Şekil 2. 8 : Deniz seviyesine göre gaz türbini performansının değişimi. (Solar, 2000)

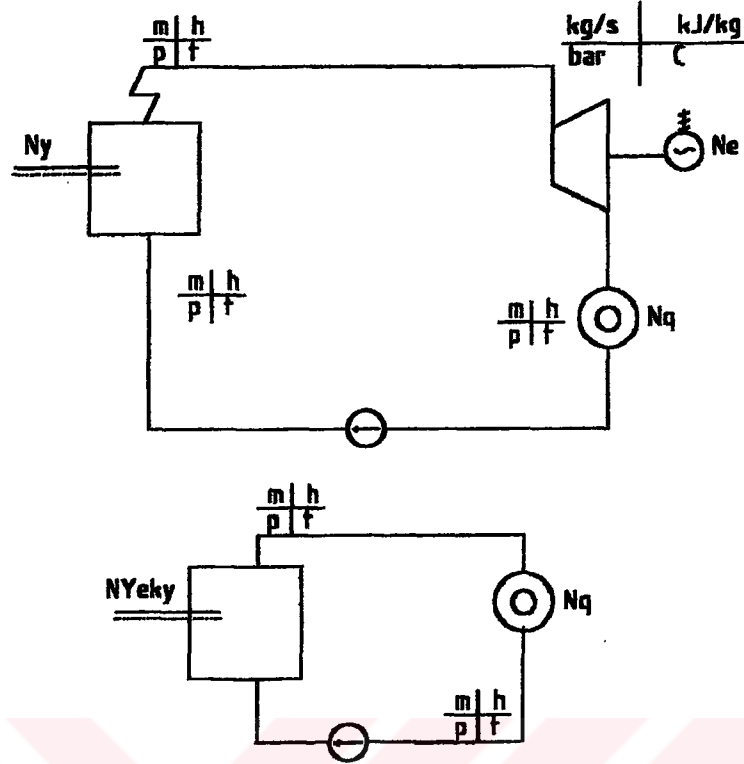
2.12. Rankine Buhar Türbini

Buhar ile çalışan bir güç santrali, temelde bir buhar kazanı, bir buhar türbini, bir kondenser, çeşitli pompalar, ısıtıcılar ve genişleme valflerinden oluşur. Buhar türbini bileşik elektrik ve ısı sistemleri, geçmiş uzun yıllar geriye dayanan ve bu sebeple adet bakımından, 80'li yıllara dek, en yaygın kullanılan B.E.I.S. teknolojisi olmuştur. Ancak gaz motorlarındaki ve gaz türbinlerindeki teknolojik gelişme, bu makinelerin uygulama sahasını daha yüksek kapasitelerin kullanıldığı tesislere doğru itmiştir. Rankine buhar türbini çevriminde; akışkan olan suyun basıncı, bir pompa üzerinden yükseltilmekte, bir kazanda ısıtılmakta, buharlaştırılmakta ve kızdırılmaktadır. Suyun mekanik enerjisi, bir türbine aktarılarak, suyun genişmesi sağlanmakta ve bir kondenserde yoğunlaştırılarak tekrar su fazında pompanın emişine ulaştırılmaktadır. Bu yolla kapalı bir çevrim oluşmaktadır. (Suttor, 1995)

Buhar türbinleri, işletme koşullarına göre; (a) karşı basınçlı buhar türbinleri ve (b) ara buhar almalı buhar türbinleri olmak üzere, iki türde üretilmektedir. Karşı basınçlı buhar türbinlerinde buhar, istenilen basınca (karşı basınca) dek genişmekte ve türbini bu basınçta terk etmektedir. Türbinden çıkan buhar, endüstriyel üretimin ısı prosesinde sabit basınçta yoğunlaştırılmaktadır. Her buhar basıncına karşılık gelen bir sıcaklık vardır. Bu husus baz alınarak, basıncın kontrol edilmesiyle, ısı prosesin sıcaklığı da ayarlanmış olmaktadır. Üretimlerin ısı proseslerinde oluşan kondens suyu olabildiğince toplanmakta ve kondens pompaları üzerinden çevrime tekrar kazandırılmaktadır. (Suttor, 1995)

Ara buhar almalı türbinlerde buharın bir kısmı proses kullanımı için türbinden yüksek basınçta tahliye edilmekte ve geri kalan buhar ise bir kondensere iletilmektedir. Kondensere iletilen buhar; ya soğutma düzeneği üzerinden, yada proses kaynaklı ısı çekişi yöntemiyle soğutularak yoğunlaştırılmaktadır. (Suttor, 1995)

Buhar türbini bileşik elektrik ve ısı sistemlerinde, 40 bar ve 400°C şartları; 5MW'ye dek olan kapasitelerde olağandır. Daha yüksek kapasitelerde 115 bar ve 535°C şartları uygulanmaktadır. Kimyasal sebeplerden ötürü buharın, üst sıcaklık limiti olarak 550°C seçilmiştir. Daha yüksek sıcaklıktaki uygulamalarda akışkan olarak suyun kullanılması yerine Sodyum (Na) kullanılmaktadır. (Hutter, 1995)



Şekil 2. 9 : Rankine buhar türbini çevrimiyle elektrik üretimi ve ayrı konvansiyonel buhar kazanıyla ısı üretimine ait akış diyagramı. (Strauss, 1997)

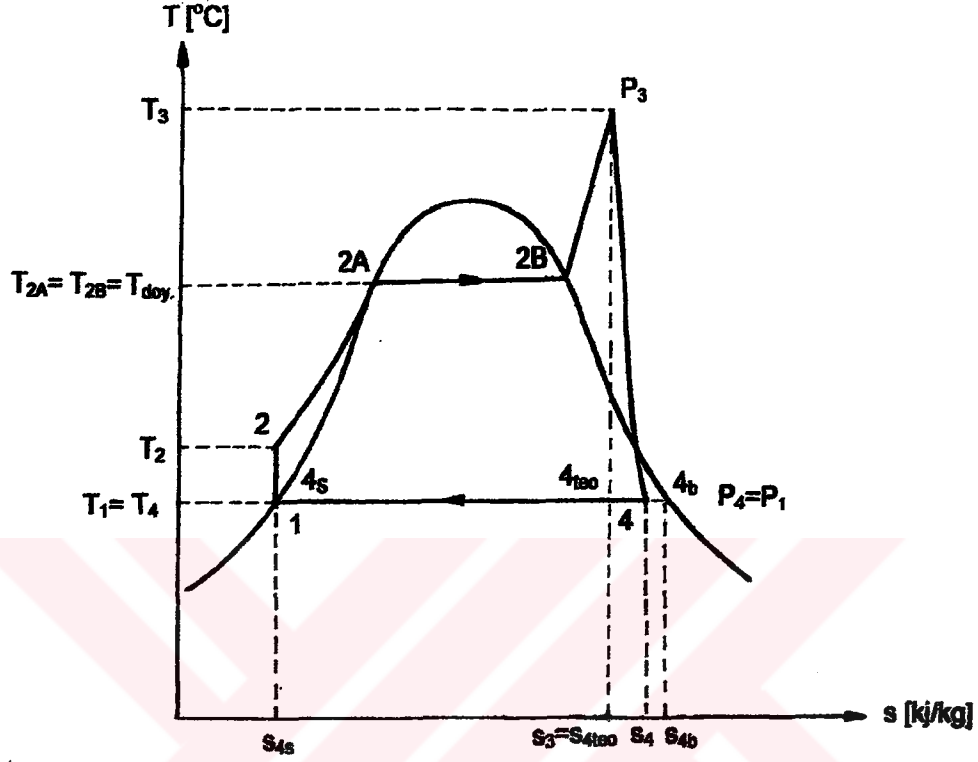
Buhar türbininin teknolojik gelişimi genel anlamda bitmiştir. Teknik iyileştirmeler artık sadece proses kontrolünde yapılacak yeniliklere dayanmaktadır. Çevrim veriminde sağlanabilecek iyileştirme; kazan besı suyunu, ara buhar ısıısıyla, ön ısıtarak ve yakma havasını, egzoz gazı ısıısıyla ön ısıtarak elde edilmektedir. B.E.I.S. tesislerin ekonomileri, ihtiyaç duyulan ısıyla birlikte elektrik ihtiyacının da karşılanmasıyla artmaktadır. Türbin içerisinde yüksek bir sıcaklık düşümü sağlanıyorsa, elektrik üretimi de o oranda artmaktadır. Bu sebeple bu tip tesislerde, ısı prosesi düşük sıcaklıklarda gerçekleşiyorsa, çevrim verimi de o oranda yüksek olmaktadır. Buhar türbini tesislerinde yakıt çeşitliliğinin olması ise, önemli bir avantajdır. (Suttor, 1995)

Türbinlerin tahriki için gerekli olan kızgın buhar, buhar kazanında $\lambda = 1,2 - 1,4$ hava fazlalığıyla yakıtın yakılmasıyla sağlanır.

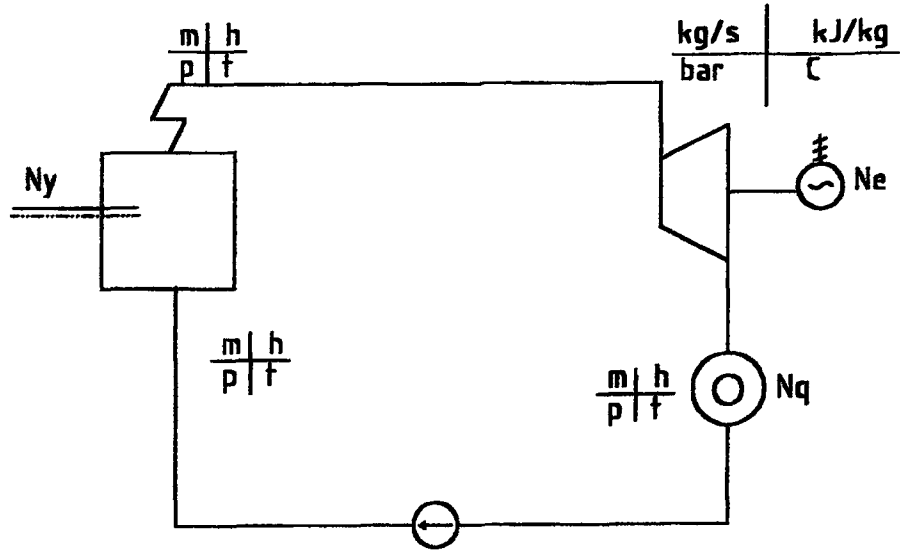
Şekil 2.10' de Rankine buhar türbini çevrimine ait T-S diyagramı gösterilmiştir.

Burada proses (1-2)' de kazan besı suyu pompasıyla akışkanın basıncı kazandaki buhar basıncına çıkarılmaktadır, (2-3) prosesinde akışkan sırasıyla önce buharlaşma sıcaklığına

ısıtılmakta, sonra buharlaştırılmakta ve son adımda ise sabit basınçta kızdırılmaktadır. (3-4) Prosesinde akışkan türbinde genişmekte ve (4-1) prosesinde sabit basınçta kondenserde yoğunlaşmaktadır. (Recknagel, Sprenger, Hönman, 2000)

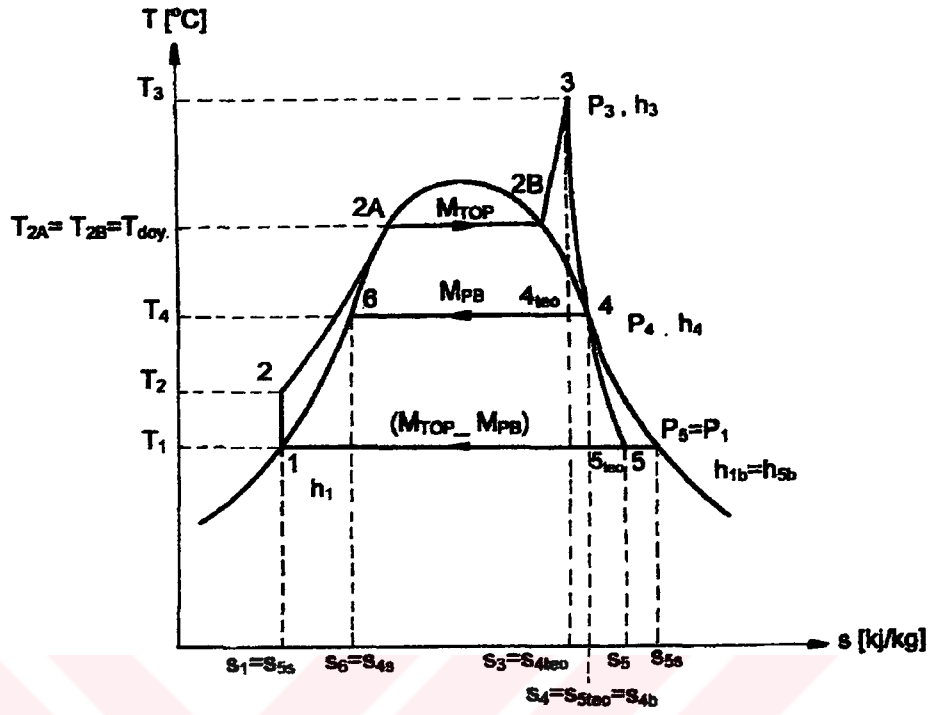


Şekil 2. 10 : Rankine buhar türbini çevrimi T-S diyagramı. (Strauss, 1997)

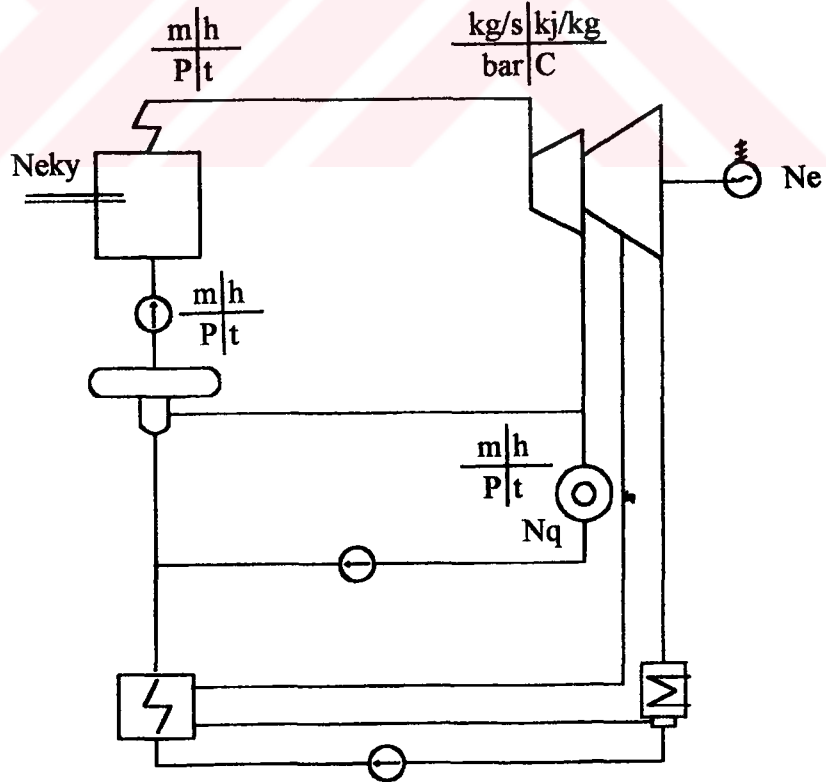


Şekil 2. 11 : Karşı basınçlı buhar türbini çevrimi akış diyagramı.

2.14. Ara Buhar Almalı Rankine Buhar Türbini Çevrimi



Şekil 2. 12 : Ara buhar almalı buhar türbini çevrimi T-S diyagramı.



Şekil 2. 13 : Ara Buhar Almalı Buhar Türbini Çevrimi Akış Diyagramı.

2.15. Kombine Gaz Türbini ve Buhar Türbini Çevrimi

Kombine Gaz Türbini ve Buhar Türbini (KGTBT) B.E.I.S.' lerde gaz türbininin egzoz gazı ısısı bir atık ısı kazanı üzerinden, buhar üretiminde kullanılmakta ve üretilen buharla bir buhar türbini işletilmektedir. Gaz türbini çevrimi, açık çevrimli gerçekleşirken

(bak. bölüm 2.4.), kondanzasyonlu buhar türbini çevrimi, kapalı çevrim niteliğini taşır.

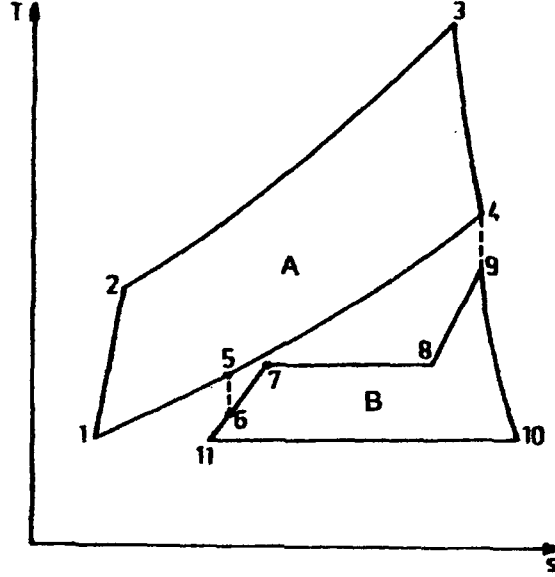
(bak. bölüm 2.5.). Elektrik üretiminin yanında, ayrıca bir ısı prosesinin de olması halinde, karşı basınçlı veya ara buhar almalı bir buhar türbini kullanılmaktadır. Bu gibi durumlarda gerek karşı basınç seviyesini, gerekse ara buhar basıncı seviyesini, ısı proses buhar basıncı belirlemektedir. Egzoz gazlarının, ısı prosesi gereği, soğutulabilindiği seviye, çevrimin verimini belirlemektedir. Çevrim verimini arttırmak için, egzoz gazı kanalına yerleştirilen kanal yakıcısı (brülör) üzerinden egzoz gazlarının $450 - 550^{\circ}\text{C}$ ' den $600 - 680^{\circ}\text{C}$ ' ye ısıtılması gerekmektedir. Gaz türbinlerinin egzoz gazlarında var olan oksijen fazlası, kanal yakıcılarla 1200°C ' ye dek, oksijen takviyesi yapmadan yanmayı gerçekleştirme imkanı vermektedir. Ek yanma durumlarında KGTBT çevrimine ait elektriksel tanıma sayısı $E = 1$ ' den $E = 0,4$ ' e dek düşmektedir. Salt elektrik üretimine dayanan uygulamalarda ise; kondansasyon tipi buhar türbini kullanılmakta ve proses buharı ayrıca bir konvansiyonel buhar kazanı üzerinden elde edilmektedir. KGTBT' ler, elektriksel tanıma sayılarının $E = 1$ olmasıyla bilinirler. Genel uygulama sahaları $20 - 240 \text{ MW}_{\text{ter}}$ ısı gücüdür.

$3 \text{ MW}_{\text{ter}}$ ısı güç uygulamaları, fiziksel olarak mümkün olsa da, ekonomik olarak uygun olmamaktadır.

Kombine gaz türbini ve buhar türbini bileşik elektrik ve ısı sistemleri, buhar türbininin işletme koşullarına göre, (a) karşı basınçlı buhar türbinleri ve (b) ara buhar almalı buhar türbinleri olmak üzere, iki türde tasarlanmaktadır. Buhar türbinlerinin farklı özellikleri Bölüm (2.5)'te irdelenmiştir.

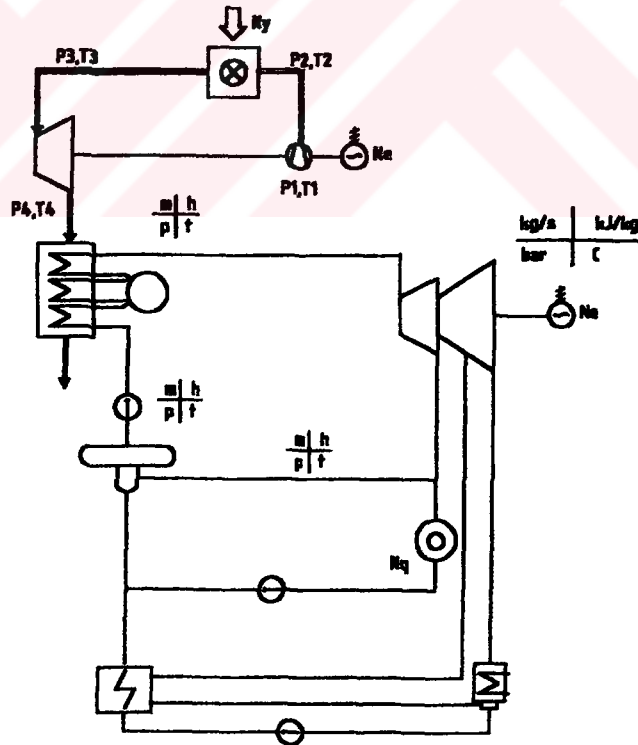
Şekil 2.19'te kombine brayton gaz türbini ve rankine buhar türbini çevrimine ait T-S diyagramı gösterilmiştir. Burada (1-2-3-4) çevrimi açık devreli brayton gaz türbini çevrimine karşılık gelmektedir. (4-5) prosesi atık ısı kazanında egzoz gazlarının buhar üretimi için ısı transferini açıklamaktadır. (6-7-8-9-10-11) çevrimi ise rankine buhar türbini çevrimini göstermektedir. (Strauss, 1997). Buhar türbini çevrimi tarafını "ara buhar almalı

tip" ve "karşı basınçlı tip" olmak üzere çeşitlendirmek mümkündür. Bu çeşitlendirmeye, T-S diyagramların çizimleri dışında, ilerdeki bölümlerde değinilecektir.



Şekil 2. 14 : Kombine gaz türbini ve buhar türbini çevrimi T-S diyagramı.

A – Brayton Çevrimi, B- Rankine Çevrimi. (Strauss, 1997)



Şekil 2. 15 : Kombine Gaz Türbini ve Buhar Türbini

Çevrimi Akış Diyagramı.

2.16. Alternatör (Jeneratör)

B.E.I. Sistemlerinde 100 kVA gücün altında asenkron ve 100 kVA gücün üzerinde ise senkron alternatörler kullanılmaktadır.

Enerji kayıpları, mekanik aksamın ömrü ve kullanılan malzemenin (bakır tel vs.) gerilime göre kısa devre dayanımına bağlı olan konstrüktif tasarımlar nedeniyle; alternatör pazarında; 3.875 kVA (3.100 kW_e) güçlere dek 400 Volt gerilimli ürünler mevcut olup, bu gücün üzerindeki güçlerde 6.3 kV ve 11 kV'lik gerilim kademesinde alternatörler üretilmektedir.

Elektrik dağıtım şebekesine ait enerji 34.5 kV gerilim seviyesinden dağıtılmaktadır. Endüstriyel uygulamalarda kullanılan fabrika içi gerilim düzeyi, genelde 400 Volt (trifaze, 50 Hz.) olmaktadır. Ancak, kimi durumlarda 6.3 kV, 11 kV veya 15 kV'lik endüstri tesisi dahili ring dağıtım hatları kullanılmaktadır.

B.E.I. Sistemine ait olan alternatör geriliminin seçimi her bir tesisin enerji dağıtım sistemi incelendikten sonra tespit edilir. Ancak genel bir kural olarak B.E.I. sistemi pazarında 2.500 kVA = 2.000 kW_e güce dek olan projelerde 400 volt gerilimli alternatör içeren bir tesis kurulurken, bunu üzerindeki güçlerde 6.3 kV, 11 kV veya 15 kV'lik tesisler tercih edilmektedir. Yüksek güçlerdeki çoğu uygulamada; 34.5 kV gerilim seviyesindeki elektrik dağıtım şebekesiyle senkrona girmek üzere, 6.3 kV, 11 kV ve 15 kV'lik gerilim kademeleri, gerilim yükseltici transformatörler aracılığıyla yükseltilmekte ve B.E.I.S, elektrik dağıtım şebekesi ile senkron çalıştırılmaktadır.

Alternatörlerin, elektrik dağıtım şebekesi (EDŞ) ile senkronlanması; gerilim, frekans ve faz açılarının senkronlanmasıyla olmaktadır. Bu sayede B.E.I.S de üretilen enerjinin EDŞ' ye ihracı (basılması) da mümkün olmaktadır. (Schaefer, 1991)

2.16.1. Alternatör verimi

Bir alternatöre ait verim ekli şekilde formülize edilmektedir:

$$\eta_{\text{Gen}} = P_{\text{el}} / P_{\text{eff}} \quad (2. 8)$$

- η_{Gen} : Alternatör verimi (veya η_{Alt}).
 P_{el} : Alternatör klemenslerinden alınan efektif güç.
 P_{eff} : Motor krank milinden alternatöre iletilen efektif güç. (Fischer, 1988)

Çizelge 2. 3 : Tam yükte çalışan alternatörlerin verimleri. (Fischer, 1988)

Nominal Güç (kVA)	354,0	429,3	574,8
$\cos \varphi = 1$ için $\eta_{Gen} =$	0,965	0,967	0,971
$\cos \varphi = 0,8$ için $\eta_{Gen} =$	0,949	0,951	0,950

Çizelge 2.3.' de belirtilen $\cos \varphi$ değeri; aktif gücün, görünen güce oranıdır.

$$\cos \varphi = P_{el} / S \quad (2. 9)$$

$\cos \varphi$: Yüke bağlı güç faktörü

P : Alternatördeki aktif güç (kW)

S : Alternatördeki görünen güç (kVA) (Fischer, 1988)

2.17. Atık Isı Geri Kazanımı Ekipmanları

Termik makinalarda (ör. pistonlu motorlarda) mekanik enerjinin yanında, zorunlu olarak ayrıca ısı açığa çıkmaktadır. Bu ısıya atık ısı denmektedir. B.E.I.S teknolojisindeki temel amaç atık ısıdan olabildiğince yüksek oranda yararlanmaktır.

Pistonlu motorların soğutma sularına ait ısıların transferi, ısı değiştiriciler aracılığıyla yapılırken, egzoz gazlarındaki duyulur ve gizli ısıların transferi egzoz gazı ısı kazanları aracılığıyla yapılmaktadır.

Isı değiştiricilerin çıkış sıcaklıklarının yüksek veya düşük olması, tekstile ait ısı prosesi açısından önemlidir. Bundan dolayı seçilecek olan ısı değiştiricinin konstrüktif türü ısı transferi bakımından önem taşır. Tezin bu bölümünde B.E.I.S.' de yer alan ısı değiştirici türlerinin ısı transferi karakteristikleri karşılaştırılarak, bunlardan en uygun olanının belirlenmesine çalışılacaktır.

Isı transferinde olabildiğince yüksek sıcaklık seviyelerine erişmek için; akışkanların çapraz akış prensibine göre, ısı değiştiricilerine girmesi ve çıkması gerekmektedir. (Fischer, 1988)

Egzoz gazı, atık ısı kazanı konusunda ise; genelde modern tekstil tesislerinde buhar ve sıcak su kullanıldığından, bunlara uygun tesis elemanlarının özelliklerinden bahsedilecektir.

Isının, ısı değiştiricileri üzerinden geri kazanılmasının yanı sıra; elde edilen ısının taşınması için, tasarlanan tesisattaki (su, buhar, kızgın yağ), basınç kaybına bağlı yapılan seçimler, bileşik elektrik ve ısı tesislerinin işletme gideri ve yatırım tutarı açısından önem taşımaktadır. (Sarkoma, Martilla, Horttanianen, 1995).

2.17.1. Isı değiştiricileri

Bir akışkandan diğerine, ısı formunda enerji transferini sağlayan aygıtlara, ısı değiştirici denir. Birçok şekli olan ısı değiştiricileri arasında, bu tezde B.E.I. sistemlerinde kullanılan plakalı ve boru kovan tipi ısı değiştiricileri irdelenmiştir. Diğer ısı değiştirici türleri ve daha detaylı bilgiler için Herwig (2000, 2001) kaynaklarına bakınız.

Isı değiştiricilerindeki ısı transferi, yüksek sıcaklıklı ısı kaynağından, düşük sıcaklıklı ısı kaynağına doğru, ekli termodinamik denklem doğrultusunda gerçekleşir:

$$Q_{ID} = m_o \times c_{po} \times (T_{oç} - T_{og}) = m_s \times c_{ps} \times (T_{sg} - T_{sç}) \quad (2. 10)$$

- Q_{ID} : Transfer olan ısı (kW)
 m_o : Düşük sıcaklıklı ısı kaynağının kütleli debisi (kg/s)
 c_{po} : Düşük sıcaklıklı ısı kaynağının özgül ısınma ısı (kJ/kgK)
 $T_{oç}$: Düşük sıcaklıklı ısı kaynağının ısı değiştirici çıkış sıcaklığı (K)
 T_{og} : Düşük sıcaklıklı ısı kaynağının ısı değiştirici giriş sıcaklığı (K)
 m_s : Yüksek sıcaklıklı ısı kaynağının kütleli debisi (kg/s)
 c_{ps} : Yüksek sıcaklıklı ısı kaynağının özgül ısınma ısı (kJ/kgK)
 T_{sg} : Yüksek sıcaklıklı ısı kaynağının ısı değiştirici giriş sıcaklığı (K)
 $T_{sç}$: Yüksek sıcaklıklı ısı kaynağının ısı değiştirici çıkış sıcaklığı (K)

(Recknagel-Sprenger-Hönnmann, 2000)

Önceki denklemde ısı transfer kayıpları (radyasyon vb.) dikkate alınmamıştır. Ancak uygulamada, yüksek sıcaklıklı ısı kaynağından, düşük sıcaklıklı ısı kaynağı yönünde gerçekleşen ısı transferinde, yaklaşık % 5 dolayında kayıp oluşmaktadır.

Isı transferinin sağlanması için gerekli olan ısı transfer yüzeyinin hesabında ise, ekli denklem kullanılmaktadır.

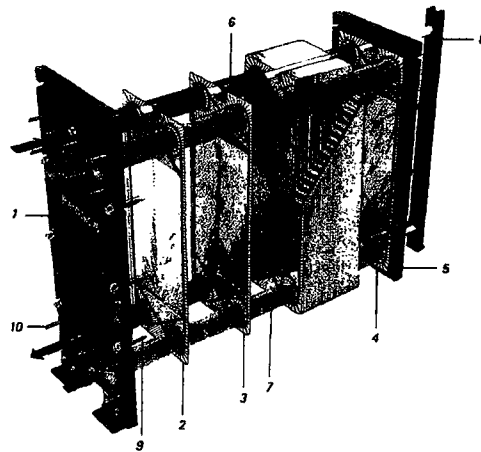
$$Q_{ID} = k \times A \times \Delta T_m \quad (2.11)$$

- Q_{ID} : Transfer olan ısı (kW)
 k : Isı transfer katsayısı (kW/m²K)
 A : Isı transfer yüzeyi (m²)
 ΔT_m : Logaritmik ortalama sıcaklık (K)
 (Recknagel-Sprenger-Hönnmann, 2000)

2.17.1.1. Plakalı ısı değıştircileri (PID)

B.E.I. Sistemlerinin, tekstil endüstrisindeki proses suyuna yapılan ısı transferlerinde, yüksek verimleri (NTU), kompakt olma özellikleri ve bakım kolaylığı nedeniyle, plakalı ısı değıştirciler tercih edilmektedir. PID' ler vasıtasıyla, ısı transferine tabi tutulan sıvı ortamlar arasında $\Delta T = 2 \text{ K}$ ' lik sıcaklık farkları elde edilebilmektedir. Isı transfer katsayılarının yüksek oluşu nedeniyle plakalı ısı değıştircileri az yer kaplamaktadır. (Recknagel-Sprenger-Hönnmann, 2000)

B.E.I.S teknolojisinde, sıcak su ısı kaynağı pistonlu motorun soğutma suyudur. Motor, soğutma suyu seçilen motor konfigürasyonuna bağlı olmak üzere, dört ayrı ısıdan oluşmaktadır. Bu konu ileride detaylandırılacaktır. Ancak ısı kaynağı genel olarak biri yüksek sıcaklıklı ısı kaynağı (YSİK), diğeri düşük sıcaklıklı ısı kaynağı (DSİK) olarak birleştirilmektedir. İlişikteki şekil bir plakalı ısı değıştircisini göstermektedir.



Şekil 2. 16 : Plakalı ısı değıştircisi. (Alfa Laval, 2000)

Şekil 2.23.'e ait açıklama:

- | | | |
|-------------------------|----------------------------|----------------------------------|
| 1) Sabit taşıyıcı çelik | 2) Birinci plaka | 3) Isı transfer plakası ve conta |
| 4) Son plaka | 5) Kayar kapak çelik plaka | 6) Üst taşıyıcı çubuk |
| 7) Alt taşıyıcı çubuk | 8) Mesnet | 9) Gerdirme vidası |
| | | 10) Kılavuz çubuklar |

İlişikteki çizelge plakalı ısı değiştiricisine ait, uygulama biçimine bağlı ısı transfer katsayılarını göstermektedir.

Çizelge 2. 4 : Plakalı ısı değiştiricilerin uygulama biçimine bağlı

ısı transfer katsayıları. (Recknagel-Sprenger-Hönnmann, 2000)

Isı Transfer Şartı	Yaklaşık k Değeri
	W/m ² K
Sıvı / Buhar	1500 – 3500
Sıvı / Sıvı	1000 – 2000
Buhar / Buhar	250 – 750

2.17.1.2. Boru kovan tip ısı değiştiricileri

Boru kovan tip ısı değiştiricileri B.E.I.S' de motor soğutma suyu ısısı, yağlama yağı ısısı ve egzoz gazı ısısının kazanılmasında kullanılmaktadır. Ancak boru kovan tip ısı değiştiricileri, plakalı ısı değiştiricilerinin gelişmesinden sonra, sıvıdan sıvıya ısı transferinin sağlanması uygulamalarında artık pek kullanılmamaktadır. Ancak konstrüktif bir özelliği irdeleyen "boru kovan tipi" anlatımı, duman borulu egzoz gazı ısı kazanları için de geçerlidir.

Bu konu ilerki bölümlerde açıklanmaktadır.

İlişikteki çizelge boru kovan tip ısı değiştiricilerine ait, uygulama biçimine bağlı ısı transfer katsayılarını göstermektedir.

Şekil 2.23.'e ait açıklama:

- | | | |
|-------------------------|----------------------------|----------------------------------|
| 1) Sabit taşıyıcı çelik | 2) Birinci plaka | 3) Isı transfer plakası ve conta |
| 4) Son plaka | 5) Kayar kapak çelik plaka | 6) Üst taşıyıcı çubuk |
| 7) Alt taşıyıcı çubuk | 8) Mesnet | 9) Gerdirme vidası |
| | | 10) Kılavuz çubuklar |

İlişikteki çizelge plakalı ısı değiştiricisine ait, uygulama biçimine bağlı ısı transfer katsayılarını göstermektedir.

Çizelge 2. 4 : Plakalı ısı değiştiricilerin uygulama biçimine bağlı

ısı transfer katsayıları. (Recknagel-Sprenger-Hönnmann, 2000)

Isı Transfer Şartı	Yaklaşık k Değeri
	W/m ² K
Sıvı / Buhar	1500 – 3500
Sıvı / Sıvı	1000 – 2000
Buhar / Buhar	250 – 750

2.17.1.2. Boru kovan tip ısı değiştiricileri

Boru kovan tip ısı değiştiricileri B.E.I.S' de motor soğutma suyu ısısı, yağlama yağı ısısı ve egzoz gazı ısısının kazanılmasında kullanılmaktadır. Ancak boru kovan tip ısı değiştiricileri, plakalı ısı değiştiricilerinin gelişmesinden sonra, sıvıdan sıvıya ısı transferinin sağlanması uygulamalarında artık pek kullanılmamaktadır. Ancak konstrüktif bir özelliği irdeleyen "boru kovan tipi" anlatımı, duman borulu egzoz gazı ısı kazanları için de geçerlidir.

Bu konu ilerki bölümlerde açıklanmaktadır.

İlişikteki çizelge boru kovan tip ısı değiştiricilerine ait, uygulama biçimine bağlı ısı transfer katsayılarını göstermektedir.

Çizelge 2. 5 : Boru kovan tipi ısı değıştircilerin uygulama biçimine bağı

ısı transfer katsayıları. (Recknagel-Sprenger-Hönnmann, 2000)

Isı transfer şartı	yaklaşık k değeri
	W/m ² K
Gaz (~ 1 bar) boru içinde ve	
Gaz (~ 1 bar) boru dışında	5 – 35
Gaz, yüksek basınç (200 – 300 bar) boru dışında ve	
Gaz, yüksek basınç (200 – 300 bar) boru içinde	150 – 500
Sıvı boru dışında (veya içinde) ve	
Gaz (~ 1 bar) boru içinde (veya dışında)	15 – 70
Sıvı boru içinde ve sıvı boru dışında	150 – 1200
Buhar boru dışında ve	
Sıvı boru içinde	300 – 1200

2.17.1.3. Egzoz gazı (atık) ısı kazanları

Egzoz gazı ısı kazanları, egzoz gazlarının içerisinde bulunan duyulur ve gizli ısıların değerlendirilmesinde kullanılır. Bu amaç doğrultusunda genel olarak şu iki temel konstrüktif özelliğe sahip olan kazan türü vardır:

- Duman borulu egzoz (DBE) gazı ısı kazanı ve
- Su borulu egzoz (SBE) gazı ısı kazanı

Her iki kazan türünün kullanım sahası konstrüktif özelliklerine bağı olarak farklı egzoz gazı türlerine göre değışir.

Tekstil sektöründe yüksek sıcaklıklı proses ısı kaynağı genelde; 5 – 20 bar doymuş buhar ve/veya 80 – 150°C sıcaklıklarındaki sudur .

Uygun kazan türünün seçiminde ekli tercih kıstasları kullanılır:

Çizelge 2. 6 : Egzoz gazı ısı kazanı türünün seçiminde
kullanılan temel proje kıstasları. (Hutter, 1995)

<u>Kıstas</u>	<u>Duman Borulu</u>	<u>Su Borulu</u>
Doğal gaz yakıtlı B.E.I.S	Evet	-
Dizel/fuel oil yakıtlı B.E.I.S	-	Evet
Sıcak su üretimi (50 – 150 C)	Evet	-
Sıcak su üretimi (150 – 200 C)	-	x
Düşük basınçlı buhar (1 - 10 Bar)	Evet	-
Yüksek basınçlı buhar (10 - 60 Bar)	-	Evet

Duman Borulu Egzoz Gazı Isı Kazanları:

Duman borulu egzoz gazı ısı kazanlarında; sıcak egzoz gazları, boruların içerisinden geçerken, ısıtılacak olan akışkan (su, kızgın yağ vb.) boruların dışından, yani kovanın içerisinden geçmektedir. Boru içerisinden geçen gazın temiz olması, temizlik ve buna bağlı bakım ihtiyacı gerekçeleriyle, tercih konusudur. Buna göre bu tip kazanlar öncelikle; yakıtın yanması sonucunda temiz egzoz gazları üreten (örneğin doğal gaz yakmalı) otto gaz motorlu B.E.I. sistemlerinde kullanılmaktadır.

Doğal gazın yanmasından oluşan egzoz gazlarının çok düşük düzeyde kurum içermesi, duman borularının sık sık kirlenmesine, ısı transferinin olumsuz etkilenmesine neden olur. Duman boruları malzemesinin 1.4571 (AISI304) paslanmaz çelik malzemeden üretilmesi ve egzoz gazlarının ağırlıklı olarak CO_2 , H_2O ve N_2 ' den oluşması sebebiyle, bunlarda var olan duyulur ısıнын yanında, doyma sıcaklığının altına inilmesi durumunda ($T_d = 60^\circ\text{C}$) gizli ısıнын da değerlendirilmesine olanak vermektedir. Ancak yinede, CO_2 ve NO_x ' in bir korozyon etkisi söz konusu olduğundan, kazan çıkışına uygun kondens akıtma düzenekleri konulmalıdır. (Recknagel-Sprenger-Hönnmann, 2000)

Tüm temizliğine rağmen, otto gaz motorlarının egzoz gazlarında; yağlama yağı olması nedeniyle; duman borularının zaman zaman temizlenebilmesi için, temizleme kapakları bulunmalıdır. Genelde bir egzoz gazı kazanının, egzoz çıkış sıcaklığının 10 K artmış olması, kazanın temizlenmesi gerektiğine dair bir işarettir.

Egzoz gazı ısı kazanlarının girişlerine genellikle bir "by – pass klape sistemi" konulmaktadır. Bu sayede ısı ihtiyacının azalması veya gerekmemesi durumunda, egzoz gazları kazana gitmeden ikinci bir baca üzerinden atmosfere yönlendirilerek, elektrik üretiminin ısı üretiminden bağımsız olması sağlanmaktadır.

Duman Borulu Kazanlarda Sıcak Su Üretimi :

Duman borulu kazanlarda sıcak su üretilmesi durumunda; çıkan egzoz gazı sıcaklığı $T_{sç}$ ile, kazandan çıkan su sıcaklığı $T_{oç}$ arasında, en fazla 20 K' lik bir sıcaklık farkı olmalıdır. Hedeflenen en uygun sıcaklık farkı ise 7 K olmalıdır.

Sıcak ısı kaynağı olan egzoz gazlarıyla, soğuk ısı kaynağı olan su arasında, ilişikteki denkleme göre bir ısı transferi gerçekleşecektir.

$$Q_{AIK} = m_{sk} \times c_{psk} \times (T_{sgk} - T_{sçk}) = m_{ok} \times c_{pok} \times (T_{oçk} - T_{ogk}) \quad (2. 12)$$

- Q_{AIK} : Kazanda transfer olan ısı (kW)
 m_{sk} : Egzoz gazının kütleli debisi (kg/s)
 c_{psk} : Egzoz gazının ortalama özgül ısı (kJ/kgK)
 T_{sgk} : Egzoz gazının kazan giriş sıcaklığı (K)
 $T_{sçk}$: Egzoz gazının kazan çıkış sıcaklığı (K)
 m_{ok} : Suyun kütleli debisi (kg/s)
 c_{pok} : Suyun kazandaki ortalama özgül ısı (kJ/kgK)
 $T_{oçk}$: Suyun kazandan çıkış sıcaklığı (K)
 T_{ogk} : Suyun kazana giriş sıcaklığı (K)

(Recknagel-Sprenger-Hönnmann, 2000)

Yukarıdaki denklemden ısı transfer kayıpları (radyasyon vb.) dikkate alınmamıştır . Uygulamadaki ısı transferlerinde yaklaşık % 5 dolayında kayıp oluşmaktadır.

Isı transferinin sağlanması için gerekli olan duman borularına ait ısı transfer yüzeyinin hesabında ise, ilişikteki denklem kullanılmaktadır.

$$Q_{AIK} = k_k \times A_k \times \Delta T_{mk} \quad (2. 13)$$

- Q_{AIK} : Kazanda transfer olan ısı (kW)
 k_k : Kazan ısı transfer katsayısı (kW/m²K)
 A_k : Kazan ısı transfer yüzeyi (m²)

ΔT_{mk} : Kazanda logaritmik ortalama sıcaklık (K)
(Recknagel-Sprenger-Hönnmann, 2000)

Duman Borulu Kazanlarda Buhar Üretimi :

Duman borulu kazanların kovanlarının üst kısmı, buhar dramı görevini üstlenmektedir. Sıcak ısı kaynağı olan egzoz gazlarıyla, soğuk ısı kaynağı olan su arasında; faz değişimi olan, buharlaşmayı kapsayacak biçimde ilişikteki denkleme göre bir ısı transferi gerçekleşecektir.

$$Q_{AIK} = m_{sk} \times c_{psk} \times (T_{sgk} - T_{sçk}) = \quad (2.14)$$

$$m_{ok} \times c_{pok} \times (T_{obk} - T_{ogk}) + m_{ok} \times (h_{odbk} - h_{odsk}) \quad (2.15)$$

(Lehman, 1988)

- Q_{AIK} : Kazanda transfer olan ısı (kW)
 m_{sk} : Egzoz gazının kütleli debisi (kg/s)
 c_{psk} : Egzoz gazının ortalama özgül ısıma ısısı (kJ/kgK)
 T_{sgk} : Egzoz gazının kazan giriş sıcaklığı (K)
 $T_{sçk}$: Egzoz gazının kazan çıkış sıcaklığı (K)
 m_{ok} : Suyun kütleli debisi (kg/s)
 c_{pok} : Suyun kazandaki ortalama özgül ısıma ısısı (kJ/kgK)
 T_{obk} : Suyun kazan içerisindeki basınçtaki buharlaşma sıcaklığı (K)
 T_{ogk} : Suyun kazana giriş sıcaklığı (K)
 h_{odbk} : Doymuş buharın entalpisi (kJ/kg)
 h_{odsk} : Doymuş suyun entalpisi (kJ/kg)

Yukarıdaki denklemde ısı transfer kayıpları (radyasyon vb.) dikkate alınmamıştır . Uygulamadaki ısı transferlerinde yaklaşık % 5 dolayında kayıp oluşmaktadır.

Duman borulu egzoz gazı ısı kazanlarından, en yüksek sürekli buhar üretim verimini elde etmek için; hedeflenen doymuş buhar basıncına karşılık gelen buhar sıcaklığı ile, kazan besiy suyu giriş sıcaklığı arasında en fazla 10 – 30 K' lik bir sıcaklık farkı öngörülmelidir. Aksi durumda egzoz gazı enerjisi, kaybolmamakla birlikte, düzensiz bir buhar üretime neden olacaktır. Bunun başlıca sebebi yatay tip duman borulu kazanların şekillerinden kaynaklanmaktadır. Egzoz gazları yatayda hareket ederken; su ters yönden, ancak paralel bir akış yapmakta, buharlaşma prosesi ortalama bir kazan basıncı ve sıcaklığına muhatap kalarak, süresiz bir buhar üretimi oluşturmaktadır. Bu nedenle, genelde yüksek basınçlı

buhar üretimlerinde duman borulu egzoz gazı kazanının önüne, ayrıca su borulu bir ekonomizer konmaktadır.

Su Borulu Egzoz Gazı Isı Kazanları:

Su borulu egzoz gazı ısı kazanlarında ısıtılacak olan su, boruların içerisinden geçirilirken, sıcak egzoz gazları boruların dışından geçirilmektedir. Ters ve aynı zamanda çapraz akış prensibine göre spiral borular içerisinden akan suyun sıcaklığı giderek artmakta ve ayrıca kazan çıkışında yaklaşık $\Delta T = 5 \text{ K}$ kızdırılmaktadır. Kızgın su bundan sonra dikey tip buhar seperatörüne girmekte ve burada yer alan seperatör diskinde dönel hareket sonucunda buharlaşmakta, geriye kalan az miktardaki sudan ayrılmaktadır. Silindirik dikey buhar seperatörünün üst kısmı, kısmi bir buhar dramı görevini görmektedir.

Bu tip kazanlar genelde sürekli sabit buhar çekim rejimi olan proseslere uygun olup, en önemli özellikleri;

- Kazan içerisindeki borularda az miktarda su vardır.
- Bu nedenle kaza anında tahribat çok düşüktür.
- Kazanın devreye girmesi süresi 5 dakika kadar çok kısa bir süre alır.
- Az yer kaplar.

Su borulu egzoz gazı ısı kazanları özellikle yüksek basınçta buhar üretiminin istendiği durumlarda ve fuel oil yakmalı motorlu B.E.I.S.' de tercih edilmelidir.

2.18. Isı Depolarının Bileşik Elektrik ve Isı Sistemlerinde Kullanımı

Deneyimler göstermektedir ki; tekstil üretim prosesi sırasında oluşan elektrik ve ısı tüketimlerine ait pik (üst) yükler, genellikle eş zamanlı gerçekleşmemektedir. Oysa B.E.I.S' lerden en üst düzeyde verimlilik açısından yararlanabilmek için, üretilebilen tüm enerji türlerinin tüketilmesi esastır. Örtüşmeyen pik yükleri karşılamak üzere enerji depoları kullanılmaktadır.

Elektrik enerjisinin doğrudan depolanması ekonomik açıdan verimli bir yöntem olmadığından üretildiği anda tüketilmesi gerekmektedir. Buna karşılık, ısı, depolanmaya uygun bir enerji türüdür. Bu sebeple, elektrik ile ısı pik yükleri örtüşmeyen proseslerdeki ısı tüketilmeden önce, bir ara depolama işlemi uygulanır. Isı prosesinin ihtiyacına göre, ısı kısa

veya uzun süreli depolanabilir. Tekstil prosesi 24 saatte bir, periyodik olarak yinelenen bir üretim prosesi olması sebebiyle, tezde "kısa süreli ısı depolama şekilleri" incelenmiştir.

Motorlu B.E.I.S.' nin 15°C' lik taze proses suyu giriş sıcaklığına ve 125°C' lik (kızgın soğutmalı motorlarda) motor soğutma suyunun çıkış sıcaklığına erişmesi ve akışkan olarak suyun yüksek ısı tutumu özelliğine sahip olması sebebiyle; su, ısı depolayan ortam olarak, ideal özellikler taşır.

Tezin bu bölümünün amacı, pratik uygulamaya yönelik sulu ısı depolarının B.E.I.S.' lerindeki uygulama noktalarının belirlenmesidir. Konuyla ilgili daha detaylı teorik hesap yöntemleri Bohn (1982) kaynak kitabında mevcuttur.

2.18.1. Sürekli akışlı açık tip sulu ısı depolarının prosese bağlanma şekli

Tezin birinci bölümünde anlatıldığı gibi tekstil prosesinde kullanılan su; genel olarak 15°C sıcaklıkta, permotit suyu olarak adlandırılan, yumuşatılmış sudur.

Söz konusu olan bu proses suyu, klasik tekstil prosesinde, tekstil makinelerine kadar pompalanmakta, burada buharlı bir ısı değiştiricisinden geçirilerek, proses sıcaklığına ulaşmaktadır. Neredeyse tüm sıcak sulu bu prosesler; 50°C' nin üzerinde başlamakta ve 140°C' ye kadar kademeli olarak çıkmaktadır.

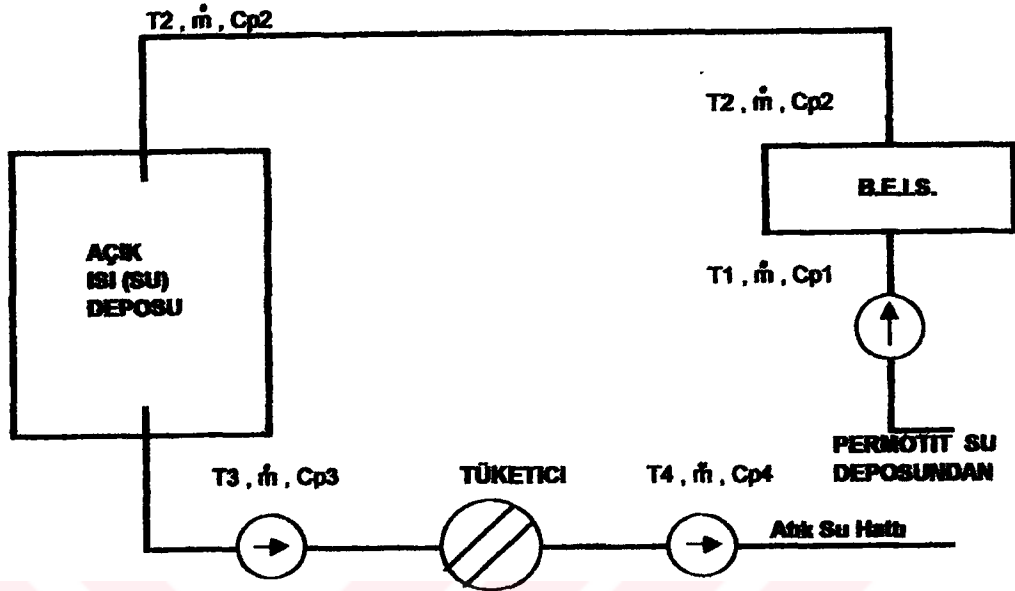
Konvansiyonel tesislerde; 50°C' lik proses başlangıç sıcaklığı; permotit su tankından alınan 15°C' lik suyun; buharlı bir ısı değiştirici üzerinden geçirilmesiyle elde edilmektedir.

B.E.I.S uygulamalarında ise, permotit suyunun ısıtılması şu şekilde gerçekleşmektedir:

Permotit tankından bir pompa ile emilen su, önce turbo ısı değiştiricisinden geçirilmekte ve sıcaklığı yaklaşık 20 - 40°C' ye yükseltilmektedir. Bir sonraki aşamada ısınan su; B.E.I.S.' nin büyüklüğüne bağlı olarak 20 – 200 m³ lük sürekli akışlı açık sistem su (ısı) deposuna basılmaktadır. Bu sayede hem motorun turbosundaki, sıkıştırılmış hava/yakıt karışımı 180°C den 45°C' ye soğutulmakta ve motorun performansını arttırmakta, hem de sıcak su elde edilmektedir.

Isı deposunun (su tankının) çıkışında yer alan bir hidrofor sistemi üzerinden ise 20 - 40°C deki su, ikinci bir plakalı ısı değiştiricisi üzerinden geçerek, yaklaşık 40 – 50°C' ye kadar

ısıtılmaktadır. Bu plakalı ısı değiştiricideki ısı veren akışkan; tekstil prosesindeki 40 – 60°C sıcaklığa sahip olan ve arıtmaya gitmeden evvel, arıtma prosesi sıcaklığı olan 30 – 40°C' ye soğutulması gereken proses atık suyudur. Bu örneğe ait bağlantı şekli ilişktedir.



Şekil 2. 17 : Sürekli akışlı açık tip sulu ısı depolarının B.E.I.S' ne bağlanma şekli.

Sürekli akışlı açık tip sulu ısı deposu uygulamalarında; ısı depolayan akışkan ile, fiilen tekstil prosesinde tüketilen akışkanın, aynı olması nedeniyle, ısı değiştiricide ısı transferi kayıpları ortadan kalkmaktadır.

2.18.2. Kapalı evrimli sulu ısı depolarının prosese bağlanma şekli

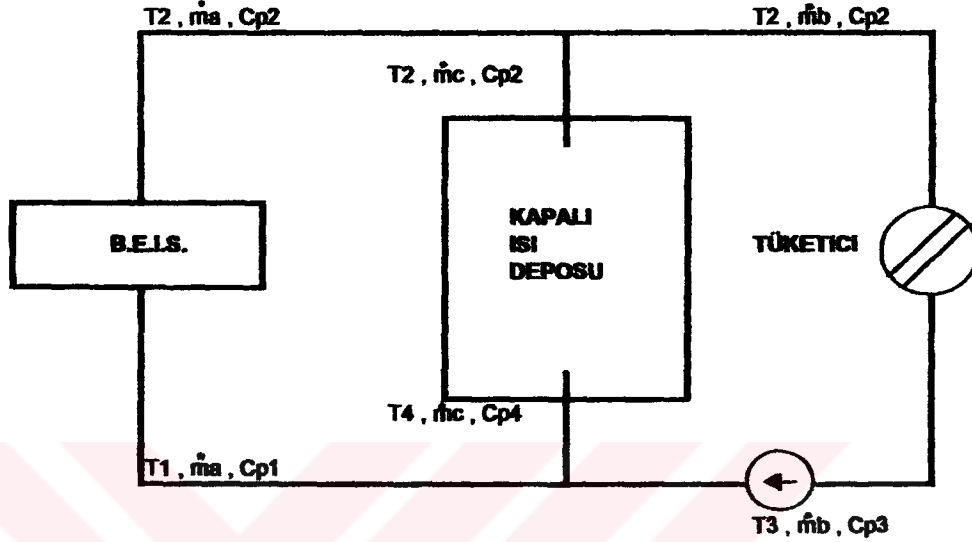
Proses suyu tüketimi olmayan veya motorun turbo ısısını değerlendirmeyecek kadar az olan tekstil proseslerinde, kapalı çevrimli sulu ısı depoları kullanılmaktadır. Burada motor, ısı deposu ve ısı tüketicisi paralel bağlanmaktadır. Bu tip bir bağlantı şekil 2.18'de gösterilmiştir.

2.18.3. ısı depolarına ait konstrüksiyon özellikleri

2.18.3.1. ısı deposu şekli

Isı deposu şeklini belirlerken, ısı depolarının iki tür ısı kayıplarının olduğu dikkate alınmalıdır. Bunlar: dışa dönük kayıplar ve iç kayıplardır.

Isı (su) deposunun dış ısı kaybını önlemek üzere; iyi bir ısı izolasyonu gerekmektedir. Isı iletim katsayısı $\lambda = 0.05 \text{ W/m}^2\text{K}$ olan bir yalıtkan için tavsiye edilen izolasyon kalınlığı $>150 \text{ mm}$ ' dir.



Şekil 2. 18 : Kapalı çevrimli sulu tip ısı depolarının B.E.I.S' e bağlanma şekli.

Isı (su) deposunun iç ısı kaybı ise; depo içerisindeki dengelenme ilişkilerine dayanır ve deponun şekliyle çok ilintilidir.

İç ısı kayıpları şunlardan oluşur:

- Sıcak ve soğuk katman arasındaki ısı transferi
- İç depo yüzeyinden konveksiyonlu ısı transferi
- Su yüzeyindeki konveksiyonlu ısı transferi

Söz konusu olan bu kayıplar silindirik bir depoda, artan bir yükseklik/çap oranına paralel olarak azalmaktadır.

Pratikte, yükseklik/çap arasındaki oranın; 4:1 ile 6:1 arasında seçilmesi uygun olacaktır.

İnşaat şartları sebebiyle, bir deponun yüksek yapılamaması durumunda; birden fazla küçük deponun paralel bağlanması, iç ısı kayıplarını azaltmak yönünde yararlı olacaktır.

2.18.3.2. Isı deposu su dolum biçimi

Açık tip sürekli akışlı ısı depolarında sıcak su girişi, tankın üstünden olmaktadır. Su hızı 2 m/s ve yukarıda seçilebilir. Burada amaç; sıcak olarak üstten giren suyun olabildiğince alt katmanlardaki su ile karışması ve tankın altından emilen suyun sıcaklığının yüksek olmasıdır. Kapalı çevrimli sulu ısı depolarında ise; soğuk ve sıcak su katmanlarının birbirlerine karışması istenmez. Bu nedenle tankın üst yüzeyinden su giriş sıcaklığı 0.3 m/s seçilir. Bu tip uygulamalarda ayrıca bir yönlendirici konik sac uygun olmaktadır.

2.18.3.3. Basınçlı ısı depoları

Bu tip depolar; 100°C' nin üzerindeki sıcaklıklarda suyun depolanmasında kullanılır. Suyun buharlaşmasını önlemek amacıyla, bir basınç tutucu düzenek (hava kompresörü, Azot veya bir membran) aracılığıyla, tankın içerisindeki basınç, doyma basıncının üzerinde tutulmaktadır. Bu tip ısı depolarının maliyeti, ek donanımlar nedeniyle, yüksek olmaktadır. Ancak, sentetik ipliğin işlendiği ve 100°C' nin üzerindeki proseslerde bu tip pahalı bir çözümün yatırımına değer.

Emniyet gerekçeleri dikkate alındığında, VDI basınçlı kaplar yönetmeliği II'ye göre bu tip tankların basınçları 1.5 bar' ı geçmemelidir. Aksi takdirde, bir üst basınç sınıfına geçiş nedeniyle maliyet daha da artacaktır. (Fischer, 1988)

2.18.3.4. Isı deposu hacminin hesaplanması

Isı deposu hacminin hesaplanması: bu tezde kullanılan, bölüm 1'de irdelenen kumaş, iplik boya ve terbiye bölümüne ait ısı proses suyu ihtiyacı ile sınırlı tutulmuştur. Buradaki ısı deposunun görevi; belirli periyotlar altında, ön ısıtılmış taze permotit suyu ihtiyacı beliren tekstil boya ve terbiye makinelerine, bu suyu sağlamaktır.

Bir başka ifadeyle, ısı deposunun görevi; belirli bir ısı akışını (Q), belirli bir süre için (Δt) depolamaktır. Bunun için gerekli olan su debisi (V), sıcaklık farkına (ΔT) bağlıdır. Isı deposunun iç kayıpları ise, bir emniyet faktörü üzerinden dikkate alınmaktadır.

$$V_{\text{Depo}} = \frac{Q \times \Delta t}{\rho \times c_p \times \Delta T} \times f_{\text{emn}} \quad (2.16)$$

(Fischer, 1988)

V_{Depo}	:	Su depo hacmi (m^3)
Q	:	Isı deposunun ısı tutumu (kW)
Δt	:	Isı deposunun dolum süresi (saat)
f_{emn}	:	Emniyet faktörü
ρ	:	Suyun yoğunluğu (kg/m^3)
c_p	:	Suyun özgül ısınma ısısı (kJ/kgK)
ΔT	:	Isı deposu öncesi ısı değiştiricideki sıcaklık farkı (K)

2.19. Skoç Tip Kazanda Buhar Üretimi

Tekstil sektöründe proses buharı ihtiyacı, genelde doymuş buhar fazda olmakta ve bu ihtiyaç, genel olarak skoç tip buhar kazanlarıyla karşılanmaktadır. Kullanılan skoç kazanlar genel olarak 3 geçişli duman borulu kazanlar sınıfına girmektedir. Külhan, cehennemlik, kısa duman boruları, ön duman sandığı, uzun duman boruları, arka duman sandığı ve baca bağlantısından oluşan bu kazanların üst kısmı, buhar dramı fonksiyonunu üstlenmektedir. Hatırlayacağınız üzere, daha önce bölüm 3'te bir tekstil tesisinin proses ısı ihtiyacı tesisin türüne bağlı olarak, yaklaşık 169 kWh / kg olduğu açıklanmıştır. Buhar ihtiyacı; genelde 5 – 20 bar doymuş buhar basınçlarına sahip skoç tip kazanlar aracılığıyla karşılanmaktadır. İlişikteki formül skoç tip bir buhar kazanında buhara aktarılan ısıyı göstermektedir.

$$Q_{\text{Skoç}} = B_h \times \eta_k H_u = D_h \times (h_D - h_o) \quad (2.17)$$

(Lehman, 1990)

$Q_{\text{Skoç}}$	:	Kazandaki ısı akısı (kW)
B_h	:	Yakıt tüketimi (kg/h)
η_k	:	Kazan verimi (doğal gaz ateşlemeli kazanlarda %90 - %95)
H_u	:	Yakıtın alt ısı değeri (kJ/kg)
D_h	:	Buhar Üretimi (kg/h)
h_D	:	Doymuş buharın entalpisi (kJ/kgK)
h_o	:	Kazan besisi suyu entalpisi (kJ/kgK)

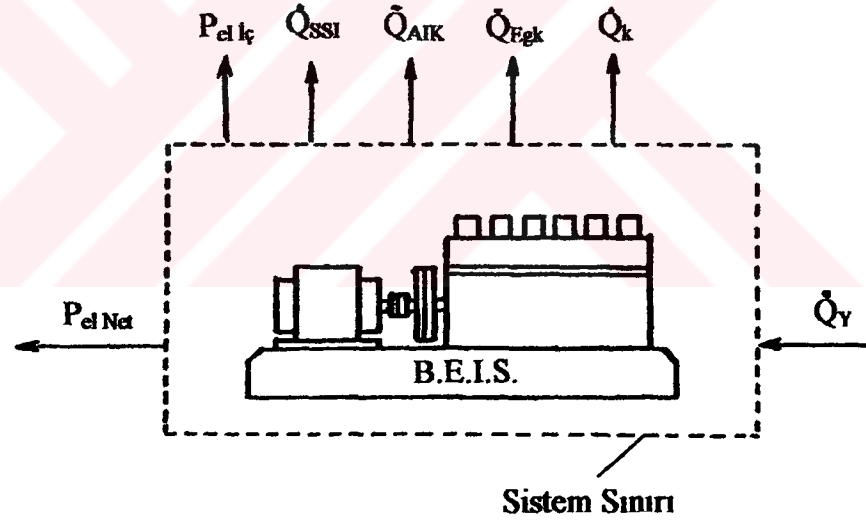
2.20. B.E.I. Sistemin Enerjisine Genel Bakış

Patlamalı yanmalı, (buji ateşlemeli) piston motorlu bileşik elektrik ve ısı sistemlerinde, mekanik (veya elektrik) enerjinin yanında, ayrıca termik enerji olarak adlandırdığımız silindir soğutma suyu ısısı, yağlama yağı soğutma suyu ısısı, turbo soğutma suyu ısısı ve egzoz gazı ısısı açığa çıkmaktadır.

Yüksek çevrim verimlerine ulaşmak üzere; motorun yeteri kadar soğutularak, mekanik performansının yüksek tutulması, atık ısılardan yüksek oranda yararlanılması, teknik ve ekonomik yapılabilirliğin temelinde irdelenmesi ve bu doğrultuda çözümlerin üretilmesi esastır.

2.20.1. B.E.I.S enerji bilançosu

B.E.I. Çevriminde; yakılan yakıttan açığa çıkan ve değerlendirilen enerji türlerinin açılımı bize enerji bilançosunu vermektedir.



Şekil 2. 19 : Bir B.E.I. modülüne ait enerji bilançosu. (Fischer, 1988)

Simgelerin Açıklaması :

- $P_{el Net}$ = B.E.I.S den elde edilen net elektrik (çıkışı)
- $P_{el İç}$ = B.E.I.S de yer alan yardımcı ekipmanların elektrik tüketimi
- Q_Y = Yakıt (birincil enerji) girdisi
- Q_{SSI} = Motor dan geri kazanılan motor soğutma suyu ısısı ($Q_{DSI} + YSI$)
- Q_{AIK} = Egzoz gazı ısısı (atık ısı kazanı ısısı)

- Q_{EGk} = Egzoz gazından geri kazanılmayan kayıp ısı
- Q_k = Genel kayıp ısılar

$$Q_Y = m_Y \times H_u \quad (2.18)$$

(Fischer, 1988)

- Q_Y : Çevrime giren birincil enerji (yakıt enerjisi)
 m_Y : Çevrime giren yakıtın debisi
 H_u : Çevrime giren yakıtın alt ısı değeri

Termodinamiğin 1 inci denklemine göre;

$$m_Y \times H_u = Q_{SS} + Q_{AIK} + Q_{AIK/K} + Q_{Kayıp} + P_{el} \quad (2.19)$$

(Fischer, 1988)

- Q_{SS} : Motor soğutma sularının ısısı
 Q_{AIK} : Egzoz gazından geri kazanılan atık ısı
 $Q_{AIK/K}$: Egzoz gazından geri kazanılamayan kayıp ısı
 $Q_{Kayıp}$: Genel kayıp ısı (radyasyon ve konveksiyon kayıpları, sürtünme kayıpları, alternatör kayıpları)
 P_{el} : Alternatörden aktif güç olarak alınan elektrik enerjisi

2.20.2. Verim ve elektriksel tanıma sayısı

Bölüm 3' de irdelenen verimlerin yanında, ekte, B.E.I.S' ler için önem taşıyan bir verim tanımı yapılmaktadır.

2.20.2.1. Elektriksel verim (yararlanma oranı)

$$\eta_{el} = \frac{P_{el}}{Q_Y} \quad (2.20)$$

(Fischer, 1988)

- η_{el} : Elektriksel Verim
 P_{el} : Alternatör klemenslerinden alınan aktif güç (kW_e)
 Q_Y : Tüketilen birincil enerji (kW_Y)

Belirli bir zaman süreci için düşünüldüğünde ise elektriksel yararlanma oranı tanımlaması yapılmaktadır.

$$\gamma_{el} = \frac{W_{el}}{Q_Y} \quad (2.21)$$

(Fischer, 1988)

- γ_{el} : Elektriksel yararlanma oranı
 W_{el} : Δt zaman diliminde elde edilen elektriksel iş (kj_e)
 Q_Y : Δt zaman diliminde tüketilen birincil enerji (kj_Y)

Yararlanma oranı, tesisin devreye girmesi, tesisin devreden çıkması durumunda kısmi yüklerde geçerli olan, olumsuz şartları kapsar.

Doğal olarak yararlanma oranı, verime göre daha düşüktür. Çünkü verim nominal durumlar için yapılmış olan bir tanımlamadır.

2.20.2.2. Atık ısı verimi ve yararlanma oranı

Bir B.E.I.S.'nin atık ısı verimi; çevrime giren birincil enerjiden, ne kadarlık bir kısmının geri kazanıldığını açıklamaktadır.

$$\eta_{Atık} = Q_{Motor} / Q_Y = (Q_{YSI} + Q_{DSI} + Q_{AIK}) / Q_Y \quad (2.22)$$

(Fischer, 1988)

- $\eta_{Atık}$: Atık ısı verimi
 Q_{Motor} : Motordan geri kazanılan tüm ısı (kW_{ter})

Belirli bir zaman süreci için düşünüldüğünde ise Atık ısı yararlanma oranı tanımlaması yapılmaktadır.

$$\gamma_{Atık} = Q_{Motor} / Q_Y = (Q_{YSI} + Q_{DSI} + Q_{AIK}) / Q_Y \quad (2.23)$$

(Fischer, 1988)

- $\gamma_{Atık}$: Atık ısı yararlanma oranı

2.20.2.3. Elektriksel tanıma sayısı

$$E = P_{el} / Q_{Motor} \quad (2.24)$$

(Fischer, 1988)

Elektriksel tanıma sayısı E; motorda üretilen elektriksel enerji ile geri kazanılan atık ısı arasındaki oranı vermektedir. E; küçük gaz motorlarından büyüklere doğru artarak, 0.5 – 1.0 arasındadır.

Herhangi bir endüstriyel proses için uygun bir B.E.I.S seçimini, genel anlamda, detaya girmeden yapabilmek için, endüstriyel prosesin elektriksel tanıma sayısına (E_{EP}) yakın olan bir (E) sayısını sahip bir B.E.I.S seçilmesi uygun olacaktır.

2.20.3. Bileşik elektrik ve ısı sistemlerinin hidromekanik bağlanma şekilleri

Bu bölümde tekstil prosesine uyarlanan B.E.I.S.'lerin reel enerji bilançoları oluşturulacaktır.

İçten yanmalı pistonlu motorlardan geri kazanılan atık ısıların, bir tekstil prosesinin ısı devrelerine entegrasyonu, toplam altı türde olabilmekte, ancak temelde iki tür hidromekanik bağlantı biçimi uygulanmaktadır. Bunlar :

Hidrolik Bağlantı Biçimi No.1

- İkinci kademe turbo ısısı ($Q_{2KTİ}$); plakalı ısı değiştiricinin sekonder tarafında yer alan ve tekstilde kullanılan permotit su prosesine; su giriş sıcaklığı yaklaşık 15°C ve maksimum su çıkış sıcaklığı 43°C olacak şekilde bağlanır. Bu hidrolik devrede yer alan ısıya, aynı zamanda düşük sıcaklıklı su devresine ait ısı denir. Buradan sağlanan düşük sıcaklıklı ısı için $Q_{DSİ}$ simgesi kullanılır. Buradan sağlanan ısı bir **ön ısıtılmış permotit su deposuna** akıtılır.
- Birinci kademe turbo ısısı ($Q_{1KTİ}$), yağlama yağı soğutma suyu ısısı (Q_{YYSI}), silindir gömleği soğutma suyu ısısı (Q_{GSI}); plakalı ısı değiştiricinin sekonderinden giren ve ön ısıtılmış permotit suyu deposundan gelen $17 - 44^{\circ}\text{C}$ deki suyun $40 - 95^{\circ}\text{C}$ ' ye ısıtılmasında kullanılır. Bu hidrolik devrede yer alan ısıya, aynı zamanda yüksek sıcaklıklı su devresine ait ısı denir ve buradan sağlanan **yüksek sıcaklıklı ısı** için $Q_{YSİ}$ simgesi kullanılır. Buradan sağlanan ısı bir **sıcak permotit su deposuna** akıtılır.
- Egzoz gazı ısısı ($Q_{EGİ}$); bir atık ısı kazanı üzerinden, $5 - 20$ bar basınçta doymuş buhar üretiminde kullanılmaktadır. Bundan sağlanan ısı için (Q_{AIK}) simgesi kullanılır. Buhar üretimine ait yan teçhizatlar, kazanın duman veya su borulu tip olması durumuna göre değişmektedir.

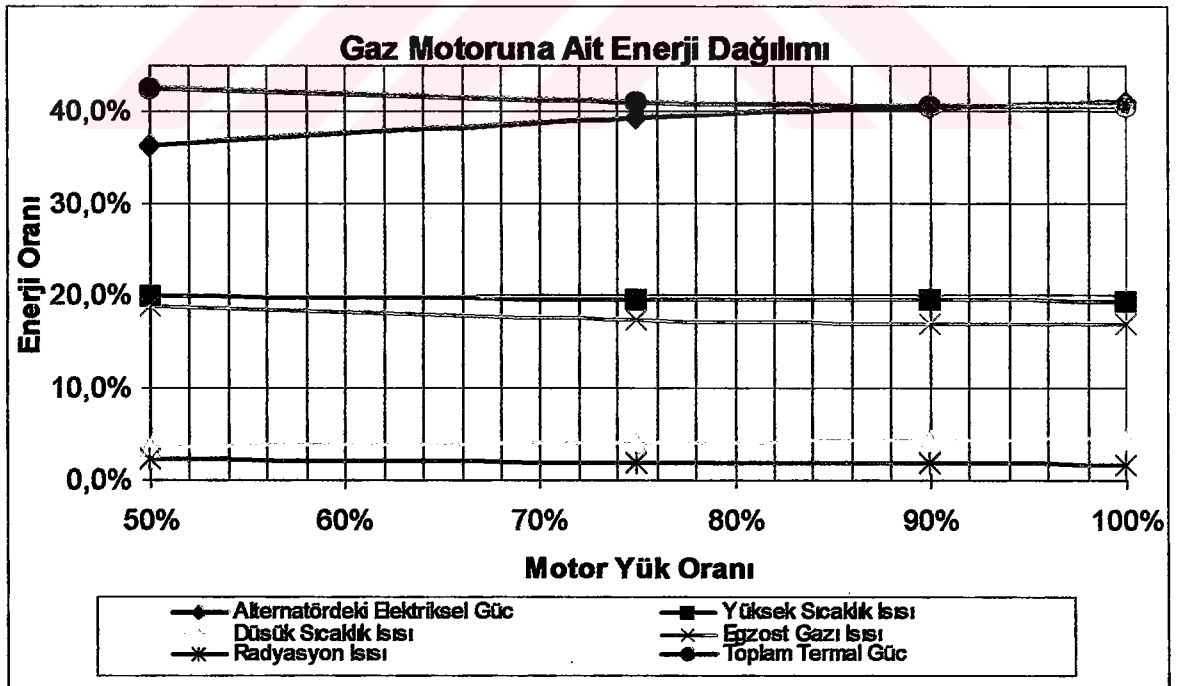
Hidrolik Bağlantı Biçimi No.2

Hidrolik bağlantı biçimi no.2' nin no.1 ile olan tek farkı; atık ısı kazanında buhar yerine sıcak su üretilmesidir.

- Egzoz gazı ısısı ($Q_{AİK}$); bir atık ısı kazanı üzerinden, sıcak permotit suyu, deposundan pompalanan su sıcaklığının 40 - 90°C' den 60 - 145°C' ye yükseltilmesinde kullanılır. Tasarlanan atık ısı kazanı su çıkış sıcaklığı temelde tekstil prosesindeki ihtiyaca bağlıdır. Örneğin indigo (blue jean kumaş) tesislerinde bu sıcaklık 50 - 90°C arasında değişirken, pamuklu tekstil terbiye bölümlerinde 50 - 80°C dir. Sentetik tekstil terbiye bölümlerinde ise bu sıcaklık 90 - 145°C' dir. Sıcak su sıcaklığına bağlı olarak kurulan atık ısı kazanının sıcak sulu veya kızgın sulu olma özelliği ve buna bağlı olarak da tesisi tamamlayan diğer sistem elemanlarının özellikleri de değişmektedir.

İçten yanmalı pistonlu makinelerin dışındaki teknolojilerde (yani gaz türbinleri, buhar türbinleri ve bunların kombinasyonundan oluşan B.E.I.S.' lerde) üretilen tüm ısı, buhar fazında olduğundan; tekstil prosesinin buhar kollektörüne saplama yapılmaktadır. Yani, bu teknolojilerde hidromekanik bağlantı biçimi tek tiptir.

Bir gaz motoru ünitesine ait ölçülmüş enerji bilançosu bilgileri ilişikte verilmiştir.



Şekil 2. 20: Gaz motorundaki enerji dağılımının, motor yük oranına bağlı değişimi.

(CW, 1999)

2.21. Yatırımların Ekonomik Değerini Ölçme Yöntemleri

Yatırımların ekonomik değerini ölçme yöntemlerini ilişikteki şekilde sıralayabiliriz:

Bugünkü net değer metodu, yıllık değer metodu, gelecek değer metodu, iç getiri oranı metodu ve kâr/yatırım oranı metodu. (Aybers, 1995)

Günümüzde en çok kullanılan yöntemler bugünkü net değer (NPV) ve iç getiri oranı (IRR) metodlarıdır. Bu sebeple, bu tezde yer alan ekonomik değerlendirme modelleri bu iki yönetime göre geliştirilmiştir.

Bir yatırım projesinin ekonomik ömrü süresince sağlaması beklenen nakit girişlerinin belirli bir iskonto oranı (sermaye maliyeti) kullanılarak hesaplanan bugünkü değeri ile nakit çıkışlarının bugünkü değeri arasındaki fark, projenin bugünkü net değeridir.

(Pamukçu, 1989)

$$NPV = \sum_{t=m+1}^m \{ NG_t (1+k)^{-t} - NÇ_t (1+k)^{-t} \} \quad (2.1)$$

$t = 1, \dots, m, m+1, \dots, n$

k = iskonto oranı (sermaye maliyeti)

NG_t = t dönemindeki nakit girişi

$NÇ_t$ = t dönemindeki nakit çıkışı

n = projenin ekonomik ömrü

(Pamukçu, 1989)

İç getiri oranı, yatırım projesinin bugünkü net değerinin sıfır olduğu noktada ki iskonto oranıdır. (Pamukçu, 1989)

$$NPV = 0 = \sum_{t=m+1}^m NG_t (1+r)^{-t} - NÇ_t (1+r)^{-t} \quad (2.2)$$

$t = 1, \dots, m, m+1, \dots, n$

r = iç getiri oranı

NG_t = t dönemindeki nakit girişi

$NÇ_t$ = t dönemindeki nakit çıkışı

n = projenin ekonomik ömrü

(Pamukçu, 1989)

3. ENTEGRE BİR TEKSTİL FABRİKASINDAKİ ENERJİ KULLANIMINA AİT TEMEL BİLGİLER

Entegre tekstil fabrikaları, pamuk elyafını ve sentetik elyafı işleyip, iplik üreten, dokuyan, ören, boyayan ve terbiye işlemine tabi tutan kısımlardan oluşur.

3.1. Üretim Teknolojisine Bağlı Enerji Gereksinimi

Entegre tekstil üretim prosesleri genelde üretim kapasitesine bağlı olarak 1 – 30 MW_e elektrik ve 3 – 50 MW_{ter} ısı tüketir. Türkiye Sanayi Kalkınma Bankasının, 9 pamuklu ve 3 yünlü entegre tesiste yaptığı incelemelere göre :

1 kg pamuklu kumaşın üretimi için ortalama: 73.270 KJ ısı + 5.9 kWh elektrik enerjisi

1 kg yünlü kumaşın üretimi için ortalama: 112.500 KJ ısı + 6.1 kWh elektrik enerjisi

1 kg pamuk ipliği üretimi için ortalama: 2.4 kWh elektrik enerjisi

1 kg mamul tekstil üretimi için (iplik üretimi için gerekli enerji dahil) ortalama :

6 kWh elektrik enerjisi tüketilmektedir.

Bu rakamlardan özgül elektrik enerjisi tüketimi, kalkınmış ülkelerdeki rakamlara yakın olmakla beraber, özgül ısı tüketimi rakamları yüksektir. (Tarakçıoğlu, 1984).

3.1.1. Tekstil işletmelerindeki enerji tüketiminin bölümlere göre dağılımı

Çizelge 3.1’de, Tarakçıoğlu’ nun (1984) yaptığı bir araştırmaya göre, tekstil işletmelerindeki özgül enerji tüketiminin bölümlere göre dağılımı gösterilmiştir.

Çizelge 3.1.’ de görüldüğü üzere, tekstil endüstrisinde kullanılan elektrik enerjisinin yoğun olarak tüketildiği bölümler, iplik ve dokuma kısımları olmakta, buna karşılık ısının yoğun olarak tüketildiği bölüm ise terbiye kısmı olmaktadır. Ekli çizelgede terbiye bölümlerinde, işlenen iplik türüne bağlı olarak, tüketilen ısı miktarları gösterilmiştir.

Çizelge 3. 1 : Tekstil işletmelerindeki özgül enerji tüketiminin
bölümlere göre dağılımı. (Tarakçıoğlu, 1984)

Elektrik Tüketimi			Isı Tüketimi	
	KWh/kg	Proses Kliması için (%)	MJ/kg	Proses Kliması için (%)
İplik Bölümü	2,7 – 4,0	15 – 20	1,1 – 4,7	100
Dokuma Bölümü	2,1 – 5,6	20 – 25	8,3 – 17	45 – 55
Örme Bölümü	1,0 – 1,5	25 – 30	1,8 – 5,8	100
Terbiye Bölümü	1,5 – 3,0	-	20 - 80	-
Toplam	7,3 – 14,1	-	31,2 – 107,5	-

Çizelge 3. 2 : Terbiye bölümlerinde tüketilen özgül ısı
enerjisi miktarları. (Tarakçıoğlu, 1984)

	Pamuklu Tesisler (MJ/KG)	Yünlü Tesisler (MJ/KG)
1 kg mamul kumaş için ortalama	63	84
1 kg mamul kumaş için en az	25	63
1 kg mamul kumaş için en çok	97	113

İllerdeki bölümlerde detayları açıklanacak olan bilgisayar programında, kullanıcı için, örnek teşkil etmesi bakımından, bir tekstil fabrikası için kullanılabilecek birim enerji ihtiyacı bilgileri, ekli çizelgede gösterilmiştir.

Çizelge 3. 3 : Hesaplamalar için seçilebilen örnek bir tekstil
işletmesine ait özgül enerji tüketimleri. (Tarakçıoğlu, 1984)

Elektrik Tüketimi			Isı Tüketimi	
	KWh/kg...	Proses kliması için kWh/kg	MJ/kg	Proses kliması için %
İplik Bölümü	3,5	0,75	3,0	3,0
Dokuma Bölümü	4,0	1,0	13,0	7,0
Örme Bölümü	1,25	0,5	40,0	4,0
Terbiye Bölümü	2,25	-	50,0	-
Toplam	11,0	2,25	106,0	14,0

3.1.2. Tekstil işletmelerinde enerji maliyetinin ekonomik önemi

Tekstil sektörü, Türkiye' nin çeşitli yörelerinde faaliyet göstermektedir. Bu yörelerin birbirlerinden farklı üretim maliyeti (hammadde, enerji, işçilik, verimlilik vb.) dağılımlarına sahip olmaları, yöreler arasında ürün fiyatı ve kalitesi açısından farklılığa neden olmaktadır. Maliyet dağılımlarının farklı olmasının bir sebebi: yurdumuzda kalkınmada öncelikli bölgeler için uygulanan, elektrik enerjisi fiyat sübvansiyonu ve farklı bölgelerdeki çeşitli türdeki yakıtların (doğal gaz, LPG, Fuel Oil) fiyat farklarıdır. İşçilik maliyetinin farklılığı, verimliliğin ve işçilik kalitesinin bölgelere göre farklı oluşu da önemli etkindir. Enerji giderleri, tekstil ürünlerinin maliyetlerinde, ekli tabloda görüleceği üzere, kimyasal ve sabit giderlerden hemen sonra ve ön sıralarda yer alır. (Tarakçıoğlu, 1984).

Çizelge 3. 4 Tekstil üretim maliyetlerindeki oranlar. (Tarakçıoğlu, 1984)

Toplam Maliyet İçerisindeki Pay	Türkiye	Avrupa	
	Asgari – Azami (%)	Ortalama (%)	Ortalama (%)
Boyar Madde ve Kimyasallar	23 – 47	33	28
Sabit Giderler	18 – 42	29	19.3
Enerji	14.5 – 39	25	14
Ücretler	3 – 9	6	31
Su	2 – 3	2.5	5.3
Çeşitli	3 – 6	4.5	2.4

Enerji maliyetlerinde; Bileşik Elektrik ve Isı Sistemlerinin (B.E.I.S) sağlayacakları %50' lik tasarruf; ürünlerin yaklaşık %12.5 daha ucuza mal olmasını ve fabrikanın özellikle uluslararası pazarlarda avantajlı hale gelmesini sağlayacaktır.

3.2.1. İplikhane bölümü

İplikhanelerdeki elektrik tüketimi; makine tipi ve teknolojisine bağlı olmakla birlikte, işlenen iplik numarasına bağlı olarak da değişmektedir. (*)

(*)Bu hususla ilgili olarak daha fazla detay bilgi isteyenler Tarakçıoğlu' nun (1984) kaynak kitaplarına başvurabilir. Bu tezde, bölümler dahilindeki ayrıntıya girmeden, farklı bölümlerin toplam enerji tüketimi özellikleri ele alınmıştır.

3.2.1.1. Pamuklu iplik üretimi

Doğal olarak yetişen pamuk, toplanmakta, çırcır fabrikalarında lifli yapıda eğrilerek işlenmekte ve iplik halini almaktadır.

Pamuk iplik çekme:

Lifli pamuk elyafları, eğirme ve çekme prosesleri sonucunda istenilen inceliğe (denye), çekme yöntemiyle kavuşturulmaktadır.

Sentetik İplik Üretimi:

Sentetik filament iplikleri, pamuklu iplikler gibi hoş bir görünüme ve sıcak tutmak özelliğine sahip değildir; ancak bunlar doğal elyaf ipliklerine göre daha sağlam ve düzgündür. Sentetik filament ipliklerinin üretiminde temel amaç; olabildiğince doğal iplikleri taklit etmektir. Bu amaç doğrultusunda iki tür tekstürüzyasyon teknolojisi geliştirilmiştir. Bunlar: Yalancı – Büküm Yöntemi ve Hava Jeti yöntemidir. Sentetik filament üretiminde kullanılan termoplastik malzemeler polyester, polyamid, polipropilen, cam, viskoz ve asetat olarak sıralanır. Hava jeti tekniğinde; termoplastiğe yüksek basınçlı hava şekil verirken, yalancı – büküm tekniğinde ise, ısı işlem sayesinde şekil verilmektedir. Dolayısıyla, hava jeti teknolojisi, sadece elektrik tüketirken, yalancı – büküm teknolojisinde elektrik ve ısı işlem gerekmektedir. Ancak burada gerekli olan ısı, elektrikli rezistanslar aracılığıyla sağlanır.

Termoplastiklerin Eritilmesi Prosesindeki Enerji Gereksinimi:

Sentetik filament iplikleri; polipropilen cipslerin elektrikli ergitme yöntemiyle ergitilmesinden sonra, sıvı termoplastiğin dikeyde akıtılması sonucunda, muhtelif kalınlıklarda elde edilir. Bunlar daha sonra iplik bobinlerine sarılarak, tekstrüze işlemine tabi tutulur.

Tekstrüzyasyon Prosesindeki Enerji Gereksinimi:

Sentetik ipliklerin tekstüre edilmesi: sıkı ve paralel bir biçimde düzenlenmiş olan sonsuz sentetik filamentlerin, daha açık ve hacimli bir yapı haline dönüştürülmesi tekniğidir. Bu işlem, sonucunda termoplastik iplikler basit bir şekil değişikliğine (bükülmeye) uğrar.

İplik Terbiye ve Boyama Prosesindeki Enerji Gereksinimi:

Haşılama:

Haşılama işlemi, dokuma bölümü içerisinde ayrıntılı anlatılmıştır.

İplik Boyama:

İplik boyama prosesi; iplik bobinlerine sarılmış olan sentetik ve pamuklu ipliklerin boyama kazanlarında, kumaş boyama prosesine benzer bir şekilde, su, boya ve kimyasalların belirli bir zaman / sıcaklık fonksiyonu çerçevesinde gerçekleştirilen bir prosestir. İplik boyama kazanları, kumaş boyama kazanlarının yanında daha küçüktür. Bu kazanlarda iplik bobinleri dikey olarak yer alır.

3.2.2. Dokuma bölümü

Dokuma bölümünde, iplikhanelerde üretilmiş olan pamuklu ve / veya sentetik ipliklerinin dokuma tezgahlarında dokunmasıyla kumaş elde edilir. Dokuma bölümlerinde makine tahriki için tüketilen elektriğin % 80 – 90' ını dokuma makineleri, geri kalan % 10 – 20' sini dokuma hazırlık makineleri ve haşıl makineleri tüketmektedir.

Haşılama işlemi: dokumadan önce çözgü ipliklerinin elyaf ve iplik kalitelerine göre uygun bir haşıl sıvısı ile, içinde sıkma silindirleri bulunan bir tekneden geçirilmesi, ipliğe aktarılması ve müteakiben kurutulması sonunda dokumada istenen özelliklerin kazandırılması tekniğidir.

Pamuklu viskoz ve bileşikler ile bazı sentetik liflerin haşılانmasında, en çok nişasta ($C_6 - H_{10} - O_5$) ve bileşikleri kullanılır. Haşılamada; nişasta su ile bir kazan içerisinde önce 15 dakika karıştırılmak suretiyle taneciklendirilir. Taneciklendirme prosesi, 65 – 80°C sıcaklıkta gerçekleştirilir. Daha sonra ise açık tip kazanlarda, kazan içi sıcaklık 95°C' ye, kapalı tip kazanlarda ise sıcaklık 120°C' ye yükseltilir. Nişastanın tamamen açılması için; karıştırma bu sıcaklıkta 20 – 30 dakika devam ettirilir. Daha sonra ise uygun kıvama gelmiş olan nişastanın içerisinden iplikler geçirilir ve haşıl filmi ile kaplanmış olur. Sentetik ipliklerin ve sentetik – pamuk karışımı ipliklerin haşılانmasında ise; doğal malzeme olan nişasta yerine; asit hidrolizleri, asetat esterleri, hidroksitelize ve karboksimetelize kullanılmaktadır. Bir sonraki aşama haşılانmış ipliklerin kurutulması işlemidir. Bu iş için genelde; buhar ısıtmalı silindirli kurutucular kullanılır. Kurutma sıcaklığı işlenen ipliğin türüne bağlı olarak değişir .

Çizelge 3. 5 : Kurutma sıcaklığının iplik türüne bağlı değerleri. (Tarakçıoğlu, 1984)

Elyaf Cinsi	Ortalama Silindir Sıcaklığı [°C]
Pamuk	130
Sung ipek	115
PES/Pamuk	100
PES/Sung ipek	110
PES (Sonsuz)	90
Viskoz	80
Asetat – Naylon	70

Kurutma sırasında; haşıl filmi ve ipliğinin, kimyasal ve fiziksel özelliklerinin en uygun değerlerinde korunmasına dikkat edilmelidir. Kurutma sırasındaki şartlar ekli çizelgede gösterilmiştir.

Çizelge 3. 6 : Ortamın bağıl nemine bağlı
haşılı iplik nemi. (Tarakçıoğlu, 1984)

Bağıl Nem	% :	40	60	70	80
Haşılı İplik Nemi	% :	5,8	7,5	8,8	10,9

Dokuma bölümünün, mekanik olarak zorlanan ipliklerin dayanımlarını arttırmak için klimatize edilmesi gerekmektedir. Genel olarak soğutma yükü; 0,047 kW/m³ dokuma bölümü bina hacmi şeklindedir. Bağıl nem oranının %80' de tutulması gerekmektedir. Soğutma makine grupları genelde mekanik tip pistonlu, vidalı veya santrifüj tip ünitelerden oluşur. Ancak bu tezde önerilen absorpsiyonlu soğutma makineleri de alternatif bir seçenek oluşturmaktadır. Türk tekstil tarihinde ilk kez böyle bir uygulama Sönmez Filament/Bursa tesislerinde uygulanmıştır. (Turna, 1997)

3.2.3. Örme bölümü

Örgü makinelerinin elektrik enerji tüketimi ise düşük olup, 0,1 – 0,4 kWh/kg' dır.

3.2.4. Terbiye bölümü

Entegre tekstil tesislerinde ısıнын en çok kullanıldığı kısımlar; terbiye bölümleridir. Terbiye bölümlerinde, iplik ve kumaş, su ve çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak boyanır. Gerek ipliğin, gerekse kumaşın terbiye edilmesindeki işlemler, genelde 15 – 150°C sıcaklık aralıklarında gerçekleşir. Pamuk ipliğinin ve kumaşın boyanması genelde en fazla 100°C dolaylarında sağlanırken, sentetik kumaşların boyanması en fazla 150°C’ de gerçekleştirilir. Mikroişlemci kumandalı makinelerde kumaşa, önceden belirlenen reçeteler (zaman/sıcaklık prosesleri) doğrultusunda; kimyasallar ve boya maddeleri; su ve ısı sayesinde yedirilir (difüze ettirilir).

Daha sonra, baskı kısmında, boyanmış ve işlenmiş kumaşın üzerine desenlerin basılması gerçekleştirilir.

3.2.4.1. Kumaşların boyama öncesi hazırlık işlemleri

Başarılı boyama, baskı ve terbiye işlemleri için etkili bir ön hazırlama yapılması gereklidir. Genelde, dokunmuş kumaşların ön hazırlığı, ayrı, birbirini izleyen haşıl sökme, kaynatma ve kasarılama işlemlerinden oluşur .

Haşıl Sökme:

Haşıl sökme: su içerisinde kumaşın enzim asit hidrolizi veya kimyasal oksidasyon yöntemleriyle yapılır. Konvansiyonel enzimlerle olan proses 70°C’ de yapılır. Çok özel kumaşlar için 90°C ve hatta kısa süreli prosesler için 120°C’ ye dayanan enzimlerde bulunmaktadır. Haşıl sökme prosesinin atık su sıcaklığı, yaklaşık 50°C olup; burada önemli bir ısı geri kazanım potansiyeli mevcuttur. Bu konu bölüm (3.3)’ te irdelenmektedir.

Kaynatma:

Kaynatma prosesi için tercih edilen alkali kostik sodadır. Kaynatma yavaş ve çok ısı tüketen bir işlemdir. Kaynatma prosesi 100°C’ de gerçekleştirilir. Isı tüketimi 10 – 30 GJ/Ton üründür. Kaynatma prosesinin atık su sıcaklığı yaklaşık 90°C olup; burada önemli bir ısı geri kazanım potansiyeli vardır. Bu konu bölüm (3.3)’ te irdelenmektedir.

Kasar:

Kasarılama: kumaşın beyazlatılması işlemidir. Bu işlemde hidrojen peroksit kullanılır.

3.2.4.2. Kumaş boyama

Kumaş boyama prosesi; işlenen kumaşın kimyasal ve fiziksel özellikleri dikkate alınarak, istenilen boya ve kimyasalların ısı ile kumaşa işlenmesi sürecidir. Bu süreç 15°C' deki permotit suyunun kumaş boya kazanına pompalanması sürecidir. Bu süreç kazandaki su sıcaklığının 50°C' ye kadar ısıtılması ve ilk etapta tuz eklenerek; kazan içi sertliğin PH 7 düzeyinde sabitlenmesi ile başlar. Daha sonra, boyanın türüne bağlı olarak, hazırlanan reçete doğrultusunda sıcaklık lineer olarak;

$$R = \frac{\Delta T}{t} \quad (3.1)$$

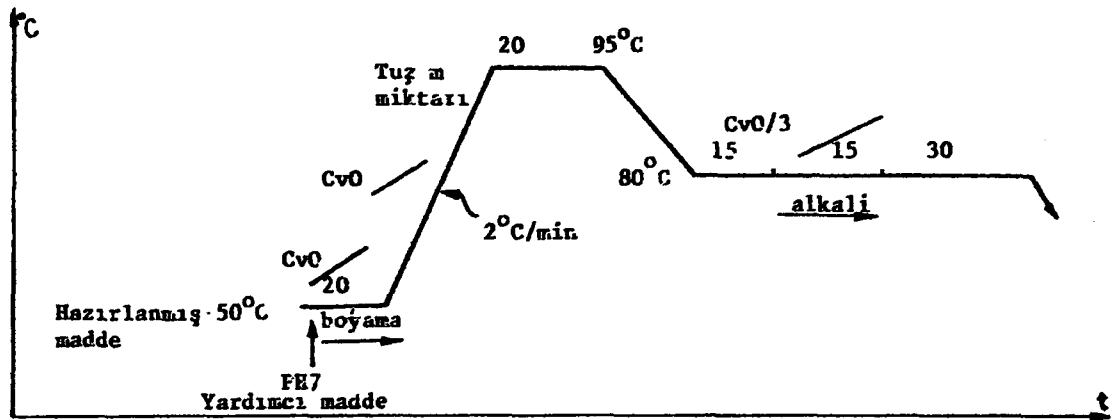
ΔT : Sıcaklık artışı t : Zaman

Formülüne göre ve mikroişlemci kontrollü olmak üzere artırılır. (Tarakçıoğlu, 1984)

Sıcaklığın 80°C' ye erişmesinden sonra, kazana boya akıtılır. Boyama işlemi sabit sıcaklıkta, yaklaşık 30 dakika sürer. Bundan sonraki işlem ise alkalilendirmedir. Kostik soda içerisindeki NaOH ile pamuk ipliğinin (kumaşın) yüzeyi daha düzgün ve parlaklaştırılır.

Şekil (3.1.), çeşitli boyaların kumaşa uygulama zamanını ve sıcaklık parametrelerini göstermektedir. Grafikler, adım adım, kazanı doldurma, ısı verme, kazanı boşaltma ve yeniden ısıtma, boyama, alkalilendirme ve soğutma proseslerini göstermektedir.

Kumaş boyama prosesinin atık su sıcaklığı yaklaşık 40 - 60°C dir. Burada önemli bir ısı geri kazanım potansiyeli mevcuttur. Bu konu bölüm (3.3)' te anlatılmaktadır.



Şekil 3. 1 : Reaktif Boyama – Kontrollü Ekleme Tekniği; Pastel Tonlar. (Collishow, 1986)

3.2.4.3. Kumaşı soğuk yıkama

Desenli üretilecek kumaşa, boya baskı tekniği uygulanır. Baskı sırasında ortaya çıkan leke, beyaz zeminin kirlenmesi ve renk tonlarının kaymaları nedeniyle, kumaşlar yeniden yıkanır. Kirleri uzaklaştırmak için, hava püskürtme, haslık, kimyasal maddelerle yıkama ve son olarak ta durulama işlemi yapılır. Ekli Çizelge kumaş yıkama işlemlerinde; su, ısı ve elektrik tüketimlerini irdelemektedir.

Çizelge 3. 7 : Kumaş yıkama işlemlerinde; su, ısı ve elektrik tüketimleri.

(Tarakçıoğlu, 1984)

	Konvac	Yıkama Tesisi	Toplam
<u>Su Tüketimi</u>	<u>6,5 lt/kg ürün</u>	<u>12 lt/kg ürün</u>	<u>18,5 lt/kg ürün</u>
<u>Su Eklenmesi / Saatte</u>	<u>1,6 m3</u>	<u>3,0 m3</u>	<u>4,6 m3</u>
<u>Buhar Tüketimi 80°C/Saatte</u>	<u>0,3 ton</u>	<u>0,6 ton</u>	<u>0,9 ton</u>
<u>Elektrik Tüketimi</u>	<u>46 kWh</u>	<u>14 kWh</u>	<u>60 kWh</u>

Soğuk yıkama prosesinin atık suyu sıcaklığı yaklaşık 40 – 65°C olup; burada bir ısı geri kazanımı rasyonel değildir.

3.2.4.4. Kumaş baskı boya

Kumaşların üzerine renkli desenlerin işlenmesine, kumaş baskı tekniği denir. Kumaş baskısında geçirgen şablon (desen) kullanmak suretiyle kumaşa boya emdirilir. Desenin (boyanın) kumaşa emdirilmesinde; herhangi bir ısı işlem yoktur. Ancak, boyanmış kumaş baskı sonrasında, kurutma fırınına verilir ve bir sonraki baskıya hazır olur. Bu sayede, farklı renklerin üst üste işlenmesinden oluşan bir desen elde edilir.

Baskı işleminin bitmesinden sonra, kumaş fikse olarak adlandırılan ve boyanın artık kumaştan çıkmayacak şekilde ısıtıldığı bir işleme tabi tutulur.

3.2.4.5. Kumaş kurutma, fikse ve buharlama

Boya ve baskı, bunlara bağlı muhtelif proseslerden geçirilmiş olan kumaşlar; kurutma, fikse ve buharlama işlemine tabi tutulur. Kurutma prosesi, Ram olarak adlandırılan ve direkt kurutucu bir tünelde (brülörlü sıcak hava üreticisi) veya buhar kullanan ısı bataryaları üzerinden sağlanan sıcak hava ile gerçekleştirilir. Kurutma sıcaklığı kumaşın malzemesine

göre 80 – 140°C’ deki sıcak hava (gaz) ile yapılır. Kurutma işlemine ait ısı tüketimi ekli çizelge de irdelenmektedir :

Çizelge 3. 8 : Kurutma işlemine ait ısı tüketimi. (Tarakçıoğlu, 1984)

2 defa kurutma	:	1 x 1,2 kWh ısı / kg ürün	=	2,4 kWh ısı / kg ürün
1 defa elyaf fikse etme:		0,6 – 1,1 kWh ısı / kg ürün		
1 defa termo fikse	:	0,6 – 1,1 kWh ısı / kg ürün		
Toplam	:	3,6 kWh ısı / kg		

Kurutma işleminde kumaş önce suyun buharlaşma sıcaklığına kadar ısıtılır ve buharlaştırılır.

Sonra, bir miktar kızdırılır (115°C). Bu amaca uygun olarak, kumaşın içinde bulunan suyun buharlaşması için gerekli olan ısı 0,73 kWh/ kg-su’ dur.

Kurutma prosesinin atık hava sıcaklığı yaklaşık 120°C olup; burada önemli bir ısı geri kazanım potansiyeli mevcuttur. Bu konu bölüm (3.3.)’ te anlatılmaktadır.

3.3. Hali Hazırda Kullanılan Enerji Tasarrufu Yöntemleri

Bu bölümde, entegre tekstil prosesinde var olan atık enerjilerin, alışlagelmiş enerji tasarrufu yöntemleri anlatılmaktadır. Burada enerji tasarrufundan kasıt atık ısılarının geri kazanılmasıdır. Elektrik enerjisinde tasarruf konusu ise, bu tezde derinlemesine incelenmemiştir. Ancak, devir kontrollü elektrik motorlarının kullanımı ve düşük düzeyde enerji tüketen özel aydınlatma armatürleriyle tasarruf yapılabileceğini belirtebiliriz.

Son yıllarda tekstil makinelerinde ürünün sürtünme kayıplarının azaltılması sonucu birim kg ürün başına elektrik tüketiminin azaldığı gözlemlenmektedir.

Düşük verimli kömürlü (verimi %65) ve fuel oil’li (verimi %75) buhar kazanları yerine, verimleri %95’ lere varan doğal gaz’lı ve LPG’ li buhar kazanlarının kullanılmasıyla önemli ölçüde enerji tasarrufu sağlanmaktadır. Doğal gaz ve LPG yakıtlarının kül, kurum ve kükürtdioksit oranları, konvansiyonel yakıtlara göre çok daha düşüktür. Bunların yanması sonucu oluşan egzoz gazları, ısı değiştiricilerde ne kadar soğutulursa; birim kg yakıttan o kadar fayda sağlanmaktadır.

Tekstil üretiminde en önemli kazanç atık sularda var olan ısı potansiyelidir. Özellikle terbiye bölümlerinde çeşitli proses sıcaklıklarda gerçekleşen haşıl, boyama, yıkama ve kasar işlemlerinde, proses suyu; buharlı ısı değiştiriciler vasıtasıyla, belirli sıcaklıklara dek ısıtılmaktadır. İlk önce akla, proses kazanının atık su hattına bir ısı değiştirici ekleyerek besleme suyunun bir yandan ısıtılması gelmektedir. Ancak bu uygulama pek kârlı bir çözüm değildir. Çünkü, proses kazanlarının genelde tek bir su toplama hacmi vardır. Proses kazanının doldurulması, kazanın tamamen boşaltılıp durulanmasından sonra gerçekleşmektedir. Dolayısıyla bu durumda ısı geri kazanımının verimli olabilmesi için; ikinci bir su tankını makineye eklemek gerekmektedir. Bu da genelde paslanmaz çelikten imal edildiği için makinenin maliyetini arttırmakta, makine boyutlarını da büyütürken fabrika sahasının büyümesine sebep olmaktadır. Pratik olmayan böyle bir uygulama yerine; tüm atık suların, arıtma öncesi, bir toplama havuzunda biriktirilmesine gidilmektedir. Toplama havuzundaki su sıcaklığı yaklaşık 50°C' dir. Buradan arıtmaya, atık suyun pompalanması sırasında, devreye bir ısı değiştiricisi eklenmektedir. Isı değiştiricisinin primerinden atık su geçirilirken; sekonderinden ham su veya permotit su geçirilmekte ve bir ön ısıtma sağlanmaktadır. Taze suyun ön ısıtma sonrası sıcaklığı, şartlara bağlı olarak, 25 – 45°C olmaktadır. Haşılama prosesinde yer alan nişastanın lifli yapısı ısı değiştiricilerini tıkamaktadır. Bu nedenle haşılama makinelerinin atık sularının, ayrı bir atık su hattı üzerinden; ya doğrudan arıtmaya, ya da; bir haşıl ayırıştırma makinesi üzerinden, atık su toplama havuzuna akıtılmasında yarar vardır.

Halihazırda kullanılan diğer bir ısı geri kazanım yöntemi ise; buhar kazanlarının blöf hatlarına bağlanan kondenserlerdir. Ancak blöf işleminin zaman açısından süreksiz olması, bu tip uygulamaların yararını kısıtlamaktadır.

3.3.1. Atık su toplama havuzundaki ısının geri kazanılması

Ortalama 40 - 65°C' lik bir karışım sıcaklığının sağlandığı atık su toplama havuzunda, emilen su, arıtma tesisine pompalanmadan önce; bir ısı değiştiricinin primerinden geçirilirken, sekonderinden geçirilen taze su ön ısıtılmaktadır. Bu ısı transferine ait denklem aşağıdaki gibidir:

$$Q_1 = m_1 \times C_p \times [T_a - T_b] \quad (3.2)$$

$$Q_2 = m_2 \times C_p \times [T_d - T_c] \quad (3.3)$$

$$Q_1 = Q_2 \quad (3.4)$$

- Q_1 : Atık suların ısı gücü (kW)
 m_1 : Atık suyun kütleli debisi (kg/s)
 C_p : Atık suyun özgül ısınma ısısı (kJ/kgK)
 T_a : Atık suyun toplama havuz sıcaklığı =
 Atık suyun ısı değıştiricisine giriş sıcaklığı (K)
 T_b : Atık suyun ısı değıştiricisinden çıkış sıcaklığı (K)
 Q_2 : Taze suyunun ısı değıştiricisi çıkışındaki ısı gücü
 m_2 : Taze suyun kütleli debisi
 C_p : Taze suyun özgül ısınma ısısı
 T_c : Taze suyun ısı değıştiricisine giriş sıcaklığı
 T_d : Taze suyun ısı değıştiricisinden çıkış sıcaklığı

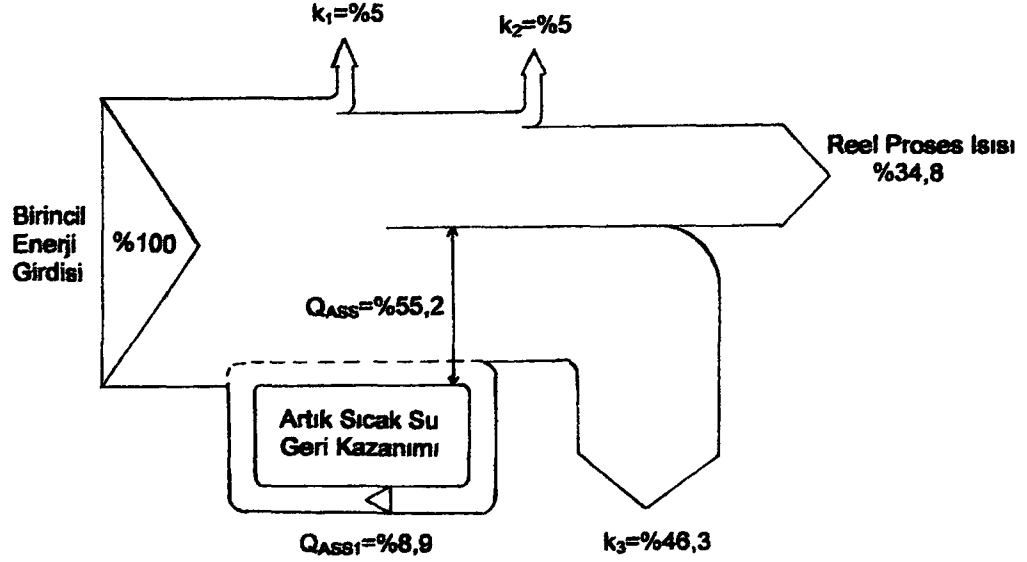
Atık sıcak sular, suyun kirliliğine bağı olarak (kimyasal içeriğine bağı pH değeri, katı partikül miktarı vs.) %0 - %100 arasında geri kazanılabilmektedir (*). Bu durumda %10-20 oranında yakıt tasarrufu sağlanabilmektedir.

Örneğin 10 bar'lık doymuş buhar ısısı ihtiyacı 13 MW olan, bir entegre tekstil fabrikasından atık sıcak su ısısının geri kazanılmasından sağlanabilen, birincil enerji tasarrufunu hesaplayalım. Buhar kazanı verimini %95 kabul edersek, birincil enerji girdisinin 13.684 kW olduğu bulunur. Atık tüm sıcak sularını, kütleli bir kayıp olmadan bir depoda topladığımızı varsayarsak, atık sıcak suların debisi (ASSD) 36,12kg/s ve karışım sıcaklığı yaklaşık 50°C çıkacaktır. Normal şartlara (0°C, 101,3kPa) göre 50°C'lik bir ısı kaynağının ısısı 7570 kW (Q_{ASS}) olarak ilişikteki gibi hesaplanacaktır:

$$\begin{aligned}
 Q_{ASS} &= 36.2 \text{ (kg/s)} \times 4.2 \text{ (kJ/kgK)} \times (50 - 0) \text{ K} \\
 &= 7570 \text{ kW}
 \end{aligned} \quad (3.5)$$

Demek ki, birincil enerjinin $7.570/13.684 = \%55,3$ 'lük kısmı proses sırasında atık sıcak sularına transfer olmaktadır. Söz konusu atık sıcak su ısı kaynağını; taze sıcak permotit suyunu (SPS, 15°C, SPSD = 10,8 kg/s) ön ısıtmak için kullandığımız durumda, ısı transferi sınırlarını dikkate alarak, en fazla 1.215 kW'lik bir ısı geri kazanımı elde edilebilmektedir. Bu ısı birincil enerjinin %8,9'una eşit olmaktadır. Yukarıdaki örneğe ait Sankey diyagramı ilişikteki gibidir.

(*) Bu husus bilgisayar programında ATUMSDDO (atık sıcak suların debi düzeltme oranı) adı altında hesaplara katılabilmektedir.



Şekil 3. 2 : Atık sıcak suların geri kazanılmasıyla sağlanan enerji tasarrufu Sankey diyagramı.

Diyagramdaki indislere ait açıklama :

- k_1 : Buhar kazanı veriminden kaynaklanan kayıp.
- k_2 : Tekstil ürün işleme makinelerindeki cidar kaybı.
- k_3 : Atık sıcak sularda geri kalan kayıp ısı oranı
- Q_{ASS1} : Atık ısı geri kazanımı
- Q_{Reel} : iplik ve kumaşlardaki ısı proses işlemi için gerekli reel ısı.

3.4. Tekstil Üretiminde Bileşik Elektrik, Isı (ve Soğutma) Sistemleri (B.E.I.S)

Bileşik Elektrik ve Isı (B.E.I.) Sistemleri: tek bir ana tahrik makinesinden eşzamanlı olarak elektrik enerjisinin ve yararlanılabilir ısının üretildiği teknolojiye denir.

Tekstil sektöründe; elektrik üreticisi görevini üstlenen alternatörü çeviren ana tahrik makineleri olarak; 1930' lu yıllarda buhar türbinleri kullanılmış ve 1973 petrol krizinden sonra ise gaz motoru, dizel motoru, gaz türbini ve bunların buhar türbinleriyle kombinasyonları uygulama sahası bulmuştur. B.E.I.S teknolojisinde asıl büyük gelişim 1980'li yıllardan itibaren yaşanan enerji politikalarının liberalizasyonu sayesinde olmuştur.

Türk tekstil sektöründe ilk B.E.I. Sistemi Sümerbank Tekstil İşletmeleri (Eskişehir, 1970) tarafından buhar türbinleriyle enerji üretimine (2 x 0,5 MW) geçmiştir. 1985' li yıllardan sonra, Türk özel sektörünün tekstilde gerçekleştirdiği yatırım atılımına ve Türk ekonomisinin yurt dışına açılmasına paralel olarak; serbest ve korumasız rekabet ortamında gelişen "kâr ve verimlilik bilinci" sayesinde, elektrik enerjisinin sürekliliğini ve kalitesini daimi kılma ihtiyacı, yatırımcıları Türkiye' de de B.E.I.S yatırımlarına yöneltmiştir. İlk gaz türbinli B.E.I.S. (5 MW) Yalova Elyaf Fabrikasına (Yalova, 1993) ve ilk gaz motorlu B.E.I.S. (1 MW) Pisa Tekstil Fabrikasına (İstanbul, 1995) kurulmuştur. (Turna, 1995).

Daha sonraki yıllarda ise; Nuryıldız Tekstil (1996 İstanbul), Uçal Kağıt 1 MW (1996 İstanbul), Atlas Halı 1 MW (1996 Çorlu), Sarkuysan 8 MW (1996 Çayırova), İÇDAŞ 8 MW (1996 İstanbul), Ege Seramik 5MW (1996 Kemalpaşa), Tüp Merserize 6 MW (Çorlu), Sönmez Filament 4 MW (1997) muhtelif tipte birleşik ısı ve elektrik tesisleri kurulmuştur. (Turna, 1996, 1997).

Daha sonraları diğer sektörlerde örneğin; Kağıt, Gıda, Demir Çelik, Seramik, Toplu Konut vs., B.E.I. sistemleri artarak rağbet görmüştür. Tekstilde son yıllarda buhar türbini uygulamalarının geri plana düşmesinin sebebi, temelde elektrik kesintileri ve enerji piyasasının Türkiye' de henüz oluşmaması yatmaktadır. Bu hususu şu şekilde açıklayabiliriz: Bilindiği üzere, buhar türbinlerinin hem elektrik üretim verimleri (%10 - %20) düşük, hem de birim kuruluş maliyetleri diğer teknolojilere göre daha yüksektir. Ancak karşı basınçlı buhar türbini ve ara buhar almalı buhar türbinli B.E.I.S.'ler, iyi bir tesis tasarımıyla, toplam çevrim verimi en yüksek olabilecek özelliktedir. (Bu husus ilerdeki bölümlerde irdelenecektir).

Karşı basınçlı buhar türbini çevrimlerinde; tekstil prosesinin ısı (buhar) ihtiyacına göre tesis; tasarlanır. Bu durumda ise genelde, tekstil tesisinin ihtiyacının çok altında bir elektrik üretimi elde edilmesidir. Elektrik kesintisinin olması halinde ise, karşı basınçlı buhar türbini B.E.I.S. tekstil fabrikasının baz elektrik yükünü karşılayamadığından, sistem çökebilmektedir. Her ne kadar bu durumda acil enerji grupları (dizel jeneratör setleri) geçici elektrik kesintisi durumlarında bir köprü görevi görse de, bunlar için de ayrıca yatırım ihtiyacı doğacağından, karşılaştırmalı ekonomik fizibilite sonucunda, mühendisler ve yatırımcılar, mevcut koşulları dikkate alarak, buhar türbini yatırımını tercih etmemektedir. Ancak bu husus elektriğin ucuz ve kesintisiz, ısı ihtiyacının yüksek, buna karşılık elektrik

ihtiyacının, ısı ihtiyacının ancak %20-30 düzeyinde olduğu, proses ve piyasa şartlarında, buhar türbini lehine değişebilir.

Gaz türbinleri (GT); elektrik üretim verimleri (%20- %40), buhar türbinlerine göre daha yüksek makinelerdir. Gaz türbinlerinin önemli diğer bir avantajı, güç çevrimi sonrasında makine çıkışında, tüm artık enerjinin egzoz gazlarında kalmasıdır. Bu egzoz gazlarının sıcaklığının (350 – 570°C) yüksek olması, ısı geri kazanımı prosesi açısından da avantaj oluşturmaktadır. GT' nin diğer bir avantajı bu makinelerin hafif ve boyut olarak diğer makinelerden daha küçük olmasıdır. Ancak GT' lerin uygulamalarda önemli dezavantaj yaratan özellikleri; kısmi yüklenme hallerinde (< %80) birim yakıt sarfiyatlarının önemli ölçüde artması, yani elektrik üretim verimlerinin düşmesidir.

Diğer yandan GT' ler $\lambda > 3,5$ hava fazlalık katsayılarıyla çalıştığından; havanın yoğunluğunu etkileyen çevre sıcaklığına ve ortam basıncına (deniz seviyesinden yükseklik) çok hassastır. Çevre şartlarının, ISO (15°C, 101kPa, 0 metre irtifa) şartlarının dışına çıkması durumunda; GT' lerin elektrik üretim güçleri ciddi ölçüde düşmekte, birim yakıt tüketimleri artmaktadır. Anadolu'nun coğrafi yapısı ve konumu gereği; Türk proses endüstrisinde, genelde 500m'lik irtifaların ve 22°C' nin üzerindeki yıllık ortalama sıcaklıklarının var olduğu çalışma koşulları olmakta ve bu koşullarda GT'ler diğer B.E.I.S. teknolojileri karşısında rekabet edememektedir. Gaz türbini teknolojisinde ileriye dönük verim artırıcı ARGE faaliyetleri sürmektedir. Seramik (plazma) kaplı türbin kanatçıklarının daha yüksek sıcaklıklara dayanabilir hale getirilmesi hedeflenmektedir. GT' lerinin diğer önemli bir özelliği: yakıt çeşitliğine uyum sağlayabilecek türde bir yanma odasına sahip olmasıdır. Doğal gaz, kok gazı, dizel, LPG, nafta gibi yakıtlar, GT' lerde kolaylıkla yakılabilmektedir. Tüm bu hususlara ait detaylar ilerdeki bölümlerde anlatılmıştır.

Gaz Motorları (GM), elektrik üretim verimi en yüksek B.E.I.S. türüdür. Çevrimin bu özelliği Bölüm (4.)' de verilmiştir. GM' lerinin birim yakıt sarfiyatları %50' lik yüklenme faktörlerine dek neredeyse değişmemektedir. (Bu husus tüm pistonlu makinelerin ortak özelliğidir.) GM'ler $1 < \lambda < 2,5$ hava fazlalık katsayılarıyla çalıştığından, ISO şartlarından sapmalara karşı daha az hassastır, güç ve verim kaybına GT'ler kadar uğramaz. GM'lerin, ısı yoğun endüstrilere (ör. Tekstil) adaptasyonu açısından zorluk yaratan, ancak iyi bir mühendislik çalışmasıyla çözümlenebilecek olan bir özelliği; piston içerisinde yapılan

yanma prosesi ve metalürjik sebeplerden ötürü silindir ceketinin ve valflerin, su ile, soğutulması zorunluluğudur. Çünkü yanma sonrası oluşan artık enerjinin %20 - %30^(*) luk kısmı bu durumda sıcaklığı 40 – 140°C seviyelerinde olan, sıcak sulu bir ısı kaynağı şeklinde karşımıza çıkmaktadır.

Bu sıcaklık seviyesi tekstil ürünlerinin işlenme sıcaklıklarıyla örtüşse de ekserji açısından çevre (atmosfer) şartlarına daha yakın olması sebebiyle, daha verimli bir çevrim özelliğini taşır. Kopyalama mantığı ile gelişen Türk Tekstil Endüstrisinde çoğunlukla 6 – 10 bar(e) buhar basıncıyla çalışan ısı proses tesisleri kurulduğundan, GM'lerin yurdumuzda mevcut olan tekstil fabrikalarına doğrudan adaptasyonu ender durumlarda gerçekleşebilmektedir. Örneğin indigo kot kumaş üretimleri 50 – 90°C' lik sıcak sulu ısı kaynaklarıyla gerçekleştirildiğinden, adaptasyon kolay olmaktadır.

Diğer tür tekstil fabrikalarında ise; buharla çalışan ısı proses makinelerine ayrıca bir sıcak su hattının çekilmesi ve makineye ait PLC' nin buna göre programlanmasıyla, bu sorun aşılabilmektedir. GM'lerde çevrime girilen birincil enerjinin %25 - %35' lik kısmı;

350 – 550°C sıcaklığında egzoz gazı biçiminde oluştuğundan buradan ihtiyaç olan türde buhar elde etmek kolay olmaktadır. GM'lerde de verim arttırıcı ARGE faaliyetleri seramik (plazma) kaplı piston, silindir ve valf üretimine yönelik olarak sürmektedir. Teorik ısı verim hesaplarına göre (bak. Bölüm 3) diğer teknolojilere kıyasla daha verimli olan gaz motorları bu ARGE faaliyetleri sonucunda teknolojik ve ekonomik devrim yaratacak potansiyeli taşımaktadır. Endüstriyel işletmelerde özgül ısı gereksiniminin, özgül elektrik gereksinimine olan oranın giderek azalması; elektrik verimi daha yüksek olan B.E.I.S türlerinin seçilmesini daha uygun kılmaktadır. Bu husus ekli grafikte gösterilmiştir.

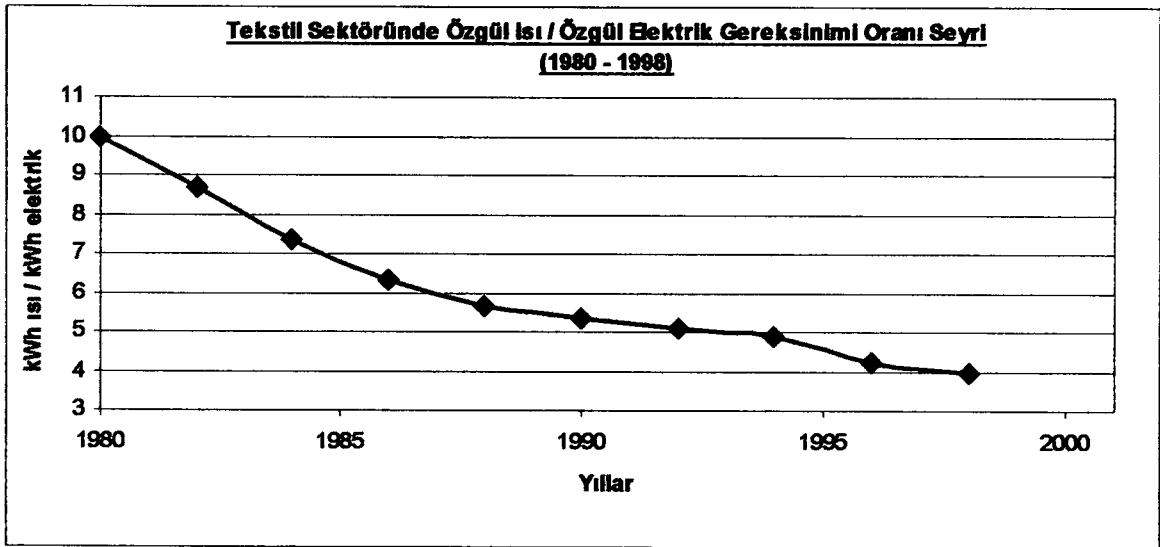
B.E.I. sistemlerinin endüstriyel proseslere en uygun şekilde entegrasyonundaki diğer önemli zorluk, proseslerdeki elektrik ve ısı gereksinimlerindeki eşzamansızlıktır. Yani elektrik ve ısı tüketimi aynı anda gerçekleşmemektedir. Oysa B.E.I.S.' ler elektrik ve ısı üretimini aynı anda gerçekleştirmektedir. Bu zorluğu aşmanın en uygun yöntemi; Bölüm (3.5.)'te anlatılanın ısı depolama teknikleridir. Elektrik depolama tekniklerinin pahalı olması, geriye ancak elektrik şebekesine enerji transferi (satışı) seçeneğini bırakmaktadır.

^(*) Motora girilen birincil enerjinin ilgili yüzdesi olarak algılanmalıdır.

Bu seçenek B.E.I.S. seçimlerinde her seferinde ekonomik açıdan dikkatle incelenmesi gereken bir seçenek olarak durmaktadır.

Çünkü gelişecek serbest enerji piyasası rekabet ortamında, kolayca bir yerden diğer bir yere nakil edilebilen elektrik fiyatlarının, Türkiye’ de, iletim ve dağıtım alt yapısının tamamlanmasından sonra, en geç 5 - 10 yıl içerisinde Avrupa ve ABD nin seviyesine geleceğini göstermektedir.

Enerji tüketiminde gerçek zaman (reel time) kavramı ve bu kavramın içinde barındırdığı gerçek maliyet (reel cost) unsuru; gerek endüstrimizin ve toplumumuzun statükonun sürmesi konusundaki taleplerinden, gerekse TEAŞ, TEDAŞ, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığında çalışanların popülist politikalarla gününü geçirmeleri ve çağ dışı uygulamaları sebebiyle gelişmemektedir. Bu husus haksız kazanç ve haksız kayıp yaratmakta ve çağa uygun olmayan bir enerji piyasası oluşturmaktadır. Verimlilik anlayışının engellenmesi sebebiyle, teknolojilerin ve bunları üretmesi gereken merkezlerin (Üniversiteler, ARGE bölümleri vs.) gelişmesini de engellemektedir. Serbest enerji piyasasının ülkemizde gelişmemiş olması, borç sarmalındaki Türkiye’ de çağdaş teknolojilerin yatırım imkanlarını da kısıtlamaktadır.



Şekil 3. 3 : Tekstil sektöründe özgül elektrik gereksiniminin özgül ısı gereksinimine oranının yıllara göre dağılımı. (Türkiye Sanayi Kalkınma Bankası Müşavirliği, 1998).

3.5. Tekstil Üretiminde Isı Depolama Teknikleri

Isı depolama teknikleri, ısı üretimiyle ısı tüketiminin zamanlama bakımından aynı anda (senkron) gerçekleşemediği, proseslerde uygulama sahası bulmaktadır. Tekstil proseslerinde ısı kaynağı olarak; buhar kazanı aracılığıyla taze buharın yanı sıra; buhar türbinlerinin atık buharı, B.E.I. sistemlerinin ısıları, ısı pompaları veya başka ısı kaynakları kullanılmaktadır.

Su ve buhar, ısıyı depolamak için kullanılacak en uygun araçtır. Su; ucuz, işlenmesi ve taşınması kolay bir maddedir. (Kızgın yağın depolanması pratik açıdan uygun değildir.)

Isı depoları; sabit basınç depoları ve değişken basınçlı depolar olmak üzere iki türdür. Sabit basınç deposu için sıcak su deposunu örnek vermek mümkündür. Değişken basınçlı depolara örnek ise; Ruths deposudur, - ki burada farklı basınçlara karşılık gelen sıvı ve gazların gizli ısıları (entalpi), ısı depolama tekniğine temel oluşturmaktadır. Ruths deposu buhar depolama amaçlı kullanılır. Ruths deposunda, dolum anında giderek artan bir basınç söz konusu olduğundan, dolum sırasında giderek artan oranda verim kayıpları oluşmakta, ayrıca artan basınçla giderek ısı tutumunun azalmasından dolayı, kayıplar oluşmaktadır.

Ayrıca, işletme zorluğu nedeniyle, genelde Ruths Isı Depoları yerine sabit basınçlı sıcak su depoları kullanılmaktadır. Sabit basınçlı depolardaki su sıcaklığı genelde 130 – 150°C aralığında tutulmaktadır. Ancak yapmış olduğum hesaplar ve projelendirme sonucunda tekstil sektöründeki terbiye bölümlerinde gereksinim olan 50 – 150°C seviyelerindeki su sıcaklıkları sebebiyle; depo sıcaklığını düşürüp gerek B.E.I. sistemine ait toplam çevrim verimini arttırmak, gerekse ısı depolama kayıplarını minimize etmek mümkündür. Isı depolarındaki temel hedef ısı tepe yüklerine (peak load) karşılık gelen ısı üretimini dengelemek (doğrultmak) ve azaltmaktır.

100°C' nin altındaki ısı (sıcak su) ihtiyaçları, sabit basınç deposundan çekilirken, bu değer üzerindeki ısı ihtiyaçları için, buharlı veya kızgın sulu depolama sıcaklıkları önerilmektedir. Entegre bir tekstil tesisi için önerdiğim ısı deposu şekli; açık devreyle çalışan bir ısı deposudur. Açık devreli depo, ısı deposu olarak görev yaparken aynı zamanda fiilen proseste kullanılacak olan suyu da depolayacaktır. Yani ısıyı depolayan akışkan ile ısıının kullanılacağı akışkan aynıdır. Bu sayede bir akışkandan diğerine ısı transferi sırasında oluşacak olan kayıplar ortadan kaldırılmaktadır.

4. B.E.I. SİSTEMLERİNİN EKONOMİK DEĞERLENDİRME MODELİ

B.E.I. Sistemlerinin ekonomik değerlendirilmesine ait modellemede, özgül enerji üretim maliyeti (ÖEÜM), atık ısı geri kazanımına ait özgül işletme maliyeti (KAIGKÖİM), özgül konvansiyonel ısı üretim maliyeti (ÖKIÜM), özgül toplam enerji üretim maliyeti (ÖTOPENÜM), sistemin işletilme süresi boyunca sağlanan enerji tasarrufunun ve yatırımın bugünkü net değeri (NPV) ve yatırımın iç getiri oranı (IRR) hesaplarının yapılarak; farklı B.E.I.S. arasından entegre tekstil fabrikası için uygun olan çözümün belirlenmesi amaçlanmıştır. Burada geçen hususlara ait tanımlamalar aşağıda yapılmıştır.

Oluşturulan formüller için Pamukçu (1989) ve Aybers (1995) kaynak kitaplarından yararlanılmıştır.

Farklı B.E.I.S. yatırımların karşılaştırılmasında ve değerlendirilmesinde ÖEÜM (\$/kWh_e) değeri düşük olan, KAIGKÖİM (\$/kWh_{ter}) değeri düşük olan, ÖTOPENÜM (\$/kWh) değeri düşük olan tesis türü tercih edilirken; diğer taraftan NPV (\$) değeri yüksek olan ve IRR (%) değeri yüksek olan tesis türü tercih edilmektedir. (Aybers, Şahin, 1995)

Bölüm (4.5) ve bölüm (4.6)' da geçen NPV ve IRR değerleri her ne kadar birbiriyle (4.10) ve (4.11) formülleri üzerinden bağlantılı görünse de, farklı B.E.I.S.' lerin NPV ve IRR sonuçlarına baktığımızda, NPV yöntemine göre kârlılık sıralamasında ön planda görülen bir yatırım, IRR yöntemine göre elde edilen sonuçlarda kârlılık sıralamasında geri plana düşebilmektedir. Bunun sebebi, NPV hesabında IRR' ın %10 olarak sabit alınmasına karşılık; IRR hesaplamalarında NPV değerini sıfır yapan faiz oranının hesaplanmasıdır. Bu durumda, B.E.I.S. seçiminde karar verici, düşük bir KM (kuruluş maliyetiyle) hızlı bir geri ödeme süresi elde edilmek isteniyorsa IRR değeri yüksek olanı seçmelidir. Ancak uzun vadede toplamda daha fazla getiri elde edilmek isteniyorsa, NPV değeri yüksek olan sistemi seçmekte yarar vardır.

4.1. Özgül Elektrik Üretim Maliyetinin Belirlenmesi

Özgül elektrik üretim maliyetinin (ÖEÜM) hesabında; özgül kuruluş maliyeti (ÖKM), özgül yakıt maliyeti (ÖYM), özgül işletme maliyeti (ÖİM) gider olarak hesaplanmıştır. (Aybers, 1995). Buna göre modele ait formül şu biçimi almaktadır:

$$\text{ÖEÜM} = \text{ÖKM} + \text{ÖYM} + \text{ÖİM} \quad (4.3)$$

Hesaplarda ÖKM, ÖYM, ÖİM; \$/kWh_e, yani elektrik birimi cinsinden hesaplanmaktadır.

4.1.1. Özgöl kuruluş maliyeti hesabı

Özgöl kuruluş maliyetinin (ÖKM) hesabında, B.E.I. sisteminin anahtar teslimi fiyatı, kuruluş maliyeti (KM) olarak adlandırılmış ve bir faiz oranı (FAOR) ile ödeme süresi (ÖS) baz alınarak, yıllık ana para ve faiz ödeme (YAFÖ) tutarı hesaplanmıştır. YAFÖ tutarı, yıllık elektrik üretimine (YEÜ) bölünerek özgöl kuruluş maliyeti (ÖKM) \$/kWh_e cinsinden hesaplanmıştır.

$$\text{YAFÖ} = \text{KM} \{ [\text{FAOR} \times (1 + \text{FAOR})^{\text{ÖS}}] / [(1 + \text{FAOR})^{\text{ÖS}} - 1] \} \quad (4.4)$$

Denklemdaki büyüklük "yatırım ikame faktörü", "amortisman katsayısı" olarak adlandırılmaktadır. Bu formül, Pamukçu (1989) ve Şahin (1995) in kitaplarında yer alan, bugünkü yatırımın değerini veren yıllık üniform, seri kıymeti denkleminde türetilmiştir.

$$\text{ÖKM} = \text{YAFÖ} / \text{YEÜ} \quad (4.5)$$

4.1.2. Özgöl yakıt maliyeti hesabı

Özgöl yakıt maliyetinin (ÖYM) hesabında, B.E.I. sisteminin yıllık yakıt tüketimi (YYT) ile yakıt birim fiyatı (YF) çarpılarak, yıllık yakıt maliyeti (YYM) hesaplanmıştır. YYM tutarı yıllık elektrik üretimine (YEÜ) bölünerek özgöl yakıt maliyeti (ÖYM) hesaplanmıştır ve \$/kWh_e cinsinden değerlendirilmiştir.

$$\text{YYM} = \text{YYT} \times \text{YF} \quad (4.6)$$

$$\text{ÖYM} = \text{YYM} / \text{YEÜ} \quad (4.7)$$

4.1.3. Özgöl işletme maliyeti hesabı

Özgöl işletme maliyeti (ÖİM); birim bakım maliyeti (BBAKM), birim personel maliyeti (BPM), birim yağlama yağı maliyeti (BYYM) ve birim diğer maliyetlerin (BDİM) toplamından oluşmaktadır ve \$/kWh_e cinsinden değerlendirilmiştir.

$$\text{ÖİM} = \text{BBAKM} + \text{BPM} + \text{BYYM} + \text{BDİM} \quad (4.8)$$

4.2. Kojenerasyonda Atık Isı Geri Kazanımına Ait Özgöl İşletme Maliyeti (KAIGKÖİM)

B.E.I.S.' lerin (kojenerasyon tesislerinin) atık ısılarının geri kazanılması sırasında oluşan özgöl işletme maliyetleri; birim su şartlandırma maliyeti (BSŞM) ve birim su maliyeti (BSUM)' dir. Değerler \$/kWh_{ter} birimi cinsinden hesaplanmaktadır.

$$KAIGKÖİM = BSŞM + BSUM \quad (4. 9)$$

4.3. Özgöl Konvansiyonel Isı Üretimi Maliyeti (ÖKIÜM)

Özgöl konvansiyonel ısı üretimi maliyeti (ÖKIÜM) hesabı, \$/kWh_{ter} cinsinden elde edilmektedir. Konvansiyonel ısı üretim maliyeti (ÖKIÜM, \$/kWh_{ter}) hesabında, konvansiyonel ısı üretiminde özgöl personel maliyeti (KIÜÖPM), konvansiyonel ısı üretiminde özgöl elektrik tüketimi maliyeti (KIÜÖEM), konvansiyonel ısı üretiminde özgöl su şartlandırma maliyeti (KIÜÖŞŞM), konvansiyonel ısı üretiminde özgöl su maliyeti (KIÜÖSUM), konvansiyonel ısı üretiminde özgöl kuruluş maliyeti (KIÜÖKM), konvansiyonel ısı üretiminde özgöl yatırım maliyeti (KIÜÖYM), birim su şartlandırma maliyeti (BSŞM), birim su maliyeti (BSUM)

$$\begin{aligned} \text{ÖKIÜM} = & KIÜÖPM + KIÜÖEM + KIÜÖŞŞM + \\ & KIÜÖSUM + KIÜÖKM + KIÜÖYM + BSŞM + BSUM \end{aligned} \quad (4. 10)$$

4.4. Özgöl Toplam Enerji Üretim Maliyeti (OTOPENÜM)

Özgöl Toplam Enerji Üretim Maliyeti (OTOPENÜM) hesabı, \$/kWh, cinsinden elde edilmektedir. OTOPEÜM; ÖEÜM, KAIGKÖİM ve ÖKIÜM maliyetlerinin toplamına eşittir.

$$OTOPENÜM = \quad \quad \quad \text{ÖEÜM} + KAIGKÖİM + \text{ÖKIÜM} \quad (4. 11)$$

4.5. Bugünkü net değer (Net Present Value; NPV) Hesabı

B.E.I. sisteminin işletilme süresi boyunca sağlanan enerji tasarrufunun bugünkü net değeri (NPV), beher işletim yılı için hesaplanan gelir ve giderin belirli bir faiz oranı ve ödeme

süresi baz alınmış şimdiki değeridir. (Pamukçu, 1989), (Şahin 1995).

ÖS

$$NPV = \left\{ \sum_{t=1}^{\infty} \left[\frac{YSEM(t) + YKIÜM(t) + YSEBSAT(t)}{[1 + FAOR]^t} - \frac{[YEÜMYENİ(t) + YAIÜM(t) + YKPBIUM(t)]}{[1 + FAOR]^t} \right] \right\} \times \text{ÖZK} \quad (4.12)$$

YSEM : Yıllık şebeke elektrik maliyeti (\$/Yıl)

YKIÜM : Yıllık konvansiyonel ısı üretim maliyeti (\$/Yıl)

YSEBSAT : Üretim fazlası elektrik enerjisinin elektrik şebekesine satılması sonucunda elde edilen getiri (\$/Yıl)

YEÜMYENİ : Yıllık elektrik üretim maliyeti (\$/Yıl)

YAIÜM : Yıllık atık ısı üretim maliyeti (\$/Yıl)

YKPBIÜM : Isı açığının kapatılması durumunda oluşan yıllık konvansiyonel proses buharı üretim maliyeti (\$/Yıl)

FAOR : Faiz Oranı (%)

ÖS : Borç ödeme süresi (Yıl)

ÖZK : Yatırımdaki nakit öz kaynak miktarı (\$)

NPV hesaplamalarında, yatırımcı, yatırım dönemi süresince geçerli kalabilecek bir FAOR' u (faiz oranını) kendisi belirler. Uluslararası yatırım piyasaları dikkate alındığında NPV hesaplarında yabancı yatırımcılar %8 - %10' luk bir oranı seçerken, yerli yatırımcılar %9 - %13' lük bir oranı seçmektedir. Bu tezde NPV hesabı için FAOR = %10 alınmıştır.

4.6. İç Getiri Oranı (Internal Rate of Return; IRR) Hesabı

B.E.I. sisteminin işletilme süresi boyunca sağlanan enerji tasarrufunun bugünkü net değerini sıfır yapan faiz oranına iç getiri oranı (IRR) denir. (Pamukçu, 1989), (Şahin 1995).

ÖS

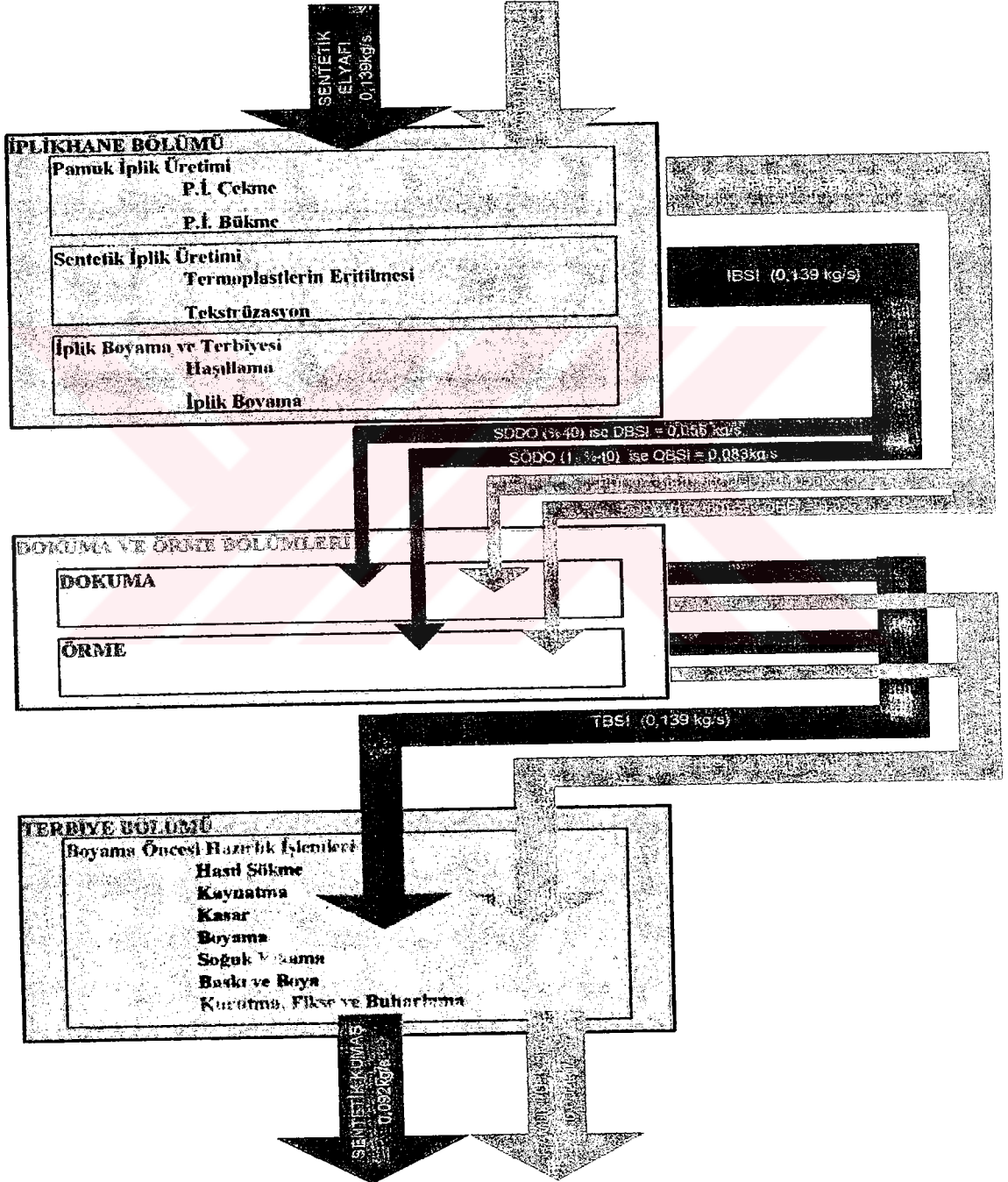
$$NPV = 0 = \left\{ \sum_{t=1}^{\infty} \left[\frac{YSEM(t) + YKIÜM(t) + YSEBSAT(t)}{[1 + r]^t} - \frac{[YEÜMYENİ(t) + YAIÜM(t) + YKPBIUM(t)]}{[1 + r]^t} \right] \right\} \times \text{ÖZK} \quad (4.13)$$

r : NPV' yi sıfır yapan faiz oranıdır (%)

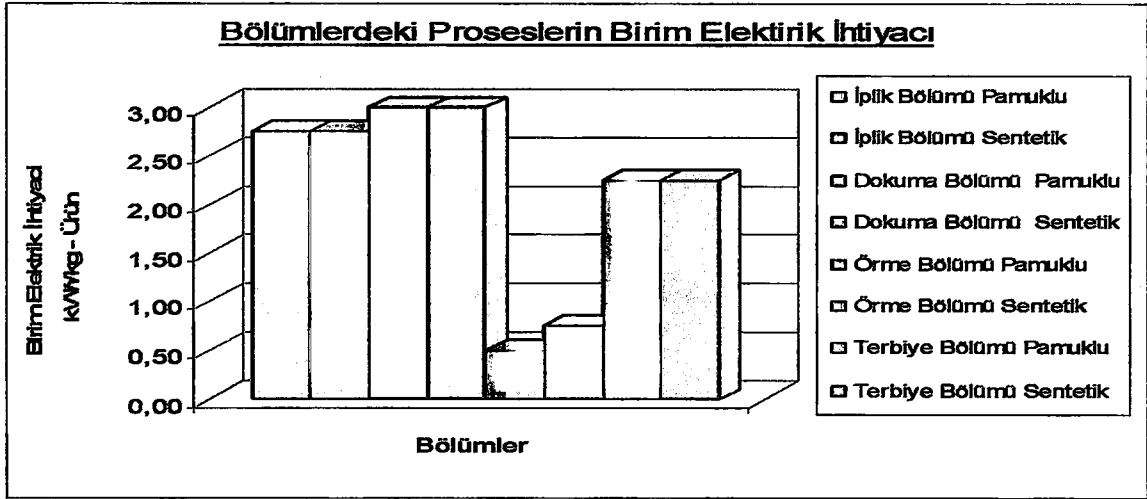
5. ENTEGRE TEKSTİL TESİSİ ve B.E.L.S.' lerin UYGULANMASI MODELİ

5.1. Modele Ait Ürün Üretim Kapasitesi

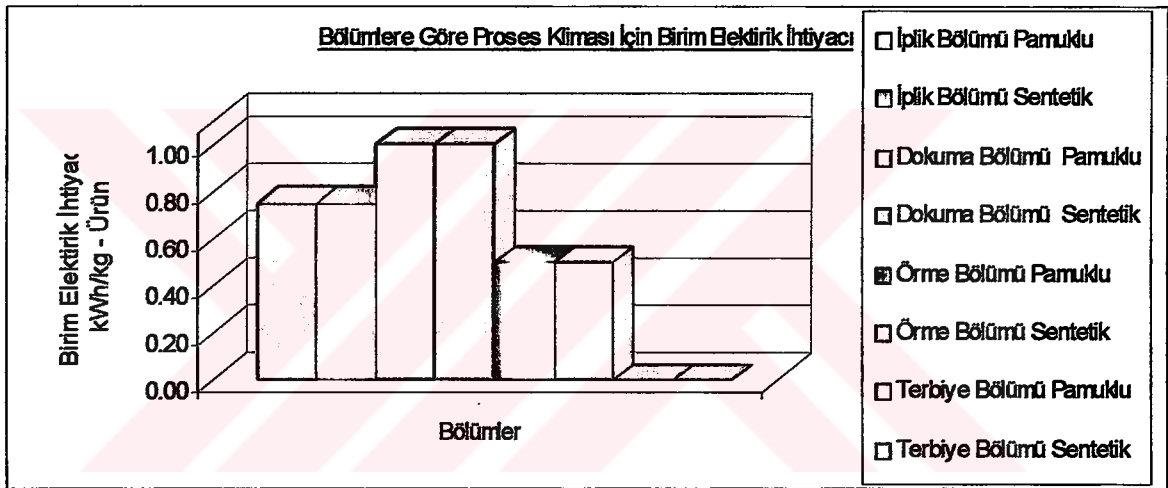
Bu bölümde, bölüm 7'de ki bilgisayar programında kullanılacak olan entegre tekstil fabrikasının modeli oluşturulmuştur.



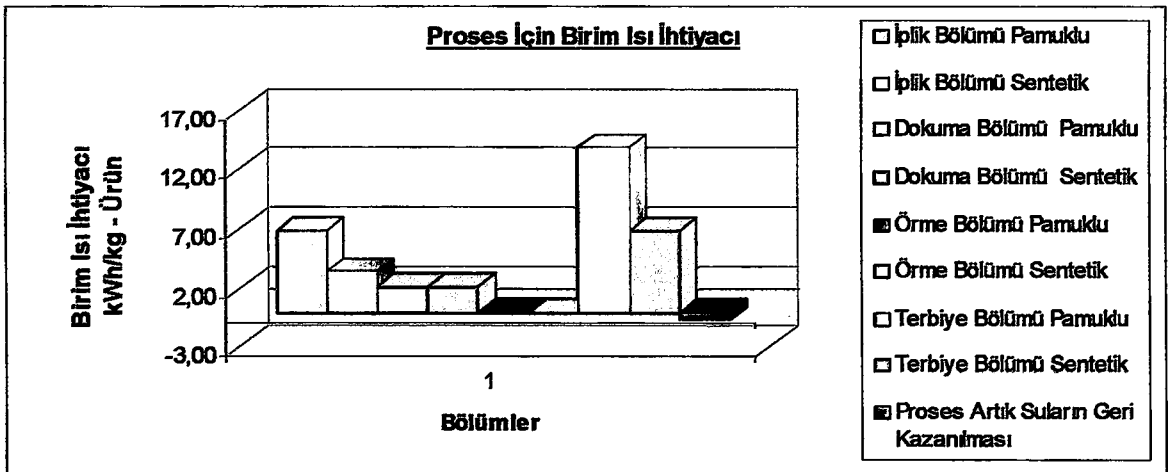
Şekil 5. 1 : Genel bir entegre tekstil üretim prosesi.



Şekil 5. 2 : Bir tekstil tesisinde yer alan bölümlere ait birim proses elektrik ihtiyacı örneği.



Şekil 5. 3: Bir tekstil tesisindeki bölümlerin proses kliması için birim elektrik ihtiyacı örneği



Şekil 5. 4 : Bir tekstil tesisine ait üretim bölümlerine düşen birim proses ısı ihtiyacı örneği.

5.1.1. Üretim bölümlerine ve üretim kapasitelerine ait tanımlamalar

Entegre tekstil fabrikası modeli 4 temel üretim bölümünden ve bu bölümler içerisinde yer alan kısımlardan oluşmaktadır. Modele ait üretim şeması Şekil 5.1’de gösterilmiştir. Fabrikanın üretim prosesinde, hammadde olarak pamuklu elyaf ve sentetik elyaf girilmekte, iplik bölümünde IBPI (kg/s) miktarı kadar pamuklu iplik üretilmekte ve işlenmektedir. İplik bölümünde işlenen sentetik iplik miktarı ise IBSI (kg/s) şeklinde tanımlanmıştır.

Bölüm 5 ve bölüm 7’ deki anlatımlarda IBPI = 0,092 kg/s ve IBSI = 0,0139 kg/s kabul edilmiştir. Bu değerler entegre tekstil fabrikalarının üretim miktarlarına göre değişeceğinden, bu tezde yazılan bilgisayar programına, bunları > 0 olmak şartıyla, istenilen büyüklükte veri olarak girmek mümkündür.

Modele göre iplik bölümünden sonraki aşamada bir kısım iplik dokuma bölümüne, bir kısım iplik ise örme bölümüne gönderilmektedir. Üretimdeki bu dağılıma ait oranlar PDDO (pamuklu ipliğin dokuma bölümüne üretim için dağılım oranı), PODO (pamuklu ipliğin örme bölümüne üretim için dağılım oranı), SDDO (sentetik ipliğin dokuma bölümüne üretim için dağılım oranı), SODO (sentetik ipliğin örme bölümüne üretim için dağılım oranı) şeklinde tanımlanmıştır. Bu oranlar % birimindedir ve aralarında şu ilişki söz konusudur.

$$PDDO = 1 - SDDO \quad (5.1)$$

$$PODO = 1 - SODO \quad (5.2)$$

Bölüm 5’ teki modellemeye ve bölüm 6’ daki sayısal uygulamada; bu oranların değerleri; PDDO = 0,6, SDDO = 0,4 kabul edilmiş (5.1) ile (5.2) denklemlerinden ve PODO = 0,4, SODO = 0,6 elde edilmiştir. Ancak bu oranlar entegre tekstil tesislerinin üretim özelliklerine bağlı olarak 0 ile 1 arasında değişebilmektedir. Modelden türetilen bilgisayar programı bu aralıktaki veri girdileri için uygun tasarlanmıştır.

PDDO, SDDO, PODO ve SODO değerleri belirlendikten sonra, bu katsayılar üzerinden ilgili bölümlerde işlenecek olan iplik miktarları tespit edilmektedir. Bu hususa ait bağıntılar ilişikteki gibidir:

$$DBPI = IBPI \times PDDO \quad (5.3)$$

$$DBSI = IBSI \times SDDO \quad (5.4)$$

$$OBPI = IBPI \times PODO \quad (5.5)$$

$$OBSI = IBSI \times SODO \quad (5.6)$$

Açıklama:

DBPI : Dokuma bölümünde işlenen pamuklu iplik

DBSI : Dokuma bölümünde işlenen sentetik iplik

OBPI : Örme bölümünde işlenen pamuklu iplik

OBSI : Örme bölümünde işlenen sentetik iplik

Model tekstil fabrikasının son üretim aşaması terbiye bölümünden oluşmaktadır. Buradaki üretim prosesine giren, pamuklu kumaş miktarı TBPk ve sentetik kumaş miktarı TBSK olmaktadır. TBPk ve TBSK ilişkisindeki formüllere göre belirlenmektedir.

$$TBPk = DBPI + OBPI \quad (5.7)$$

$$TBSK = DBSI + OBSI \quad (5.8)$$

Modellemede, tekstil tesisinin bölümleri içerisindeki iplik ve kumaş fire oranları ihmal edilmiştir; çünkü bu oranlar genelde %1-%5 arasında değişmekte ve B.E.I.S. seçimini çok fazla etkilemektedir.

(5.1), (5.2) (5.7.), (5.8) denklemleri sayesinde entegre tekstil fabrikası modeline ait tüm bölümlerdeki iplik ve kumaş üretim miktarları belirlenmektedir.

Bir sonraki aşamada, üretim bölümlerindeki birim enerji (elektrik ve ısı) tüketimleri, ısı proses başlangıç sıcaklıklarının ve bitiş sıcaklıklarının tanımlanması ve bunların yukarıda formüllendirilen ürün birim miktarlarıyla çarpılarak önce bölümlerin daha sonra ise tüm entegre tekstil prosesinin toplam elektrik ve ısı ihtiyacının belirlenmesi formüllendirilecektir.

Bölümlerde tüketilen birim elektrik enerjileri şu şekilde tanımlanmaktadır:

İplik bölümünde işlenen pamuklu ipliğin

birim elektrik gereksinimi : IBPBEG (kWh/kg) (5.9)

İplik bölümünde işlenen sentetik ipliğin

birim elektrik gereksinimi : IBSBEG (kWh/kg) (5. 10)

Dokuma bölümünde işlenen pamuklu ipliğin

birim elektrik gereksinimi :DBPBEG(kWh/kg) (5. 11)

Dokuma bölümünde işlenen sentetik ipliğin

birim elektrik gereksinimi : DBSBEG (kWh/kg) (5. 12)

Örme bölümünde işlenen pamuklu ipliğin

birim elektrik gereksinimi : OBPBEG (kWh/kg) (5. 13)

Örme bölümünde işlenen sentetik ipliğin

birim elektrik gereksinimi : OBSBEG (kWh/kg) (5. 14)

Terbiye bölümünde işlenen pamuklu kumaşın

birim elektrik gereksinimi :TBPBEG (kWh/kg) (5. 15)

Terbiye bölümünde işlenen sentetik kumaşın

birim elektrik gereksinimi : TBSBEG (kWh/kg) (5. 16)

Bölümlerde tüketilen birim ısılar şu şekilde tanımlanmaktadır:

İplik bölümünde işlenen pamuklu ipliğin

birim ısı gereksinimi : IBPBIG (kJ/kg) (5. 17)

İplik bölümünde işlenen sentetik ipliğin

birim ısı gereksinimi : IBSBIG (kJ/kg) (5. 18)

Dokuma bölümünde işlenen pamuklu ipliğin

birim ısı gereksinimi : DBPBIG (kJ/kg) (5. 19)

Dokuma bölümünde işlenen sentetik ipliğin

birim ısı gereksinimi : DBSBIG (kJ/kg) (5. 20)

Örme bölümünde işlenen pamuklu ipliğin

birim ısı gereksinimi : OBPBIG (kJ/kg) (5. 21)

Örme bölümünde işlenen sentetik ipliğin

$$\text{birim ısı gereksinimi} : \text{OBSBIG (kJ/kg)} \quad (5.22)$$

Terbiye bölümünde işlenen pamuklu kumaşın

$$\text{birim ısı gereksinimi} : \text{TBPBIG (kJ/kg)} \quad (5.23)$$

Terbiye bölümünde işlenen sentetik kumaşın

$$\text{birim ısı gereksinimi} : \text{TBSBIG (kJ/kg)} \quad (5.24)$$

5.2. Üretim Bölümlerine Ait Enerji Tüketimi Kapasitelerinin Belirlenmesi

Ortalama birim elektrik tüketimleriyle birim ürün miktarları çarpıldığında üretim bölümlerine ait elektrik enerji tüketimi kapasiteleri ilişikteki biçimde formüllendirilmiştir.

$$\text{PEI} = \text{IBPBEG} \times \text{IBPI} + \text{IBSBEG} \times \text{IBSI} \quad (5.25)$$

$$\text{PED} = \text{DBPBEG} \times \text{DBPI} + \text{DBSBEG} \times \text{DBSI} \quad (5.26)$$

$$\text{PEO} = \text{OBPBEG} \times \text{OBPI} + \text{OBSBEG} \times \text{OBSI} \quad (5.27)$$

$$\text{PET} = \text{TBPBEG} \times \text{TBPK} + \text{TBSBEG} \times \text{TBSK} \quad (5.28)$$

(5.25), (5.26), (5.27) ve (5.28) denklemlerinden model entegre tekstil prosesine ait toplam elektrik tüketimi ekli şekilde formüllendirilmiştir.

$$\text{PE}_{\text{teo}} = \text{PEI} + \text{PED} + \text{PEO} + \text{PET} \quad (5.29)$$

Ortalama birim ısı tüketimleriyle birim ürün miktarları çarpıldığında üretim bölümlerine ait ısı tüketimi kapasiteleri ilişikteki biçimde formüllendirilmiştir.

$$\text{PQI} = \text{IBPBIG} \times \text{IBPI} + \text{IBSBIG} \times \text{IBSI} \quad (5.30)$$

$$\text{PQD} = \text{DBPBIG} \times \text{DBPI} + \text{DBSBIG} \times \text{DBSI} \quad (5.31)$$

$$\text{PQO} = \text{OBPBIG} \times \text{OBPI} + \text{OBSBIG} \times \text{OBSI} \quad (5.32)$$

$$\text{PQT} = \text{TBPBIG} \times \text{TBPK} + \text{TBSBIG} \times \text{TBSK} \quad (5.33)$$

(5.30), (5.31), (5.32) ve (5.33) denklemlerinden model entegre tekstil prosesine ait toplam ısı tüketimi ekli şekilde formüllendirilmiştir.

$$PQ_{teo} = PQI + PQD + PQO + PQT \quad (5.34)$$

5.3. Proses Sularına Ait Verilerin Tanımlanması ve Kapasitelerin Formüllendirilmesi

Daha önce termodinamik özellikler bölüm 3.3.1' de anlatılmış olan atık sıcak sulara ait ısının geri kazanılması hususu bu bölümde, bilgisayar programına baz oluşturacak şekilde, tekstil prosesi modeline dahil edilmiştir.

İplik bölümünde işlenen pamuklu ipliğin

$$\text{birim su gereksinimi} : IBPBSG \text{ (kj/kg)} \quad (5.35)$$

İplik bölümünde işlenen sentetik ipliğin

$$\text{birim su gereksinimi} : IBSBSG \text{ (kj/kg)} \quad (5.36)$$

Dokuma bölümünde işlenen pamuklu ipliğin

$$\text{birim su gereksinimi} : DBPBSG \text{ (kj/kg)} \quad (5.37)$$

Dokuma bölümünde işlenen sentetik ipliğin

$$\text{birim su gereksinimi} : DBSBSG \text{ (kj/kg)} \quad (5.38)$$

Örme bölümünde işlenen pamuklu ipliğin

$$\text{birim su gereksinimi} : OBPBSG \text{ (kj/kg)} \quad (5.39)$$

Örme bölümünde işlenen sentetik ipliğin

$$\text{birim su gereksinimi} : OBSBSG \text{ (kj/kg)} \quad (5.40)$$

Terbiye bölümünde işlenen pamuklu kumaşın

$$\text{birim su gereksinimi} : TBPBSG \text{ (kj/kg)} \quad (5.41)$$

Terbiye bölümünde işlenen sentetik kumaşın

$$\text{birim su gereksinimi} : TBSBSG \text{ (kj/kg)} \quad (5.42)$$

İplik bölümünde işlenen pamuklu ipliğin

$$\text{proses başlangıç sıcaklığı} : IBPBAS \text{ (kj/kg)} \quad (5.43)$$

İplik bölümünde işlenen sentetik ipliğin

$$\text{proses başlangıç sıcaklığı} : IBSBAS \text{ (kj/kg)} \quad (5.44)$$

Dokuma bölümünde işlenen pamuklu ipliğin

$$\text{proses başlangıç sıcaklığı} : DBPBAS \text{ (kj/kg)} \quad (5.45)$$

Dokuma bölümünde işlenen sentetik ipliğin

$$\text{proses başlangıç sıcaklığı} : DBSBAS \text{ (kj/kg)} \quad (5.46)$$

Örme bölümünde işlenen pamuklu ipliğin

proses başlangıç sıcaklığı	: OBPBAS (kj/kg)	(5. 47)
Örme bölümünde işlenen sentetik ipliğin		
proses başlangıç sıcaklığı	: OBSBAS (kj/kg)	(5. 48)
Terbiye bölümünde işlenen pamuklu kumaşın		
proses başlangıç sıcaklığı	: TBPBAS (kj/kg)	(5. 49)
Terbiye bölümünde işlenen sentetik kumaşın		
proses başlangıç sıcaklığı	: TBSBAS (kj/kg)	(5. 50)
İplik bölümünde işlenen pamuklu ipliğin		
proses bitiş sıcaklığı	: IBPBIS (kj/kg)	(5. 51)
İplik bölümünde işlenen sentetik ipliğin		
proses bitiş sıcaklığı	: IBSBIS (kj/kg)	(5. 52)
Dokuma bölümünde işlenen pamuklu ipliğin		
proses bitiş sıcaklığı	: DBPBIS (kj/kg)	(5. 53)
Dokuma bölümünde işlenen sentetik ipliğin		
proses bitiş sıcaklığı	: DBSBIS (kj/kg)	(5. 54)
Örme bölümünde işlenen pamuklu ipliğin		
proses bitiş sıcaklığı	: OBPBIS (kj/kg)	(5. 55)
Örme bölümünde işlenen sentetik ipliğin		
proses bitiş sıcaklığı	: OBSBIS (kj/kg)	(5. 56)
Terbiye bölümünde işlenen pamuklu kumaşın		
proses bitiş sıcaklığı	: TBPBIS (kj/kg)	(5. 57)
Terbiye bölümünde işlenen sentetik kumaşın		
proses bitiş sıcaklığı	: TBSBIS (kj/kg)	(5. 58)

Yukarıdaki verilere göre permotit suyu tüketimleri şu şekilde belirlenmektedir.

$$IBPSG = IBPBSG \times IBPI \quad (5. 59)$$

$$IBSSG = IBSBSG \times IBSI \quad (5. 60)$$

$$DBPSG = DBPBSG \times DBPI \quad (5. 61)$$

$$DBSSG = DBSBSG \times DBSI \quad (5. 62)$$

$$OBPSG = OBPBSG \times OBPI \quad (5. 63)$$

$$OBSSG = OBSBSG \times OBSI \quad (5. 64)$$

$$TBPSG = TBPBSG \times TBPI \quad (5.65)$$

$$TBSSG = TBSBSG \times TBSI \quad (5.66)$$

5.4. Atık Sıcak Su Verilerinin Tanımlanması ve Isı Geri Kazanımı Kapasitesinin Belirlenmesi

Atık sıcak suların geri kazanılmasıyla ilgili parametreler şu şekilde tanımlanmaktadır:

$$\text{Atık soğuk durulama sularının karışım sıcaklığı} : ASDSKS (^{\circ}C) \quad (5.67)$$

$$\text{Atık tüm suların sıcaklık düzeltme faktörü} : ATUMSSDF (^{\circ}C) \quad (5.68)$$

$$\text{Permotit suyun proses başlangıcındaki sıcaklığı} : TPS1 (^{\circ}C) \quad (5.69)$$

$$\text{Atık suların özgül ısınma ısısı} : CPAS (kJ/kgK) \quad (5.70)$$

$$\text{Permotit suyun özgül ısınma ısısı} : CPSPS (kJ/kgK) \quad (5.71)$$

$$\text{Sıcak permotit suyu oranı} : SPSO (\%) \quad (5.72)$$

$$\text{Atık tüm suların debi düzeltme oranı} : ATUMSDDO (\%) \quad (5.73)$$

$$\text{Atık sıcak suların karışım sıcaklığı} : ASSKS (^{\circ}C) \quad (5.74)$$

$$\text{Atık tüm suların karışım sıcaklığı} : ATUMSKS (^{\circ}C) \quad (5.75)$$

$$\text{Atık sıcak suların teorik debisi} : ASSTEOD (kg/s) \quad (5.76)$$

$$\text{Atık tüm suların debisi} : ATUMSD (kg/s) \quad (5.77)$$

$$\text{Atık suların karışım sıcaklığı} : TASKS (^{\circ}C) \quad (5.78)$$

$$\text{Atık sıcak suların debisi} : ASSD (kg/s) \quad (5.79)$$

$$\text{Sıcak permotit suların debisi} : SPSD (kg/s) \quad (5.80)$$

$$\text{Tüm permotit suyu gereksinimi} : TUMPERSG (kg/s) \quad (5.81)$$

$$\begin{aligned} TUMPERSG = & IBPSG + IBSSG + DBPSG + DBSSG + \\ & OBPSG + OBSSG + TBPSG + TBSSG \end{aligned} \quad (5.82)$$

$$\begin{aligned} \text{ASSKS} = & [\text{IBPSG} \times \text{IBPBIS} + \text{IBSSG} \times \text{IBSBIS} + \\ & \text{DBPSG} \times \text{DBPBIS} + \text{DBSSG} \times \text{DBSBIS} + \\ & \text{ÖBPSG} \times \text{ÖBPBIS} + \text{ÖBSSG} \times \text{ÖBSBIS} + \\ & \text{TBPSG} \times \text{TBPBIS} + \text{TBSSG} \times \text{TBSBIS}] / [\text{TUMPERSG}] \end{aligned} \quad (5.83)$$

$$\text{ASSTEOD} = \text{TUMPERSG} \times \text{SPSO} \quad (5.84)$$

$$\text{ASDSD} = \text{TUMPERSG} \times (1 - \text{SPSO}) \quad (5.85)$$

$$\text{ATUMSD} = \text{ASSTEOD} + \text{ASDSD} \quad (5.86)$$

$$\text{ATUMSKS} = (\text{ASSTEOD} \times \text{ASSKS} + \text{ASDSD} \times \text{ASDSKS}) / (\text{ATUMSD}) \quad (5.87)$$

$$\text{ASSD} = \text{ATUMSD} \times (1 - \text{ATUMSDDO}) \quad (5.88)$$

$$\text{TASKS} = \text{ATUMSKS} - \text{ATUMSSDF} \quad (5.89)$$

$$\text{SPSD} = \text{TUMPERSG} \times \text{SPSO} \quad (5.90)$$

Atık sıcak sulardan basit tip ısı geri kazanımına ait modelleme için formülasyon bölüm 3.3.1' den yararlanarak modelde şu şekilde yer almaktadır:

Modellemede T_{ASC1} ' in önce T_{ASKS} ' ye eşit olduğu kabul edilmekte ve ΔT sıcaklık farkı

-1'er adım azaltılarak, $T_{\text{ASC1}} = T_{\text{ASKS}}$ den başlamak üzere 20 K'ya dek veya $(T_{\text{PS1}} + 3)$ 'e erişinceye dek döngü hesaplanmaktadır. T_{PS2A} 'nın hesaplanmasında kullanılan şartlardan biri, plakalı eşanjör üreticilerinin optimizasyon kriterlerinden olan $\Delta T_{\text{PHE}} = 3 \text{ K}$ dir. Buna göre modellemede; $T_{\text{PS2A}} < T_{\text{ASKS}} - 3$, şartı yer almaktadır.

$$Q_{\text{ASS1}} = \text{ASSD} \times C_{\text{PAS}} \times (T_{\text{ASKS}} - T_{\text{ASC1}}) \quad (5.91)$$

$$Q_{\text{SPS}} = Q_{\text{ASS1}} \quad (5.92)$$

$$T_{\text{PS2A}} = Q_{\text{SPS}} / (\text{SPSD} \times C_{\text{PPS}}) + T_{\text{PS1}} \quad (5.93)$$

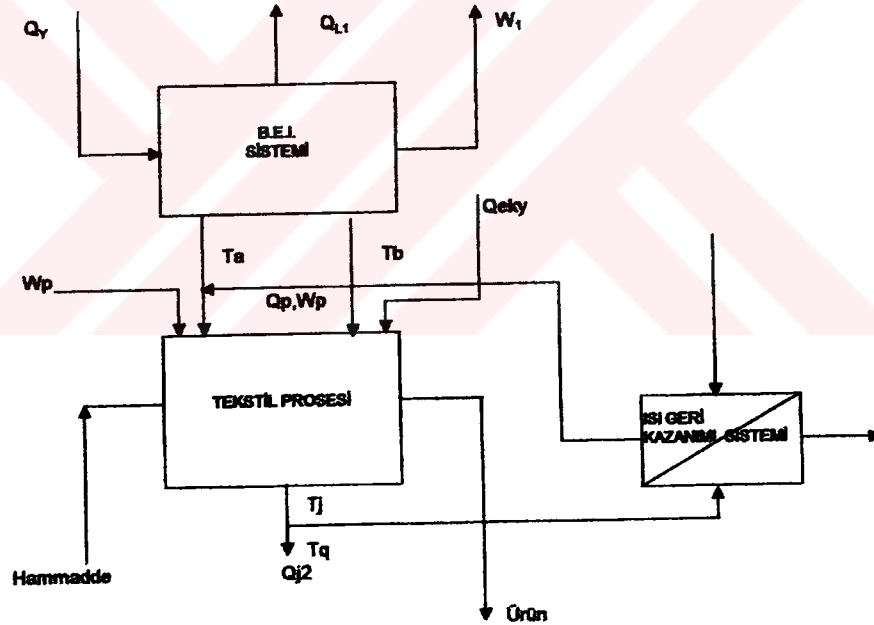
$$PQ = PQ_{\text{TEO}} - Q_{\text{ASS1}} \quad (5.94)$$

Bu formüllerin bilgisayar programındaki işlevleri ve “eğer” (“if”) şartlarına bağlı diğer detaylar tezin ekindeki algoritmada gösterilmiştir.

5.5. B.E.I.S.' lerin Entegre Tekstil Prosesine Uyarlanmasına ait Modelleme

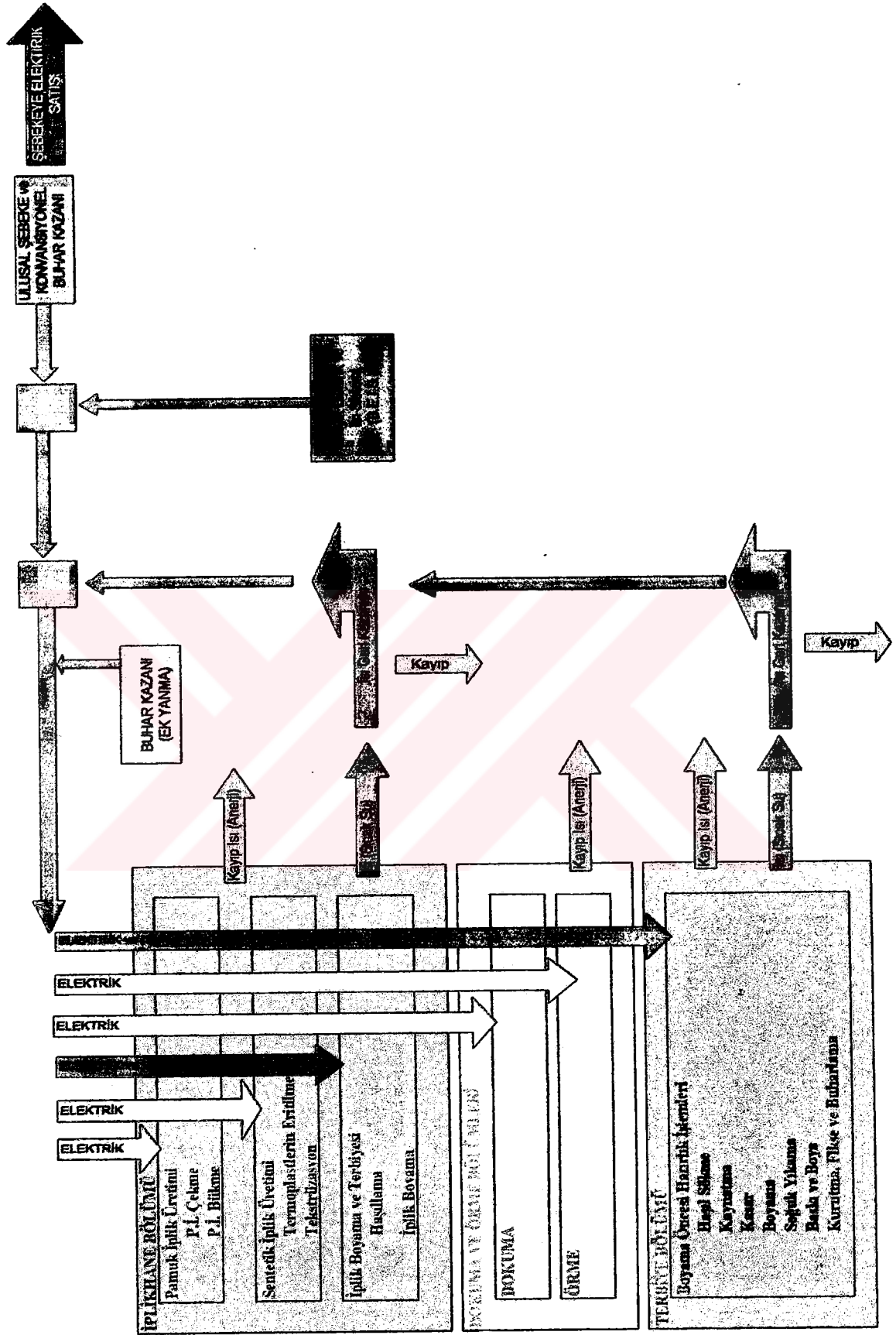
Tezin bu kısmında entegre tekstil prosesinin enerji (elektrik ve ısı) ihtiyacını karşılayacak olan 9 farklı enerji kaynağının hangi şekilde tekstil fabrikasına uyarlanacağına ait modelleme yapılacaktır. Söz konusu enerji kaynakları şunlardır:

1. Elektrik şebekesinden elektrik ve konvansiyonel buhar kazanından ısı teminli sistem,
2. Gaz motoru B.E.I.S.,
3. Gaz türbini B.E.I.S.,
4. Rankine buhar türbini ve konvansiyonel buhar kazanı B.E.I.S.,
5. Kombine gaz türbini ve rankine buhar türbini B.E.I.S. ve konvans. buhar kazanı,
6. Karşı basınçlı buhar türbini B.E.I.S.,
7. Ara buhar almalı buhar türbini B.E.I.S.,
8. Kombine gaz türbini ve karşı basınçlı buhar türbini B.E.I.S.,
9. Kombine gaz türbini ve ara buhar almalı buhar türbini B.E.I.S.



Şekil 5. 5 : B.E.I.S.' lerin entegre tekstil proseslerine uyarlanmasına ait genel bir model.

Yukarıdaki seçeneklerde yer alan (1) nolu seçeneğin dışındaki enerji kaynakları B.E.I.S. özellikli sistemlerdir. (1) nolu seçenek; klasik enerji temini yöntemini, diğerleriyle (B.E.I.S.) karşılaştırmak için modellemeye yer almıştır.



Şekil 5. 6 : B.E.I.S.' lerin entegre tekstil proseslerindeki bölümlere uyarlanmasına ait genel bir model.

Bölüm (5.5)'de anlatılan 9 seçeneğin özelliklerinin belirlenmesindeki temel kriter, bölüm (5.2)' deki formüllere göre hesaplanabilen entegre tekstil proseslerinin elektrik ve ısı ihtiyaçlarını karşılamaktır. Bu 9 sistem seçeneğinin her birinin farklı elektrik ve ısı üretim özellikleri olduğundan, bunların tekstil prosesine uygulanması, farklı biçimlerde olmaktadır.

Şekil (5.6), B.E.I.S.'lerin entegre tekstil tesisinin ısı ihtiyacının tümünü karşılayacak biçimde, ek yanma sistemini de kapsamaktadır.

B.E.I.S.' lerin elektrik ve ısı üretim değerleri, entegre tekstil proseslerinin ihtiyaçlarıyla kimi zaman örtüşmediğinden, bazı sistemlerde elektrik şebekesine elektrik ihraç etmek (yani satmak) zorunluluğu doğmaktadır. Tezde yazılmış olan bilgisayar programında bu hususlar dikkate alınmış ve modelleme; B.E.I.S. türünün özelliğine göre yapılmıştır.

Isı tüketim değerlerine bağlı olarak, B.E.I.S.' lerde ek yanma ihtiyacı da modellemeye, dikkate alınmıştır. Bir başka ifadeyle, B.E.I.S.' ye ait elektrik tanım sayısı ($E = N_E/N_Q$), prosesin elektrik tanım sayısından ($E_{Proses} = P_E/P_Q$) büyük ise; ek yanma devreye sokulmakta ve E nin E_{Proses} ile örtüşmesi sağlanmaktadır. Ters durumda, yani E ' nin E_{Proses} ' den küçük olması durumunda ise; B.E.I.S.' nin yararlı ısı kaynağından feragat edilerek E ile E_{Proses} ile örtüşmesi sağlanmaktadır. Bu hususlar ekte teker teker irdelenmiştir.

Bilgisayar programının modeli, bölüm 5.2' de enerji ihtiyacı belirlenen entegre tekstil prosesinin bu ihtiyacını karşılamak hedefiyle; bölüm 5.5.1.2.' deki elektrik şebekesi ve buhar kazanı uygulamasının dışında, 8 farklı B.E.I.S.' nin enerji (elektrik ve ısı) üretim sonuçlarını ve bunlara bağlı ticari fizibilite kriterlerinin (NPV ve IRR) hesaplanmasına dayanmaktadır.

Bu kısımda modelleme anlatılırken, daha önceki bölümlerde modellemeye temel oluşturan formüllerden yararlanılmıştır.

5.5.1. Elektrik şebekesinden elektrik ve konvansiyonel buhar kazanından ısı (buhar) temini modeli

Elektrik şebekesinden (EŞ) elektrik ve konvansiyonel buhar kazanından ısı temini seçeneği;

P_E ve P_Q ihtiyaçları doğrultusunda, EŞ' den elektrik enerjisi ve kazanda buhar üretimi yöntemiyle ısı teminine dayanmaktadır. Modellemeye ait önemli tanımlamalar şöyledir:

Elektrik şebekesinden sağlanan elektrik gücü	: N_E (kW)
Buhar kazanından sağlanan ısı gücü	: N_Q (kW)
Buhar kazanında harcanan yakıt gücü	: N_Y (kW)
Tesisin yıllık işletme süresi	: TIS (h/Yıl)

Modellemede yer alan diğer maliyet unsurlarına ait kabuller; BKM, FAOR, BBAKM, DIM, BPA, BBPMA, BYYT, BYYF, BSUG, KKF, TIS, V_{KAZ} , ÖZKO, KIÜBPA, KIÜBEG, KIÜBSUG, KIÜBKM, SBEF, KIÜÖS, olup bunlara ait açıklama kısaltma listesinde ve formüllerin ilişkileri bölüm 3 ve bölüm 4' te yer almıştır. Modeldeki kabuller, programa giriş verileri olarak, kullanıcı tarafından serbestçe belirlenmektedir.

$$N_Q = P_Q \quad (5.95)$$

$$N_E = P_E \quad (5.96)$$

$$N_Y = N_Q / V_{KAZ} \quad (5.97)$$

$$YSET = N_E \times TIS \quad (5.98)$$

$$YIÜ = P_Q \times TIS \quad (5.99)$$

$$YYT = N_Y \times TIS \quad (5.100)$$

Konvansiyonel sistemle, yani elektrik şebekesinden elektrik temini maliyetiyle, B.E.I.S.' lerin gerçekçi karşılaştırmasını yapabilmemiz için sadece SBEF' i baz almamız yeterli değildir. SBEF' in üzerine, elektrik enerjisinin kullanıma hazır hale gelebilmesi için yapılması gereken trafo ve şalt merkezi yatırımlarını ve personel maliyetlerinin elektrik fiyatına eklenmesi, modellemede benimsenmiştir.

Özgül şebeke elektrik maliyetinin hesabı:

$$\text{ÖSEM} = \text{SBEF} + \text{ÖKM} + \text{ÖİM} \quad (5.101)$$

ÖSEM' in hesabında kullanılan maliyet unsurlarının modellenmesi ilişikteki gibidir:

Özgül kuruluş maliyeti:

$$\text{KM} = \text{BKM} \times \text{NE} \quad (5.102)$$

$$YAFÖ = KM \times \{ [FAOR(1+FAOR)^{ÖS}] / [((1+FAOR)^{ÖS}) - 1] \} \quad (5. 103)$$

$$ÖKM = YAFÖ / YSET \quad (5. 104)$$

Özgöl işletme maliyeti:

$$PA = BPA \times NE \quad (5. 105)$$

$$YPM = PA \times BBPMA \quad (5. 106)$$

$$BPM = YPM / YSET \quad (5. 107)$$

$$BBAKM = BBAKM \text{ (kabul)} \quad (5. 108)$$

$$BDIM = DIM / YSET \quad (5. 109)$$

$$ÖİM = BPM + BBAKM + BDIM \quad (5. 110)$$

Konvansiyonel ısı kazanında özgöl ısı üretim maliyetinin hesabı (ÖKIÜM):

$$\begin{aligned} \text{ÖKIÜM} = & KIÜÖPM + KIÜÖEM + KIÜÖSUM + \\ & KIÜÖSSM + KIÜÖKM + KIÜÖYM \end{aligned} \quad (5. 111)$$

ÖKIÜM' ün hesabında yer alan maliyet unsurları ilişikteki biçimde modellenmiştir.

$$KIÜPA = KIÜBPA \times N_Q \quad (5. 112)$$

$$KIÜPM = KIÜPA \times BBPMA \quad (5. 113)$$

$$KIÜÖPM = KIÜPM / YIÜ \quad (5. 114)$$

$$KIÜET = KIÜBEG \times YIÜ \quad (5. 115)$$

$$KIÜEM = KIÜET \times SBEF \quad (5. 116)$$

$$KIÜÖEM = KIÜEM / YIÜ \quad (5. 117)$$

$$KIÜÖSUM = KIÜBSUG \times (BSF/1000) \times KKF \quad (5. 118)$$

$$KIÜÖSSM = BSSM \quad (5. 119)$$

$$KIÜKM = KIÜBKM \times N_Q \quad (5.120)$$

$$KIÜYAFÖ = KIÜKM \{ [FAOR(1+FAOR)^{KIÜÖS}] / [(1+FAOR)^{KIÜÖS} - 1] \} \quad (5.121)$$

$$KIÜÖKM = KIÜYAFÖ / YIÜ \quad (5.122)$$

$$KIÜÖYM = YF / V_{KAZAN} \quad (5.123)$$

YSEM, yıllık şebeke elektrik enerjisi maliyetinin hesabı:

$$YSEM = SBEF * YEÜ \quad (5.124)$$

YKIÜM, yıllık konvansiyonel ısı üretim maliyetinin hesabı:

$$YKIÜM = ÖKIÜM * YIÜ \quad (5.125)$$

5.5.1.1. Elektrik şebekesinden elektrik ve konvansiyonel kazandan ısı temininde NPV ve IRR hesaplarının modellenmesi

NPV ve IRR modellenmesi için önce ÖSEM' in yeniden hesabı ve ÖSEM_{YENİ}' nin tanımlanması gerekmektedir.

Formül (5.101)' de ÖSEM hesaplanırken; YAFÖ üzerinden ÖKM ve buradan ÖSEM belirlenmiştir. Yani ÖKM belirli bir faiz oranı (FAOR) kabul edilerek ve belirli bir ödeme süresi (ÖS) için ve belirli bir kuruluş maliyeti (KM) faizlendirilerek formüllendirilmiştir. (Bu husus formül (5.2) ve (5.3)' de daha önce modellenmişti).

NPV hesaplarında bu durum farklıdır. Burada KM' nin belirli bir oranının (ÖZKO), öz kaynak (ÖZK) olarak yatırımın başlangıcında harcandığı varsayılmakta, diğer maliyetler ve gelirler buna göre hesaba katılmaktadır. Bu sebeble ÖSEM_{YENİ}' nin, ÖSEM' den dönüştürülerek ekli şekilde belirlenmesi gerekmektedir.

$$YAFÖ_{YENİ} = (KM - ÖZK) \times \{ [FAOR(1+FAOR)^{ÖS}] / [(1+FAOR)^{ÖS} - 1] \} \quad (5.126)$$

$$ÖKM_{YENİ} = YAFÖ_{YENİ} / YSET \quad (5.127)$$

$$ÖSEM_{YENİ} = ÖSEM - ÖKM + ÖKM_{YENİ} \quad (5.128)$$

$$YSEM_{YENİ} = ÖSEM_{YENİ} \times YSET \quad (5.129)$$

ÖSEM_{YENİ}' yi bu şekilde tanımladıktan sonra şimdi NPV ve IRR modellemesine geçebiliriz.

NPV modellemesi:

$$\begin{aligned} & \text{ÖS} \\ \text{NPV} = & \left\{ \sum_{t=1}^{\infty} \left\{ [\text{YSEM}(t) + \text{YKIÜM}(t)] - \right. \right. \\ & \left. \left. [\text{YSEMYENİ}(t) + \text{YKIÜM}(t)] \right\} [1 + \text{FAOR}]^t \right\} - \text{ÖZK} \end{aligned} \quad (5.130)$$

IRR modellemesi:

$$\begin{aligned} & \text{ÖS} \\ \text{NPV} = & \left\{ \sum_{t=1}^{\infty} \left\{ [\text{YSEM}(t) + \text{YKIÜM}(t)] - \right. \right. \\ & \left. \left. [\text{YSEMYENİ}(t) + \text{YKIÜM}(t)] \right\} [1 + r]^t \right\} - \text{ÖZK} \end{aligned} \quad (5.131)$$

NPV değerini sıfır yapan faiz oranı (r) bize IRR değerini verecektir.

Modele ait diğer tüm detay formüller tezin ekindeki algoritmada mevcuttur.

5.5.2. Gaz motoru B.E.I.S.' den enerji temini modeli

Modele ait kimi önemli tanımlamalar şunlardır:

Birim gaz motoru ünitesinin mekanik gücü	: BGMG (kWm/Adet)
Gaz motoru birim faktörü (ünite adeti)	: GMBF (Adet)
Birim yakıt tüketimi	: BYTM (kW _Y /kW _m)
B.E.I.S.' ye ait düşük sıcaklıklı ısı kaynağı	: Q _{DSIKAY} (kW/SS)
B.E.I.S.' ye ait yüksek sıcaklıklı ısı kaynağı	: Q _{YSIKAY} (kW/SS)
Alternatör verimi	: V _{ALT} (%)
Yardımcı yükler verimi	: V _{YRD} (%)
B.E.I.S.' den sağlanan elektrik gücü	: N _E (kW)
B.E.I.S.' den sağlanan ısı gücü	: N _Q (kW)
B.E.I.S.' de harcanan yakıt gücü	: N _Y (kW)
Yakıt fiyatı	: YF (\$/kWh)
Tesisin yıllık işletme süresi	: TIS (h/Yıl)

Modellemede yer alan diğer maliyet unsurlarına ait kabuller; BKM, FAOR, BBAKM, DIM,

BPA, BBPMA, TIS, V_{AIK} , C_{PDS1} , C_{PYSI} , C_{PTEG} , C_{PAS} , C_{PPS} , C_{PSPS} , BM_{GAZ} , T_{DS1} , T_{YS1} , ($T_{DS1}-T_{DS2}$), ($T_{YS1}-T_{YS2}$), YF, SBEF ve ÖZKO olup; bunlara ait açıklama kısaltma listesinde ve formüllerin ilişkileri bölüm 4.3 ve bölüm 6'da daha önce yer almıştır. ÖKIÜM; daha önce formül (5.111)'de hesaplandığından, buraya doğrudan atanmaktadır.

Modelde temel olarak gaz motoru B.E.I.S.'ye ait teknik ve ticari özellikler "kabuller" olarak atanmaktadır. Bu kabuller programa giriş verileri olarak kullanıcı tarafından serbestçe belirlenmektedir. (Bölüm 5.6). Modelde hesaplama ve sinama ise şu şekilde yapılmaktadır:

- 1) P_E elektrik üretim hedefini sağlayacak şekilde, gaz motoru birim faktörü (GMBF) hesaplanmakta ve gaz motoru B.E.I.S.'nin elektrik üretim gücü (N_E) belirlenmektedir.
- 2) Gaz motorunun toplam ısı üretimi hesaplanmakta (Q_{KOJEN}) ve bu ısıya ısı üretimi hedefini (P_Q) karşılayıp karşılamadığı sinanmaktadır.
- 3) Q_{KOJEN} belirlenirken Q_{DS1} ve Q_{YS1} ısılarının kullanılabilirliğinin sinanması gaz motorlu B.E.I.S.'lerin en temel hususudur. Çünkü bazı durumlarda bu iki ısı kaynağından, atık sıcak suların geri kazanılması (Q_{ASS1}) sebebiyle, yararlanmak olanaksızdır. Bu ise B.E.I.S.'nin teknik tasarımını ve fizibilitesini önemli ölçüde etkilemektedir.
- 4) Q_{KOJEN} 'in yeterli olması durumunda; ısı hesaplarında bu değer kullanılmakta, yetersiz olması durumunda ise ek yanma devreye sokulmakta ve değerler ona göre değişmektedir.
- 5) Sonuç olarak modellemeye göre program; ya ek yanmasız ya da ek yanmalı olmak üzere gaz motorlu bir B.E.I.S.'yi P_E ve P_Q enerji ihtiyaçlarını üretecek şekilde uyarlayarak hesaplamaktadır.

$$N_M = GMBG \times BGMF \quad (5.132)$$

$$N_A = N_M \times V_{MEK} \quad (5.133)$$

$$N_{EK} = N_A \times V_{YARD} \quad (5.134)$$

$$M_{GAZ} = BM_{GAZ} \times BGMF \quad (5.135)$$

$$C_{PmTEG} = (C_{PTEG1} + C_{PTEG2})/2 \quad (5.136)$$

$$Q_{AIK} = M_{GAZ} \times C_{PmTEG} \times \{T_{EG1} - T_{EG2}\} \times V_{AIK} \quad (5.137)$$

$$Q_{DSIKAY} = Q_{BDSIKAY} \times BGMF \quad (5.138)$$

$$Q_{YSIKAY} = Q_{BYSIKAY} \times BGMF \quad (5.139)$$

B.E.I.S.' den sağlanabilecek olan ısı kaynaklarını bu şekilde formüllendirdikten sonra, motor soğutma sularından oluşan ve sıcaklık seviyeleri 100°C' nin altında olan Q_{DSIKAY} ve Q_{YSIKAY} ısı kaynaklarından yararlanıp yararlanamayacağımızı sınamak üzere; model, ilişikteki gibi biçimlendirilmiştir:

Formül (5.138)' de hesaplanan Q_{DSIKAY} ' ın entegre tekstil prosesinde kullanılıp kullanılamayacağı (5.140) ve (5.141)'de yer alan formüllerdeki şartlara bağlıdır. Eğer:

$$T_{PS2A} > T_{ASKS} - 6 \quad (5.140)$$

Öyleyse: $Q_{DSI} = 0$ dır.

Hatırlanacağı üzere T_{PS2A} daha önce formül (5.93)' de hesaplanmıştı. Ayrıca

$$DSID = Q_{DSIKAY} / (C_{PDSI} \times (T_{DS1} - T_{DS2})) \quad (5.141)$$

Buradan, Eğer ($T_{DS1} > T_{ASKS} - 3$) ve eğer ($T_{DS1} < T_{PS2A} + 3$) ise, öyleyse

$$Q_{DSI} = 0, T_{ASCS} = T_{ASCS1}, Q_{ASS} = Q_{ASS1}, T_{PS3} = T_{PS2A} \quad (5.142)$$

ara sonuçları hesaplanır.

$$T_{PS2} = T_{PS1} \quad (5.143)$$

Kabul edilerek, $T_{PS2} = (T_{DS1} - 3)$ 'e dek T_{PS2} , (+1) lik sıcaklık adımlarıyla arttırılır. Sonra,

$$T_{DS2} = - Q_{DSIKAY} / (DSID \times C_{PDSI}) + T_{PS1} \quad (5.144)$$

ara sonucu hesaplanır.

$T_{ASCS2} = T_{ASKS}$ kabul edilerek ve

$$T_{ASCS2} = 20 \text{ veya } (T_{PS2} + 3) \quad (5.145)$$

kabul edilerek, T_{ASCS2} 'nın değeri (-1)'lik adımlar halinde azaltılır. Buradan

$$Q_{ASS2} = ASSD \times C_{PPAS} \times (T_{ASKS} - T_{ASCS2}) \quad (5.146)$$

$$Q_{PS2} = Q_{ASS2} \quad (5.147)$$

$$T_{PS3A} = Q_{PS2} / (SPSD \times C_{PSPS}) + T_{PS2} \quad (5.148)$$

$$T_{ASCS} = T_{ASCS2} \quad (5.149)$$

$$Q_{ASS} = Q_{ASS2} \quad (5.150)$$

elde edilir. Eğer,

$$T_{PS3A} > (T_{ASKS} - 3) \quad (5.151)$$

öyleyse formül no (5.143) geri dönlür ve buradaki şarta bağlı olarak, T_{PS2} , (+1)'lik bir adım daha arttırılır. Bu hesap döngüsü formül no (5.151)'deki şart yerine gelene dek devam ettirilir. Eğer,

$$T_{PS2} < (T_{DS1} - 3) \quad (5.152)$$

ise hesaplamalara formül no (5.141)'de devam edilmektedir. T_{PS3A} 'nın yukarıdaki şartlara uygun olarak elde edilmesinden sonra:

$$T_{PS3} = T_{PS3A} \quad (5.153)$$

elde edilmiş olur.

Formül (5.139)'da hesaplanan Q_{YSIKAY} 'ın entegre tekstil prosesinde kullanılıp kullanılmayacağı (5.157)'deki formülüyle başlayan hesap döngüsüne bağlıdır. Bunun için önce:

$$Q_{YSIKAY} = YSID \times C_{PYSI} \times (T_{YS1} - T_{YS2}) \quad (5.154)$$

$$YSID = Q_{YSI} / (C_{PYSI} \times (T_{YS1} - T_{YS2})) \quad (5.155)$$

hesaplanır. Eğer,

$$T_{YS1} < (T_{PS3} + 6) \quad (5.156)$$

ise, öyleyse $Q_{YSI}=0$ kabul edilir. Sonra

$$T_{YS2} = T_{YS1} \quad (5.157)$$

kabul edilir ve $T_{YS2} = (T_{PS3} + 3)$ oluncaya dek T_{YS2} 'nin değeri (-1)'lik adımlarla azaltılır. Buradan,

$$Q_{YSI} = YSID \times C_{PYSI} \times (T_{YS1} - T_{YS2}) \quad (5.158)$$

hesaplanır. Sonra,

$$T_{YS2} = - Q_{YSI} / (YSID \times C_{PYSI}) + T_{YS1} \quad (5.159)$$

$$T_{PS4} = - Q_{YSI} / (SPSD \times C_{PSPS}) + T_{PS3} \quad (5.160)$$

hesaplanır. Eğer,

$$T_{PS4} < (T_{YS1} - 3) \quad (5.161)$$

ise, öyleyse formül no (5.157)'ye geri dönülür. Bu hesaplamalar döngüdeki şart sağlanıncaya dek devam eder. Sonuçta T_{YS2} hesaplanarak diğer parametrelerde hesaplanmış olur.

B.E.I.S.'nin yakıt tüketimi ise;

$$N_Y = BYTM \times N_M \quad (5.162)$$

Formülünden hesaplanmaktadır.

Yukarıdaki formüllerle belirlenen Q_{DSI} , Q_{YSI} ve Q_{AIK} ' dan sonra, modelde artık Q_{KOJEN} ' de belirlenmiş olur. Buradan Q_{TOP} hesaplanmaktadır.

$$Q_{KOJEN} = Q_{DSI} + Q_{YSI} + Q_{AIK} \quad (5.163)$$

$$Q_{TOP} = Q_{KOJEN} + Q_{ASS} \quad (5.164)$$

Modeldeki B.E.I.S.' nin ek yanma gerekliliğinin sorgulanması şu formülle yapılmaktadır.

$$P_Q > Q_{KOJEN} \quad (5.165)$$

Bir diğer ifadeyle $P_Q / Q_{KOJEN} > 1$ ise ek yanma gerekecektir, aksi durumda gerekmeyecektir. Ek yanmanın gerekmesi halinde ise ek yanmalı çözüme ait hesaplarla devam edilmektedir.

Ek yanma gerekmemesi durumunda;

$$N_Q = Q_{KOJEN} \quad (5.166)$$

olmaktadır.

Bu şekilde, tekstil prosesinin ısı ihtiyacının (P_Q) karşılanıp karşılanmadığı' da sınanmış olmaktadır.

Bir sonraki adımda, B.E.I.S.' de oluşabilecek elektrik enerjisi fazlasının elektrik şebekesine satılması ele alınmaktadır. Bu husus ilişikteki biçimde formüllendirilmiştir.

$$N_{SEBSAT} = N_E - P_E \quad (5.167)$$

Üretim fazlası elektrik enerjisi, şebeke satış fiyatı (SEBSATF) üzerinden elektrik şebekesine satılmaktadır.

Yıllık enerji üretimi ve tüketimi hesabı, ilişikteki biçimde modellenmiştir:

$$YE\ddot{U} = N_E \times TIS \quad (5.168)$$

$$YI\ddot{U} = Q_{KOJEN} \times TIS \quad (5.169)$$

$$YYT = N_Y \times TIS \quad (5.170)$$

5.5.2.1. Gaz motoru B.E.I.S.' ye ait özgül elektrik üretim maliyetinin (ÖEÜM) modellemesi

$$\ddot{O}E\ddot{U}M = \ddot{O}KM + \ddot{O}YM + \ddot{O}IM \quad (5.171)$$

Buradaki ÖKM, ÖYM ve ÖİM' nin hesabına ait formüller şunlardır:

Özgöl kuruluş maliyeti (ÖKM) Formülleri:

$$KM = BKM \times N_M \quad (5.172)$$

$$YAF\ddot{O} = KM \{ [FAOR(1+FAOR)^{\ddot{O}S}] / [((1+FAOR)^{\ddot{O}S}) - 1] \} \quad (5.173)$$

$$\ddot{O}KM = YAF\ddot{O} / YE\ddot{U} \quad (5.174)$$

Özgöl yakıt maliyeti (ÖYM) formülleri:

$$YYM = YF \times YYT \quad (5.175)$$

$$\ddot{O}YM = YYM / YE\ddot{U} \quad (5.176)$$

Özgöl işletme maliyeti (ÖİM) formülleri:

$$\ddot{O}IM = BPM + BYYM + BBAKM + BDIM \quad (5.177)$$

Birim personel maliyeti:

$$PA = BPA \times N_E \quad (5.178)$$

$$YPM = PA \times BBPMA \quad (5.179)$$

$$BPM = YPM / YE\ddot{U} \quad (5.180)$$

Birim yağlama yağı maliyeti:

$$YYM = BYYT/1000 \times N_M \times TIS \times BYYF \quad (5.181)$$

$$BYM = YYM / YEÜ \quad (5.182)$$

Birim bakım maliyeti:

$$BBAKM = BBAKM \quad (5.183)$$

Birim diğer maliyetler:

$$BDIM = DIM / YEÜ \quad (5.184)$$

Kojenerasyonda atık ısının geri kazanılmasına ait işletme maliyetinin hesabı (KAIGKÖİM):

$$BSUM = BSUG \times KKF \times BSUF/1000 \quad (5.185)$$

$$KAIGKÖİM = BSUM + BSSM \quad (5.186)$$

5.5.2.2. Gaz Motoru B.E.I.S.' de NPV ve IRR hesaplarının modellenmesi

NPV ve IRR modellenmesi için önce ÖEÜM' ün yeniden hesabı ve ÖEÜM_{YENİ}' nin tanımlanması gerekmektedir.

Formül (5.171)' de ÖEÜM hesaplanırken, YAFÖ üzerinden ÖKM ve buradan ÖEÜM hesaplanmıştır. ÖKM, belirli bir faiz oranı (FAOR), belirli bir ödeme süresi (ÖS) kabul edilerek, belirli bir kuruluş maliyetinin (KM) faizlendirilmesiyle hesaplanmıştır. [Bu husus formül (5.2) ve (5.3)'te daha önce modellenmişti].

NPV hesaplarında ise durum farklıdır. Burada KM' nin belirli bir oranının (ÖZKO), öz kaynak (ÖZK) olarak yatırımın başlangıcında harcandığı varsayılarak hesap yapılmakta, diğer maliyetler ve gelirler buna göre formüllendirilmektedir. Bu sebeble ÖEÜM_{YENİ}' nin, ÖEÜM' den dönüştürülerek belirlenmesi gerekmektedir.

Modelin bu kısmına ait kabuller; KM, ÖS, ÖZKO, SBEF dir.

$$\ÖZK = \ÖZKO \times KM \quad (5.187)$$

$$YAFÖ_{YENİ} = (KM - \ÖZK) \times \{ [FAOR(1+FAOR)^{\ÖS}] / [(1+FAOR)^{\ÖS} - 1] \} \quad (5.188)$$

$$\ÖKM_{YENİ} = YAFÖ_{YENİ} / YEÜ \quad (5.189)$$

$$\ÖEÜM_{YENİ} = \ÖEÜM - \ÖKM + \ÖKM_{YENİ} \quad (5.190)$$

Yıllık şebekeden elektrik temini maliyeti (tasarrufu);

$$YSEM = SBEF \times (YEÜ - (NESEBSAT \times TIS)) \quad (5.191)$$

Denklem (5.169)'den yararlanarak yıllık konvansiyonel ısı üretim maliyeti (tasarrufu);

$$YKIÜM = ÖKIÜM \times YIÜ \quad (5.192)$$

formülü türetilmektedir.

Denklem (5.167)'ten yararlanarak, üretim fazlası elektrik enerjisinin elektrik şebekesine satılması sonucunda elde edilecek olan gelirin;

$$YSEBSAT = N_{ESEBSAT} \times TIS \times SEBSATF \quad (5.193)$$

formülü türetilmektedir.

Denklem (5.168)'dan yararlanarak yıllık elektrik üretim maliyeti;

$$YEÜMYENİ = ÖEÜMYENİ \times YEÜ \quad (5.194)$$

formülü türetilmektedir.

Denklem (5.165)'ten yararlanarak yıllık atık ısı üretim maliyeti;

$$YAIÜM = KAIGKÖİM \times Q_{KOJEN} \times TIS \quad (5.195)$$

formülü türetilmektedir.

Yukarıda formüllendirilmiş olan verilerden yararlanarak NPV ve IRR hesabı ilişikteki biçimde modellendirilmiştir.

NPV modellemesi:

ÖS

$$NPV = \left\{ \sum_{t=1}^{\infty} \left\{ [YSEM(t) + YKIÜM(t) + YSEBSAT(t)] - [YEÜMYENİ(t) + YAIÜM(t)] \right\} [1 + FAOR]^{-t} \right\} - ÖZK \quad (5.196)$$

IRR modellemesi:

ÖS

$$NPV = \left\{ \sum_{t=1}^{\infty} \left\{ [YSEM(t) + YKIÜM(t) + YSEBSAT(t)] - [YEÜMYENİ(t) + YAIÜM(t)] \right\} [1 + r]^{-t} \right\} - ÖZK \quad (5.197)$$

NPV değerini sıfır yapan faiz oranı (r) bize IRR değerini verecektir.

Bu formüllere ait diğer tüm detaylar tezin ekindeki algorithmada mevcuttur.

5.5.2.3. Ek yanmalı gaz motoru B.E.I.S.' den enerji temini modeli

B.E.I.S.' lerde ek yanma gerekliliği, ısı geri kazanımı sistemi üzerinden sağlanan, Q_{KOJEN} ısısının yetersiz olması durumunda ortaya çıkmaktadır. Modellemedeki tanımlamalar ve formülleme biçimi sebebiyle, bu tür bir ek yanma gerekliliği sadece gaz motoru ve gaz türbininde doğmaktadır.

Ek yanma olması durumunda değişen temel unsurlar; ek ısı ihtiyacı sebebiyle Q_{KAZEKY} biçiminde bir ek yanma ısısının tanımlanması ve tesisin toplam yakıt tüketiminin artmasından doğan N_{YEKY} biçiminde yeni bir yakıt tüketiminin tanımlanmasıdır.

Ek yanmanın gerekliliği programda ilişikteki şarta bağlı sınıanmaktadır.

$$P_Q/Q_{KOJEN} > 1 \quad (5.198)$$

ise ek yanma gerekecektir.

Buna göre yukarıda (5.132) (5.168) nolu formüller ek yanmalı sistemde aynı kalırken, diğer formüller ek yanmaya uyarlanarak ilişikteki biçimi almaktadır.

$$Q_{KAZEKY} = P_Q - Q_{KOJEN} \quad (5.199)$$

$$N_{QEKY} = Q_{KOJEN} + Q_{KAZEKY} \quad (5.200)$$

$$N_{YKAZEKY} = Q_{KAZEKY} / V_{KAZAN} \quad (5.201)$$

$$N_{YEKY} = N_{YKAZEKY} + N_Y \quad (5.202)$$

Yıllık enerji üretimi ve tüketimi hesabı ilişikteki biçimde modellenmiştir:

$$YEÜ = N_E \times TIS \quad (5.203)$$

$$YIÜ_{EKY} = N_{QEKY} \times TIS \quad (5.204)$$

$$YYT_{EKY} = N_{YEKY} \times TIS \quad (5.205)$$

5.5.2.4. Ek yanmalı gaz motoru B.E.I.S.' ye ait özgül elektrik üretim maliyetinin (ÖEÜM_{EKY}) modellemesi

$$\text{ÖEÜM}_{\text{EKY}} = \text{ÖKM}_{\text{EKY}} + \text{ÖYM}_{\text{EKY}} + \text{ÖİM}_{\text{EKY}} \quad (5.206)$$

Buradaki ÖKM_{EKY}, ÖYM_{EKY} ve ÖİM_{EKY}' in hesabına ait formüller şunlardır:

Özgül kuruluş maliyetinin (ÖKM_{EKY}) formülleri:

$$\text{KM}_{\text{EKY}} = \text{BKM} \times 1,1 \times \text{N}_M \quad (5.207)$$

$$\text{YAFÖ}_{\text{EKY}} = \text{KM}_{\text{EKY}} \{ [\text{FAOR}(1+\text{FAOR})^{\text{Ös}}] / [((1+\text{FAOR})^{\text{Ös}}) - 1] \} \quad (5.208)$$

$$\text{ÖKM}_{\text{EKY}} = \text{YAFÖ}_{\text{EKY}} / \text{YEÜ}_{\text{EKY}} \quad (5.209)$$

Özgül yakıt maliyetinin (ÖYM_{EKY}) formülleri:

$$\text{YYM}_{\text{EKY}} = \text{YF} \times \text{YYT}_{\text{EKY}} \quad (5.210)$$

$$\text{ÖYM}_{\text{EKY}} = \text{YYM}_{\text{EKY}} / \text{YEÜ}_{\text{EKY}} \quad (5.211)$$

Özgül işletme maliyeti (ÖİM_{EKY}) formülleri:

$$\text{ÖİM}_{\text{EKY}} = \text{BPM} + \text{BYYM} + \text{BBAKM} + \text{BDIM} \quad (5.212)$$

Birim personel maliyeti:

$$\text{PA} = \text{BPA} \times \text{N}_E \quad (5.213)$$

$$\text{YPM} = \text{PA} \times \text{BBPMA} \quad (5.214)$$

$$\text{BPM} = \text{YPM} / \text{YEÜ}_{\text{EKY}} \quad (5.215)$$

Birim yağlama yağı maliyeti:

$$\text{YYYM} = \text{BYYT}/1000 \times \text{N}_M \times \text{TIS} \times \text{BYYF} \quad (5.216)$$

$$\text{BYYM} = \text{YYYM} / \text{YEÜ}_{\text{EKY}} \quad (5.217)$$

Birim bakım maliyeti:

$$\text{BBAKM} = \text{BBAKM} \quad (5.218)$$

Birim diğer maliyetler:

$$\text{BDIM} = \text{DIM} / \text{YEÜ}_{\text{EKY}} \quad (5.219)$$

Kojenerasyonda atık ısıının geri kazanılmasına ait işletme maliyeti(KAIGKÖİM) formülleri:

$$BSUM_{EKY} = BSUG \times KKF \times BSUF/1000 \quad (5.220)$$

$$KAIGKÖİM_{EKY} = BSUM_{EKY} + BSSM_{EKY} \quad (5.221)$$

5.5.2.5. Ek yanmalı gaz motoru B.E.I.S.' de NPV_{EKY} ve IRR_{EKY} hesaplarının modellemesi

NPV_{EKY} ve IRR_{EKY} modellemesi için önce ÖEÜM_{EKY}' nin yeniden hesabı ve ÖEÜM_{EKYYENİ}' nin tanımlanması gerekmektedir.

Formül (5.170)' de ÖEÜM hesaplanırken, YAFÖ üzerinden ÖKM ve buradan ÖEÜM hesaplanmaktadır. ÖKM, belirli bir faiz oranı (FAOR), belirli bir ödeme süresi (ÖS) kabul edilerek, belirli bir kuruluş maliyeti (KM) faizlendirilmesiyle hesaplanmıştır. [Bu husus formül (5.2) ve (5.3)'te daha önce modellenmişti].

NPV hesaplarında durum farklıdır. Burada KM' nin belirli bir oranının (ÖZKO), öz kaynak (ÖZK) olarak yatırımın başlangıcında harcandığı varsayılarak hesap yapılmakta, diğer maliyetler ve gelirler buna göre formüllendirilmektedir. Bu sebeble ÖEÜM_{EKYYENİ}' nin, ÖEÜM_{EKY}' den dönüştürülerek belirlenmesi gerekmektedir.

Modelin bu kısmına ait kabuller; KM, ÖS, ÖZKO, SBEF dir.

$$ÖZK_{EKY} = ÖZKO \times KM_{EKY} \quad (5.222)$$

$$YAFÖ_{EKYYENİ} = (KM_{EKY} - ÖZK) \times \{ [FAOR(1+FAOR)^{ÖS}] / [((1+FAOR)^{ÖS}) - 1] \} \quad (5.223)$$

$$ÖKM_{EKYYENİ} = YAFÖ_{EKYYENİ} / YEÜ_{EKY} \quad (5.224)$$

$$ÖEÜM_{EKYYENİ} = ÖEÜM_{EKY} - ÖKM_{EKY} + ÖKM_{EKYYENİ} \quad (5.225)$$

Yıllık şebekeden elektrik temini maliyeti (tasarrufu);

$$YSEM = SBEF \times (YEÜ - (NESEBSAT \times TIS)) \quad (5.226)$$

Yıllık konvansiyonel ısı üretim maliyeti (tasarrufu):

$$YKIÜM_{EKY} = ÖKIÜM \times YIÜ_{EKY} \quad (5.227)$$

Üretim fazlası elektrik enerjisinin elektrik şebekesine satılmasıyla elde edilecek gelir:

$$YSEBSAT = N_{ESEBSAT} \times TIS \times SEBSATF \quad (5.228)$$

Yıllık elektrik üretim maliyeti:

$$YEÜMEKYYENİ = ÖEÜMEKYYENİ \times YEÜ \quad (5.229)$$

Atık ısı üretim maliyeti:

$$YAIÜMEKY = KAIGKÖIMEKY \times Q_{KOJEN} \times TIS \quad (5.230)$$

Yukarıda formüllendirilmiş olan verilerden yararlanarak NPV_{EKY} ve IRR_{EKY} hesabı ilişikteki biçimde modellenmiştir.

NPV_{EKY} modellemesi:

$$NPV_{EKY} = \sum_{t=1}^{\infty} \{ [YSEM(t) + YKIÜM(t) + YSEBSAT(t)] - [YEÜMEKYYENİ(t) + YAIÜMEKY(t) + YKPBIUMEKY(t)] \} \times [1 + FAOR]^t - ÖZK_{EKY} \quad (5.231)$$

IRR modellemesi:

$$NPV_{EKY} = \sum_{t=1}^{\infty} \{ [YSEM(t) + YKIÜM(t) + YSEBSAT(t)] - [YEÜMEKYYENİ(t) + YAIÜMEKY(t) + YKPBIUMEKY(t)] \} \times [1 + r]^t - ÖZK_{EKY} \quad (5.232)$$

NPV_{EKY} değerini sıfır yapan faiz oranı (r) bize IRR_{EKY} değerini verecektir.

Bu formüllere ait diğer tüm detaylar tezin ekindeki algoritmada mevcuttur.

5.5.3. Gaz türbini B.E.I.S.' den enerji temini modeli

Modele ait kimi önemli tanımlamalar şunlardır:

Birim gaz türbini gücü	: BGTG (kWm/Adet)
Birim yakıt tüketimi	: BYT (kJ/kW _m h)
Alternatör verimi	: V _{ALT} (%)

Yardımcı yükler verimi	: V_{YRD} (%)
B.E.I.S.' den sağlanan elektrik gücü	: N_E (kW)
B.E.I.S.' den sağlanan ısı gücü	: N_Q (kW)
B.E.I.S.' de harcanan yakıt gücü	: N_Y (kW)
Yakıt fiyatı	: YF (\$/kWh)
Tesisin yıllık işletme süresi	: TIS (h/Yıl)

Modellemede yer alan diğer maliyet unsurlarına ait kabuller; BKM, FAOR, BBAKM, DIM, BPA, BBPMA, BYYT, BYYF, BSG, KKF, TIS, T_{EG1} , T_{EG2} , C_{PTEG1} , C_{PTEG2} , V_{AIK} , V_{ALT} , V_{YARD} , ρ_Y , YF , $SBEF$ ve $\ddot{O}ZKO$ ' dur. $\ddot{O}KI\ddot{U}M$; daha önce formül (5.111)' de hesaplandığından, buraya doğrudan atanmaktadır. Tüm bunlara ait açıklama kısaltma listesinde, formüllerin diğer ilişkileri ise bölüm 2 ve bölüm 4' te daha önce yer almıştır.

Modelde; kabuller programa giriş verileri olarak kullanıcı tarafından serbestçe belirlenmektedir. (Bölüm 6.6). Modelde hesaplama ve sınaama ise şu şekilde yapılmaktadır.

- 1) P_E elektrik üretimi hedefini sağlayacak şekilde, gaz türbini adeti (GTBF) hesaplanmakta, buradan gaz türbinli B.E.I.S.' nin elektrik üretim gücü (N_E) belirlenmektedir.
- 2) Gaz türbininin toplam ısı üretimi hesaplanmakta (Q_{KOJEN}) ve bu ısının, ısı üretimi hedefini (P_Q) karşılayıp karşılamadığı sınıanmaktadır.
- 3) Q_{KOJEN} ' in yeterli olması durumunda, ısı hesaplarında bu değer kullanılmakta, yetersiz olması durumunda ise; ek yanma devreye sokulmakta, üretilen ve tüketilen enerji değerleri buna göre değişmektedir.
- 4) Sonuç olarak programda, ya ek yanmasız yada ek yanmalı olmak üzere, gaz türbinli bir B.E.I.S., P_E ve P_Q enerji ihtiyacını üretecek şekilde, uyarlanarak hesaplanmaktadır.

$$GT_{MG} = GTBF \times BGTG \quad (5.233)$$

$$GT_{ALTEG} = GT_{MG} \times V_{ALT} \quad (5.234)$$

$$GT_{ALTEG} = N_A \quad (5.235)$$

$$GT_{EG} = GT_{ALTEG} \times V_{YARD} \quad (5.236)$$

$$GT_{EG} = N_E \quad (5.237)$$

GT_{EG} ' nin yeterliliği, modelde ilişikteki formülle sınıanmaktadır.

$$P_E/GT_{EG} > 1 \quad (5.238)$$

$P_E > GT_{EG}$ ise GT_{EG} yetersizdir. Bu durumda gaz türbini adeti bir artırılır ve yeterli hale getirilir.

Yakıt tüketimi formülleri:

$$YT = BYT \times GTMG \quad (5.239)$$

$$M_Y = [(BYT \times GTMG) / (3600 \times H_u)] \times \rho_Y \quad (5.240)$$

$$N_Y = (BYT \times GTMG) / 3600 \quad (5.241)$$

Yakma havası tüketimi ve egzoz gazı debisi formülleri:

$$M_{YAKHAVA} = (M_Y \times \lambda \times L_{min} \times 137,28) / M_{YMOL} \quad (5.242)$$

$$M_{EGZOZ} = M_Y + M_{YAKHAVA} \quad (5.243)$$

Atık ısı kazanı kapasitesinin formülleri:

$$C_{Pm} = (C_{PTEG1} + C_{PTEG2})/2 \quad (5.244)$$

$$Q_{AIK} = M_{EGZOZ} \times C_{Pm} \times \{T_{EG1} - T_{EG2}\} \times V_{AIK} \quad (5.245)$$

$$Q_{KOJEN} = Q_{AIK} \quad (5.246)$$

B.E.I.S. ve atık sıcak sulardan ısı geri kazanım sisteminin toplam ısı üretimi formülleri:

$$Q_{TOP} = Q_{KOJEN} + Q_{ASS1} \quad (5.247)$$

Q_{KOJEN} ' in yeterliliği modelde ilişikteki formülle sınanmaktadır.

$$P_Q/Q_{KOJEN} > 1 \quad (5.248)$$

$P_Q > Q_{KOJEN}$ ise Q_{KOJEN} yetersizdir. Bu durumda ek yanma sistemi devreye sokularak ısı yeterli hale getirilmekte ve hesaplar buna göre yapılmaktadır.

Elektrik fazlasının elektrik şebekesine satılması durumunun sınanması:

$$NE_{SEBSAT} = N_E - P_E \quad (5.249)$$

Eğer,

$$NE_{SEBSAT} < 0 \quad (5.250)$$

ise $NE_{SEBSAT} = 0$ kabul edilir. Aksi durumda $NE_{SEBSAT} = NE_{SEBSAT}$ kabul edilir.

Gaz türbini için oluşturulan modelin, bundan sonraki kısmında yer alması gereken ÖEÜM, NPV ve IRR hesapları, daha önce gaz motoru için yazılan (5.171), (5.172) (5.197) nolu

formüllerle gösterilen modelin aynısıdır. Ayrıca gaz türbinindeki ek yanmalı durum için; gaz motoru modelinde anlatılan (5.198), (5.199) (5.232) nolu formüller geçerlidir. Bu sebeble bunların burada tekrarlanmasına gerek görülmemiştir. Burada es geçilen tüm detaylar tezin ekinde yer alan algoritmanın gaz türbiniyle ilgili bölümünde gösterilmiştir.

5.5.4. Rankine buhar türbini ve konvansiyonel buhar kazanı B.E.I.S.' den enerji temini modeli

Modele ait kimi önemli tanımlamalar şunlardır:

Birim buhar türbini gücü	: BBTG (kWm/Adet)
Buhar türbininin birim buhar tüketimi	: BTBBT (kJ/kW _m h)
Buhar türbininin izentropik verimi	: V _{BTS} (%)
Buhar türbini şanzımanının mekanik verimi	: V _{SAN} (%)
Alternatör verimi	: V _{ALT} (%)
Yardımcı yükler verimi	: V _{YRD} (%)
Buhar kazanı verimi	: V _{KAZ} (%)
B.E.I.S.' den sağlanan elektrik gücü	: N _E (kW)
Buhar kazanından sağlanan proses buharı ısı gücü	: N _Q (kW)
B.E.I.S.' de ve proses buharı üretim kazanında	
harcanan yakıt gücü	: N _Y (kW)
Yakıt fiyatı	: YF (\$/kWh)
Tesisin yıllık işletme süresi	: TIS (h/Yıl)

Modellemede yer alan diğer maliyet unsurlarına ait kabuller; BKM, FAOR, BBAKM, DIM, BPA, BBPMA, BYYT, BYYF, BSG, KKF, TIS, YF, SBEF ve ÖZKO' dur. ÖKİÜM; daha önce formül (5.111)' de hesaplandığından, buraya doğrudan atanmaktadır. Tüm bunlara ait açıklama, kısaltma listesinde ve formüllerin ilişkileri bölüm 2 ve bölüm 4'te daha önce yer almıştır.

Modeldeki kabuller, programa giriş verileri olarak kullanıcı tarafından serbestçe belirlenmektedir. (Bölüm 6.6). Modelde hesaplama ve sınaama şu şekilde yapılmaktadır.

1) P_E elektrik üretimi hedefini sağlayacak şekilde, buhar türbini adeti hesaplanmakta ve buhar türbini B.E.I.S.' nin elektrik üretim gücünü (N_E) belirlemektedir. Burada hesaplanan

buhar türbini, kondansasyonlu tip Rankine çevrimine göre çalıştığından, herhangi bir atık ısının geri kazanılması, söz konusu olmamaktadır.

2) Proses ısının, ayrı bir konvansiyonel ısı kazanında üretimi yapılacağı varsayımıyla ilgili maliyetler buna bağlı olarak hesaplanmıştır.

$$BT_{MG} = BTBF \times BBTG \quad (5.251)$$

$$BT_{ALTEG} = BT_{MG} \times V_{ALT} \quad (5.252)$$

$$BT_{EG} = BT_{ALTEG} \times V_{YARD} \quad (5.253)$$

BT_{EG} 'nin yeterliliği, modelde ilişikteki formülle sınanmaktadır.

$$P_E / BT_{EG} > 1 \quad (5.254)$$

$P_E > BT_{EG}$ ise BT_{EG} yetersizdir. Bu durumda $BTBF$ artırılarak yeterli hale getirilir.

$$N_E = BT_{EG} \quad (5.255)$$

$$BT_{IZG} = BT_{MG} / (V_{SAN} \times V_{BTS}) \quad (5.256)$$

Buhar türbinine ait buhar kazanındaki yakıt tüketimi formülleri:

$$BYT = BBT / V_{KAZ} \quad (5.257)$$

$$NY_{BT} = (BYT \times BT_{MG}) / 3600 \quad (5.258)$$

$$NQ_{BT} = NY_{BT} \times V_{KAZ} \quad (5.259)$$

Proses buharı üretimi formülleri:

$$Q_{KAZPB} = P_Q \quad (5.260)$$

$$N_{YPB} = Q_{KAZPB} / V_{KAZ} \quad (5.261)$$

$$N_Q = Q_{KAZPB} \quad (5.262)$$

Sistemdeki toplam yakıt tüketimi formülleri:

$$N_Y = N_{YBT} + N_{YPB} \quad (5.263)$$

Yıllık enerji üretimi ve tüketimi formülleri:

$$YE\ddot{U} = N_E \times TIS \quad (5.264)$$

$$YI\ddot{U} = N_Q \times TIS \quad (5.265)$$

$$YYT = N_Y \times TIS \quad (5.266)$$

5.5.4.1. Rankine buhar türbini B.E.I.S.' ne ait ÖEÜM, NPV ve IRR modellemesi

$$\text{ÖEÜM} = \text{ÖKM} + \text{ÖYM} + \text{ÖİM} \quad (5.267)$$

Buradaki modellemeye ait diğer detaylar daha önce gaz motorunda yer alan (5.171), (5.172) (5.197) nolu formüllerle anlatılan modellemenin aynısıdır. Bu sebeble burada tekrar anlatılmayacaktır. Detaylar tezin ekindeki algoritmada mevcuttur. Buna ait teorik hesaplar ise; daha önce bölüm 3.5 ve bölüm 4' te ele alınmıştır.

ÖEÜM' deki ÖKM' nin YAFO formülü sebebiyle, yeniden hesaplanması burada da gerekmektedir. YAFO_{YENİ} ve ÖEÜM_{YENİ} daha önce formül (5.188) ve (5.190)' deki biçimiyle hesaplanmaktadır.

NPV modellemesi:

$$YAIÜM = KAIGKÖİM \times NQBT \times TIS \quad (5.268)$$

$$YKPBIÜM = QKAZPB \times TIS \times \text{ÖKIÜM} \quad (5.269)$$

$$YKIÜM = \text{ÖKIÜM} \times YIÜ \quad (5.270)$$

$$YSEM = SBEF \times YEÜ \quad (5.271)$$

ÖS

$$NPV = \left\{ \sum_{t=1}^{\text{ÖS}} \left\{ [YSEM(t) + YKIÜM(t) + YSEBSAT(t)] - [YEÜMYENİ(t) + YAIÜM(t) + YKPBIUM(t)] \right\} \times [1 + FAOR]^t \right\} - \text{ÖZK} \quad (5.272)$$

IRR modellemesi:

ÖS

$$NPV = \left\{ \sum_{t=1}^{\text{ÖS}} \left\{ [YSEM(t) + YKIÜM(t) + YSEBSAT(t)] - [YEÜMYENİ(t) + YAIÜM(t) + YKPBIUM(t)] \right\} \times [1 + r]^t \right\} - \text{ÖZK} \quad (5.273)$$

5.5.5. Kombine gaz türbini ve rankine buhar türbini B.E.I.S.' den enerji temini modeli

Modele ait kimi önemli tanımlamalar şunlardır:

Birim gaz türbini gücü	: BGTG (kWm/Adet)
Gaz türbininin birim yakıt tüketimi	: GTBYT (kJ/kW _m h)
Birim buhar türbini gücü	: BBTG (kWm/Adet)
Buhar türbininin birim buhar tüketimi	: BTBBT (kJ/kW _m h)
Buhar türbininin izentropik verimi	: V _{BTS} (%)
Buhar türbininin şanzıman verimi	: V _{SAN} (%)
Alternatör verimi	: V _{ALT} (%)
Yardımcı yükler verimi	: V _{YRD} (%)
Buhar kazanının verimi	: V _{KAZ} (%)
B.E.I.S.' den sağlanan elektrik gücü	: N _E (kW)
Buhar kazanından sağlanan proses buharı ısı gücü	: N _Q (kW)
B.E.I.S.' de ve proses buharı üretim kazanında	
harcanan yakıt gücü	: N _Y (kW)
Yakıt fiyatı	: YF (\$/kWh)
Tesisin yıllık işletme süresi	: TIS (h/Yıl)

Modellemede yer alan diğer maliyet unsurlarına ait kabuller; λ , T_{EGKIZG} , C_{Pm} , P_{KIZC} , P_{KON} , ρ_{KON} , h_1 , h_3 , h_4 , h_5 , T_1 , T_3 , T_4 , T_5 , T_{SUBUH} , BKM , $FAOR$, $BBKM$, DIM , BPA , $BBPMA$, $BYYT$, $BYYF$, BSG , KKF , TIS , YF , $SBEF$ ve $\ddot{O}ZKO$ ' dur. $\ddot{O}KI\ddot{U}M$; daha önce formül (5.111)' de hesaplandığından, buraya doğrudan atanmaktadır. Tüm bunlara ait açıklama, kısaltma listesinde, formüllerin diğer teorik ilişkileri bölüm 2 ve bölüm 4'te daha önce gösterilmiştir.

Modeldeki kabuller, programa giriş verileri olarak, kullanıcı tarafından serbestçe belirlenmektedir. (Bölüm 6.6). Modelde hesaplama ve sınaama ise şu şekilde yapılmaktadır.

1) P_E elektrik üretimi hedefini sağlayacak şekilde, önce gaz türbini adeti hesaplanmaktadır. Bu hesaplamanın her adımında, (adet değişiminde) gaz türbininin egzoz gazlarından elde edilen kızgın buhar debisi arttığından, tahrik edilen buhar türbini gücü de artmaktadır. Dolayısıyla N_E ' nin yeterliliği, yani gaz türbini adeti, kombine güce göre belirlenmektedir. Burada gücü hesaplanan buhar türbini; kondansasyonlu tip Rankine çevrimine göre çalıştığından, herhangi bir atık ısının geri kazanılması söz konusu olmamaktadır.

2) Proses ısının, ayrı bir konvansiyonel ısı kazanında üretimi yapılacağı varsayımıyla, ilgili maliyetler, buna bağlı hesaplanmaktadır.

Gaz türbini gücünün belirlenmesine ait modelleme:

$$GT_{MG} = GTBF \times BGTG \quad (5.274)$$

$$GT_{ALTEG} = GTMG \times V_{ALT} \quad (5.275)$$

$$GT_{ALTEG} = N_A \quad (5.276)$$

$$GT_{EG} = GT_{ALTEG} \times V_{YARD} \quad (5.277)$$

Yakıt tüketimi formülleri:

$$M_Y = [(BYT \times GT_{MG}) / (3600 \times H_u)] \times \rho_Y \quad (5.278)$$

$$N_Y = (BYT \times GT_{MG}) / 3600 \quad (5.279)$$

Yakma havası tüketimi ve egzoz gazı debisi formülleri:

$$M_{YAKHAVA} = (M_Y \times \lambda \times L_{min} \times 137,28) / M_{YMOL} \quad (5.280)$$

$$M_{EGZoz} = M_Y + M_{YAKHAVA} \quad (5.281)$$

Atık ısı kazanı kapasitesinin hesabına ait modelleme:

$$Q_{AIKSU} = Q_{SUKIZ} + Q_{SUBUH} + Q_{SUEKO} \quad (5.282)$$

Bu modellemeye ait detaylar ilişikte anlatılmıştır.

Egzoz gazlarının kızdırıcı ve buharlaştırıcıda verdikleri ısı ve buna bağlı buhar üretimi:

Kızdırıcı ve buharlaştırıcıya ait formüllerin birleşik modellemesi:

$$T_{EGBUHC} = T_{SUBHSIC} + 20 \quad (5.283)$$

$$Q_{EGKIZBUH} = (M_{EGZoz} / 3600) \times C_{PmTEGKIZBUH} \times \{T_{EGKIZG} - T_{EGBUHC}\} \quad (5.284)$$

$$q_{özsukiz} = (h_5 - h_4) \quad (5.285)$$

$$q_{özsubuh} = (h_4 - h_3) \quad (5.286)$$

$$q_{özsukiz} + q_{özsubuh} = (h_5 - h_4) + (h_4 - h_3) \quad (5.287)$$

$$M_{su} = (Q_{EGKIZBUH} \times V_{AIK}) / (q_{özsukiz} + q_{özsubuh}) \quad (5.288)$$

Kızdırıcı formülleri:

$$Q_{SUKIZ} = M_{su} \times (h_5 - h_4) \quad (5.289)$$

$$Q_{EGKIZ} = Q_{SUKIZ} / V_{AIK} \quad (5.290)$$

$$T_{EGKIZC} = T_{EGKIZG} - \{ Q_{EGKIZ} / ((M_{EGZOZ}/3600) \times C_{pmTEGKIZ}) \} \quad (5. 291)$$

Buharlaştırıcı formülleri:

$$Q_{SUBUH} = M_{su} \times (h_4 - h_3) \quad (5. 292)$$

$$Q_{EGBUH} = Q_{SUBUH}/V_{AIK} \quad (5. 293)$$

Ekonomizer formülleri:

$$W_P = - v \times (P_{KIZC} - P_{KON}) \quad (5. 294)$$

$$h_2 = h_1 - W_P \quad (5. 295)$$

$$T_2 = T_1 + \{(h_2 - h_1) / C_{pmsupom} \} \quad (5. 296)$$

$$Q_{SUEKO} = M_{su} \times (h_3 - h_2) \quad (5. 297)$$

$$T_{SUEKOC} = \{ Q_{SUEKO} / (M_{su} \times C_{pmsueko}) \} + T_{SUEKOG} \quad (5. 298)$$

$$Q_{EGEKO} = Q_{SUEKO}/V_{AIK} \quad (5. 299)$$

$$T_{EGEKOC} = T_{EGEKOG} - \{ Q_{EGEKO} / (M_{EGZOZ}/3600 \times C_{pmTEGEKO}) \} \quad (5. 300)$$

$$q_{özniaksu} = Q_{AIKSU} / M_{su} \quad (5. 301)$$

Buhar türbini gücünün belirlenmesine ait formüller:

$$BT_{MG} = (q_{özniaksu} \times M_{su}) / (BTBBT/3600) \quad (5. 302)$$

$$BT_{ALTEG} = BT_{MG} \times V_{ALBTB} \quad (5. 303)$$

$$BT_{EG} = BT_{ALTEG} \times V_{YARDBT} \quad (5. 304)$$

Kombine B.E.I.S.' nin net elektrik üretim gücü:

$$KGTBT_{MG} = GT_{MG} + BT_{MG} \quad (5. 305)$$

$$KGTBT_{EG} = GT_{EG} + BT_{EG} \quad (5. 306)$$

Kombine B.E.I.S.' nin net elektrik üretim gücünün KGTBT_{EG}' nin yeterliliği, modelde ilişikteki formülle sınırlanmaktadır.

$$P_E/KGTBT_{EG} > 1 \quad (5. 307)$$

$P_E > KGTBT_{EG}$ ise, $KGTBT_{EG}$ yetersizdir. Bu durumda BGTF birer artırılarak $KGTBT_{EG}$ yeterli hale getirilir.

$KGTBT_{EG}$ 'nin yeterli olması durumunda B.E.I.S.'nin elektrik üretim gücü,

$$N_E = KGTBT_{EG} \quad (5.308)$$

olarak belirlenmiş olmaktadır.

Proses buharı üretimi:

$$Q_{KAZPB} = P_Q \quad (5.309)$$

$$N_{YPB} = Q_{KAZPB}/V_{KAZ} \quad (5.310)$$

$$N_Q = Q_{KAZPB} \quad (5.311)$$

Sistemdeki toplam yakıt tüketimi:

$$N_Y = N_{YGT} + N_{YPB} \quad (5.312)$$

Yıllık enerji üretimi ve tüketimi:

$$YEÜ = N_E \times TIS \quad (5.313)$$

$$YIÜ = N_Q \times TIS \quad (5.314)$$

$$YYT = N_Y \times TIS \quad (5.315)$$

5.5.5.1. Kombine gaz türbini ve rankine buhar türbini B.E.I.S.'ye ait ÖEÜM, NPV ve IRR modellemesi

ÖEÜM formüllemesi:

$$\text{ÖEÜM} = \text{ÖKM} + \text{ÖYM} + \text{ÖİM} \quad (5.316)$$

Buradaki modellemeye ait diğer detaylar daha önce gaz motoruyla ilgili (5.171) (5.198) nolu formüllerde anlatılan modellemenin aynısıdır. Bu sebeble burada tekrar anlatılmasına gerek görülmemiştir. Ancak bu detaylar tezin ekindeki algoritmada mevcuttur. Bunlara ait teorik hesaplar daha önce bölüm 3.5.3 ve bölüm 4' te ele alınmıştı.

NPV ve IRR modellemesi:

ÖEÜM' deki ÖKM' nin YAFO formülü sebebiyle, yeniden hesaplanması burada da gerekmektedir. YAFO_{YENİ} ve ÖEÜM_{YENİ} daha önce formül (5.188) ve (5.190)' deki biçimiyle hesaplanmaktadır.

Buradan NPV ve IRR modellemesi ilişikteki gibi oluşturulmuştur.

$$YAIÜM = KAIGKÖİM \times NQBT \times TIS \quad (5.317)$$

$$YKPBIÜM = QKAZPB \times TIS \times ÖKIÜM \quad (5.318)$$

$$YKIÜM = ÖKIÜM \times YIÜ \quad (5.319)$$

$$YSEM = SBEF \times YEÜ \quad (5.320)$$

NPV modellemesi:

$$\begin{aligned} \text{NPV} = \{ \sum_{t=1}^{\text{ÖS}} \{ [YSEM(t) + YKIÜM(t) + YSEBSAT(t)] - \\ [YEÜMYENİ(t) + YAIÜM(t) + YKPBIUM(t)] \} \times \\ [1 + FAOR]^t \} - \text{ÖZK} \end{aligned} \quad (5.321)$$

IRR modellemesi:

$$\begin{aligned} \text{NPV} = \{ \sum_{t=1}^{\text{ÖS}} \{ [YSEM(t) + YKIÜM(t) + YSEBSAT(t)] - \\ [YEÜMYENİ(t) + YAIÜM(t) + YKPBIUM(t)] \} \times \\ [1 + r]^t \} - \text{ÖZK} \end{aligned} \quad (5.322)$$

5.5.6. Karşı basınçlı buhar türbini B.E.I.S.' den enerji temini modeli

Modele ait kimi önemli tanımlamalar şunlardır:

Kondansasyon basıncı	: P ₁
Karşı basınç (proses buharı basıncı)	: P ₄
Kızdırıcı çıkış basıncı	: P ₂
Buhar türbininin izentropik verimi	: V _{BTS} (%)
Buhar türbininin şanzıman verimi	: V _{SAN} (%)

Alternatör verimi	: V_{ALT} (%)
Yardımcı yükler verimi	: V_{YRD} (%)
Buhar kazanının verimi	: V_{KAZAN} (%)
B.E.I.S.' den sağlanan elektrik gücü	: N_E (kW)
Proses buharı ısı gücü	: N_Q (kW)
B.E.I.S.' de harcanan yakıt gücü	: N_Y (kW)
Yakıt fiyatı	: YF (\$/kWh)
Tesisin yıllık işletme süresi	: TIS (h/Yıl)

Modellemede yer alan diğer maliyet unsurlarına ait kabuller; $h_1, h_{4s}, h_4, h_{4b}, s_{4b}, s_{4s}, T_{3kızbuh}, h_3, s_3, BKM, FAOR, BBAKM, DIM, BPA, BBPMA, BYYT, BYYF, BSG, KKF, TIS, YF, SBEF$ ve $ÖZKO'$ dur. $ÖKIÜM$; daha önce formül (5.111)' de hesaplandığından, buraya doğrudan atanmaktadır. Tüm bunlara ait açıklama, kısaltma listesinde ve formüllerin ilişkileri bölüm 2 ve bölüm 5'te daha önce yer almıştır.

Modelde; kabuller programa giriş verileri olarak kullanıcı tarafından serbestçe belirlenmektedir. (Bölüm 6.6). Modelde hesaplama ve sınaama ise şu şekilde yapılmaktadır.

1) Önceki B.E.I.S. tesis türlerinden farklı olarak karşı basınçlı buhar türbini uygulamasının $E = N_E/N_Q$ elektriksel tanıma sayısı çok küçük olduğundan; modelleme, tesis kapasitesinin belirlenmesindeki birincil kriter olan P_Q ısı gücünü sağlayabilecek buhar debisinin bulunmasına dayanmaktadır. Üretilen ısı gücünün yanında elde edilen elektrik enerjisi üretim gücünün düşük olması sebebiyle, oluşan elektrik enerjisi açığının, elektrik şebekesinden sağlanması gerekmektedir. Ters türdeki bir sistemin tasarlanması durumunda ise, yüksek miktarda bir ısı gücü fazlası oluşmaktadır. Isı satışının genelde teknik ve ticari açıdan zorluğu dolayısıyla; bu tür bir uygulama temelden karsız olacağından, sistemin modellemesinde bu husus dikkate alınmamıştır.

2) P_Q ' yu sağlayan proses buharı debisi $\{m_{PB} \text{ (kg/s)}\}$ belirlenmekte ve buradan sistemin N_E elektrik üretimi gücü hesaplanmaktadır.

Kazan besisi suyu pompası ve buna bağlı kapasite formülleri:

$$w_p = v_1 \times (P_2 - P_1) \quad (5.323)$$

$$h_2 = h_1 + w_p \quad (5.324)$$

$$q_{12} = h_2 - h_1 \quad (5.325)$$

Buhar kazanı özgül kapasitesinin belirlenmesi:

$$q_{23} = h_3 - h_2 \quad (5.326)$$

Buhar türbini buhar çıkış parametrelerinin belirlenmesi:

$$s_{4teo} = s_3 \quad (5.327)$$

$$x_{4teo} = (s_{4teo} - s_{4s}) / (s_{4b} - s_{4s}) \quad (5.328)$$

$$s_4 = s_{4b} \quad (5.329)$$

$$x_4 = (s_4 - s_{4s}) / (s_{4b} - s_{4s}) \quad (5.330)$$

$$q_{41} = h_4 - h_1 \quad (5.331)$$

$$h_{4teo} = (h_3 \times (V_{BTS} - 1) + h_4) / V_{BTS} \quad (5.332)$$

$$w_{ts} = h_3 - h_{4teo} \quad (5.333)$$

$$\eta_{teo} = \{ (h_3 - h_2) - (h_{4teo} - h_1) \} / (h_3 - h_1) \quad (5.334)$$

$$\eta_{reel} = \{ (h_3 - h_2) - (h_4 - h_1) \} / (h_3 - h_1) \quad (5.335)$$

Tekstil fabrikasındaki proses buhar debisi formülü:

$$m_{PB} = P_Q / (h_4 - h_1) \quad (5.336)$$

Karşı basınçlı buhar türbini gücü formülleri:

$$w_{treel} = w_{ts} \times V_{BTS} \quad (5.337)$$

$$W_{treel} = w_{treel} \times m_{PB} \quad (5.338)$$

$$KBBTMG = W_{treel} \times V_{SAN} \quad (5.339)$$

B.E.I.S.' nin elektrik ve ısı üretimi gücü formülleri:

$$KBBTEG = KBBTALTEG \times V_{YARD} \quad (5.340)$$

$$N_E = KBBTEG \quad (5.341)$$

$$N_Q = P_Q \quad (5.342)$$

Yakıt tüketimi formülleri:

$$N_Y = N_Q / V_{KAZAN} \quad (5.343)$$

Yıllık enerji üretimi ve tüketimi formülleri:

$$YEÜ = N_E \times TIS \quad (5.344)$$

$$YIÜ = N_Q \times TIS \quad (5.345)$$

$$YYT = N_Y \times TIS \quad (5.346)$$

5.5.6.1. Karşı basınçlı buhar türbini B.E.I.S.' ne ait ÖEÜM, NPV ve IRR modellemesi

$$\text{ÖEÜM} = \text{ÖKM} + \text{ÖYM} + \text{ÖİM} \quad (5.347)$$

Buradaki modellemeye ait diğer detaylar daha önce gaz motoruyla ilgili bölümde ve (5.171) ... (5.197) nolu formüllerde anlatılan modellemenin aynısı olduğundan, burada tekrar anlatılmasına gerek duyulmamıştır. Detaylar tezin ekindeki algoritmada mevcuttur. Buna ait teorik hesaplar daha önce bölüm 2 ve bölüm 4'te ele alınmıştır.

ÖEÜM' deki ÖKM' nin YAFO formülü sebebiyle, yeniden hesaplanması burada da gerekmektedir. $YAFO_{YENİ}$ ve $\text{ÖEÜM}_{YENİ}$ daha önce formül (5.188) ve (5.190)' deki biçimiyle hesaplanmaktadır.

NPV modellemesi:

$$YAIÜM = KAIGKÖİM \times NQ \times TIS \quad (5.348)$$

$$YKIÜM = ÖKIÜM \times YIÜ \quad (5.349)$$

$$YSEM = SBEF \times YEÜ \quad (5.350)$$

ÖS

$$NPV = \left\{ \sum_{t=1} \{ [YSEM(t) + YKIÜM(t)] - [YEÜMYENİ(t) + YAIÜM(t)] \} [1 + FAOR]^{-t} \right\} - \text{ÖZK} \quad (5.351)$$

IRR modellemesi:

ÖS

$$NPV = \left\{ \sum_{t=1}^{\infty} \{ [YSEM(t) + YKIÜM(t)] - \right.$$

$$\left. [YEÜMYENİ(t) + YAIÜM(t)] \times [1 + r]^{-t} \right\} - ÖZK \quad (5.352)$$

5.5.7. Ara buhar almalı buhar türbini B.E.I.S.' den enerji temini modeli

Modele ait kimi önemli tanımlamalar şunlardır:

Kondansasyon basıncı	: P_1
P_1 ve T_1 ' deki özgül hacim	: v_1
Karşı basınç (proses buharı basıncı)	: P_4
P_4 ve $T_{1\text{doy}}$ ' da ki özgül hacim	: v_4
Kızdırıcı çıkış basıncı	: P_2
Yüksek basınçlı buhar türbini kademesinin izentropik verimi	: V_{BTS1} (%)
Düşük basınçlı buhar türbini kademesinin izentropik verimi	: V_{BTS2} (%)
Buhar türbininin şanzıman verimi	: V_{SAN} (%)
Alternatör verimi	: V_{ALT} (%)
Yardımcı yükler verimi	: V_{YRD} (%)
Buhar kazanının verimi	: V_{KAZAN} (%)
B.E.I.S.' den sağlanan elektrik gücü	: N_E (kW)
Proses buharı ısı gücü	: N_Q (kW)
B.E.I.S.' de harcanan yakıt gücü	: N_Y (kW)
Yakıt fiyatı	: YF (\$/kWh)
Tesisin yıllık işletme süresi	: TIS (h/Yıl)

Modellemede yer alan diğer maliyet unsurlarına ait kabuller; $h_1, h_{4s}, s_{4b}, h_4, h_{4b}, s_{4s}, T_{3\text{kızbuh}}, h_3, s_3, h_{5s}, h_{5b}, s_{5s}, s_{5b}, BKM, FAOR, BBAKM, DIM, BPA, BBPMA, BYYT, BYYF, BSG, KKF, TIS, YF, SBEF$ ve $ÖZKO$ ' dur. $ÖKIÜM$; daha önce formül (5.111)' de hesaplandığından, buraya doğrudan atanmaktadır. Tüm bunlara ait açıklama, kısaltma listesinde ve formüllerin ilişkileri bölüm 2 ve bölüm 4'te daha önce yer almıştır.

Modelde; kabuller, programa giriş verileri olarak kullanıcı tarafından serbestçe belirlenmektedir. (Bölüm 6.6). Modelde hesaplama ve sınaama ise şu şekilde yapılmaktadır.

1) Bu B.E.I.S. tesis türünde önce, hedeflenen P_Q ısı ihtiyacını sağlayan m_{PB} debisi hesaplanmaktadır. m_{PB} debideki buhar, buhar türbinindeki yüksek basınç kademesinden ara buhar olarak ve proses buharı basıncında (P_4) çekilmektedir.

2) Modelin bir sonraki aşamasında P_E elektrik ihtiyacının üretilmesini sağlayacak olan toplam buhar debisi (m_{top}) belirlenmektedir. Bu sayede hem toplam buhar debisi yükseldiğinden, buhar türbininin yüksek basınç kademesinde daha fazla güç üretilmekte, hem de ($m_{top} - m_{PB}$) kadarlık bir buhar debisi düşük basınçlı buhar türbini (kondansasyon) kademesine gönderildiğinden ek bir elektrik üretim gücü daha elde edilmektedir.

Kazan besli suyu pompasının kapasitesine ait formüller:

$$w_p = v_1 \times (P_2 - P_1) \quad (5.353)$$

$$h_2 = h_1 + w_p \quad (5.354)$$

$$q_{12} = h_2 - h_1 \quad (5.355)$$

Yüksek basınçlı buhar türbini çıkış parametrelerinin belirlenmesi:

$$s_{4teo} = s_3 \quad (5.356)$$

$$x_{4teo} = (s_{4teo} - s_{4s}) / (s_{4b} - s_{4s}) \quad (5.357)$$

$$s_4 = s_{4b} \quad (5.358)$$

$$x_4 = (s_4 - s_{4s}) / (s_{4b} - s_{4s}) \quad (5.359)$$

$$q_{41} = h_4 - h_1 \quad (5.360)$$

$$h_{4teo} = (h_3 \times (V_{BTS1} - 1) + h_4) / V_{BTS1} \quad (5.361)$$

$$w_{ybts} = h_3 - h_{4teo} \quad (5.362)$$

Düşük basınçlı buhar türbini çıkış parametrelerinin belirlenmesi:

$$s_{5teo} = s_4 \quad (5.363)$$

$$x_{5teo} = (s_{5teo} - s_{5s}) / (s_{5b} - s_{5s}) \quad (5.364)$$

$$h_{5teo} = h_{5s} + x_{5teo} \times (h_{5b} - h_{5s}) \quad (5.365)$$

$$h_5 = h_4 \times (1 - V_{BTS2}) + V_{BTS2} \times h_{5teo} \quad (5.366)$$

$$x_5 = (h_5 - h_{5s}) / (h_{5b} - h_{5s}) \quad (5.367)$$

$$q_{51} = h_5 - h_1 \quad (5.368)$$

$$w_{dbts} = h_4 - h_{5teo} \quad (5.369)$$

$$\eta_{reel} = \{ (h_3 - h_2) - (h_5 - h_1) \} / (h_3 - h_1) \quad (5.370)$$

Tekstil fabrikasındaki proses buhar debisi formülü:

$$m_{PB} = P_Q / (h_4 - h_1) \quad (5.371)$$

Toplam buhar debisinin elektrik ihtiyacına göre belirleyen formüller; P_E elektrik ihtiyacını sağlayacak olan m_{top} buhar debisinin ekli döngü ile elde edilmesine dayanmaktadır.

Bu döngüde önce $m_{top} = m_{pb}$ kabul edilir ve bu değer her bir adımı (+0,01) olacak şekilde artırılır. $PE/ABBTEG > 1$, şartına eriştiğinde döngü hedefine ulaşmış olmaktadır.

Bu hususa ait diğer adımlar ve formüller ilişikteki gibidir.

Yüksek basınçlı buhar türbini kademesi gücü formülleri:

$$w_{ybt reel} = w_{ybt s} \times V_{BTS1} \quad (5.372)$$

$$W_{ybt reel} = w_{ybt reel} \times m_{top} \quad (5.373)$$

Düşük basınçlı buhar türbini kademesi gücü formülleri:

$$w_{dbt reel} = w_{dbts} \times V_{BTS2} \quad (5.374)$$

$$W_{dbt reel} = w_{dbt reel} \times (m_{top} - m_{PB}) \quad (5.375)$$

Yüksek ve düşük basınçlı kademelerden oluşan toplam reel türbin gücü formülü:

$$W_{ttop reel} = W_{ybt reel} + W_{dbt reel} \quad (5.376)$$

Yüksek ve düşük basınçlı kademelerden oluşan toplam reel mekanik türbin gücü formülü:

$$ABBTMG = W_{ttop reel} \times V_{SAN} \quad (5.377)$$

Ara buharlı almalı türbinin alternatör gücü formülü:

$$ABBTALTEG = ABBTMG \times V_{ALT} \quad (5.378)$$

B.E.I.S.'nin net elektrik üretim gücü formülleri:

$$ABBTEG = ABBTALTEG \times V_{YARD} \quad (5.379)$$

$$N_E = ABBTEG \quad (5.380)$$

B.E.I.S.' nin proses için ısı üretim gücü formülü:

$$N_Q = P_Q \quad (5.381)$$

B.E.I.S.' nin toplam buhar üretim gücü formülü:

$$N_{QABBTTOP} = m_{PB} \times (h_4 - h_1) + (m_{top} - m_{pb}) \times (h_5 - h_1) \quad (5.382)$$

Yakıt tüketimi formülü:

$$N_Y = (m_{top} \times (h_3 - h_2)) / V_{KAZAN} \quad (5.383)$$

Yıllık enerji üretimi ve tüketimi formülleri:

$$YEÜ = N_E \times TIS \quad (5.384)$$

$$YIÜ = N_Q \times TIS \quad (5.385)$$

$$YYT = N_Y \times TIS \quad (5.386)$$

5.5.7.1. Ara buhar almalı buhar türbini B.E.I.S.' ne ait ÖEÜM, NPV ve IRR modellemesi

$$\text{ÖEÜM} = \text{ÖKM} + \text{ÖYM} + \text{ÖİM} \quad (5.387)$$

Buradaki modellemeye ait diğer detaylar daha önce gaz motorunda formül (5.171) ... (5.197)' de anlatılan modellemenin aynısıdır. Bu sebeble burada tekrar anlatılmayacaktır. Detaylar tezin ekindeki algoritmada mevcuttur. Buna ait teorik hesaplar daha önce bölüm 4.5.3. ve bölüm 5'te ele alınmıştı.

ÖEÜM' deki ÖKM' nin YAFO formülü sebebiyle, yeniden hesaplanması burada da gerekmektedir. $YAFO_{YENI}$ ve ÖEÜM_{YENI} daha önce formül (5.154) ve (5.156)' deki biçimiyle hesaplanmaktadır.

NPV modellemesi:

$$YAIÜM = KAIGKÖİM \times NQ \times TIS \quad (5.388)$$

$$YKIÜM = \text{ÖKIÜM} \times YIÜ \quad (5.389)$$

$$YSEM = SBEF \times YEÜ \quad (5.390)$$

ÖS

$$NPV = \left\{ \sum_{t=1}^{\infty} \left\{ [YSEM(t) + YKIÜM(t)] - \frac{[YEÜMYENİ(t) + YAIÜM(t)]}{[1 + FAOR]^t} \right\} - ÖZK \right\} \quad (5.391)$$

IRR modellemesi:

ÖS

$$NPV = \left\{ \sum_{t=1}^{\infty} \left\{ [YSEM(t) + YKIÜM(t)] - \frac{[YEÜMYENİ(t) + YAIÜM(t)]}{[1 + r]^t} \right\} - ÖZK \right\} \quad (5.392)$$

5.5.8. Kombine gaz türbini ve karşı basınçlı buhar türbini B.E.I.S.' den enerji temini modeli

Modele ait kimi önemli tanımlamalar şunlardır:

Birim gaz türbini gücü	: BGTG (kWm/Adet)
Birim yakıt tüketimi	: BYT (kj/kW _m h)
Kondansasyon basıncı	: P ₁
Karşı basınç (proses buharı basıncı)	: P ₄
Kızdırıcı çıkış basıncı	: P ₂
Atık ısı kazanı verimi	: V _{AIK} (%)
Alternatör verimi	: V _{ALT} (%)
Yardımcı yükler verimi	: V _{YRD} (%)
B.E.I.S.' den sağlanan elektrik gücü	: N _E (kW)
B.E.I.S.' den sağlanan ısı gücü	: N _Q (kW)
B.E.I.S.' de harcanan yakıt gücü	: N _Y (kW)
Yakıt fiyatı	: YF (\$/kWh)
Tesisin yıllık işletme süresi	: TIS (h/Yıl)

Modellemede yer alan diğer maliyet unsurlarına ait kabuller; h₁, h_{4s}, h₄, h_{4b}, s_{4b}, s_{4s}, T_{3kızbuh}, h₃, s₃, BKM, FAOR, BBAKM, DIM, BPA, BBPMA, BYYT, BYYF, BSG, KKF, TIS, T_{EG1}, T_{EG2}, C_{PTEG1}, C_{PTEG2}, V_{AIK}, V_{ALT}, V_{YARD}, ρ_Y, YF, SBEF ve ÖZKO' dur. ÖKIÜM; daha önce formül (5.111)' de hesaplandığından, buraya doğrudan atanmaktadır. Tüm bunlara ait açıklama, kısaltma listesinde ve formüllerin ilişkileri bölüm 2 ve bölüm 4' te daha önce yer almıştır.

Modelde; kabuller programa giriş verileri olarak kullanıcı tarafından serbestçe belirlenmektedir. (Bölüm 6.6). Modelde hesaplama ve sınaama ise şu şekilde yapılmaktadır.

1) Buradaki modellemede PQ ısı ihtiyacını karşılayacak şekilde gaz türbini adeti (BGTF üzerinden) belirlenmektedir. PQ; gaz türbini çıkışındaki atık ısı kazanı üzerinden, karşı basınçlı buhar türbininin çıkışından sağlanan buhar ile karşılanmaktadır.

2) Bu süreçte hem gaz türbininden (GTEG), hem de buhar türbininden (BTEG) elektrik üretilmektedir. Bu iki elektrik enerjisi kaynağının toplamı (KGTKBBTEG) bize B.E.I.S.' de üretilen toplam elektrik enerjisini vermektedir. Bu enerji > PE ise şebekeye elektrik enerjisi satışı (NESEBSAT) yapılırken, < PE olması durumunda şebekeden ek enerji temini zorunlu olmaktadır.

Gaz türbini gücü formülleri:

$$GT_{MG} = GTBF \times BGTG \quad (5.393)$$

$$GT_{ALTEG} = GTMG \times V_{ALT} \quad (5.394)$$

$$GT_{ALTEG} = N_A$$

$$GT_{EG} = GT_{ALTEG} \times V_{YARD} \quad (5.395)$$

$$GT_{EG} = N_E \quad (5.396)$$

Yakıt tüketimi formülleri:

$$YT = BYT \times GTMG \quad (5.397)$$

$$M_Y = [(BYT \times GTMG) / (3600 \times H_u)] \times \rho_Y \quad (5.398)$$

$$N_Y = (BYT \times GTMG) / 3600 \quad (5.399)$$

Yakma havası tüketimi ve egzoz gazı debisi formülleri:

$$M_{YAKHAVA} = (M_Y \times \lambda \times L_{min} \times 137,28) / M_{YMOL} \quad (5.400)$$

$$M_{EGZoz} = M_Y + M_{YAKHAVA} \quad (5.401)$$

Egzoz gazlarının kızdırıcı ve buharlaştırıcıda verdikleri ısı ve buna bağlı buhar üretimi:

$$T_{EGBUHC} = T_{2B} + 20 \quad (5.402)$$

$$Q_{EGKIZBUH} = (M_{EG}/3600) \times CP_m \times \{T_{EGKIZG} - T_{EGBUHC}\} \quad (5.403)$$

$$q_{özsukız} = (h_3 - h_{2B}) \quad (5.404)$$

$$q_{\text{özsubuh}} = (h_{2B} - h_{2A}) \quad (5.405)$$

$$q_{\text{özsukız}} + q_{\text{özsubuh}} = (h_3 - h_{2B}) + (h_{2B} - h_{2A}) \quad (5.406)$$

$$m_{\text{su}} = (Q_{\text{EGKIZBUH}} \times V_{\text{AIK}}) / (q_{\text{özsukız}} + q_{\text{özsubuh}}) \quad (5.407)$$

Kızdırıcı formülleri:

$$Q_{\text{SUKIZ}} = m_{\text{su}} \times (h_3 - h_{2B}) \quad (5.408)$$

$$Q_{\text{EGKIZ}} = Q_{\text{SUKIZ}} / V_{\text{AIK}} \quad (5.409)$$

$$T_{\text{EGKIZC}} = T_{\text{EGKIZG}} - \{ Q_{\text{EGKIZ}} / ((m_{\text{EG}}/3600) \times C_{\text{Pm}}) \} \quad (5.410)$$

Buharlaştırıcı formülleri:

$$Q_{\text{SUBUH}} = m_{\text{su}} \times (h_{2B} - h_{2A}) \quad (5.411)$$

$$Q_{\text{EGBUH}} = Q_{\text{SUBUH}} / V_{\text{AIK}} \quad (5.412)$$

Ekonomizer formülleri:

$$w_p = v_1 \times (P_2 - P_1) \quad (5.413)$$

$$h_2 = h_{1s} + w_p \quad (5.414)$$

$$q_{12} = h_2 - h_1 \quad (5.415)$$

$$T_2 = T_1 + \{(h_2 - h_1) / C_{\text{Pm}}\} \quad (5.416)$$

$$Q_{\text{SUEKO}} = m_{\text{su}} \times (h_{2A} - h_2) \quad (5.417)$$

$$T_{\text{SUEKOC}} = \{ Q_{\text{SUEKO}} / (m_{\text{su}} \times C_{\text{Pm}}) \} + T_{\text{SUEKOG}} \quad (5.418)$$

$$Q_{\text{EGEKO}} = Q_{\text{SUEKO}} / V_{\text{AIK}} \quad (5.419)$$

$$T_{\text{EGEKOC}} = T_{\text{EGEKOG}} - \{ Q_{\text{EGEKO}} / (m_{\text{EG}}/3600 \times C_{\text{Pm}}) \} \quad (5.420)$$

Atık ısı kazanında buhara aktarılan toplam ısı:

$$Q_{\text{AIK}} = Q_{\text{EGKIZ}} + Q_{\text{EGBUH}} + Q_{\text{EGEKO}} \quad (5.421)$$

$$Q_{\text{AIKSU}} = Q_{\text{SUKIZ}} + Q_{\text{SUBUH}} + Q_{\text{SUEKO}} \quad (5.422)$$

$$q_{\text{özaıksu}} = Q_{\text{AIKSU}} / m_{\text{su}} \quad (5.423)$$

Q_{AIKSU} ' nun yeterliliği modelde ilişikteki şartla sınanmaktadır:

$$P_Q / Q_{AIKSU} > 1 \quad (5.424)$$

Buhar türbini buhar çıkış parametrelerinin belirlenmesi:

$$s_{4teo} = s_3 \quad (5.425)$$

$$x_{4teo} = (s_{4teo} - s_{4s}) / (s_{4b} - s_{4s}) \quad (5.426)$$

$$s_4 = s_{4b} \quad (5.427)$$

$$x_4 = (s_4 - s_{4s}) / (s_{4b} - s_{4s}) \quad (5.428)$$

$$q_{41} = h_4 - h_1 \quad (5.429)$$

$$h_{4teo} = (h_3 \times (V_{BTS} - 1) + h_4) / V_{BTS} \quad (5.430)$$

$$w_{ts} = h_3 - h_{4teo} \quad (5.431)$$

$$\eta_{teo} = \{ (h_3 - h_2) - (h_{4teo} - h_1) \} / (h_3 - h_1) \quad (5.432)$$

$$\eta_{reel} = \{ (h_3 - h_2) - (h_4 - h_1) \} / (h_3 - h_1) \quad (5.433)$$

Tekstil fabrikasındaki proses buhar debisi formülü:

$$m_{PB} = m_{su} \quad (5.434)$$

Karşı basınçlı buhar türbini gücü formülleri:

$$w_{treel} = w_{ts} \times V_{BTS} \quad (5.435)$$

$$W_{treel} = w_{treel} \times m_{PB} \quad (5.436)$$

$$KBBTMG = W_{treel} \times V_{SAN} \quad (5.437)$$

$$KBBTALTEG = KBBTMG \times V_{ALTB} \quad (5.438)$$

B.E.I.S.' nin elektrik ve ısı üretim gücü formülleri:

$$KGTKBBTMG = KBBTMG + GTMG \quad (5.439)$$

$$KGTKBBTEG = (KBBTALTEG + GTALTEG) \times V_{YARD} \quad (5.440)$$

$$N_E = KGTKBBTEG \quad (5.441)$$

$$N_Q = Q_{AIKSU} \quad (5.442)$$

Yakıt tüketimi formülleri:

$$N_Y = GTYG \quad (5.443)$$

Yıllık enerji üretimi ve tüketimi:

$$YEÜ = N_E \times TIS \quad (5.444)$$

$$YIÜ = N_Q \times TIS \quad (5.445)$$

$$YYT = N_Y \times TIS \quad (5.446)$$

Artan elektrik enerjisinin elektrik şebekesine satışına ait formül ilişiktir.

$$N_{ESEBSAT} = N_E - P_E \quad (5.447)$$

Buna ait sınama ise şu bağıntılarla yapılır: $N_{ESEBSAT} < 0$ ise, o halde $N_{ESEBSAT} = 0$, değil ise $N_{ESEBSAT} = N_{ESEBSAT}$ kabul edilir.

Kombine gaz türbini ve karşı basınçlı buhar türbini B.E.I.S. için oluşturulan modelin bundan sonraki kısmında yer alan ÖEÜM, NPV ve IRR hesapları, daha önce gaz motoru için yazılan ve (5.171), (5.172) (5.197) formülleriyle gösterilen modelin aynısıdır. Tek farklılık YAIÜM formülünde; PQ yerine QAIKSU yazılmasıdır.

$$YAIÜM = KAIGKÖIM \times Q_{AIKSU} \times TIS \quad (5.448)$$

Sistemin kapasitesi temelde P_Q ' ya bağlı olarak belirlendiğinden burada herhangi bir ek yanmaya gerek yoktur. Bu sebeplerle tüm formüllerin burada tekrarlanması gereksizdir. Burada es geçilen tüm detaylar tezin ekinde yer alan algoritmanın kombine gaz türbini ve karşı basınçlı buhar türbini kısmında gösterilmiştir.

5.5.9. Kombine gaz türbini ve ara buhar almalı buhar türbini B.E.I.S.' den enerji temini modeli

Modele ait kimi önemli tanımlamalar şunlardır:

Birim gaz türbini gücü : BGTG (kWm/Adet)

Birim yakıt tüketimi : BYT (kj/kW_mh)

Kondansasyon basıncı	: P_1
Kızdırıcı çıkış basıncı	: P_2
P_1 ve T_1 'deki özgül hacim	: v_1
Ara buhar basıncı (proses buharı basıncı)	: P_4
P_4 ve $T_{1\text{doy}}$ 'daki özgül hacim	: v_4
Atık ısı kazanı verimi	: $V_{\text{AIK}} (\%)$
Alternatör verimi	: $V_{\text{ALT}} (\%)$
Yardımcı yükler verimi	: $V_{\text{YRD}} (\%)$
B.E.I.S.'den sağlanan elektrik gücü	: $N_E (\text{kW})$
B.E.I.S.'den sağlanan ısı gücü	: $N_Q (\text{kW})$
B.E.I.S.'de harcanan yakıt gücü	: $N_Y (\text{kW})$
Yakıt fiyatı	: $Y_F (\$/\text{kWh})$
Tesisin yıllık işletme süresi	: $TIS (\text{h/Yıl})$

Modellemede yer alan diğer maliyet unsurlarına ait kabuller; $h_1, h_{4s}, h_4, h_{4b}, s_{4b}, s_{4s}, T_{3\text{kızbuh}}, h_3, s_3, h_{5s}, h_{5b}, s_{5s}, s_{5b}, \text{BKM, FAOR, BBAKM, DIM, BPA, BBPMA, BYYT, BYYF, BSG, KKF, TIS, } T_{\text{EG1}}, T_{\text{EG2}}, C_{\text{PTEG1}}, C_{\text{PTEG2}}, \rho_Y, Y_F, \text{SBEF ve ÖZKO'}$ dur. ÖKİÜM; daha önce formül (5.111)'de hesaplandığından, buraya doğrudan atanmaktadır. Tüm bunlara ait açıklama, kısaltma listesinde ve formüllerin ilişkileri bölüm 2 ve bölüm 4' te daha önce yer almıştır.

Modelde; kabuller programa giriş verileri olarak kullanıcı tarafından serbestçe belirlenmektedir. (Bölüm 6.6). Modelde hesaplama ve sınamaya ise şu şekilde yapılmaktadır.

- 1) Buradaki modellemede PQ ısı ihtiyacını karşılayacak şekilde gaz türbini adeti (BGTF üzerinden) belirlenmektedir. PQ; gaz türbini çıkışındaki atık ısı kazanı üzerinden ve ara buhar almalı buhar türbininin ara buhar kademesinden sağlanan buharla karşılanmaktadır.
- 2) Proses ısısını (P_Q) karşılayan yeteri kadar proses buharı debisi (m_{PB}) belirlendikten sonra; prosesin elektrik ihtiyacı (P_E), gerekli olması durumunda, tamamlamak üzere ek yanma devreye sokulmaktadır. Bu durumda m_{PB} debisi m_{TOP} debisine yükseltilmekte ve buhar türbininin hem yüksek hem de düşük basınçlı kademelerde ihtiyaç duyulan elektrik enerjisi farkının üretilmesi sağlanmaktadır.
- 3) Bu süreçte hem gaz türbininden (GTEG), hem buhar türbininin yüksek basınç kademesinden, hem de buhar türbininin düşük basınç kademesinden gerekli olan güç

sağlanmaktadır. Böylece, B.E.I.S.' de üretilen toplam elektrik enerjisi (KGTTABBTEG) elde edilmektedir.

Gaz türbini gücü formülleri:

$$GT_{MG} = GTBF \times BGTG \quad (5.449)$$

$$GT_{ALTEG} = GTMG \times V_{ALT} \quad (5.450)$$

$$GT_{ALTEG} = N_A$$

$$GT_{EG} = GT_{ALTEG} \times V_{YARD} \quad (5.451)$$

$$GT_{EG} = N_E \quad (5.452)$$

Yakıt tüketimi formülleri:

$$YT = BYT \times GTMG \quad (5.453)$$

$$M_Y = [(BYT \times GTMG) / (3600 \times H_u)] \times \rho_Y \quad (5.454)$$

$$N_Y = (BYT \times GTMG) / 3600 \quad (5.455)$$

Yakma havası tüketimi ve egzoz gazı debisi formülleri:

$$M_{YAKHAVA} = (M_Y \times \lambda \times L_{min} \times 137,28) / M_{YMOL} \quad (5.456)$$

$$M_{EGZOZ} = M_Y + M_{YAKHAVA} \quad (5.457)$$

Egzoz gazlarının kızdırıcı ve buharlaştırıcıda verdikleri ısı ve buna bağlı buhar üretimi:

$$T_{EGBUHC} = T_{2B} + 20 \quad (5.458)$$

$$Q_{EGKIZBUH} = (M_{EG}/3600) \times C_{Pm} \times \{T_{EGKIZG} - T_{EGBUHC}\} \quad (5.459)$$

$$q_{özsukız} = (h_3 - h_{2B}) \quad (5.460)$$

$$q_{özsubuh} = (h_{2B} - h_{2A}) \quad (5.461)$$

$$q_{özsukız} + q_{özsubuh} = (h_3 - h_{2B}) + (h_{2B} - h_{2A}) \quad (5.462)$$

$$m_{su} = (Q_{EGKIZBUH} \times V_{AIK}) / (q_{özsukız} + q_{özsubuh}) \quad (5.463)$$

Kızdırıcı formülleri:

$$Q_{SUKIZ} = m_{su} \times (h_3 - h_{2B}) \quad (5.464)$$

$$Q_{EGKIZ} = Q_{SUKIZ} / V_{AIK} \quad (5.465)$$

$$T_{EGKIZC} = T_{EGKIZG} - \{ Q_{EGKIZ} / ((m_{EG}/3600) \times C_{Pm}) \} \quad (5.466)$$

Buharlaştırıcı formülleri:

$$Q_{SUBUH} = m_{su} \times (h_{2B} - h_{2A}) \quad (5.467)$$

$$Q_{EGBUH} = Q_{SUBUH} / V_{AIK} \quad (5.468)$$

Ekonomizer formülleri:

$$w_p = v_1 \times (P_2 - P_1) \quad (5.469)$$

$$h_2 = h_{1s} + w_p \quad (5.470)$$

$$q_{12} = h_2 - h_1 \quad (5.471)$$

$$T_2 = T_1 + \{ (h_2 - h_1) / C_{Pm} \} \quad (5.472)$$

$$Q_{SUEKO} = m_{su} \times (h_{2A} - h_2) \quad (5.473)$$

$$T_{SUEKOC} = \{ Q_{SUEKO} / (m_{su} \times C_{Pm}) \} + T_{SUEKOG} \quad (5.474)$$

$$Q_{EGEKO} = Q_{SUEKO} / V_{AIK} \quad (5.475)$$

$$T_{EGEKOC} = T_{EGEKOG} - \{ Q_{EGEKO} / (m_{EG}/3600 \times C_{Pm}) \} \quad (5.476)$$

Atık ısı kazanında buhara aktarılan toplam ısı:

$$Q_{AIK} = Q_{EGKIZ} + Q_{EGBUH} + Q_{EGEKO} \quad (5.477)$$

$$Q_{AIKSU} = Q_{SUKIZ} + Q_{SUBUH} + Q_{SUEKO} \quad (5.478)$$

$$q_{özaiksu} = Q_{AIKSU} / m_{su} \quad (5.479)$$

Q_{AIKSU} 'nun yeterliliği modelle şu formülle sınanmaktadır:

$$P_Q / Q_{AIKSU} > 1 \quad (5.480)$$

Yüksek basınçlı buhar türbini buhar çıkış parametrelerinin belirlenmesi:

$$s_{4teo} = s_3 \quad (5.481)$$

$$x_{4teo} = (s_{4teo} - s_{4s}) / (s_{4b} - s_{4s}) \quad (5.482)$$

$$q_{41} = h_4 - h_1 \quad (5.483)$$

$$h_{4teo} = (h_3 \times (V_{BTS1} - 1) + h_4) / V_{BTS1} \quad (5.484)$$

$$w_{ybts} = h_3 - h_{4teo} \quad (5.485)$$

Düşük basınçlı buhar türbini buhar çıkış parametrelerinin belirlenmesi:

$$s_4 = s_{4b} \quad (5.486)$$

$$s_{5teo} = s_4 \quad (5.487)$$

$$x_{5teo} = (s_{5teo} - s_{5s}) / (s_{5b} - s_{5s}) \quad (5.488)$$

$$h_{5teo} = h_{5s} + x_{5teo} \times (h_{5b} - h_{5s}) \quad (5.489)$$

$$h_5 = h_4 \times (1 - V_{BTS2}) + V_{BTS2} \times h_{5teo} \quad (5.490)$$

$$x_5 = (h_5 - h_{5s}) / (h_{5b} - h_{5s}) \quad (5.491)$$

$$q_{51} = h_5 - h_1 \quad (5.492)$$

$$w_{dbts} = h_4 - h_{5teo} \quad (5.493)$$

$$\eta_{reel} = \{ (h_3 - h_2) - (h_5 - h_1) \} / (h_3 - h_1) \quad (5.494)$$

Tekstil fabrikasındaki proses buhar debisi formülü:

$$m_{PB} = P_Q / (h_4 - h_1) = m_{su} \quad (5.495)$$

$$m_{PB} = m_{su} \quad (5.496)$$

P_Q ısı ihtiyacına göre belirlenmiş olan m_{PB} (yani m_{su}) değerinin P_E ' elektrik ihtiyacına göre artırılmasına ait modelleme:

Buradaki modellemede m_{top} belirlenirken (5.497) ile (5.504) arasındaki döngü kullanılmaktadır. m_{top} ; ilişikteki şart uyarınca, P_E ' yi sağlayacak şekilde belirlenmektedir.

$$m_{top} = m_{su} \quad (5.497)$$

kabul edilir. Daha sonra ise m_{top} , (+0,01)'lık adımlarla artırılır. Bu artırma (5.504)'deki formülde elde edilen $KG TABBTEG > P_E$ olana dek sürdürülmektedir.

Yüksek basınçlı buhar türbini gücü formülleri:

$$w_{ybtree1} = w_{ybts} \times V_{BTS1} \quad (5.498)$$

$$W_{ybtreel} = W_{ybtreel} \times m_{PB} \quad (5.499)$$

Düşük basınçlı buhar türbini gücü formülleri:

$$W_{dbtreel} = W_{dbts} \times V_{BTS2} \quad (5.500)$$

$$W_{dbtreel} = W_{dbtreel} \times (m_{top} - m_{PB}) \quad (5.501)$$

Yüksek ve düşük basınç türbini kademelerinin toplam reel türbin gücü:

$$W_{bttopreel} = W_{ybtreel} + W_{dbtreel}$$

Ara buhar almalı buhar türbinin toplam reel mekanik şaft gücü formülü:

$$ABBTMG = W_{bttopreel} \times V_{SAN} \quad (5.502)$$

Ara buhar almalı buhar türbinin alternatör gücü formülü:

$$ABBTALTEG = ABBTMG \times V_{ALBT} \quad (5.503)$$

B.E.I.S.'nin net elektrik üretim gücü formülleri:

$$KGTTABBTEG = (ABBTALTEG + GTALTEG) \times V_{YARD} \quad (5.504)$$

Eğer $PE/KGTTABBTEG > 1$ ise, bu durumda formül no (5.497)'e geri dönmekte ve döngüde yer alan adım bir arttırılmaktadır.

B.E.I.S.'nin elektrik üretim gücü formülleri:

$$N_E = KGTKBBTEG \quad (5.505)$$

B.E.I.S.'nin toplam ısı (buhar) üretim gücü formülleri:

$$N_{QKGTTABBT} = m_{pb} \times (h_4 - h_1) + (m_{top} - m_{pb}) \times (h_5 - h_1)$$

$$N_Q = N_{QKGTTABBT} \quad (5.506)$$

Yakıt tüketimi formülü:

$$N_Y = N_{YGT} + (((m_{top} - m_{su}) \times (h_3 - h_2)) / V_{AIK}) \quad (5.507)$$

Şebekeye elektrik satışına ait formül ilişikteki gibidir:

$$N_{ESEBSAT} = N_E - P_E \quad (5.508)$$

Eğer $N_{ESEBSAT} < 0$ ise, bu durumda $N_{ESEBSAT} = 0$ kabul edilir, aksi durumda

$N_{ESESAT} = N_{ESESAT}$ kabul edilir.

Yıllık enerji üretimi ve tüketimi formülleri:

$$YEÜ = N_E \times TIS \quad (5. 509)$$

$$YIÜ = N_Q \times TIS \quad (5. 510)$$

$$YYT = N_Y \times TIS \quad (5. 511)$$

Kombine gaz türbini, ara buhar almalı buhar türbini B.E.I.S. için oluşturulan modelin bundan sonraki kısmında yer alan ÖEÜM, NPV ve IRR hesapları, daha önce gaz motoru için yapılan ve (5.171), (5.172) (5.197) formülleriyle gösterilen modelin aynısıdır. Tek farklılık YAIÜM formülünde; PQ yerine $N_{QGTABBT}$ yazılmasıdır.

$$YAIÜM = KAIGKÖIM \times N_{QGTABBT} \times TIS \quad (5. 512)$$

Diğer detaylı bilgiler tezin ekindeki algoritmada mevcuttur.

5.5.10. Tüm B.E.I.S.' ler için elektriksel tanıma sayısı, elektrik, ısı ve toplam verim modelleri

Daha önce bölüm 2'de tanımlandığı biçime dayanarak B.E.I.S.' lerin verimleri ilişikteki biçimde modellenmiştir.

B.E.I.S.' nin içerisinde yer alan beher ünitenin elektrik enerji üretimi veriminin modellenmesi:

$$\eta_{el.ünite} = N_A / N_Y \quad (5. 513)$$

B.E.I.S.' nin içerisinde yer alan beher ünitenin yararlı ısı üretimi veriminin modellenmesi:

$$\eta_{ter.ünite} = Q_{KOJEN} / N_Y \quad (5. 514)$$

B.E.I.S.' nin içerisinde yer alan beher ünitenin elektrik ve yararlı ısı üretiminden oluşan toplam verimin modeli:

$$\eta_{top.ünite} = \eta_{el.ünite} + \eta_{ter.ünite} \quad (5. 515)$$

B.E.I. Sisteminin elektrik enerjisi üretim veriminin modellenmesi:

$$\eta_{el} = N_E / N_Y \quad (5. 516)$$

B.E.I. Sisteminin yararlı ısı üretimi veriminin modellenmesi:

$$\eta_{ter} = Q_{KOJEN} / N_Y \quad (5. 517)$$

B.E.I. Sisteminin elektrik ve yararlı ısı üretiminden oluşan toplam verimin modeli:

$$\eta_{top} = \eta_{el} + \eta_{ter} \quad (5. 518)$$

Ek yanmalı B.E.I. Sisteminin elektrik enerjisi üretimi veriminin modellemesi:

$$\eta_{el.EKY} = N_E / N_{YEKY} \quad (5. 519)$$

Ek Yanmalı B.E.I. Sisteminin yararlı ısı üretimi veriminin modellemesi:

$$\eta_{ter.EKY} = N_{QEKY} / N_{YEKY} \quad (5. 520)$$

Ek Yanmalı B.E.I. Sisteminin elektrik ve yararlı ısı üretiminin toplam verimi modeli:

$$\eta_{top.EKY} = \eta_{el.EKY} + \eta_{ter.EKY} \quad (5. 521)$$

Daha önce bölüm 4.11.2.3.'te tanımlandığı biçime dayanarak entegre bir tekstil prosesinin B.E.I.S.' lerin elektriksel tanıma sayılarını ilişikteki biçimde modelleyebiliriz.

Entegre tekstil prosesinin elektriksel tanıma sayısı modeli:

$$E_{Proses} = P_E / P_Q \quad (5. 522)$$

B.E.I. Sisteminin elektriksel tanıma sayısı modeli:

$$E = N_E / N_Q \quad (5. 523)$$

Ek yanmalı B.E.I. Sisteminin elektriksel tanıma sayısı modeli:

$$E_{EKY} = N_{EEKY} / N_{QEKY} \quad (5. 524)$$

6. SAYISAL UYGULAMA

Sayısal uygulama bölümünde; örnek bir entegre tekstil fabrikasının enerji ihtiyaçları belirlenmiş, atık sıcak sulardan ısı geri kazanılmış, buna binaen çeşitli B.E.I.S' lerin termodinamik, teknik ve ekonomik özellikleri hesaplanmıştır.

Hesap örneğinin dışında bu bölümde, tezle ilgili yazılmış olan bilgisayar programı kullanılarak yine sayısal sonuçlar elde edilmiştir. Bu hesaplamalarda; hem tekstil fabrikasına ait kimi üretim parametreleri, hem de B.E.I.S.' e ait kimi parametreler sabit kabul edilmiştir. Kimileri ise, değişken olarak atanmış ve sonuçlar irdelenmiştir.

6.1. Örnek Tekstil Fabrikasının Enerji Tüketiminin Belirlenmesi

Bir entegre tekstil fabrikasında, hammadde olarak işleme sokulan; pamuk ipliği miktarını $IBPI = 0,092 \text{ kg/s}$ ve sentetik iplik miktarını $IBSI = 0,139 \text{ kg/s}$, $PDDO = 0,6$, $SDDO = 0,4$, sıcak permotit suyu oranını $SPSO = 0,3$ ve atık tüm suların debi düzeltme oranını $ATÜMSDDO = 0,75$ olarak kabul ettiğimizde sayısal uygulamaya ait sonuçlar ilişikteki gibi hesaplanmaktadır.

İlişikteki hesaplarda yer alan, tekstil prosesine ait kabuller daha önce bölüm 3.1.1' de anlatılmıştır.

Yukarıdaki kabulleri (5.1), (5.2),, (5.8) denklemlerinde verileri yerine koyduğumuzda şu sonuçları elde ederiz:

$$DBPI = 0,092 \times 0,6 = 0,055 \text{ kg/s} \quad (6. 1)$$

$$DBSI = 0,139 \times 0,4 = 0,056 \text{ kg/s} \quad (6. 2)$$

$$OBPI = 0,092 \times 0,4 = 0,037 \text{ kg/s} \quad (6. 3)$$

$$OBSI = 0,139 \times 0,6 = 0,083 \text{ kg/s} \quad (6. 4)$$

$$TBPK = 0,055 + 0,037 = 0,092 \text{ kg/s} \quad (6. 5)$$

$$TBSK = 0,056 + 0,083 = 0,139 \text{ kg/s} \quad (6. 6)$$

Bölüm 3'te anlatılan kaynaklar baz alınarak, tekstil fabrikalarının ortalama birim elektrik tüketimleri, ekli şekilde kabul edilmiştir:

$$\text{IBPBEG} = 2,75 \text{ kWh/kg} \quad (6. 7)$$

$$\text{IBSBEG} = 2,75 \text{ kWh/kg} \quad (6. 8)$$

$$\text{DBPBEG} = 3,00 \text{ kWh/kg} \quad (6. 9)$$

$$\text{DBSBEG} = 3,00 \text{ kWh/kg} \quad (6. 10)$$

$$\text{OBPBEG} = 0,75 \text{ kWh/kg} \quad (6. 11)$$

$$\text{OBSBEG} = 0,75 \text{ kWh/kg} \quad (6. 12)$$

$$\text{TBPBEG} = 2,25 \text{ kWh/kg} \quad (6. 13)$$

$$\text{TBSBEG} = 2,25 \text{ kWh/kg} \quad (6. 14)$$

Bölüm 3'te anlatılan kaynaklar baz alınarak, tekstil fabrikalarının ortalama birim ısı tüketimleri ekli şekilde kabul edilmiştir:

$$\text{IBPBIG} = 25 \text{ 000 kJ/kg} \quad (6. 15)$$

$$\text{IBSBIG} = 12 \text{ 500 kJ/kg} \quad (6. 16)$$

$$\text{DBPBIG} = 8 \text{ 000 kJ/kg} \quad (6. 17)$$

$$\text{DBSBIG} = 8 \text{ 000 kJ/kg} \quad (6. 18)$$

$$\text{OBPBIG} = 0,00 \text{ kJ/kg} \quad (6. 19)$$

$$\text{OBSBIG} = 0,00 \text{ kJ/kg} \quad (6. 20)$$

$$\text{TBPBIG} = 50 \text{ 000 kJ/kg} \quad (6. 21)$$

$$\text{TBSBIG} = 25 \text{ 000 kJ/kg} \quad (6. 22)$$

$$\text{ASDSKS} = 30,0 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad (6. 23)$$

$$\text{ATUMSSDF} = 5,0 \text{ K} \quad (6. 24)$$

$$\text{TPS1} = 15 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad (6. 25)$$

$$\text{CPAS} = 4,2 \text{ kJ/kgK} \quad (6. 26)$$

CPSPS = 4,2 kJ/kgK	(6. 27)
SPSO = 0,30	(6. 28)
ATUMSDDO = 0,75	(6. 29)
IBPBSG = 87,0 kg.su/kg.ürün	(6. 30)
IBSBSG = 21,8 kg.su/kg.ürün	(6. 31)
IBPBSG = 87,0 kg.su/kg.ürün	(6. 32)
IBSBSG = 21,8 kg.su/kg.ürün	(6. 33)
DBPBSG = 27,8 kg.su/kg.ürün	(6. 34)
DBSBSG = 27,8 kg.su/kg.ürün	(6. 35)
OBPBSG = 0,00 kg.su/kg.ürün	(6. 36)
OBSBSG = 0,00 kg.su/kg.ürün	(6. 37)
TBPBSG = 174,0 kg.su/kg.ürün	(6. 38)
TBSBSG = 43,5 kg.su/kg.ürün	(6. 39)
IBPBAS = 15,0°C	(6. 40)
IBSBAS = 15°C	(6. 41)
DBPBAS = 15,0°C	(6. 42)
DBSBAS = 15°C	(6. 43)
OBPBAS = 15°C	(6. 44)
OBSBAS = 15°C	(6. 45)
TBPBAS = 15°C	(6. 46)
TBSBAS = 15°C	(6. 47)
IBPBIS = 80°C	(6. 48)

$$\text{IBSBIS} = 145^{\circ}\text{C} \quad (6.49)$$

$$\text{DBPBIS} = 80^{\circ}\text{C} \quad (6.50)$$

$$\text{DBSBIS} = 80^{\circ}\text{C} \quad (6.51)$$

$$\text{OBPBIS} = - \quad (6.52)$$

$$\text{OBSBIS} = - \quad (6.53)$$

$$\text{TBPBIS} = 80^{\circ}\text{C} \quad (6.54)$$

$$\text{TBSBIS} = 145^{\circ}\text{C} \quad (6.55)$$

Ortalama birim elektrik tüketimleriyle, birim ürün miktarları çarpıldığında, şu sonuçlar elde edilmektedir:

$$\begin{aligned} \text{PEI} &= 2,75 \text{ kWh/kg} \times 0,092 \text{ kg/s} \times 3600 \text{ s/h} + 2,75 \text{ kWh/kg} \times 0,139 \text{ kg/s} \times 3600 \text{ s/h} \\ &= 910,0 + 1376,0 \\ &= 2286 \text{ kW} \end{aligned} \quad (6.56)$$

$$\begin{aligned} \text{PED} &= 3,00 \text{ kWh/kg} \times 0,055 \text{ kg/s} \times 3600 \text{ s/h} + 3,00 \text{ kWh/kg} \times 0,056 \text{ kg/s} \times 3600 \text{ s/h} \\ &= 594,0 + 604,0 \\ &= 1198 \text{ kW} \end{aligned} \quad (6.57)$$

$$\begin{aligned} \text{PEO} &= 0,75 \text{ kWh/kg} \times 0,037 \text{ kg/s} \times 3600 \text{ s/h} + 0,75 \text{ kWh/kg} \times 0,083 \text{ kg/s} \times 3600 \text{ s/h} \\ &= 99,9 + 224,1 \\ &= 324 \text{ kW} \end{aligned} \quad (6.58)$$

$$\begin{aligned} \text{PET} &= 2,25 \text{ kWh/kg} \times 0,092 \text{ kg/s} \times 3600 \text{ s/h} + 2,25 \text{ kWh/kg} \times 0,139 \text{ kg/s} \times 3600 \text{ s/h} \\ &= 745 + 1126 \\ &= 1871 \text{ kW} \end{aligned} \quad (6.59)$$

$$\begin{aligned} P_{\text{Eteo}} &= 2286 + 1198 + 324 + 1871 \\ &= 5679 \text{ kW} \end{aligned} \quad (6.60)$$

$$\begin{aligned} P_{\text{Eteo}} &= P_{\text{E}} \\ &= 5679 \text{ kW} \end{aligned} \quad (6.61)$$

Ortalama birim ısı tüketimleriyle, birim ürün miktarları çarpıldığında, şu sonuçlar elde edilmektedir:

$$PQI = 25\,000 \text{ kJ/kg} \times 0,092 \text{ kg/s} + 12\,500 \text{ kJ/kg} \times 0,139 \text{ kg/s} \quad (6.62)$$

$$= 2300,0 + 1737,5$$

$$= 4037,5 \text{ kW}$$

$$PQD = 8\,000 \text{ kJ/kg} \times 0,055 \text{ kg/s} + 8\,000 \text{ kJ/kg} \times 0,056 \text{ kg/s} \quad (6.63)$$

$$= 440,0 + 448,0$$

$$= 888,0 \text{ kW}$$

$$PQO = 0,00 \text{ kJ/kg} \times 0,037 \text{ kg/s} + 0,00 \text{ kJ/kg} \times 0,083 \text{ kg/s} \quad (6.64)$$

$$= 0,00 + 0,00$$

$$= 0,00 \text{ kW}$$

$$PQT = 50\,000 \text{ kJ/kg} \times 0,092 \text{ kg/s} + 25\,000 \text{ kJ/kg} \times 0,139 \text{ kg/s} \quad (6.65)$$

$$= 4600,0 + 3475,0$$

$$= 8075,0 \text{ kW}$$

$$PQ_{\text{teo}} = 4037,5 + 888,8 + 0,0 + 8075,0 \quad (6.66)$$

$$= 13\,001,3 \text{ kW}$$

Permotit suyu tüketimi hesapları:

$$IBPSG = 87,0 \text{ kg/kg} \times 0,092 \text{ kg/s} \quad (6.67)$$

$$= 8,0 \text{ kg/s}$$

$$IBSSG = 21,8 \text{ kg/kg} \times 0,139 \text{ kg/s} \quad (6.68)$$

$$= 3,0 \text{ kg/s}$$

$$DBPSG = 27,8 \text{ kg/kg} \times 0,055 \text{ kg/s} \quad (6.69)$$

$$= 1,5 \text{ kg/s}$$

$$DBSSG = 27,8 \text{ kg/kg} \times 0,056 \text{ kg/s} \quad (6.70)$$

$$= 1,5 \text{ kg/s}$$

$$\text{OBPSG} = 0,0 \text{ kg/kg} \times 0,037 \text{ kg/s} \quad (6.71)$$

$$= 0,00 \text{ kg/s}$$

$$\text{OBSSG} = 0,0 \text{ kg/kg} \times 0,083 \text{ kg/s} \quad (6.72)$$

$$= 0,00 \text{ kg/s}$$

$$\text{TBPSG} = 174,0 \text{ kg/kg} \times 0,092 \text{ kg/s} \quad (6.73)$$

$$= 16,0 \text{ kg/s}$$

$$\text{TBSSG} = 43,5 \text{ kg/kg} \times 0,139 \text{ kg/s} \quad (6.74)$$

$$= 6,0 \text{ kg/s}$$

Permotit suyu hesapları:

$$\text{TUMPERSG} = 8,0 + 3,0 + 1,5 + 1,5 + 0,00 + 0,00 + 16,0 + 6,0 \quad (6.75)$$

$$= 36,0 \text{ kg/s}$$

$$\text{ASSKS} = 96,3 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad (6.76)$$

$$\text{ASSTEOD} = 36,2 \text{ kg/s} \times 0,3 \quad (6.77)$$

$$= 10,8 \text{ kg/s}$$

$$\text{ASDSD} = 36,2 \text{ kg/s} \times (1 - 0,3) \quad (6.78)$$

$$= 25,4 \text{ kg/s}$$

$$\text{ATUMSD} = 10,8 + 25,4 \quad (6.79)$$

$$= 36,2 \text{ kg/s}$$

$$\text{ATUMSKS} = 49,9 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad (6.80)$$

$$\text{ASSD} = 36,2 \times (1 - 0,75) \quad (6.81)$$

$$= 9,05 \text{ kg/s}$$

$$\text{TASKS} = 49,9 - 5 \quad (6.82)$$

$$= 44,9 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$SPSD = 36,2 \times 0,3$$

$$= 10,86 \text{ kg/s} \quad (6. 83)$$

Atık sıcak sulardan basit tip ısı geri kazanımına ve kalan ısı ihtiyacına ait hesaplar:

$$Q_{ASS1} = 9,05 \text{ kg/s} \times 4,2 \text{ kJ/kgK} \times (44,9 - 18,1) \text{ C} \quad (6. 84)$$

$$= 1016 \text{ kW}$$

$$Q_{SPS} = 1016 \text{ kW} \quad (6. 85)$$

$$T_{PS2A} = 1016 \text{ kW} / (10,86 \text{ kg/s} \times 4,2 \text{ kJ/kgK}) + 15 \text{ C} \quad (6. 86)$$

$$= 37,3 \text{ C}$$

$$P_Q = 12\,999 - 1016 \quad (6. 87)$$

$$= 11\,983 \text{ kW}$$

Entegre tekstil prosesinin elektriksel tanıma sayısı hesabı:

$$E_{Proses} = 5679 / 11983 \quad (6. 88)$$

$$= 0,47$$

Ürün girdileri, belirli olan entegre tekstil fabrikasının, yukarıda yapılan hesaplara göre;

$$\text{Ortalama toplam teorik elektrik tüketimi} : P_{Eteo} = 5679 \text{ kW}_e$$

$$\text{Ortalama toplam teorik ısı tüketimi} : P_{Qteo} = 12999 \text{ kW}_{ter}$$

$$\text{Tüm (sıcak ve soğuk) proses için permotit su tüketimi} : T\ddot{U}MPERSGS = 36,2 \text{ kg/s}$$

$$\text{Atık sıcak sulardan geri kazanılabilen ısı} : Q_{ASS1} = 1016 \text{ kW}_{ter}$$

Buradan;

$$\text{Ortalama toplam elektrik tüketimi} : P_E = 5679 \text{ kW}_e$$

$$\text{Ortalama toplam ısı tüketimi} : P_Q = 11\,983 \text{ kW}_{ter}$$

$$\text{Elektriksel tanıma sayısı} : E = 0,47$$

şeklinde belirlenmiştir.

Şimdi bu tüketim bilgilerini baz alarak, bölüm 5' te modelleri anlatılan B.E.I.S.' lerin içerisinde hangisinin en uygun çözüm olacağını belirleyelim. Uygun çözümü belirleyebilmek için; tüm seçenekler için ayrı ayrı hesap yapmak gerekecektir. Ancak burada tüm B.E.I.S. çeşitleri için ayrı ayrı hesap yapmaktansa, rasgele bir tanesinin seçilmesi ve buna ait hesapların detaylı biçimde yapılmasına gidilmiştir. Geri kalan diğer

B.E.I.S. türlerinin sonuçlarını irdelemek için ise; bu tezde yazılan orijinal bilgisayar programının sonuçları kullanılmıştır. Detaylı hesapları burada gösterilmeyen B.E.I.S.' lere ait diğer bilgiler bölüm 5' teki modellemelerde ve formüllerde, tezin ekindeki algoritmada mevcuttur.

İşe önce konvansiyonel enerji üretimi maliyetlerinin hesaplanmasıyla başlanılacaktır. Daha sonra ise bir B.E.I.S.' nin uygulanabilirliği hesaplanacaktır.

6.2. Konvansiyonel Yöntemlerle Elektrik Şebekesinden Elektrik ve Buhar Kazanından Isı Teminine ait Sayısal Uygulama

Konvansiyonel enerji teminine ait kabuller:

$$N_E = 5679 \text{ kW} \quad (6.89)$$

$$N_Q = 11983 \text{ kW} \quad (6.90)$$

$$TIS = 8000 \text{ h/Yıl} \quad (6.91)$$

$$BKM = 50 \text{ \$/kW}_e \quad (6.92)$$

$$FAOR = \% 10 \quad (6.93)$$

$$\ddot{O}S = 10 \text{ Yıl} \quad (6.94)$$

$$BBAKM = 0,0001 \text{ \$/kWh}_e \quad (6.95)$$

$$BPA = 1/750 \text{ Kişi/kW}_e \quad (6.96)$$

$$BBPMA = 15000\$/\text{Kişi-Yıl} \quad (6.97)$$

$$V_{Kazan} = \% 95 \quad (6.98)$$

$$\ddot{O}ZKO = \% 30 \quad (6.99)$$

$$DIM = 100\,000\$/\text{Yıl} \quad (6.100)$$

$$KIUBPA = 1/1200 \text{ Kişi/kW}_{ter} \quad (6.101)$$

$$KIUBEG = 0,0075 \text{ kW}_e/\text{kWh}_{ter} \quad (6.102)$$

$$KIUBSG = 1,533 \text{ kg/kWh}_{\text{ter}} \quad (6.103)$$

$$KIUBKM = 50 \text{ \$/kWh}_{\text{ter}} \quad (6.104)$$

$$KIUOS = 10 \text{ Yıl} \quad (6.105)$$

Konvansiyonel yöntemlerle enerji temini ve buna ait maliyetin hesabı:

$$\begin{aligned} N_Y &= 11983 / 0,95 \\ &= 12\ 614 \text{ kW} \end{aligned} \quad (6.106)$$

$$\begin{aligned} E &= 5679 / 11983 \\ &= 0,47 \end{aligned} \quad (6.107)$$

$$\begin{aligned} YSET &= 5679 \times 8000 \\ &= 45\ 432\ 000 \text{ kWh} \end{aligned} \quad (6.108)$$

$$\begin{aligned} YI\ddot{U} &= 11983 \times 8000 \\ &= 95\ 864\ 000 \text{ kWh} \end{aligned} \quad (6.109)$$

$$\begin{aligned} YYT &= 12\ 614 \times 8000 \\ &= 100\ 912\ 000 \text{ kWh} \end{aligned} \quad (6.110)$$

ÖSEM hesabı ve buna bağlı hesaplar:

Bunun için formül (5.101)(5.110) kullanılacaktır.

$$SBEF = 0,065 \text{ \$/kWh} \quad (6.111)$$

$$\begin{aligned} KM &= 50 \text{ \$/kW}_e \times 5679 \text{ kW}_e \\ &= 283\ 950 \text{ \$} \end{aligned} \quad (6.112)$$

$$\begin{aligned} YAF\ddot{O} &= 283950 \text{ \$} \times \{[\%10 \times (1+\%10)^{10}] / [(1+\%10)^{10} - 1]\} \\ &= 46213 \text{ \$/Yıl} \end{aligned} \quad (6.113)$$

$$\ddot{O}KM = 46213 \text{ \$/Yıl} / 45\ 432\ 000 \text{ kWh}$$

$$= 0,001017 \text{ \$/kWh} \quad (6.114)$$

$$PA = 1/750 \text{ Kişi/kW}_e \times 5679 \text{ kW}_e$$

$$= 8 \text{ Kişi} \quad (6.115)$$

$$YPM = 8 \times 15000 \text{ \$/Kişi-Yıl}$$

$$= 120\,000 \text{ \$/Yıl} \quad (6.116)$$

$$BPM = 120\,000 \text{ \$/Yıl} / 45\,432\,000 \text{ kWh}$$

$$= 0,002641 \text{ \$/kWh} \quad (6.117)$$

$$BBAKM = 0,0001 \text{ \$/kWh}_e \quad (6.118)$$

$$BDIM = 100\,000 \text{ \$/Yıl} / 45\,432\,000 \text{ kWh}$$

$$= 0,002201 \text{ \$/kWh} \quad (6.119)$$

$$\ddot{O}IM = 0,002641 \text{ \$/kWh} + 0,0001 \text{ \$/kWh} + 0,002201 \text{ \$/kWh}$$

$$= 0,004942 \text{ \$/kWh} \quad (6.120)$$

$$\ddot{O}SEM = 0,065 \text{ \$/kWh} + 0,001017 \text{ \$/kWh} + 0,004942 \text{ \$/kWh}$$

$$= 0,070959 \text{ \$/kWh} \quad (6.121)$$

ÖKIÜM hesabı ve buna bağlı hesaplar:

Bunun için formmül (5.111) (5.123) kullanılacaktır.

$$KIÜPA = 1/1200 \text{ Kişi/kW}_{\text{ter}} \times 11983 \text{ kW}_{\text{ter}}$$

$$= 10 \text{ Kişi} \quad (6.122)$$

$$KIÜPM = 10 \text{ Kişi} \times 15000 \text{ \$/Kişi}$$

$$= 150\,000 \text{ \$/Yıl} \quad (6.123)$$

$$KIÜÖPM = 150\,000 \text{ \$/Yıl} / 95\,864\,000 \text{ kWh/Yıl}$$

$$= 0,001565 \text{ \$/kWh}_{\text{ter}} \quad (6.124)$$

$$\begin{aligned} \text{KIÜET} &= 0,0075 \text{ kW}_e/\text{kW}_{\text{ter}} \times 95\,864\,000 \text{ kWh/Yıl} \\ &= 718\,980 \text{ kWh/Yıl} \end{aligned} \quad (6.125)$$

$$\begin{aligned} \text{KIÜEM} &= 718\,980 \text{ kWh/Yıl} \times 0,065 \text{ \$/kWh} \\ &= 46\,734 \text{ \$/Yıl} \end{aligned} \quad (6.126)$$

$$\begin{aligned} \text{KIÜÖEM} &= 46\,734 \text{ \$/Yıl} / 95\,864\,000 \text{ kWh/Yıl} \\ &= 0,000488 \text{ \$/kWh}_{\text{ter}} \end{aligned} \quad (6.127)$$

$$\begin{aligned} \text{KIÜÖSUM} &= 1,533 \text{ kg/kWh}_{\text{ter}} \times (1,0/1000) \times 0,5 \\ &= 0,000767 \text{ \$/kWh}_{\text{ter}} \end{aligned} \quad (6.128)$$

$$\text{KIÜÖSSM} = 0,0006 \text{ \$/kWh}_{\text{ter}} \quad (6.129)$$

$$\begin{aligned} \text{KIÜKM} &= 55 \text{ \$/kW}_{\text{ter}} \times 11\,983 \text{ kW} \\ &= 659\,065 \text{ \$} \end{aligned} \quad (6.130)$$

$$\begin{aligned} \text{KIÜYAFÖ} &= 659\,065 \text{ \$} \times \{[\%10 \times (1+\%10)^{10}] / [((1+\%10)^{10}) - 1]\} \\ &= 107\,261 \text{ \$/Yıl} \end{aligned} \quad (6.131)$$

$$\begin{aligned} \text{KIÜÖKM} &= 107\,261 \text{ \$/Yıl} / 95\,864\,000 \text{ kWh/Yıl} \\ &= 0,001119 \text{ \$/kWh}_{\text{ter}} \end{aligned} \quad (6.132)$$

$$\begin{aligned} \text{KIÜÖYM} &= 0,015 \text{ \$/kWh} / 0,95 \\ &= 0,015789 \text{ \$/kWh}_{\text{ter}} \end{aligned} \quad (6.133)$$

$$\begin{aligned} \text{ÖKIÜM} &= 0,001565 \text{ \$/kWh} + 0,000488 \text{ \$/kWh}_{\text{ter}} + \\ &\quad 0,000767 \text{ \$/kWh}_{\text{ter}} + 0,0006 \text{ \$/kWh} + \\ &\quad 0,001119 \text{ \$/kWh} + 0,015789 \text{ \$/kWh} \\ &= 0,020328 \text{ \$/kWh}_{\text{ter}} \end{aligned} \quad (6.134)$$

$$\text{YKIÜM} = 0,020328 \text{ \$/kWh}_{\text{ter}} \times 95\,864\,000 \text{ kWh}$$

$$= 1\,948\,724 \text{ \$/kWh}_{\text{ter}} \quad (6.135)$$

Elektrik şebekesinden elektrik ve konvansiyonel kazandan ısı temininde NPV ve IRR hesapları:

$$\begin{aligned} \text{YAFÖ}_{\text{YENİ}} &= (283950 \$ - 85185 \$) \times \{ [\%10 \times (1+\%10)^{10}] / [(1+\%10)^{10} - 1] \} \\ &= 32\,349 \text{ \$/Yıl} \end{aligned} \quad (6.136)$$

$$\begin{aligned} \text{ÖKM}_{\text{YENİ}} &= 32\,349 \text{ \$/Yıl} / 45\,432\,000 \text{ kWh} \\ &= 0,000712 \text{ \$/kWh} \end{aligned} \quad (6.137)$$

$$\begin{aligned} \text{ÖSEM}_{\text{YENİ}} &= 0,070959 \text{ \$/kWh} - 0,001017 \text{ \$/kWh} + 0,000712 \text{ \$/kWh} \\ &= 0,070654 \text{ \$/kWh} \end{aligned} \quad (6.138)$$

$$\begin{aligned} \text{YSEM}_{\text{YENİ}} &= 0,070654 \text{ \$/kWh} \times 45\,432\,000 \text{ kWh} \\ &= 3\,209\,953 \text{ \$/Yıl} \end{aligned} \quad (6.139)$$

NPV hesabı:

$$\begin{aligned} \text{NPV} &= \left\{ \sum_{t=1}^{\text{ÖS}} \left\{ [0,065 \times 45\,432\,000 \text{ kWh} + 1\,948\,724] - \right. \right. \\ &\quad \left. \left. [3\,209\,953 + 1\,948\,724] \right\} [1 + \%10]^{-10} \right\} - 283\,950 \$ \times \%30 \\ &= -1\,663\,681 \$ (\text{Gider !}) \end{aligned} \quad (6.140)$$

IRR hesabı:

$$\begin{aligned} \text{NPV} &= \left\{ \sum_{t=1}^{\text{ÖS}} \left\{ [0,065 \times 45\,432\,000 \text{ kWh} + 1\,948\,724] - \right. \right. \\ &\quad \left. \left. [3\,209\,953 + 1\,948\,724] \right\} [1 + \%r]^{-10} \right\} - 283\,950 \$ \times \%30 \\ &= 0 \$ \end{aligned} \quad (6.141)$$

NPV değerini sıfır yapan faiz oranı (r) bize IRR değerini verecektir.

$$\text{IRR} = \text{Tanımsız (yani zarar !)} \quad (6.142)$$

Yukarıdaki hesaplar, konvansiyonel enerji temini yöntemleriyle (elektrik şebekesinden elektrik ve kazandan ısı temini), bir entegre tekstil tesisine ait enerji temininin; "gider"

teşkil ettiğini göstermektedir. Bu sebeble NPV değerinin "eksi" çıkması ve IRR hesabının tanımsız çıkması doğaldır. Şimdi bu giderleri, tam tersine, kâra çevirme olasılığı yaratan B.E.I.S.'lerden enerji temini hesaplarına bakalım.

6.3. Gaz Türbini B.E.I.S.'de Enerji Teminine ait Sayısal Uygulama

Gaz türbini B.E.I.S.'ye ait kabuller:

$$\text{BGTG} = 6363 \text{ kW}_m/\text{Adet} \quad (6.143)$$

$$\text{BYT} = 11251 \text{ kJ/kW}_m\text{h} \quad (6.144)$$

$$\lambda = 3,37 \quad (6.145)$$

$$\text{M} = 17,38 \text{ kg/kMol} \quad (6.146)$$

$$\text{L}_{\min} = 2 \text{ m}_n^3 / \text{m}_n^3 \quad (6.147)$$

$$\text{H}_u = 10,6 \text{ kWh/Nm}^3 \quad (6.148)$$

$$\rho_Y = 0,717 \text{ kg/Nm}^3 \quad (6.149)$$

$$\text{V}_{\text{ALT}} = \% 97 \quad (6.150)$$

$$\text{V}_{\text{YRD}} = \% 95 \quad (6.151)$$

$$\text{V}_{\text{AIK}} = \% 95 \quad (6.152)$$

$$\text{T}_{\text{EG1}} = 568^\circ\text{C} \quad (6.153)$$

$$\text{T}_{\text{EG2}} = 145^\circ\text{C} \quad (6.154)$$

$$\text{YF} = 0,015 \text{ \$/kWh} \quad (6.155)$$

$$\text{TIS} = 8000 \text{ h/Yıl} \quad (6.156)$$

$$\text{BKM} = 650 \text{ \$/kW}_m \quad (6.157)$$

$$\text{OZKO} = 0,3 \quad (6.158)$$

$$\text{FAOR} = 10 \% \quad (6.159)$$

$$OS = 10 \text{ Yıl} \quad (6.160)$$

$$C_{PTEG1} = 1,08 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C} \quad (6.161)$$

$$C_{PTEG2} = 1,08 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C} \quad (6.162)$$

$$BSUF = 1,0 \text{ \$/ton} \quad (6.163)$$

$$BSSM = BSSM_{eky} = 0,0006 \text{ \$/kWh}_{ter} \quad (6.164)$$

$$V_{KAZAN} = \%95 \quad (6.165)$$

$$BSUG = 1,53 \text{ kg/kWh}_{ter} \quad (6.166)$$

$$KKF = 0,5 \quad (6.167)$$

$$BPA = 1/750 \text{ Kişi/kW}_e \quad (6.168)$$

$$BYYT = 0,01 \text{ gr/kW}_m\text{h} \quad (6.169)$$

$$BYYF = 0,9 \text{ \$/kg} \quad (6.170)$$

$$BBAKM = 0,005 \text{ \$/kW}_e \quad (6.171)$$

$$DIM = 100\,000 \text{ \$/Yıl} \quad (6.172)$$

Gaz türbini B.E.I.S. 'ye ait hesaplar:

$$\begin{aligned} GT_{MG} &= 1 \text{ Adet} \times 6363 \text{ kW}_m \\ &= 6363 \text{ kW}_m \end{aligned} \quad (6.173)$$

$$\begin{aligned} GT_{ALTEG} &= 6363 \text{ kW}_m \times \%97 \\ &= 6172 \text{ kW}_{alt} \end{aligned} \quad (6.174)$$

$$N_A = 6172 \text{ kW}_{alt} \quad (6.175)$$

$$\begin{aligned} GT_{EG} &= 6172 \times \%95 \\ &= 5863 \text{ kW}_e \end{aligned} \quad (6.176)$$

$PE/GTEG = 0,968 < 1$ olduğundan $BGTF = 1$ yeterlidir. Dolayısıyla

$$N_E = 5863 \text{ kW} \quad (6.177)$$

bulunmuş olur.

$$\begin{aligned} M_Y &= [(11\,251 \text{ kJ/kW}_m\text{h} \times 6363 \text{ kW}_m) / (3600\text{s/h} \times 10,6\text{kWh/Nm}_3)] \times 0,717 \\ &= 1345,1 \text{ kg/h} \end{aligned} \quad (6.178)$$

$$\begin{aligned} N_Y &= (11\,251 \text{ kJ/kW}_m\text{h} \times 6363 \text{ kW}_m) / 3600 \text{ s/h} \\ &= 19886 \text{ kW} \end{aligned} \quad (6.179)$$

$$\begin{aligned} M_{YAKHAVA} &= (1345,1 \text{ kg/h} \times 3,37 \times 2 \times 137,28\text{kg/kmol}) / 17,38 \text{ kg/kmol} \\ &= 71\,611 \text{ kg/h} \end{aligned} \quad (6.180)$$

$$\begin{aligned} M_{EGZOZ} &= M_Y + M_{YAKHAVA} \\ &= 1345,1 + 71\,611 \\ &= 72\,956,1 \text{ kg/h} \end{aligned} \quad (6.181)$$

$$\begin{aligned} C_{Pm} &= (1,08 + 1,05)/2 \\ &= 1,055 \text{ kJ/kgK} \end{aligned} \quad (6.182)$$

$$\begin{aligned} Q_{AIK} &= 72\,956,1 \text{ kg/h} / 3600 \text{ s/h} \times 1,06 \text{ kJ/kgK} \times \{568 - 145^\circ\text{C}\} \times \%95 \\ &= 8632 \text{ kW} \end{aligned} \quad (6.183)$$

$$Q_{KOJEN} = 8632 \text{ kW} \quad (6.184)$$

$$\begin{aligned} Q_{TOP} &= 8632 + 1016 \\ &= 9648 \text{ kW} \end{aligned} \quad (6.185)$$

$$\begin{aligned} P_Q/Q_{TOP} &= 9648 / 11983 \\ &= 0,805 \end{aligned} \quad (6.186)$$

Bu değer < 1 olduğundan ek yanma ihtiyacı doğmuştur.

$$\begin{aligned} Q_{KAZEKY} &= 11983 - 8632 \\ &= 3351 \text{ kW} \end{aligned} \quad (6.187)$$

$$\begin{aligned}
 N_{QEKY} &= 8632 + 3351 \\
 &= 11983 \text{ kW}
 \end{aligned}
 \tag{6. 188}$$

$$\begin{aligned}
 N_{YKAZEKY} &= 3351 / \%95 \\
 &= 3527 \text{ kW}
 \end{aligned}
 \tag{6. 189}$$

$$\begin{aligned}
 N_{VEKY} &= 3527 + 19886 \\
 &= 23413 \text{ kW}
 \end{aligned}
 \tag{6. 190}$$

$$\begin{aligned}
 NE_{SEBSAT} &= 5863 - 5679 \\
 &= 184 \text{ kW}
 \end{aligned}
 \tag{6. 191}$$

$$\begin{aligned}
 \eta_{el.EKY} &= 5863 / 23413 \\
 &= \% 25
 \end{aligned}
 \tag{6. 192}$$

$$\begin{aligned}
 \eta_{ter.EKY} &= 11983 / 23413 \\
 &= \% 51,2
 \end{aligned}
 \tag{6. 193}$$

$$\begin{aligned}
 \eta_{top.EKY} &= \% 25 + \% 51,2 \\
 &= \% 76,2
 \end{aligned}
 \tag{6. 194}$$

$$\begin{aligned}
 E_{EKY} &= 5863 / 11983 \\
 &= 0,49
 \end{aligned}
 \tag{6. 195}$$

$$\begin{aligned}
 YE\ddot{U} &= 5863 \text{ kW} \times 8000 \text{ h/Yıl} \\
 &= 46\,904\,000 \text{ kWh/Yıl}
 \end{aligned}
 \tag{6. 196}$$

$$\begin{aligned}
 YI\ddot{U}_{EKY} &= 11983 \text{ kW} \times 8000 \text{ h/Yıl} \\
 &= 95\,864\,000 \text{ kWh/Yıl}
 \end{aligned}
 \tag{6. 197}$$

$$\begin{aligned}
 YYT_{EKY} &= 23413 \text{ kW} \times 8000 \text{ h/Yıl} \\
 &= 187\,304\,000 \text{ kWh/Yıl}
 \end{aligned}
 \tag{6. 198}$$

ÖEÜM_{EKY} hesabı ve buna bağlı yapılması gereken diğer ön hesaplar:ÖKM_{EKY} hesabı:

$$KM_{EKY} = 650 \text{ \$/kW}_m \times 1,1 \times 6383 \text{ kW}_m = 4\,563\,845 \text{ \$} \quad (6.199)$$

$$\begin{aligned} YAFÖ_{EKY} &= 4\,563\,845 \text{ \$} \times \{[\%10 \times (1 + \%10)^{10}] / [(1 + \%10)^{10} - 1]\} \\ &= 740\,417 \text{ \$/Yıl} \end{aligned} \quad (6.200)$$

$$ÖKM_{EKY} = 740\,417 / 46\,904\,000 \text{ kWh/Yıl} = 0,01579 \text{ \$/kWh} \quad (6.201)$$

ÖYM_{EKY} hesabı:

$$YYM_{EKY} = 0,015 \text{ \$/kWh} \times 187\,304\,000 \text{ kWh/Yıl} = 2\,809\,560 \text{ \$/Yıl} \quad (6.202)$$

$$ÖYM_{EKY} = 2\,809\,560 \text{ \$/Yıl} / 46\,904\,000 \text{ kWh/Yıl} = 0,0599 \text{ \$/kWh} \quad (6.203)$$

ÖİM_{EKY} hesabı:

$$PA = 1/750 \text{ Kişi/kW} \times 5863 \text{ kW} = 8 \text{ Kişi} \quad (6.204)$$

$$YPM = 8 \text{ Kişi} \times 15000 \text{ \$/Kişi} = 120\,000 \text{ \$/Yıl} \quad (6.205)$$

$$BPM = 120\,000 \text{ \$/Yıl} / 46\,904\,000 \text{ kWh/Yıl} = 0,00256 \text{ \$/kWh} \quad (6.206)$$

$$\begin{aligned} YYYYM &= 0,01 \text{ gr/kWh} / 1000 \text{ gr/kg} \times 6363 \text{ kW}_m \times 8000 \text{ h/Yıl} \times 0,9 \text{ \$/kg} \\ &= 458,1 \text{ \$/Yıl} \end{aligned} \quad (6.207)$$

$$BYYM = 458,1 \text{ \$/Yıl} / 46\,904\,000 \text{ kWh/Yıl} = 0,00001 \text{ \$/kWh} \quad (6.208)$$

$$BBAKM = 0,005 \text{ \$/kWh} \quad (6.209)$$

$$BDIM = 100\,000 \text{ \$/Yıl} / 46\,904\,000 \text{ kWh/Yıl} = 0,00213 \text{ \$/kWh} \quad (6.210)$$

$$\begin{aligned} ÖİM_{EKY} &= 0,00256 \text{ \$/kWh} + 0,00001 \text{ \$/kWh} + 0,005 \text{ \$/kWh} + 0,00213 \text{ \$/kWh} \\ &= 0,0097 \text{ \$/kWh} \end{aligned} \quad (6.211)$$

$$ÖEÜM_{EKY} = 0,01579 + 0,0599 + 0,0097 = 0,08539 \text{ \$/kWh}_{el} \quad (6.212)$$

KAIGKÖİM_{EKY} hesabı:

$$BSUM = 1,533 \text{ kg/kWh}_{ter} / 1000 \text{ kg/ton} \times 0,5 \times 1,0 \text{ \$/ton}$$

$$= 0,00077 \text{ \$/kWh}_{\text{ter}} \quad (6.213)$$

$$\text{KAIGKÖİM}_{\text{EKY}} = 0,00077 \text{ \$/kWh}_{\text{ter}} + 0,0006 \text{ \$/ kWh}_{\text{ter}}$$

$$= 0,001365 \text{ \$/kWh}_{\text{ter}} \quad (6.214)$$

NPV_{EKY} ve IRR_{EKY} hesapları ve buna bağlı diğer hesaplar:

$$\text{ÖZK}_{\text{EKY}} = 0,3 \times 4\,549\,545\$ = 1\,364\,863 \$ \quad (6.215)$$

$$\begin{aligned} \text{YAFÖ}_{\text{EKYYENİ}} &= (4\,549\,545 - 1\,364\,863) \times \{[\%10 \times (1 + \%10)^{10}] / [((1 + \%10)^{10}) - 1]\} \\ &= 518\,292 \text{ \$/Yıl} \end{aligned} \quad (6.216)$$

$$\text{ÖKM}_{\text{EKYYENİ}} = 518\,292 \text{ \$/Yıl} / 46\,904\,000 \text{ kWh/Yıl} = 0,0111 \text{ \$/kWh} \quad (6.217)$$

$$\begin{aligned} \text{ÖEÜM}_{\text{EKYYENİ}} &= \text{ÖEÜM}_{\text{EKY}} - \text{ÖKM}_{\text{EKY}} + \text{ÖKM}_{\text{EKYYENİ}} \\ &= 0,08539 \text{ \$/kWh}_{\text{el}} - 0,01579 \text{ \$/kWh} + 0,0111 \text{ \$/kWh} \\ &= 0,0807 \text{ \$/kWh}_{\text{el}} \end{aligned} \quad (6.218)$$

$$\begin{aligned} \text{YSEM} &= 0,065 \text{ \$/kWh} \times (46\,904\,000 \text{ kWh/Yıl} - (184 \text{ kW} \times 8000 \text{ h/Yıl})) \\ &= 2\,953\,080 \text{ \$/Yıl} \end{aligned} \quad (6.219)$$

YKIUM_{EKY} hesabı ve buna bağlı hesaplar:

$$\text{ÖKIUM}_{\text{EKY}} = 0,020328 \text{ \$/kWh}_{\text{ter}} \quad (6.220)$$

$$\begin{aligned} \text{YKIUM}_{\text{EKY}} &= 0,020328 \text{ \$/kWh}_{\text{ter}} \times 95\,864\,000 \text{ kWh/Yıl} \\ &= 1\,948\,723 \text{ \$/Yıl} \end{aligned} \quad (6.221)$$

$$\text{YSEBSAT} = 184 \text{ kW} \times 8000 \times 0,055 \text{ \$/kWh} \quad (6.222)$$

$$= 80\,960 \text{ \$/Yıl} \quad (6.223)$$

$$\begin{aligned} \text{YEÜM}_{\text{EKYYENİ}} &= 0,0807 \text{ \$/kWh}_{\text{el}} \times 46\,904\,000 \text{ kWh/Yıl} \\ &= 3\,785\,153 \text{ \$/Yıl} \end{aligned} \quad (6.224)$$

$$\text{YAIÜM}_{\text{EKY}} = 0,001365 \times \text{\$/kWh} \times 8632 \text{ kW} \times 8000 \text{ h/Yıl}$$

$$= 94\,261 \text{ \$/Yıl} \quad (6.225)$$

NPV_{EKY} hesabı:

ÖS

$$\begin{aligned} NPV_{EKY} &= \left(\sum_{t=1} \{ [2\,953\,080 + 1\,948\,723 + 80\,960] - \right. \\ &\quad \left. [3\,785\,153 + 94\,261] \} \times [1 + \%10]^{-10} \right) - 1\,364\,863 \\ &= 2\,081\,651 \text{ \$} \end{aligned} \quad (6.226)$$

IRR_{EKY} hesabı:

ÖS

$$\begin{aligned} NPV_{EKY} &= \left(\sum_{t=1} \{ [2\,953\,080 + 1\,948\,723 + 80\,960] - \right. \\ &\quad \left. [3\,785\,153 + 94\,261] \} \times [1 + r]^{-10} \right) - 1\,364\,863 \\ &= 0 \text{ \$} \end{aligned} \quad (6.227)$$

NPV_{EKY} değerini sıfır yapan faiz oranı (r) bize IRR_{EKY} değerini verecektir.

$$IRR_{EKY} = \%39,6 \quad (6.228)$$

6.4. Entegre Tekstil Fabrikasına Ait Enerji Tüketimlerini Karşılama Üzere Tasarlanan 10 Adet Farklı B.E.I. Sistem Seçenekleri için Yapılan Sayısal Uygulamaların Sonuçları

Bu kısımda entegre tekstil fabrikasına ait enerji tüketimini karşılamak üzere tasarlanan 10 adet farklı B.E.I.S. seçenekleri için yapılan sayısal uygulamaların, girdi bilgileri ve hesap sonuç bilgileri bir tablo içinde toplu olarak gösterilecek ve irdelenecektir.

Sayısal uygulamaların sonuçlarının tabloya eklenmesinde, bu tez için yazılmış olan bilgisayar programı kullanılmıştır.

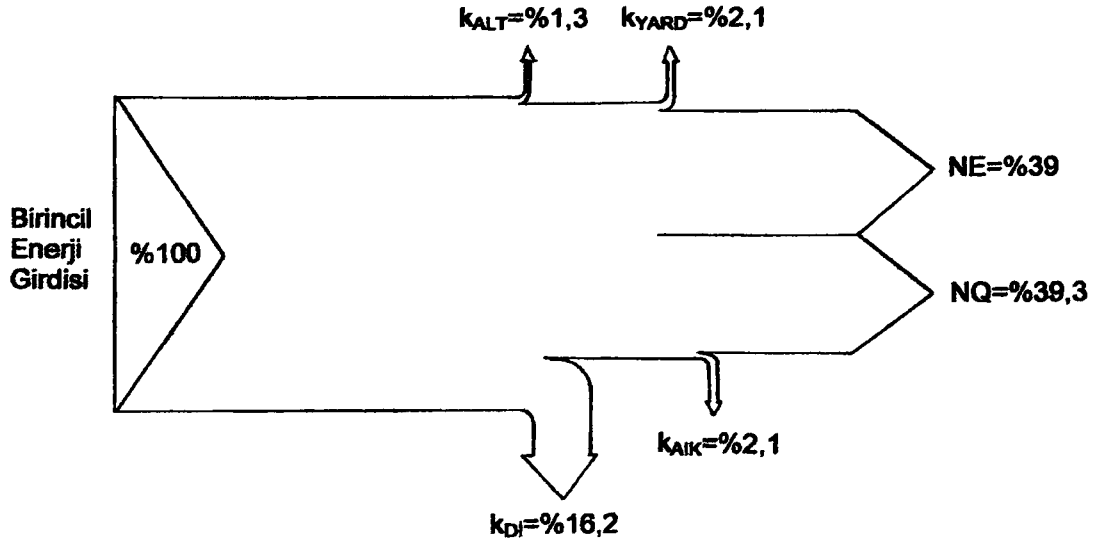
Bu sonuçların dayandığı hesaplara ait orijinal bilgisayar programı çıktıları ise bölüm 6.6'da, programa ait algoritma tezin ekinde mevcuttur.

Çizelge 6.1. (devamı): Örnek tekstil fabrikasına ait
B.E.I.S. çözümlerine ait sayısal sonuçların özeti.

			Belirli Bir Entegre Tekstil Tesisi için Hesaplanmış Olan Bileşik				
			Elektrik ve Isı Sistemi Türlerine ait Temel Program Giriş				
			Parametreleri ve Sonuçlar				
Pos	Konu	Birim	Kombine Gaz Türbini ve Rankine Buhar Türbini	Karşı Basınçlı Buhar Türbini	Ara Buhar Almalı Buhar Türbini	Kombine Gaz Türbini ve Karşı Basınçlı Buhar Türbini	Kombine Gaz Türbini ve Ara Buhar Almalı Buhar Türbini
Kabuller ve Ara Sonuçlar							
A)							
1	Mekanik Güç	kWm	6709	446	6168	8214	8362
2	Elektriksel Güç	kWel.	6182	412	5692	7569	7706
3	Isı Üretim Gücü	kWth.	11983	11983	11983	11983	11983
4	Yakıt Tüketim Gücü	kWyakıt	28286	13025	43651	25769	25769
5	Sistemin "E" Sayısı		0,52	0,03	0,48	0,63	0,64
6	Sistemin Elk. Üret. Verim		21,9%	3,2%	13,0%	29,4%	29,9%
7	Sistemin Isı Üretim Verimi		42,4%	92,0%	27,5%	46,5%	46,5%
8	Sistemin Toplam Verimi		64,2%	95,2%	40,5%	75,9%	76,4%
9	Yakıt Fiyatı	\$/kWhy	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
10	BKM	\$/kWm	800	2000	700	1000	1000
11	BYT	kJ/kWhm	-	-	-	-	-
12	TIS	h/a	8000	8000	8000	8000	8000
13	BBAKM	\$/kWhe	0,004	0,001	0,001	0,0045	0,005
14	BYYM	\$/kWhe	0,00001	0	0	0,00001	0,00001
15	BPM	\$/kWhe	0,0026	0,041	0,0026	0,0027	0,0026
16	Valt.	%	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97
17	Vyard.	%	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
18	Vaik.	%	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
19	Vkazan	%	0,95	0,93	0,93	0,95	0,95
20	TEG1	C	509	-	0	559	559
21	TEG2	C	134,5	-	0	110	125
22	Lamda		3,9	1,2	1,2	3,64	3,64
23	Cp (TEG1)	kJ/kgK	1,08	-	-	1,08	1,08
24	Cp (TEG2)	kJ/kgK	1,05	-	-	1,05	1,041
25	SBEF	\$/kWhe	0,065	0,065	0,065	0,065	0,065
26	SEBSATF	\$/kWhe	0,055	0,055	0,055	0,055	0,055
B)	Sonuçlar						
27	NPV	\$	-\$11.642.595	\$522.106	-\$10.285.506	\$3.508.067	\$3.550.729
28	IRR	%	-1,0%	47,0%	-1,0%	37,9%	37,7%

Yukarıdaki çizelgede yer alan bilgiler; bölüm 5' te anlatılan modele göre hesaplanmıştır.

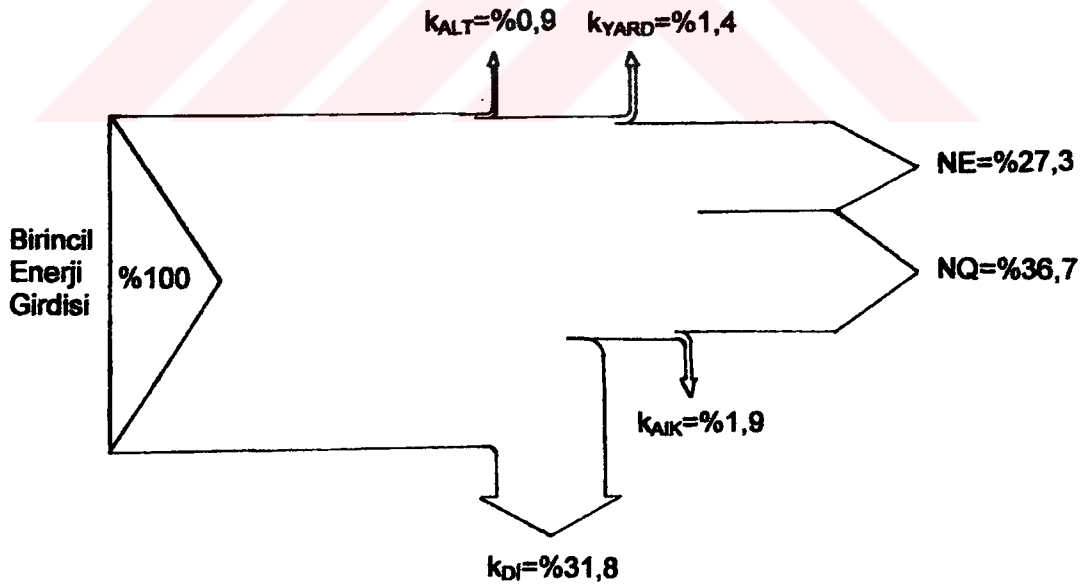
6.5. Sayısal Uygulamalara Ait Sankey Diagramları



Şekil 6. 1: Otto gaz motorunu içeren bileşik elektrik ve ısı sistemine ait Sankey diyagramı

k_{ALT} = alternatör kaybı
k_{AIK} = atık ısı kazanı kaybı

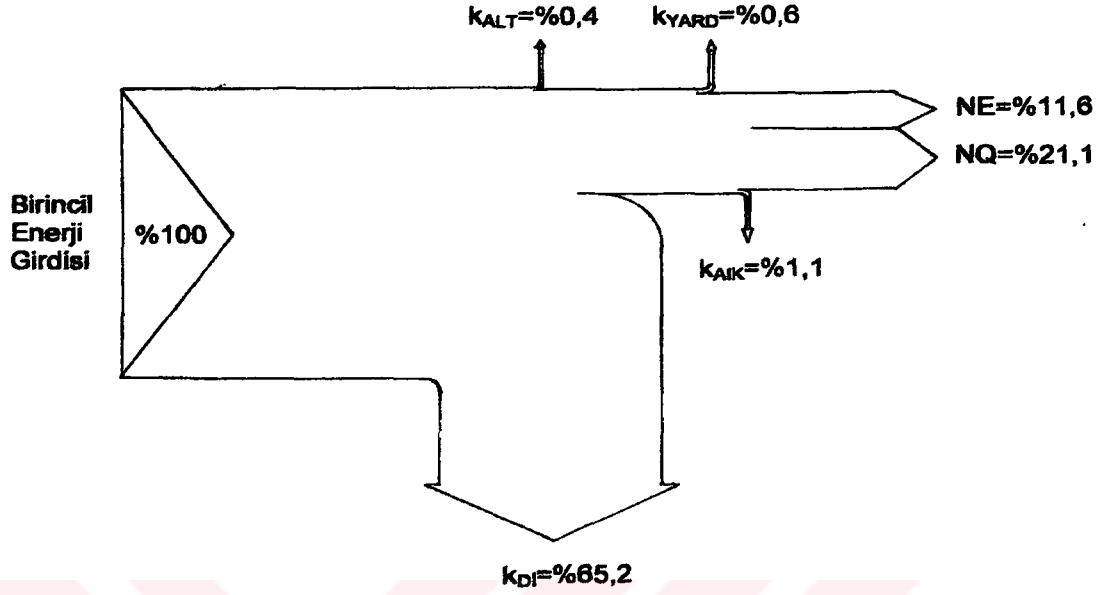
k_{YARD} = yardımcı yükler kaybı
k_{DI} = diğer kayıplar



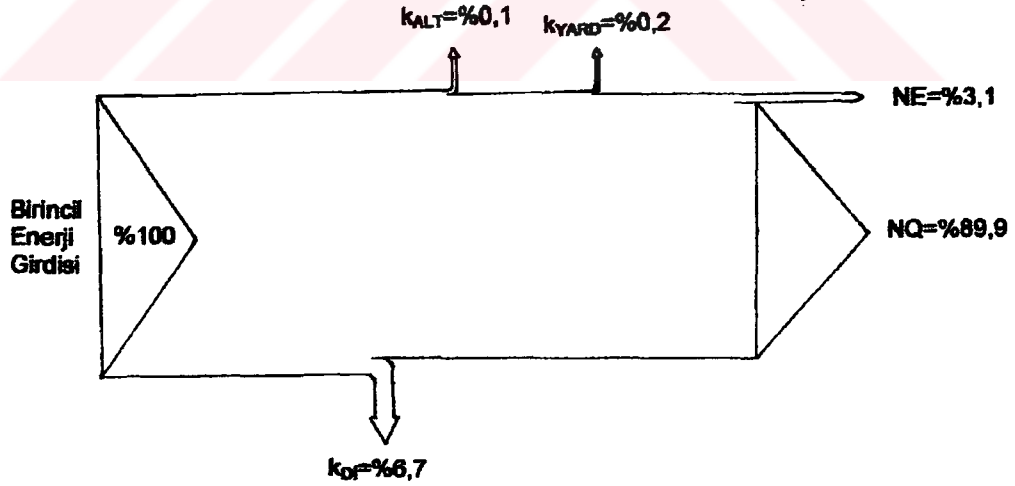
Şekil 6. 2: Brayton gaz türbini içeren bileşik elektrik

ve ısı sistemine ait Sankey diyagramı

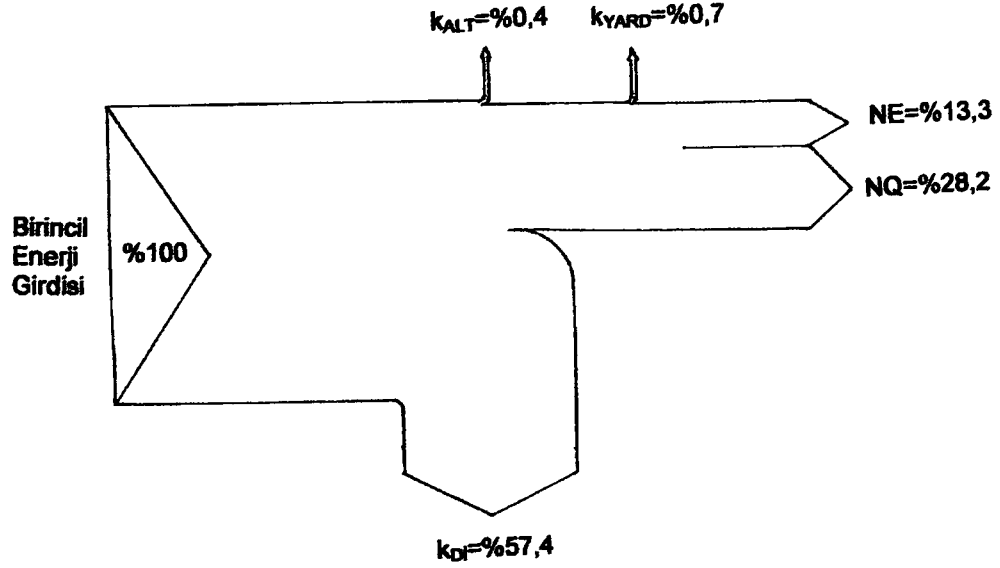
Şekildeki simgelerin açıklaması: k_{ALT} = Alternatör kaybı k_{YARD} = Yardımcı yükler kaybı
 k_{AIK} = Atık ısı kazanı kaybı k_{DI} = Diğer kayıplar



Şekil 6. 3: Rankine buhar türbini çevrimiyle elektrik üretimi ve ayrı konvansiyonel buhar kazanıyla ısı üretimine ait sankey diyagramı.

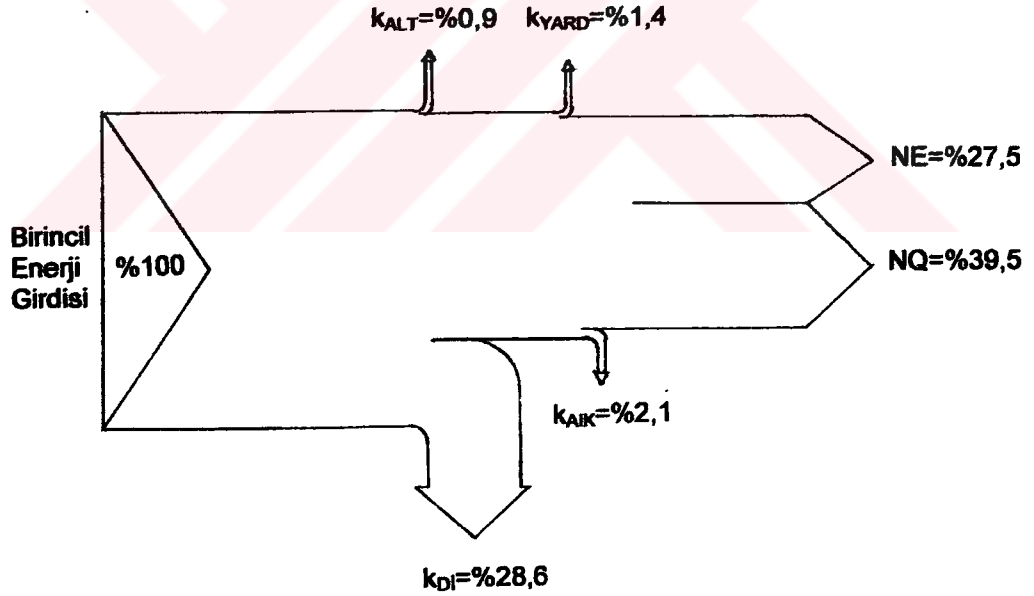


Şekil 6. 4: Karşı basınçlı buhar türbini çevrimini içeren bileşik elektrik ve ısı sistemine ait Sankey diyagramı



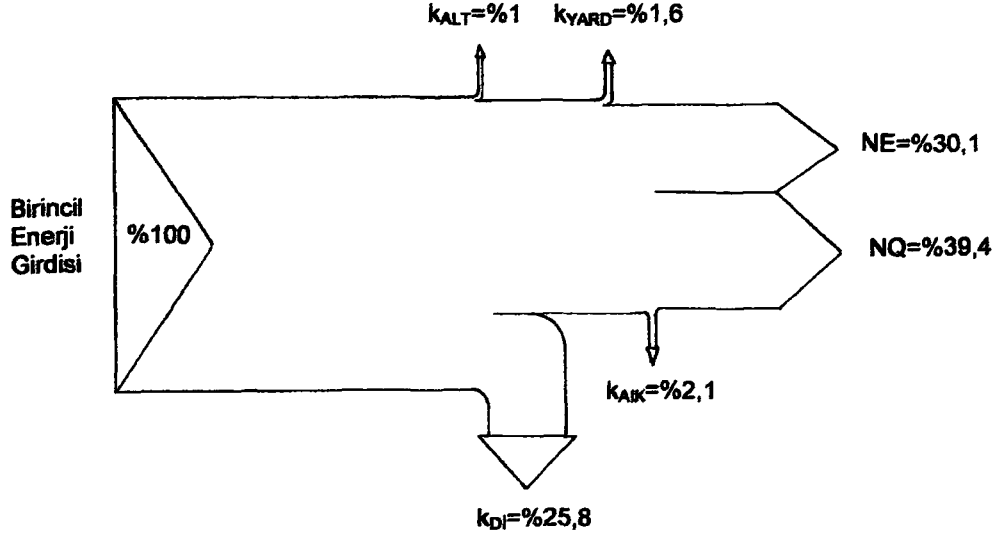
Şekil 6. 5: Ara buhar almalı buhar türbini çevrimini içeren

bileşik elektrik ve ısı sistemine ait Sankey diyagramı



Şekil 6. 6: Kombine gaz türbini ve karşı basınçlı buhar türbini

içeren bileşik elektrik ve ısı sistemine ait sankey diyagramı



Şekil 6. 7: Kombine gaz türbini ve ara buhar almalı buhar türbini

içeren bileşik elektrik ve ısı sistemine ait Sankey diyagramı

6.6. Tekstil Fabrikası İçin Yapılan Sayısal Program Sonuçlarının Yorumlanması

Bu bölümde, bölüm 6.1, 6.2, 6.3 ve 6.4' teki sonuçlar yorumlanacaktır.

Çizelge 6.1.' de toplu olarak gösterilen bu sonuçlar ve bunların elde edilmesinde kullanılan önemli program giriş parametreleri baz alınarak, entegre tekstil fabrikası için en uygun B.E.I.S.' nin belirlenmesine çalışılacaktır.

6.6.1. Tekstil fabrikası için elektrik şebekesinden elektrik ve konvansiyonel buhar kazanından buhar temini koşullarındaki teknik ve ekonomik uygunluk

Çizelge 6.1' deki sonuçlara göre; "elektrik şebekesinden elektrik ve konvansiyonel buhar kazanından buhar temini" yöntemi; içerisinde herhangi bir enerji tasarrufunu barındırmadığından, yani tamamen yatırım ve işletme giderlerine dayandığından, bu yöntemle sistem seçicisi (yatırımcı, mühendis vb.) "enerji maliyetleri açısından" ve NPV hesap yöntemine göre; - 1 516 211 US\$'lik bir giderle karşı karşıyadır. NPV değeri negatif çıkınca doğal olarak IRR hesaplanamamakta ve IRR değeri için zarar gösteren -%1 sonucu çıkmaktadır. Yatırımcı, elbette bu yatırım zararını, tekstil ürünleri üzerinden maliyete dahil edip kâra dönüştürecektir. Ancak, yenilenmiş ve doğru seçilmiş B.E.I.S. teknolojileri sayesinde, yatırımcı, bir yandan enerji tüketirken, diğer yandan konvansiyonel sisteme

göre, ekonomik açıdan kâra, teknik açıdan ise kaliteye (enerji sürekliliği, gerilim sabitliği, frekans sabitliğine) erişme imkanına sahip olacaktır. Ekli bölümlerde (bölüm 6.4.2. – bölüm 6.4.9.), seçenek olarak sunulan; 8 farklı B.E.I.S.'nin ekonomik açıdan kârlılığı ve teknik açıdan olumlu ve olumsuz yönler irdelenmiştir.

6.6.2. Tekstil fabrikası için gaz motoru (1) B.E.I. sisteminden enerji temini koşullarındaki teknik ve ekonomik uygunluk

Çizelge 6.1.' de görüldüğü üzere gaz motoru (1) B.E.I.S.' de net elektrik üretim gücü 6911 kW_e hesaplanmıştır. Bu güç, tekstil fabrikasının elektrik ihtiyacını karşılamak için yeterlidir. Gaz motoru ünitesinden elde edilen yararlı ısı, sadece 7.237 kW_{ter}' dir. Dolayısıyla bu B.E.I.S. türünde üretilen ısı miktarı, örnek fabrikanın ısı ihtiyacını karşılayabilecek durumda değildir.

Bunun sonucunda; tekstil fabrikasının ısı ihtiyacını tümüyle karşılayabilmek için "ek yanma" gerekmektedir. Bu gibi durumlarda gaz motorlarının egzoz gaz çıkış kanalına "kanal yakıcı brülör" konulmakta ve ek doğal gaz yakılması yöntemiyle, tekstil fabrikasının proses ısı ihtiyacı (11.983kW_{ter}) karşılanabilmektedir. Ancak ek yanma, ek doğal gaz tüketimi gerektiğinden sistemin net elektrik üretim verimi %30,4 ve net yararlı ısı üretim verimi %53 olmaktadır. Dolayısıyla toplam yararlı enerji üretim verimi; birincil enerjinin %83,4' ü düzeyinde gerçekleşmektedir. E, tanıma sayıları irdelendiğinde; tekstil prosesi için $E_{Proses} = 0,47$ iken, B.E.I.S. için $E = 0,58$ olduğunda; 1232 kW (Çizelge 6.7) elektrik üretim fazlası dikkat çekmekte, dolayısıyla elektrik şebekesine elektrik enerjisi satışı zorunlu olmaktadır.

Söz konusu gaz motoru (1) B.E.I.S. çözümünün ekonomik fizibilitesine baktığımızda ise; NPV (bugünkü net değer) hesap yöntemine göre; + 2 640 655.- US\$'lik bir getiri sağlanmaktadır. IRR hesap yöntemine göre ise, IRR = % 41,7' lik bir iç getiri oranı karşımıza çıkmaktadır. Elde edilen sonuçlara göre, ekonomik ve teknik açıdan gaz motoru (1) B.E.I.S. seçeneğinin uygun çözümlerden biri olduğunu söyleyebiliriz.

6.6.3. Tekstil fabrikası için gaz türbini (1) B.E.I. sisteminden enerji temini koşullarındaki teknik ve ekonomik uygunluk

Çizelge 6.1.' de görüldüğü üzere gaz türbini (1) B.E.I.S.' de net elektrik üretim gücü 5864 kW_e hesaplanmıştır. Bu güç, tekstil fabrikasının elektrik ihtiyacını karşılamak için

yeterlidir. Gaz türbini ünitesinden elde edilen yararlı ısı, sadece $8632 \text{ kW}_{\text{ter}}$ ' dir. Dolayısıyla bu B.E.I.S. türünde üretilen ısı miktarı, örnek fabrikanın ısı ihtiyacını karşılayabilecek durumda değildir.

Bunun sonucunda, tekstil fabrikasının ısı ihtiyacının tümünü karşılayabilmek için "ek yanma" gerekmektedir. Bu gibi durumlarda gaz türbini egzoz gaz çıkış kanalına " kanal yakıcı brülör" konulmakta ve ek doğal gaz yakılması yöntemiyle, tekstil fabrikasının proses ısı ihtiyacı ($11.983 \text{ kW}_{\text{ter}}$) karşılanabilmektedir. Ancak ek yanma, ek doğal gaz tüketimi gerektiğinden sistemin net elektrik üretim verimi %24,6 ve yararlı net ısı üretim verimi %50,3 olmaktadır. Dolayısıyla toplam yararlı enerji üretimi verimi birincil enerjinin %74,9' u düzeyinde gerçekleşmektedir. E, tanıma sayıları irdelendiğinde; tekstil prosesi için $E_{\text{Proses}} = 0,47$ iken, B.E.I.S. için $E = 0,49$ olduğundan; 184 kW 'lik (Çizelge 6.8) küçük bir miktarda elektrik üretim fazlası dikkat çekmekte ve dolayısıyla elektrik şebekesine elektrik enerjisi satışı zorunlu olmaktadır.

Söz konusu gaz türbini (1) B.E.I.S. çözümünün ekonomik fizibilitesine baktığımızda ise; NPV (bugünkü net değer) hesap yöntemine göre; $+ 2\ 081\ 651.- \text{ US\$}$ 'lik bir getiri sağlanmaktadır. IRR hesap yöntemine göre ise, $\text{IRR} = \% 39,6'$ lık bir iç getiri oranı karşımıza çıkmaktadır. Elde edilen sonuçlara göre, ekonomik ve teknik açıdan gaz türbini (1) B.E.I.S. seçeneğinin uygun çözümlerden biri olduğunu söyleyebiliriz.

6.6.4. Tekstil fabrikası için gaz motoru (2) B.E.I. sisteminden enerji temini koşullarındaki teknik ve ekonomik uygunluk

Çizelge 6.1.' de görüldüğü üzere gaz motoru (2); B.E.I.S. üzerinden, tekstil prosesinin ısı tüketimini ($P_Q = 11983 \text{ kW}_{\text{ter}}$), Q_{KOJEN} üzerinden, ek yanma olmadan, karşılayacak şekilde tasarlanmıştır. Buna göre net elektrik üretim gücü 15550 kW_e hesaplanmıştır. Bu güç tekstil fabrikasının elektrik tüketimini ($P_E = 5679 \text{ kW}_e$) karşılamak için yeterlidir. Hatta bunun çok üzerindedir. Bu koşullarda sistemin net elektrik üretim verimi %38,9 ve net yararlı ısı üretim verimi %30 olmaktadır. Dolayısıyla toplam yararlı enerji üretimi verimi; birincil enerjinin %68,9' u düzeyinde gerçekleşmektedir.

E, tanıma sayıları irdelendiğinde; tekstil prosesi için $E_{\text{Proses}} = 0,47$ iken, B.E.I.S. için $E = 1,3$ olduğundan; 9871 kW (Çizelge 6.10) elektrik üretim fazlası elektrik şebekesine elektrik enerjisi ihracı zorunlu olmaktadır.

Bu oranda ihraç edilen elektrik enerjisinin şebekeye satışı, Mart 2001' de yürürlüğe giren 4628 sayılı elektrik piyasası kanunu gereği; ancak otoprodüktör grup dahilinde satışı şeklinde olabilmektedir. Çünkü yeni kanun, elektrik şebekesine, üretim fazlası elektrik enerjisinin satışını, yıllık enerji üretiminin en fazla 20% ile sınırlandırmaktadır. Bu husus, sistem seçicisi açısından, elektrik enerjisi fazlasının satış garantisiyle ilgili olarak önemli bir risk oluşturmaktadır.

Söz konusu gaz motoru (2) B.E.I.S. çözümünün ekonomik fizibilitesine baktığımızda ise; NPV (bugünkü net değer) hesap yöntemine göre; + 8 852 690.- US\$'lik bir getiri sağlanmaktadır. IRR hesap yöntemine göre ise, IRR = % 61,7' lik bir iç getiri oranı karşımıza çıkmaktadır. Elde edilen sonuçlara göre, ekonomik ve teknik açıdan gaz motoru (2) B.E.I.S. seçeneğinin uygun çözümlerden biri olduğunu söyleyebiliriz.

6.6.5. Tekstil fabrikası için gaz türbini (2) B.E.I. sisteminden enerji temini koşullarındaki teknik ve ekonomik uygunluk

Çizelge 6.1.' de görüldüğü üzere gaz türbini (2); B.E.I.S. üzerinden, tekstil prosesinin ısı tüketimini ($P_Q = 11983 \text{ kW}_{\text{ter}}$), Q_{KOJEN} üzerinden, ek yanma olmadan, karşılayacak şekilde tasarlanmıştır. Buna göre net elektrik üretim gücü 7129 kW_e hesaplanmıştır. Bu güç tekstil fabrikasının elektrik tüketimini ($P_E=5679 \text{ kW}_e$) karşılamak için yeterlidir. Hatta bunun üzerindedir. Bu koşullarda sistemin net elektrik üretim verimi %26,8 ve net yararlı ısı üretim verimi %45,1 olmaktadır. Dolayısıyla toplam yararlı enerji üretimi verimi; birincil enerjinin %71,9' u düzeyinde gerçekleşmektedir.

E, tanıma sayıları irdelendiğinde; tekstil prosesi için $E_{\text{Proses}} = 0,47$ iken, B.E.I.S. için $E = 0,59$ olduğundan; 1450 kW (Çizelge 6.11) elektrik üretim fazlası elektrik şebekesine elektrik enerjisi ihracı zorunlu olmaktadır.

Bu oranda ihraç edilen elektrik enerjisinin şebekeye satışı, Mart 2001' de yürürlüğe giren 4628 sayılı elektrik piyasası kanunu gereği tam sınırdaki bir miktardır. Çünkü yeni kanun, elektrik şebekesine, üretim fazlası elektrik enerjisinin satışını, yıllık enerji üretiminin en fazla 20% ile sınırlandırmaktadır. 1450 kW 'lik üretim fazlası elektrik gücü, üretimin yaklaşık %20' sine karşılık geldiğinden, buna ait yıllık ortalamanın, yıllık üretimin yine

%20' sine eşit olacağı varsayımında bulunarak; sistem seçicisi için, elektrik enerjisi fazlasının satış garantisiyle ilgili önemli bir riskin olmadığını söyleyebiliriz.

Söz konusu gaz türbini (2) B.E.I.S. çözümünün ekonomik fizibilitesine baktığımızda ise; NPV (bugünkü net değer) hesap yöntemine göre; + 5 504 040.- US\$'lik bir getiri sağlanmaktadır. IRR hesap yöntemine göre ise, $IRR = \%75,4$ ' lik bir iç getiri oranı karşımıza çıkmaktadır. Elde edilen sonuçlara göre, ekonomik ve teknik açıdan gaz türbini (2) B.E.I.S. seçeneğinin uygun çözümlerden biri olduğunu söyleyebiliriz.

6.6.6. Tekstil fabrikası için rankine buhar türbini ve konvansiyonel ısı kazanından ısı temini yöntemine göre çalışan B.E.I. sisteminden enerji temini koşullarındaki teknik ve ekonomik uygunluk

Çizelge 6.1.' de görüldüğü üzere rankine buhar türbini ve konvansiyonel ısı kazanı B.E.I.S.' de net elektrik üretim gücü 5680 kW_e hesaplanmıştır. Bu güç tekstil fabrikasının elektrik ihtiyacını karşılamak için yeterlidir. Kendi içerisinde kapalı bir çevrim özelliğini taşıyan Rankine BT çevriminde, buhar türbinindeki güç üretiminden sonra buhar; kondenserde (hava soğutmalı kule veya su soğutmalı soğutma kulesi üzerinden) yoğunlaştırılmaktadır. Yani reel anlamda ana tahrik makinesinin atık ısı geri kazanımının kullanımı söz konusu değildir. Bu özellik sebebiyle Rankine BT; bileşik elektrik ve ısı üretimi felsefesine de tam uymamaktadır. Fabrikanın ısı ihtiyacı, konvansiyonel ısı (buhar) kazanı üzerinden ayrıca üretilmektedir. Yani ek bir ısı maliyeti oluşmaktadır. Sistemin net elektrik üretim verimi %14,8 net yararlı ısı üretim verimi %25,5 ve dolayısıyla toplam yararlı enerji üretimi verimi birincil enerjinin %31,8 düzeyinde gerçekleşmektedir.

E, tanıma sayıları irdelendiğinde; tekstil prosesi için $E_{Proses} = 0,47$ iken, B.E.I.S. için $E = 0,47$ olduğundan bunların örtüştüğü dikkat çekmektedir. Bu durumda herhangi bir elektrik üretim fazlası oluşmamakta, dolayısıyla elektrik şebekesine elektrik enerjisi satışı zorunlu olmamaktadır.

Söz konusu rankine buhar türbini B.E.I.S. çözümünün ekonomik fizibilitesine baktığımızda ise; NPV (bugünkü net değer) hesap yöntemine göre; - 17 017 082.-US\$'lik bir gider (zarar) oluşmaktadır. NPV değeri negatif olunca, doğal olarak IRR hesaplanamadığından, IRR değeri için zararı gösteren -%1 sonucu çıkmaktadır. Bu koşullar altında Rankine BT ve

Konvansiyonel Isı Kazanı B.E.I.S.'nin örnek tekstil fabrikası için uygun çözüm olamayacağı sonucuna varılmaktadır.

Rankine BT ve Konvansiyonel Isı Kazanı B.E.I.S.' ler genelde 500 MW_e' ın üzerinde ve daha ucuz bir yakıt türü olan kömürle ekonomik olmakta, veya çöp yakma, biomass yakma (zeytin çekirdeği, ay çiçeği çekirdeği) gibi katı atık yok etme tesislerinde üretilen buharla, 50 – 300MW_e' lik elektrik üretim kapasitelerinde, uygun ekonomik çözüm olarak karşımıza çıkabilmektedir.

6.6.7. Tekstil fabrikası için kombine gaz türbini ve rankine buhar türbini ve konvansiyonel ısı kazanından ısı temini yöntemine göre çalışan B.E.I. sisteminden enerji temini koşullarındaki teknik ve ekonomik uygunluk

Çizelge 6.1.' de görüldüğü üzere Kombine Gaz Türbini ve Rankine BT ve Konvansiyonel Isı Kazanı B.E.I.S.' de net elektrik üretim gücü 6.182 kW_e hesaplanmıştır. Bu güç, tekstil fabrikasının elektrik ihtiyacını karşılamak için yeterlidir. Kendi içerisinde kapalı bir çevrim özelliğini taşıyan kombine gaz türbini ve rankine BT çevriminde, buhar türbinindeki güç üretiminden sonra buhar; kondenserde (hava soğutmalı kule veya su soğutmalı soğutma kulesi üzerinden) yoğunlaştırılmaktadır. Yani reel anlamda ana tahrik makinesinin atık ısı geri kazanımının kullanımı söz konusu değildir. Bu özellik sebebiyle bu B.E.I.S. türü; bileşik elektrik ve ısı üretimi felsefesine de tam uymamaktadır. Fabrikanın ısı ihtiyacı, konvansiyonel ısı (buhar) kazanı üzerinden ayrıca üretilmektedir, yani ek bir ısı maliyeti oluşmaktadır. Sistemin net elektrik üretim verimi %21,9 net yararlı ısı üretim verimi %42,4 ve dolayısıyla toplam yararlı enerji üretimi verimi birincil enerjinin %64,6' sı düzeyinde gerçekleşmektedir. E, tanıma sayıları irdelendiğinde; tekstil prosesi için $E_{\text{Proses}} = 0,47$ iken, B.E.I.S. için $E = 0,52$ olduğundan, 503 kW'lik (Çizelge 6.14) bir miktarda elektrik üretim fazlası dikkat çekmekte ve dolayısıyla elektrik şebekesine elektrik enerjisi satışı zorunlu olmaktadır.

Söz konusu kombine gaz türbini ve rankine buhar türbini B.E.I.S. çözümünün ekonomik fizibilitesine baktığımızda ise; NPV (bugünkü net değer) hesap yöntemine göre;

- 11.642.595.-US\$'lik bir gider (zarar) oluşmaktadır. NPV değeri negatif olunca, doğal olarak IRR hesaplanamadığından, IRR değeri için zararı gösteren -%1 sonucu çıkmaktadır. Bu koşullar altında kombine gaz türbini ve rankine buhar türbini B.E.I.S. ve konvansiyonel

ısı kazanı B.E.I.S.'nin örnek tekstil fabrikası için uygun çözüm olamayacağı sonucuna varılmaktadır.

6.6.8. Tekstil fabrikası için karşı basınçlı buhar türbini B.E.I. sisteminden enerji temini koşullarındaki teknik ve ekonomik uygunluk

Çizelge 6.1.' de görüldüğü üzere Karşı Basınçlı Buhar Türbini B.E.I.S.' de net elektrik üretim gücü sadece 412 kW_e olurken, ısı üretim gücü 11983 kW_{ter} olmaktadır. Bu sistemde buhar, bir kazanda önce 2,5 MPa ve 300°C şartlarına kızdırılmakta, sonra buhar türbinine gönderilmektedir. Türbine giren buhar miktarının, ısı prosesinin buhar miktarıyla ve prosese ait karşı buhar basıncıyla (1,1 MPa) sınırlı olmasından ötürü, elektrik üretim gücünde buna bağlı kısıtlı olmaktadır. Bu güç, tekstil fabrikasının elektrik ihtiyacını karşılamak için yeterli değildir. Elektrik şebekesinden ilave enerji çekilmesi gereklidir. Aynı husus, E tanıma sayılarına bakılarak da anlaşılabilmektedir. Buna göre; tekstil prosesi için $E_{\text{Proses}} = 0,47$ iken, B.E.I.S. için $E = 0,02$ olduğundan, elektrik şebekesinden 5267 kW_e elektrik gücü çekilmesi zorunlu olmaktadır. Bu teknik bağımlılığa rağmen, karşı basınçlı buhar türbininin, kimi uygulamalarda olumlu olarak yorumlanabilecek özelliği; toplam yatırım tutarının çok fazla olmaması (893.495.-US\$) ve çevrimdeki toplam net yararlı enerji üretimi veriminin % 95,2 gibi yüksek bir değerde olmasıdır. Karşı basınçlı buhar türbini B.E.I.S.' nin elektrik verimi sadece % 3,2' dir. Ancak buna karşılık, yararlı ısı üretimi verimi % 92' dir. Bu çözümün ekonomik fizibilitesine baktığımızda, NPV hesap yöntemine göre; + 522.106.-US\$'lik bir getiri sağlanmaktadır. IRR hesap yöntemine göre ise karşımıza; IRR = % 47,0' lık bir iç getiri oranı çıkmaktadır. Teknik açıdan, bu seçenek, örnek tekstil fabrikasının elektrik ihtiyacını karşılamasa da, ısı ihtiyacını karşılamakta, düşük toplam kuruluş maliyeti ve yüksek toplam verimi sayesinde uygun çözümlerden biri sınıfına girebilmektedir. Ancak elektrik kesintilerinin yüksek, elektrik kalitesinin düşük olduğu günümüz Türkiye' sinin enerji ortamında; karşı basınçlı buhar türbini B.E.I.S. ekonomik uygunluğu olan ve ancak kısıtlı bir teknik çözüm getiren bir seçenek olarak karşımızda durmaktadır.

Önümüzdeki 10 yıl içerisinde, verimlilik ve süreklilik ilkelerine dayalı enerji politikalarının, gelişmesi neticesinde, elektrik fiyatlarının Avrupa' daki seviyeye düşmesiyle, Karşı Basınçlı B.E.I.S. seçeneği, sistem seçicisi açısından, bu örnek tekstil fabrikası için, aslında en uygun bileşik elektrik ve ısı yöntemi olma özelliğine sahiptir.

6.6.9. Tekstil fabrikası için ara buhar almalı buhar türbini B.E.I. sisteminden enerji temini koşullarındaki teknik ve ekonomik uygunluk

Çizelge 6.1.' de görüldüğü üzere Ara Buhar Almalı Buhar Türbini B.E.I.S.' de net elektrik üretim gücü 5.699 kW_e hesaplanmıştır. Bu güç, tekstil fabrikasının elektrik ihtiyacını karşılamak için yeterlidir. Sistemde buhar; 2,5 MPa basınç ve 300°C sıcaklık koşullarında üretildikten sonra, yüksek basınç türbinine 14,99 kg/s' lik bir debide girmektedir. Ara buhar kademesinde prosesin ihtiyacı olan 4,59 kg/s buhar, 1,1 MPa' lık proses buhar basıncı şartlarında çekilmekte ve geri kalan buhar (10,4 kg/s); buhar türbininin düşük basınç kademesine girmektedir. Yüksek basınç kademesinde sağlanabilen elektrik üretim gücü, yetersiz kaldığından buhar, düşük buhar basınçlı kademeye girmekte ve hedeflenen elektrik üretimi bu şekilde sağlanmaktadır. Ara buhar almalı buhar türbinli B.E.I.S.' nin net elektrik üretim verimi % 13,1 yararlı ısı üretim verimi % 27,5 ve dolayısıyla toplam yararlı enerji üretimi verimi birincil enerjinin %40,6' sı düzeyinde gerçekleşmektedir. E, tanıma sayıları irdelendiğinde; tekstil prosesi için $E_{\text{proses}} = 0,47$ iken, B.E.I.S. için $E = 0,48$ olduğundan, 20kW'lik (Çizelge 6.13) çok küçük bir miktarda elektrik üretim fazlasının elektrik şebekesine satışı zorunlu olmaktadır. Bu sistemin ekonomik fizibilitesine baktığımızda, NPV hesap yöntemine göre; - 10.285.506.-US\$'lik bir gider (zarar) oluşmaktadır. NPV değeri negatif olunca, doğal olarak IRR hesaplanamadığından, IRR değeri için zararı gösteren -% 1 sonucu çıkmaktadır. Bu koşullar altında ara buhar almalı buhar türbini B.E.I.S.'nin örnek tekstil fabrikası için uygun çözüm olamayacağı sonucuna varılmaktadır.

6.6.10. Tekstil fabrikası için kombine gaz türbini ve karşı basınçlı buhar türbini B.E.I. sisteminden enerji temini koşullarındaki teknik ve ekonomik uygunluk

Çizelge 6.1.' de görüldüğü üzere Kombine Gaz Türbini ve Karşı Basınçlı Buhar Türbini B.E.I.S.' de net elektrik üretim gücü 7.569 kW_e' dir. Bu kapasite, ihtiyacın (PE = 5.679 kW_e) çok üzerinde olduğundan, elektrik enerjisi fazlasının (1890 kW_e) elektrik şebekesine satışı gerekmektedir. (Çizelge 6.13). Sistemde, gaz türbininin atık ısı kazanı üzerinden 2,5 MPa 300°C şartlarında buhar elde edilmekte ve bir karşı basınçlı buhar türbinine gönderilmektedir. Karşı basınçlı buhar türbininde genleşen buhar, prosese 1,1 MPa basınç şartlarında verilmekte, proseste yoğunlaşarak, kapalı buhar çevrimi tamamlanmaktadır. Burada kondansasyon, tekstil fabrikasının prosesinde gerçekleşmektedir. Gaz türbininin elektrik

veriminin üzerine, karşı basınçlı buhar türbininin elektrik verimi eklenince; kombine elektrik verimi net % 29,4 kombine ısı verimi net % 46,5 dolayısıyla toplam yararlı enerji üretimi verimi birincil enerjinin %75,9' u düzeyinde gerçekleşmektedir. E, tanıma sayıları irdelendiğinde; tekstil prosesi için $E_{\text{Proses}} = 0,47$ iken, B.E.I.S. için $E = 0,63$ dir. Bu çözümün ekonomik fizibilitesine baktığımızda, NPV hesap yöntemine göre; +3.508.067.- US\$'lik bir getiri sağlanmaktadır. IRR hesap yöntemine göre ise karşımıza; $IRR = \% 37,9'$ luk bir iç getiri oranı çıkmaktadır. Bu sonuçlar bize kombine gaz türbini ve karşı basınçlı buhar türbini B.E.I.S.'nin teknik ve ekonomik anlamda uygun seçeneklerden biri olduğunu göstermektedir.

Enerji üretimi açısından örnek fabrikanın ihtiyaçlarını karşılayabilen bu seçenek, kombine yatırım maliyetinin gaz motoru ve gaz türbinine göre daha yüksek olmasından dolayı, bu kapasitelerde ($< 20 \text{ MW}_e$), gaz motoru veya gaz türbini B.E.I.S. seçenekleri ön plana çıkmaktadır.

6.6.11. Tekstil fabrikası için kombine gaz türbini ve ara buhar almalı buhar türbini B.E.I. sisteminden enerji temini koşullarındaki teknik ve ekonomik uygunluk

Çizelge 6.1.' de görüldüğü üzere kombine gaz türbini ve ara buhar almalı buhar türbini B.E.I.S.' de net elektrik üretim gücü 7.706 kW_e dir. Bu kapasite, ihtiyacın ($P_E = 5.679 \text{ kW}_e$) üzerinde olduğundan, elektrik enerjisi fazlasının (2027 kW_e) elektrik şebekesine enerji satışı gerekmektedir. (Çizelge 6.14). Sistemde, gaz türbini atık ısı kazanı üzerinden $2,5 \text{ MPa}$ ve 300°C şartlarında buhar elde edilmekte, bir ara buhar almalı buhar türbininin önce, yüksek basınçlı kısmına, sonra ise, düşük basınçlı buhar türbini kısmına gönderilmektedir. Ara buhar kademesinden, ısı prosesi için gerekli olan termodinamik özelliklere sahip buhar ($11983 \text{ kW}_{\text{ter}}$) çekilmektedir. Ara buhar kısmından çekilen buharın yoğunlaştırılması, tekstil fabrikasının prosesinde gerçekleşirken, düşük basınçlı buhar türbini kısmına giren buharın yoğunlaştırılması, kondenserde yapılmaktadır. Gaz türbini elektrik verimine, ara buhar almalı buhar türbininin elektrik verimi eklenince; kombine elektrik verimi net % 29,9 ve kombine ısı verimi net %46,9 dolayısıyla toplam yararlı enerji üretimi verimi birincil enerjinin %76,4' ü düzeyinde gerçekleşmektedir. E, tanıma sayıları irdelendiğinde; tekstil prosesi için $E_{\text{Proses}} = 0,47$ iken, B.E.I.S. için $E = 0,64$ dir. Bu çözümün ekonomik fizibilitesine baktığımızda, NPV hesap yöntemine göre; + 3.550.729.- US\$'lik bir getiri sağlanmaktadır. IRR hesap yöntemine göre ise karşımıza; $IRR = \% 37,7'$

lik bir iç getiri oranı çıkmaktadır. Bu sonuçlar bize kombine gaz türbini ve ara buhar almalı buhar türbini B.E.I.S.'nin teknik ve ekonomik anlamda uygun seçeneklerden biri olduğunu göstermektedir.

Enerji üretimi açısından örnek fabrikanın ihtiyaçlarını karşılayabilen bu seçenek, kombine yatırım maliyetinin gaz motoru ve gaz türbinine göre daha yüksek olmasından dolayı, bu kapasitelerde ($< 20 \text{ MW}_e$), gaz motoru veya gaz türbini B.E.I.S. seçenekleri, burada da ön plana çıkmaktadır.

6.6.12. Sayısal uygulamalara ait sonuçların yorumlanması

Sayısal uygulamalarda üretim özellikleri verilmiş örnek bir tekstil fabrikasının elektrik ve ısı ihtiyaçları belirlenerek, buna uygun B.E.I.S. seçenekleri hesaplanmıştır. Bu nedenle, burada yazacağım yorum bu özelliklerdeki fabrikalar için geçerlidir. Daha farklı elektrik ve ısı gücü ihtiyaçları olan fabrika uygulamaları için, programın yeni şartlarla yeniden çalıştırılması ve sonuçların yeniden irdelenmesi gerekecektir.

Sayısal uygulamaya ait sonuçları yorumladığımızda, genel olarak gaz motoru (1), gaz türbini (1), gaz motoru (2), gaz türbini (2), karşı basınçlı buhar türbini, kombine gaz türbini ve ara buhar almalı buhar türbini, kombine gaz türbini ve karşı basınçlı buhar türbini, türündeki B.E.I. Sistemlerinin, gerek teknik açıdan (fabrikanın enerji ihtiyacını karşılaması bakımından), gerekse ekonomik açıdan uygun çözümler olduğunu söyleyebiliriz. Genel bir ekonomik kural olarak; fizibilitelere iç getiri oranının, borçlanma maliyetinin iki katı olduğu durumlarda, yatırımın yapılması uygun olmaktadır. Yukarıda saydığımız yedi adet farklı B.E.I.S. seçeneği, borçlanma maliyeti olarak kabul edilen %10' luk faizin iki katının üzerinde IRR değerlerine sahip olduğundan; bunların tümünün uygun çözümler olduğu sonucuna varılmıştır. Buna karşılık diğer üç B.E.I.S. seçeneği olan (a) Rankine buhar türbini ve konvansiyonel buhar kazanı B.E.I.S. , (b) kombine gaz türbini ve Rankine buhar türbini + konvansiyonel buhar kazanı, (c) ara buhar almalı buhar türbini, B.E.I.S. seçeneklerinin; ekonomik uygulanabilirliği olmadığından, doğru seçenek olmadığını, NPV ve IRR sayılarının negatif çıkmasından yararlanarak, belirlemiş bulunmaktayız.

Uygun olarak görülen yedi adet B.E.I.S.'nin arasında bir karşılaştırma yaptığımızda, dikkat çeken en önemli husus, elektrik verimi yüksek olan çözümlerin daha kârlı olmasıdır.

Bu genellemenin dışına çıkabilen tek B.E.I. sistem türü; karşı basınçlı buhar türbini (KBBT)' dir. Ancak KBBT' nin 412 kW_e'lik kısıtlı elektrik üretim kabiliyetiyle, örnek tekstil fabrikasının, elektrik enerjisi ihtiyacını karşılayamadığı dikkate alınır, bu seçenek için ayrı bir yorumlama yapılması zorunluluğu doğmuştur.

Söz konusu yedi adet B.E.I.S. için IRR (iç getiri oranı) cinsinden bir sıralama yaptığımızda karşımıza şöyle bir tablo çıkmaktadır:

Çizelge 6. 2 : Örnek tekstil fabrikasının enerji ihtiyacına göre tasarlanan yedi farklı B.E.I.S.' nin IRR cinsinden sıralaması.

1. Gaz türbini (2) B.E.I.S.	: IRR _{GT} = %75,4
2. Gaz motoru (2) B.E.I.S.	: IRR _{GM} = %59,5
3. Karşı basınçlı buhar türbini B.E.I.S.	: IRR _{KBBT} = %47,0
4. Gaz motoru (1) B.E.I.S.	: IRR _{GM} = %41,7
5. Gaz türbini (1) B.E.I.S.	: IRR _{GT} = %39,6
6. Kombine gaz türbini ve karşı basınçlı buh. türbini B.E.I.S.	: IRR _{KGTKBBT} = %37,9
7. Kombine gaz türbini ve ara buhar almalı buh. türbini B.E.I.S.	: IRR _{KABABT} = %37,7

Elektrik verimi yüksek seçeneklerin daha kârlı olması, teknolojik ve ekonomik açıdan doğal bir sonuçtur. Bu hususu teknolojik açıdan yorumladığımızda, dünyadaki karşılaştırma kıstası olarak kabul ettiğimiz elektrik şebekelerinin enerjileri; çoğunlukla ya fosil yakıtlardan elde edilmekte, ya da dolaylı olarak fosil yakıt fiyatlarına endeksli, birincil enerji kaynaklarından üretilmektedir. Kapasite olarak 300 MW_e'nin üzerindeki "büyük elektrik üretim santrallerine" ait ortalama elektrik üretim verimlerinin Türkiye' de %28 - %40 (Avrupa' da ise %40 - %50) olduğu dikkate alınır, bu tip büyük santrallerden, Türkiye' de, atık ısının şehir veya endüstrinin ısı kullanımına sunulmadığını, (*) nedenle ekonomik bir kayıp oluştuğu göz önünde bulundurulursa; "büyük santrallerin" ekonomik açıdan, B.E.I.S.' lerle rekabet edemeyeceği sonucuna varılmaktadır.

(*) Türkiye, şehirleşme sürecindeki alt yapı eksikliği, bilgi eksikliği, ekonomik yetersizlikler ve gelişmemizi engelleyen tüm diğer malum sebeplerden ötürü, merkezi elektrik üretim santrallerinden üst düzeyde faydayı zamanında (çağında) sağlayamamıştır.

Büyük santrallerden satın alınabilen çift terimli sanayi elektrik fiyat ortalaması

0,065\$/kWh_{el} (TEDAŞ, 2000) ve BOTAS' ın doğal gaz fiyat ortalaması 0,015\$/kWh_{yakıt} (BOTAS, 2000) dır. Yani elektrik enerjisinin maliyeti, yakıt maliyetinin 4,3 katıdır. Bu sebeple elektrik enerjisi, daha fazla ekonomik getiri sağlama potansiyeline sahiptir.

Türkiye' deki doğal gaz ağının yaygınlaşması, doğal gaz arzının artmasıyla, gelecekte; doğal gaz fiyatlarının 0,011 – 0,013 \$/kWh_{yakıt} seviyelerine inmesi beklenmektedir.

Buna karşılık elektrik üretimindeki arzın artması, sistem alt yapısının iyileştirilmesiyle kayıpların önlenmesi, serbest enerji piyasasının başarıya ulaşması sonucunda, elektrik şebekesinden satılan elektrik fiyatlarının' da gelecekte 0,055 – 0,060 \$/kWh seviyesine inmesi beklenmektedir.

Dikkat edileceği üzere, elektrik fiyatının, doğal gaz fiyatına oranı; bu durumda da > 4 mertebesinde kalmakta ve bugün için geçerli olan ekonomik getiri sağlama potansiyeli kriterinin, ileride de geçerli olacağını söylemek mümkün olmaktadır. Bu hususa ait bir karşılaştırmayı ve sağlamayı, enerji altyapısını tamamlamış olan, Avrupa Topluluğu Ülkeleri ve ABD' deki enerji fiyatlarına bakarak yapmak mümkündür.

Sonuç olarak elektrik verimi daha yüksek olan B.E.I.S. seçenekleri daha avantajlı olmaktadır. Bu husus, fosil yakıtlara dayalı enerji piyasası, dünya da var oldukça geçerli olacaktır.

Çizelge 6.1' de gaz motoru ve gaz türbini seçenekleri ön plana çıkmaktadır. Bunun bu iki B.E.I.S. türüne bağlı olan iki nedeni vardır.

Gaz motoru (1) ve (2) ön plana çıkmaktadır. Çünkü; buradaki üniteler, bilinen en yüksek elektrik üretim verimine (%40 - %45) sahiptir.

Ancak burada dikkat edilmesi gereken diğer önemli bir husus, baz alınan tekstil prosesi örneğinde, gaz motoruna ait motor soğutma sularının (Q_{YSI} ve Q_{DSI}) değerlendirilmiş olmasıdır. Örnek tekstil fabrikası, bu hususa uygun özelliği; iplik boyama ve terbiye işlemlerinde 50 – 140°C' lik ısı kaynağı ihtiyacı sayesinde göstermiştir. Benzer özellik toplu konut ısıtılmasında da vardır. Ancak, örneğin bir petro kimya tesisinde 16 bar' lık üst basınçta, 204°C' de buhar, ısı kaynağı olarak kullanıldığından, bu tip uygulamalarda gaz motorunun uygun olamayacağı varsayımında bulunabiliriz.

Gaz motoru (2) seçeneği için, en önemli handikap; üretim fazlası elektrik enerjisi oranının yüksek olmasıdır. Bu enerjinin satış garantisi olmadığı projelerde, sistemin ekonomik uygulanabilirliği risk altında olacaktır. Bu gibi durumlarda gaz motoru (1) hem risksiz hem de gaz motorunun olumlu özelliklerini içeren bir seçenek olarak karşımızda durmaktadır. Gaz motoru (2) seçeneği, en yüksek NPV (8 852 690 US\$) değerine sahip olmaktadır.

Gaz türbini (1) ön plana çıkmaktadır. Çünkü; bu sistemin E elektriksel tanıma sayısı, örnek tekstil prosesinin E_{Proses} elektriksel tanıma sayısı ile örtüşmektedir. Yani, üretilen elektrik ve ısı, tümüyle değerlendirilmektedir. Buradaki ek yanma zorunluluğu, bu ünitenin toplam birincil enerji tüketimi verimini düşürse de, atıl enerjinin oluşmaması, IRR değerini uygun bir seviyede tutmaktadır.

Gaz türbini (2) ön plana çıkmaktadır. Çünkü; bu sistemin kapasite seçimi, tekstil prosesinin ısı yükünün, ek yanmasız olarak, karşılanmasına göre yapılmış ve üretim fazlası elektrik enerjisinin şebekeye satışı hesaplanmıştır. Şebekeye satılan enerji oranı çok yüksek değildir. Dolayısıyla çok fazla bir ekonomik risk yoktur. Gaz türbini (2) seçeneği, en yüksek IRR (%75,4) değerine sahip olmaktadır.

Söz konusu yedi adet B.E.I.S. arasında NPV (bugünkü net değer) cinsinden bir sıralama yaptığımızda, karşımıza şöyle bir tablo çıkmaktadır:

Çizelge 6. 3 : Örnek tekstil fabrikasının enerji ihtiyacına göre tasarlanan yedi farklı B.E.I.S.' nin NPV cinsinden sıralaması.

1. Gaz motoru (2) B.E.I.S.	: NPV_{GM}	= 8 852 690 US\$
2. Gaz türbini (2) B.E.I.S.	: NPV_{GT}	= 5 504 040 US\$
3. Kombine gaz türbini ve ara buhar almalı buh. türbini B.E.I.S.	: $NPV_{KGTABABT}$	= 3 550 729 US\$
4. Kombine gaz türbini ve karşı basınçlı buh. türbini B.E.I.S.	: $NPV_{KGTKBBT}$	= 3 508 067 US\$
5. Gaz motoru (1) B.E.I.S.	: NPV_{GM}	= 2 640 655 US\$
6. Gaz türbini (1) B.E.I.S.	: NPV_{GT}	= 2 081 651 US\$
7. Karşı basınçlı buhar türbini B.E.I.S.	: NPV_{KBBT}	= 522 106 US\$

Çizelge 6.3’ deki sıralamada; Gaz motoru (2), kombine gaz türbini ve ara buhar almalı buhar türbini (KGTABABT), ile kombine gaz türbini ve karşı basınçlı buhar türbini (KGTKBBT), seçenekleri ön sıralara oturmuştur. Bunun sebebi bu sistemlerin, ısı prosesine uygun, yeteri kadar ısı üretebilmesi için; elektrik üretimi kapasitesinin zorunlu olarak artmasıdır. Bu durumda B.E.I.S.’de oluşan elektrik kapasite fazlası, elektrik şebekesine ihraç edilerek daha fazla ciro sağlanmaktadır. Ancak buna karşılık yatırım tutarı da artmaktadır. Doğru yatırım kararının alınabilmesi için, böyle bir durumda, tesis kuruluş maliyetlerine de bakmakta yarar vardır. Bir anlamda bu proje için harcanabilecek para göz önünde bulundurularak karar verilmesi daha uygun olacaktır.

Kuruluş maliyetleri türünden bir sıralama yapıldığında karşımıza ekli çizelge çıkmaktadır.

Çizelge 6. 4 : Örnek tekstil fabrikasının enerji ihtiyacına göre tasarlanan

yedi farklı B.E.I.S.’ nin kuruluş maliyeti (KM) cinsinden sıralaması.

1. Karşı basınçlı buhar türbini B.E.I.S.	: KM_{KBBT}	=	893.495.-US\$
2. Gaz türbini (1) B.E.I.S.	: KM_{GT}	=	4.135.950.-US\$
3. Gaz motoru (1) B.E.I.S.	: KM_{GM}	=	4.875.000.-US\$
4. Gaz türbini (2) B.E.I.S.	: KM_{GT}	=	5.028.400.-US\$
5. Kombine gaz türbini ve Karşı basınçlı buh. türbini B.E.I.S.	: $KM_{KGTKBBT}$	=	8.213.875.-US\$
6. Kombine gaz türbini ve ara buhar almalı buh. türbini B.E.I.S.	: $KM_{KGTABABT}$	=	8.362.709-US\$
7. Gaz motoru (1) B.E.I.S.	: KM_{GM}	=	10.968.750.-US\$

Burada dikkat çeken husus, elektrik üretim kapasitesi, sadece 412 kW_e olan karşı basınçlı buhar türbini B.E.I.S.’ nin; yatırımı en düşük KM’ ye (893.495.-US\$) sahip olmasıdır. Ancak bu seçenek, hedeflenen elektrik üretimi kapasitesini sağlamadığından, çözüm olarak diğerleriyle bire bir karşılaştıramayacağımızı daha öncede yazmıştık.

Diğer seçeneklerin KM’ lerine baktığımızda, ön sırada gaz türbini (1)’ in geldiğini, bunu gaz motoru (2)’ nin izlediğini ve bundan sonraki sırayı gaz türbini (2)’ nin aldığını görmekteyiz. Kombine GTABABT’ nin ve Kombine GTKBBT’ nin kuruluş maliyeti

bakımından GM' li ve GT' li B.E.I.S.' lerin neredeyse iki katına mal olması ve gaz motoru (2)' nin en pahalı çözüm olması dikkat çekicidir.

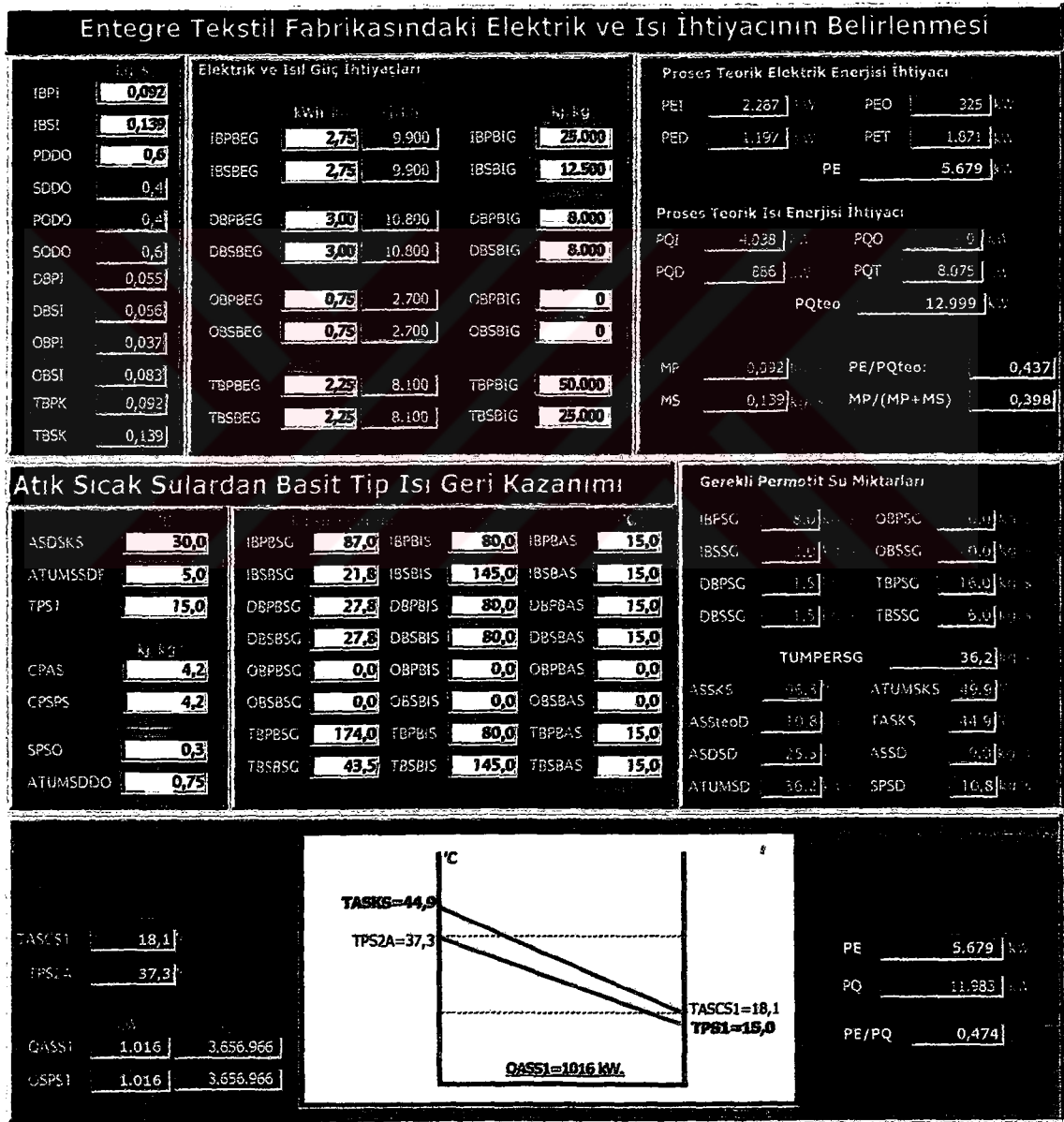
Bu durumda sistem seçicisi; IRR, NPV ve KM verilerini dikkate alarak, kendisine en uygun olan B.E.I.S. seçeneğini seçmelidir. Örneğin proje bütçesi kısıtlı olan seçisi, KBBT, gaz türbini (1), ve gaz motoru (2)' li B.E.I.S. seçmelidir. Diğer taraftan proje bütçesi müsait olan sistem seçicisi, pahalı ve ancak NPV açısından daha kârlı olan gaz motoru (2), KGTABABT ve KGTKBBT seçeneklerinden birine yönelebilir.



6.7. Programın Orijinal Çıktıları

Bu bölümde, bölüm 6.3.'te özeti sunulan sonuçların detaylarını kapsayan orijinal program çıktıları verilmiştir.

Çizelge 6. 5: Entegre tekstil fabrikasının elektrik ve ısı ihtiyacının belirlenmesine ait programın orijinal ekran sayfası.



Çizelge 6. 6: Elektrik şebekesinden elektrik ve konvansiyonel kazandan ısı temini, sistem seçimi ve uygulanabilirliğine ait programın orijinal ekran sayfası.

Ulusal Şebekeden Elektrik ve Konvansiyonel Isı Kazanından Isı Teminine Ait Sistemin Seçimi ve Fizibilitesi			
ENDÜSTRİYEL PROSESE AİT ENERJİ GEREKSİNİMİ			
PEteo	5.679 \$/kWe	PE	5.679 \$/kWe
PQteo	11.983 \$/kWter PQ	PQ	11.983 \$/kWter SBEF
		OKIUM	0,020327 \$/kWh
			0,065 \$/kWhe
VERİMLER			
		ELVERİM	0,14
		TERVERİM	0,48
		TOPVERİM	0,61
TEKNİK VE TİCARİ VERİLER		TEKNİK SONUÇLAR	
USEVERİM	0,28	NQ	11.983 kWh
TRVERİM	0,98	NE	5.679 kWe
BKM	50,00 \$/kWe	NY	12.614 kWYakıt
FAOR	0,10	NE_NQ_oran	0,47
OS	10	ELVERİM	0,14
BBAKM	0,000100 \$/kWe	TERVERİM	0,48
DİM	100.000 \$/Yıl	TOPVERİM	0,61
BPA	1/ 750 Kişi/kWe	YSET	45.433.440 kWh/Yıl
BBPMA	12.000 \$/Kişi-Yıl	YIU	95.864.608 kWh/Yıl
TİS	8.000 Saat/Yıl	YYT	100.910.114 kWh/Yıl
KAZVERİM	0,95		
OZKO	0,30		
NPV & IRR		Özgü Elektrik Üretim Maliyeti	
OZK	85.188 \$	KM	283.959 \$
YSEM	2.953.174 \$/Yıl	YAFO	46.213 \$/Yıl
YKIUM:	1.948.645 \$/Yıl	OKM	0,001017 \$/kWhe
YSEMyeni	3.186.066 \$/Yıl	PA	8 Kişi
		YPM	96.000 \$/Yıl
		BPM	0,002113 \$/kWhe
		BDİM	0,002201 \$/kWhe
		OİM	0,004414 \$/kWhe
		OSEM	0,070431 \$/kWhe
		YAFOyeni	32.349 \$/Yıl
		OKMyeni	0,000712 \$/kWhe
		OSEMyeni	0,070126 \$/kWhe
		OTOPENUM	0,091 \$/kWh
		NPV	-1.516.211 \$
		IRR	-1,00 %

Çizelge 6. 7: Gaz motoru (1) B.E.I.S. seçimi ve uygulanabilirliğine

ait programın orijinal ekran sayfası.

Gaz Motorlu B. E. I. Sisteminin Seçimi ve Fizibilitesi			
SİLİNDİR SAYISI VE GAZ CMBC: 1.875,00 kW / Ünite BMGAZ: 2,85 kg/kW Ünite VALT: 0,97 Vyar: 0,95 GMBF: 4 Adet NM: 7.500,00 kWm MGAZ: 11,40 kg/s NA: 7.275,00 kWalt		ATIK ISI KAZANI İSİSİ CPTEG1: 1,15 kJ/kg°C CPTEG2: 1,06 CPMTEG: 1,1 VAIK: 0,95 TEG1: 480,00 °C TEG2: 120,00 °C QBDSikay: 193,00 kW / Ünite QBYSikay: 798,00 kW / Ünite QDSikay: 772,00 kWter QYSikay: 3.192,00 QAIK: 4.308	
Motorun Düşük Sıcaklık Isısından Yararlanma			
		CPDSI: 4,20 kJ/kg°C TDS1: 40,00 °C QASS2: 303 kW DSID: 18,4 kg/s TPS3A: 40,4 °C TASC2: 36,9 °C TPS2: 33,8 °C TDS2: 28,9 °C TPS3: 40,4 °C QDSI: 854 kW TASC2: 36,9 °C QASS: 303 kW	
Motorun Yüksek Sıcaklık Isısından Yararlanma			
CPYSI: 4,2 kJ/kg°C YSID: 79,0 kg/s TYS1: 90,0 °C TYS2: 83,5 °C TPS4: 85,9 °C QYSI: 2.075 kW			

Çizelge 6.7.' nin devamı : Gaz motoru (1) B.E.I.S. seçimi ve uygulanabilirliğine ait programın orijinal ekran sayfası.

BEİ Sistemine Ait Teknik Veriler		BEİ Sistemine Ait Ticari Veriler	
BYTm: 8.530,00 kJ/kWm	2,37 kW.yakut/kWm	BKM: 650 \$/kW	BSSM: 0,000600 \$/kWhth
TIS: 8.000,00 h/Yıl	KAZVERİM: 0,95	FAOR: 0,10	BSSMeky: 0,000600 \$/kWhter
QYOP: 7,541 kWter	QKOJEN: 7,237 kWter	OS: 10 Yıl	BBAKM: 0,006000 \$/kWh
elverim-önl 0,41	terverim-önl 0,41	YF: 0,015 \$/kWh	DİM: 50.000 \$/Yıl
topverim-önl 0,82		BPA: 1/ 750 Kış/kWe	PA: 10 Kış
EK YANMA GEREKİYORİ		BBPMA: 15.000 \$/Kış-Yıl	YPM: 150.000 \$/Yıl
		BYYT: 0,50 gr/kWhm	BPM: 0,002713 \$/kWh
		BYF: 0,90 \$/kg	YYM: 27.000 \$/Yıl
		BSUG: 1,53 kg/kWhter	BYM: 0,000488 \$/kWh
		KKF: 0,50	OZKO: 0,30
		BSUF: 1,00 \$/Ton	

BEİ Sistemine Ait Teknik Sonuçlar	
EK Yanmaz	EK Yanmaz
NY: 17,771 kW.yakut	NYeky: 22,766 kW
NQ: 7,237 kWh	NQeky: 11,983 kW
NE: 6,911 kWe	NEeky: 6,911 kW
NESEBSAT: 1,232 kW	NESEBSAT: 1,232 kW
NE/NQ: 0,95	NEeky/NQeky: 0,58
ELVERİM: 0,39	ELVERİMeky: 0,30
TERVERİM: 0,41	TERVERİMeky: 0,53
TOPVERİM: 0,80	TOPVERİMeky: 0,83
YEU: 55.290.000 kWh/Yıl	YEUeky: 55.290.000 kWh/Yıl
YIU: 57.899.150 kWh/Yıl	YIUeky: 95.864.608 kWh/Yıl
YYT: 142.166.667 kWh/Yıl	YYTeky: 82.130.307 kWh/Yıl
	QKAZeky: 4,746 kWter
	NYKAZeky: 4,995 kW

Özgü Konvansiyonel Isı Üretim Maliyeti		
KIUBPA: 1/ 1,200 Kış/kWhter	KAIGKOBM: 0,00 \$/kWhter	KIUOEM: 0,000488 \$/kWhter
KIUBEG: 0,008 kWe/kWhter	OTOPENUM: 0,06 \$/kWh	KIUOSUM: 0,000767 \$/kWhter
SBEF: 0,065 \$/kWh	KAIGKOIMeky: 0,00 \$/kWhter	KIUOSSM: 0,000600 \$/kWhter
SEBSATF: 0,055 \$/kWh	OTOPENUMeky: 0,10 \$/kWh	KIUKM: 659,069 \$
KIUBUG: 1,53 kg/kWhter	KIUPA: 10 Adet Kış	KIUYAFO: 107,260 \$/Yıl
KIUBKM: 55,00 \$/kWhter	KIUPM: 150.000 \$/Yıl	KIUOKM: 0,001119 \$/kWhth
KIUOS: 10 Yıl	KIUOPM: 0,001565 \$/kWhter	KIUOYM: 0,015789 \$/kWhth
	KIUET: 718,985 kWh/Yıl	OKIUM: 0,0203 \$/kWhth
	KIUEM: 46,734 \$/Yıl	

BEİS'teki Özgü Enerji Üretim Maliyeti		NPV & IRR	
KM: 4.875.000 \$	KMeky: 5.362.500 \$	OZK: 1.462.500 \$	OZKeky: 1.608.750 \$
YAFO: 793.384 \$/Yıl	YAFOeky: 872.722 \$/Yıl	YSEM: 2.953.174 \$/Yıl	YSEM: 2.953.174 \$/Yıl
OKM: 0,014349 \$/kWh	YEUeky: 4.163.417 \$/Yıl	YKIUUM: 1.176.919 \$/Yıl	YKIUUMeky: 1.948.645 \$/Yıl
YYM: 2.132.500 \$/Yıl	OKMeky: 0,015784 \$/kWh	YEUMyeni: 3.246.609 \$/Yıl	YEUekyMyeni: 3.901.600 \$/Yıl
OYM: 0,038569 \$/kWh	YYMeky: 2.731.955 \$/Yıl	YAIUM: 79,032 \$/Yıl	YAIUMeky: 79,032 \$/Yıl
BSUM: 0,000765 \$/kWhter	OYMeky: 0,049411 \$/kWh	YKPBUMeky: 771,726 \$/Yıl	
BDİM: 0,000904 \$/kWh	BDİMeky: 0,000904 \$/kWh	NPV: 0 \$	NPVeky: 2.840.888 \$
ODİM: 0,010108 \$/kWh	ODİMeky: 0,010108 \$/kWh	IRR(%): 0,80	IRReky(%): 41,67
OEUM: 0,040824 \$/kWh	OEUMeky: 0,070301 \$/kWh		
YAFOyeni: 555.369 \$/Yıl	YAFOekyyeni: 610.906 \$/Yıl		
OKMyeni: 0,010045 \$/kWh	OKMekyyeni: 0,011049 \$/kWh		
OEUMyeni: 0,058720 \$/kWh	OEUMekyyeni: 0,070566 \$/kWh		

Çizelge 6. 8: Gaz türbini (1) B.E.I.S. seçimi ve uygulanabilirliğine ait programın orijinal ekran sayfası.

Gaz Türbinli BEIS'ten Elektrik ve Isı Temini İçin Kojenerasyon Sisteminin Seçimi ve Fizibilitesi			
ENDÜSTRİYEL PROSESİ AIT ENERJİ GEREKSİNİMLERİ		BEI Sisteminin Ait Teknik Veriler	
PEteo	5,679 kWe	BCTG	6,363 kWm/adet
PQteo	12,999 kWter	BYT	11,251 kJ/kWhm
PE	5,679 kWe	LAMDA	3,37
PQ	11,983 kWter	YAKMOLAGR	17,38 kG/kMol
YF	0,0150 \$/kWh	TEOHAVOR	2,00
SBEF	0,065 \$/kWh	HU	10,60 kWh/nm ³
SEBSATF:	0,055 \$/kWh	YAKYOG	0,7 kg/m ³
OKIUM	0,0203 \$/kWter	VALT	0,97
QASSI	1,016 kWter	VYARD	0,95
TIS	8,000 h	VAIK	0,95
VKAZAN:	0,95	TEG1	568,0 °C
		TEG2	145,0 °C
		BKM	650,00 \$/kWm
		OZKO	0,30
		FAOR	0,10
		OS	10 Yıl
		CPTEG1	1,08 kJ/kgC
		CPTEG2	1,05 kJ/kgC
		CPMTEG	1,06 kJ/kgC
BEI SİSTEMİNE AIT TİCARİ VERİLER		BEI SİSTEMİNE AIT TEKNİK SONUÇLAR	
BSUF	1,00 \$/to	GTBF	1 adet
BSSM	0,0006 \$/kWh	GTMG	6,363 kWm 22.906.800 kJ
KAZVERİM	0,95	GTALTEG	6,172 kWalt 22.219.596 kJ
BSUG	1,53 kg/kWh	GTEG	5,864 kWe 21.108.616 kJ
BSSMeKy	0,0006 \$/kWh	QTOP	9,648 kWter
KKF	0,50		
BPA	1/750 Kış/kW	☒ Ek Yanma	
BBPMA	15,000 \$/Kış-Y	MY	1.345,129 kg/h
BYYT	0,01 gr/kWh	NY	19,886 kW
BYF	0,90 \$/k	MYAKHAVA	71,611,2 kg/h
BBKM	0,005 \$/kWh	MEGZOST	72,956,4 kg/h
DM	100,000 \$/Yı	OAK	31,076,570 kJ
		OKOJEN	31,076,570 kJ
			8,632 kWter
EK YANMAZ DEĞERLER		EK YANMALI DEĞERLER	
NE	5,864 kWe	NEEky	5,864 kWe
	21,108,616 kJ		21,108,616 kJ
NQ	8,632 kWe	NQeKy	11,983 kWter
			43,139,074 kJ
NE/NQ	0,679	NEEky/NQeKy:	0,489
NY	71,590,113 kJ	NYEKY	84,287,485 kJ
	19,886 kW		23,413 kW
	1,876,051 Nm ³ /h		2,208,792 Nm ³ /h
NESERSAT:	184,3 kWe	NESERSAT:	184,3 kWe
ELVERİM	0,29	ELVERİMEKY	0,25
TERVERİM	0,43	TERVERİMEKY	0,51
TOPVERİM	0,73	TOPVERİMEKY	0,76

Çizelge 6.8.' in devamı: Gaz türbini (1) B.E.I.S. seçimi ve uygulanabilirliğine ait programın orijinal ekran sayfası.

BEİS'TEKİ ÖZGÜL ENERJİ ÜRETİM MALİYETİ			
PA	8	Kişi	
YPM	120.000	\$/Yıl	
BPM	0,002558	\$/kWhe	
YYM	458	\$/Yıl	
BYM	0,000010	\$/kWhe	
BSUM	0,000765	\$/kWhter	
YEU	46.908.036	kWh/Yıl	
YIU	69.059.046	kWh/Yıl	
YYT	159.089.140	kWh/Yıl	
KM	4.135.950	\$	
YAFO	673.107	\$/Yıl	
OKM	0,014349	\$/kWhe	
YYM	2.386.337	\$/Yıl	
OYM	0,050873	\$/kWhe	
BDIM	0,002132	\$/kWhe	
OIM	0,009700	\$/kWhe	
OKIUM	0,0203	\$/kWhter	
OEUM	0,074922	\$/kWhe	
YAFOYeni	471.175	\$	
OKMYeni	0,010045	\$/kWhe	
OEUMYeni	0,070617	\$/kWhe	
YEUMYeni	3.312.510	\$/Yıl	
OTOPENUM:	0,097	\$/kWh	
KAIGKOIM:	0,00	\$/kWhter	
YAIUM:	94.266	\$/Yıl	
QKAZEKY	3.351	kWh	
NYKAZEKY	3.527	kW	
YEUEKY	46.908.036	kWh/Yıl	
YIUEKY	95.864.608	kWh/Yıl	
YYTEKY	187.305.522	kWh/Yıl	
KMEKY	4.549.545	\$	
YAFOEKY	740.417	\$/Yıl	
OKMEKY	0,015784	\$/kWhe	
YYMEKY	2.809.583	\$/Yıl	
OYMEKY	0,059896	\$/kWhe	
BDIMEKY	0,002132	\$/kWhe	
OIMEKY	0,009700	\$/kWhe	
OKIUM	0,0203	\$/kWhter	
OEUMEKY	0,085380	\$/kWhe	
YAFOEKYeni	518.292	\$	
OKMEKYeni	0,011049	\$/kWhe	
OEUMEKYeni	0,080644	\$/kWhe	
YEUMEKYeni	3.782.873	\$/Yıl	
YKPBIUMeky	544.878	\$/Yıl	
OTOPENUMeky:	0,107	\$/kWh	
KAIGKOIMEky:	0,00	\$/kWhter	
YAIUMeky:	94.266	\$/Yıl	
NPV & IRR			
YSEM	2.953.174	\$/Yıl	
OZK	1.240.785	\$	
YKIUM:	1.403.767	\$/Yıl	
NPVgt	5.095.908	\$	
IRRgt	82,92	%	
NPVeky & IRReky			
YSEM	2.953.174	\$/Yıl	
YSEBSAT:	81.103	\$/Yıl	
OZKEKY	1.364.864	\$	
YKIUMeky:	1.948.645	\$/Yıl	
NPVEKYgt	2.081.651	\$	
IRREKYgt	39,64	%	

Çizelge 6. 9: Gaz motoru (2) B.E.I.S. seçimi ve uygulanabilirliğine ait programın orijinal ekran sayfası.

Gaz Motorlu B. E. I. Sisteminin Seçimi ve Fizibilitesi			
SİLİNDİR SAYISI VE GAZ GMBG: 1.875,00 kW / Ünite BMGAZ: 2,85 kg/kW Ünit VALT: 0,97 Vyar: 0,95 GMBF: 9 Adet NM: 16.875,00 kWm MGAZ: 25,65 kg/s NA: 16.368,75 kWalt		ATIK ISI KAZANI ISISI CPTEG1: 1,15 kJ/kg°C VAIK: 0,95 CPTEG2: 1,06 TEG1: 480,00 °C CPMTEG: 1,1 TEG2: 120,00 °C QBDsikay: 193,00 kW / Ünite QDSikay: 1.737,00 kWter QBSikay: 798,00 kW / Ünite QYSikay: 7.182,00 QAIK: 9.693	
Motorun Düşük Sıcaklık Isısından Yararlanma			
		CPDSI: 4,20 kJ/kg°C TDS1: 40,00 °C QASS2: 303 kW DSID: 41,4 kg/s TPS3A: 40,4 °C TASC2: 36,9 °C TPS2: 33,8 °C TDS2: 35,1 °C TPS3: 40,4 °C QDSI: 854 kW TASC2: 36,9 °C QASS: 303 kW	
Motorun Yüksek Sıcaklık Isısından Yararlanma			
CPYSI: 4,2 kJ/kg°C YSID: 171,0 kg/s TYS1: 90,0 °C TYS2: 87,3 °C TPS4: 83,8 °C QYSI: 1.975 kW			

Çizelge 6.9' un devamı: Gaz motoru (2) B.E.I.S. seçimi
ve uygulanabilirliğine ait programın orijinal ekran sayfası.

BEI Sistemine Ait Teknik Veriler		BEI Sistemine Ait Ticari Veriler	
BYTm: 8.530,00 kJ/kWh 2,37 kW.yakut/kWh		BKM: 650 \$/kW FAOR: 0,10 OS: 10 Yıl YF: 0,015 \$/kWh	BSSM: 0,000600 \$/kWhth BSSMeky: 0,000600 \$/kWhter BBAKM: 0,000600 \$/kWh DIM: 50.000 \$/Yıl
TIS: 8.000,00 h/Yıl KAZVERİM: 0,95		BPA: 1/ 750 Kişi/kWe BBPMA: 15.000 \$/Kişi-Yıl BYYT: 0,50 gr/kWhm BYZF: 0,90 \$/kg BSUG: 1,53 kg/kWhter KKF: 0,50 BSUF: 1,00 \$/Ton	PA: 21 Kişi YPM: 315.000 \$/Yıl BPM: 0,002532 \$/kWh YYM: 60.750 \$/Yıl BYM: 0,000488 \$/kWh OZKO: 0,30
QTOP: 12.828 kWter QKOJEN: 12.523 kWter			
elverim-ünl: 0,41 terverim-ünl: 0,31 topverim-ünl: 0,72			
EK YANMA GEREKMİYOR!			
BEI Sistemine Ait Teknik Sonuçlar			
Ek Yanmasız		Ek Yanmasız	
NY: 39.984 kW.yakut NQ: 12.523 kWh NE: 15.550 kWe NESEBSAT: 9.871 kW NE/NQ: 1,24 ELVERİM: 0,39 TERVERİM: 0,31 TOPVERİM: 0,70	YEU: 124.402.500 kWh/Yıl YIU: 100.182.506 kWh/Yıl YYT: 319.875.000 kWh/Yıl	NYeky: 39.416 kW NQeky: 11.983 kW NEeky: 15.550 kW NESEBSAT: 9.871 kW NEeky/NQeky: 1,30 ELVERİMeky: 0,39 TERVERİMeky: 0,30 TOPVERİMeky: 0,70	YEUeky: 24.402.500 kWh/Yıl YIUeky: 95.864.608 kWh/Yıl YYTeky: 15.329.844 kWh/Yıl QKAZeky: -540 kWh NYKAZeky: -568 kWh
Özgül Konvansiyonel Isı Üretim Maliyeti			
KIUBPA: 1/ 1.200 Kişi/kWhter KIUBEG: 0,008 kWe/kWhter SBEF: 0,065 \$/kWh SEBSATF: 0,055 \$/kWh KIUBUG: 1,53 kg/kWhter KIUBKM: 55,00 \$/kWhter KIUOS: 10 Yıl	KAIGKOIM: 0,00 \$/kWhter OTOPENUM: 0,06 \$/kWh KAIGKOIMeky: 0,00 \$/kWhter OTOPENUMeky: 0,08 \$/kWh KIUPA: 10 Adet Kişi KIUPM: 150.000 \$/Yıl KIUOPM: 0,001565 \$/kWhter KIUET: 718.985 kWh/Yıl KIUEM: 46.734 \$/Yıl	KIUOEM: 0,000488 \$/kWhter KIUOSUM: 0,000767 \$/kWhter KIUOSSM: 0,000600 \$/kWhter KIUKM: 659.069 \$ KIUYAFO: 107.260 \$/Yıl KIUOKM: 0,001119 \$/kWhth KIUOYM: 0,015789 \$/kWhth OKIUM: 0,0203 \$/kWhth	
BEIS'teki Özgül Enerji Üretim Maliyeti		NPV & IRR	
KM: 0,968.750 \$ YAFO: 1.785.114 \$/Yıl OKM: 0,014349 \$/kWh YYM: 4.798.125 \$/Yıl OYM: 0,038569 \$/kWh BSUM: 0,000765 \$/kWhter BDIM: 0,000402 \$/kWh OIPM: 0,000422 \$/kWh OEUM: 0,062341 \$/kWh YAFOyeni: 1.249.579 \$/Yıl OKMyeni: 0,010045 \$/kWh OEUMyeni: 0,058036 \$/kWh	KMeky: 2.065.625 \$ YAFOeky: 1.963.625 \$/Yıl YEUmeky: 7.865.738 \$/Yıl OKMeky: 0,015784 \$/kWh YYmeky: 4.729.948 \$/Yıl OYMeky: 0,038021 \$/kWh BDIMeky: 0,000402 \$/kWh OIPmeky: 0,000422 \$/kWh OEUMeky: 0,063228 \$/kWh YAFOekyyeni: 1.374.537 \$/Yıl OKMekyyeni: 0,011049 \$/kWh OEUMekyyeni: 0,058493 \$/kWh	OZK: 3.290.625 \$ YSEM: 2.953.174 \$/Yıl YKIUM: 2.036.415 \$/Yıl YEUMyeni: 7.219.869 \$/Yıl YAIUM: 136.749 \$/Yıl NPV: 8.852.690 \$ IRR(%): 59,49	OZKeky: 3.619.688 \$ YSEM: 2.953.174 \$/Yıl YSEBSAT: 4.343.298 \$/Yıl YKIUMeky: 1.948.645 \$/Yıl YEUmekyyeni: 7.276.650 \$/Yıl YAIUMeky: 136.749 \$/Yıl YKPBIUMeky: -87.770 \$/Yıl NPVeky: 2.840.688 \$ IRReky(%): 41,67

Çizelge 6. 10: Gaz türbini (2) B.E.I.S. seçimi ve uygulanabilirliğine ait programın orijinal ekran sayfası.

Gaz Türbinli BEIS'ten Elektrik ve Isı Temini İçin Kojenerasyon Sisteminin Seçimi ve Fizibilitesi			
ENDÜSTRİYEL PROSESE AİT ENERJİ GEREKSİNİMİ		BEI Sistemine Ait Teknik Veriler	
PEteo	5.679 kWe	BGTG	7.736 kWm/adet
PQteo	12.999 kWter	BYT	12.363 kJ/kWhm
PE	5.679 kWe	LAMDA	3,64
PQ	11.983 kWter	YAKMOLACR	17,38 kG/kMol
YF	0,0150 \$/kWhy	TEOHAVOR	2,00
SBEF	0,065 \$/kWe	HU	10,60 kWh/nm3
SEBSATF:	0,055 \$/kWe	YAKYOG	0,7 kg/m3
OKIUM	0,0203 \$/kWter	VALT	0,97
QASSI	1.016 kWter	VYARD	0,95
TIS	8.000 h	VAIK	0,95
VKAZAN:	0,95	TEG1	559,0 °C
		TEG2	145,0 °C
		BKM	650,00 \$/kWm
		OZKO	0,30
		FAOR	0,10
		OS	10 Yıl
		CPTEG1	1,08 kJ/kgC
		CPTEG2	1,05 kJ/kgC
		CPMTEG	1,06 kJ/kgC
BEI SİSTEMİNE AİT TİCARİ VERİLER		BEI SİSTEMİNE AİT TEKNİK SONUÇLAR	
BSUF	1,00 \$/to	GTBF	1 adet
BSSM	0,0006 \$/kWter	GTMG	7.736 kWm 27.849.600 kJ
KAZVERİM	0,95	GTALTEG	7.504 kWalt 27.014.112 kJ
BSUC	1,53 kg/kWter	GTEG	7.129 kWe 25.663.406 kJ
BSSMeky	0,0006 \$/kWter	QTOP	13.190 kWter
KKF	0,50		
BPA	1/ 750 Kış/kW	☐ Ek Yanma	
BBPMA	15.000 \$/Kış-Y	MY	1.797,013 kg/h
BYYT	0,01 gr/kWh	NY	26.567 kW
BYYF	0,90 \$/k	MYAKHAVA	103.333,2 kg/h
BBAKM	0,005 \$/kWh	MEGZOST	105.130,2 kg/h
DIM	100.000 \$/Yı	QAKJEN	43.828.587 kJ
			12.175 kWter
			43.828.587 kJ
			12.175 kWter
EK YANMASIZ DEĞERLER		EK YANMALI DEĞERLER	
NE	7.129 kWe	NEeky	7.129 kWe
	25.663.406 kJ		25.663.406 kJ
NQ	12.175 kWter	NQeky	11.983 kWter
			43.139.074 kJ
NE/NQ	0,586	NEeky/NQeky:	0,595
NY	95.640.168 kJ	NYEKY	94.914.364 kJ
	26.567 kW		26.365 kW
	2.506.294 Nm3/h		2.487.274 Nm3/h
NESEBSAT:	1.449,5 kWe	NESEBSAT:	1.449,5 kWe
ELVERİM	0,27	ELVERİMEKY	0,27
TERVERİM	0,46	TERVERİMEKY	0,45
TOPVERİM	0,73	TOPVERİMEKY	0,72

**Çizelge 6.10'un devamı: Gaz türbini (2) B.E.I.S. seçimi
ve uygulanabilirliğine ait programın orijinal ekran sayfası.**

BEİS'TEKİ ÖZGÜL ENERJİ ÜRETİM MALİYETİ

PA	10	Kış
YPM	150.000	\$/Yıl
BPM	0,002630	\$/kWhe
YYYM	557	\$/Yıl
BYYM	0,000010	\$/kWhe
BSUM	0,000765	\$/kWhter
YEU	57.029.792	kWh/Yıl
YIU	97.396.860	kWh/Yıl
YYT	212.533.707	kWh/Yıl
KM	5.028.400	\$
YAFO	818.349	\$/Yıl
OKM	0,014349	\$/kWhe
YYM	3.188.006	\$/Yıl
OYM	0,055901	\$/kWhe
BDIM	0,001753	\$/kWhe
OIM	0,009393	\$/kWhe
OKIUM	0,0203	\$/kWhter
OEUM	0,079644	\$/kWhe
YAFOyeni	572.844	\$
OKMyeni	0,010045	\$/kWhe
OEUMyeni	0,075339	\$/kWhe
YEUMyeni	4.296.556	\$/Yıl
OTOPENUM:	0,101	\$/kWh
KAICKOIM:	0,00	\$/kWhter
YAIUM:	132.947	\$/Yıl

QKAZEKY	-192	kWth
NYKAZEKY	-202	kW

YEUEKY	57.029.792	kWh/Yıl
YIUKEY	95.864.608	kWh/Yıl
YYTEKY	210.920.809	kWh/Yıl
KMEKY	5.531.240	\$
YAFOEKY	900.184	\$/Yıl
OKMEKY	0,015784	\$/kWhe
YYMEKY	3.163.812	\$/Yıl
OYMEKY	0,055476	\$/kWhe
BDIMEKY	0,001753	\$/kWhe
OIMEKY	0,009393	\$/kWhe
OKIUM	0,0203	\$/kWhter
OEUMEKY:	0,080654	\$/kWhe
YAFOEKYyeni	630.129	\$
OKMEKYyeni	0,011049	\$/kWhe
OEUMEKYyeni	0,075919	\$/kWhe
YEUMEKYyeni	4.329.647	\$/Yıl
YKPBUMeky	-31.146	\$/Yıl
OTOPENUMeky:	0,102	\$/kWh
KAICKOIMEky:	0,00	\$/kWhter
YAIUMeky:	132.947	\$/Yıl

NPV & IRR

YSEM	2.953.174	\$/Yıl
OZK	1.508.520	\$
YKIUM:	1.979.791	\$/Yıl
NPVgt	5.504.040	\$
IRRgt	75,38	%

NPVeky & IRReky

YSEM	2.953.174	\$/Yıl
YSEBSAT:	637.799	\$/Yıl
OZKEY	1.659.372	\$
YKIUMeky:	1.948.645	\$/Yıl
NPVEKYgt	5.149.858	\$
IRREKYgt	66,37	%

Çizelge 6. 11: Rankine buhar türbini çevrimi ve konvansiyonel buhar kazanı
B.E.I.S. seçimi ve uygulanabilirliğine ait programın orijinal ekran sayfası.

Rankine Buhar Türbini Çevriminden Elektrik ve Kazandan Isı Üretimini İçeren BEI Sisteminin Seçimi ve Fizibilitesi			
Endüstriyel Proses Ait Enerji Gereksinimi		BEI SİSTEMİNE AIT TEKNİK VERİLER	
YF	0,015 \$/kWh	BBTG	6.164 kWm/adet
SBEF	0,065 \$/kWh	BTBBT:	13.944,90 KJ-Buh./KWhm
SEBSATF:	0,055 \$/kWh	HU:	10,30 KWH/NM3
TIS	8.000 h/Yıl	VKAZAN:	0,93
BSUG	1,53 kg/kWh	VBTS:	0,71
KKF	0,50	VSAN:	0,99
BSUF	1,00 \$/ton	VALT:	0,97
BSSM	0,0006 \$/kWh	VYARD:	0,95
KAZVERIM	0,95	BBAKM	0,001 \$/kWh
KIUBPA: 1/	1.200,00 kişi/kWh	DIM	100.000 \$/Yıl
KIUBEG:	0,01 kWh/kWh	BTBF	1 adet
KIUBSG:	1,53 \$/kWh	BTMG	6.164 kWm
KIUBKM:	55,00 \$/kWh	BTALTEG	5.979 kWalt
KIUOS:	10,00 Yıl	BTEG	5.680 kWh
QASS1:	1.015,82 kWh	BTISG	8.769 kWh
OKIUM:	0,02 \$/kWh		
		elverim-ünite	0,23
		terverim-ünite	0,00
		topverim-ünite	0,23
		BKM	600 \$/kWm
		OZKO	0,30
		FAOR	0,10
		OS	10 Yıl
		BPA 1/	750 Kişi/kWh
		BBPMA	15.000 \$/Kişi-Yıl
		BYYT	0,01 Gr/kWh
		BYF	0,90 \$/kg
BEI SİSTEMİNE AIT SONUÇLAR			
NE	5.680 kWh	BYT:	14.995 KJ/KWhm
	20.448.454 kJ	YT:	25.674 kWh
NQ	11.983 kWh		92.426.197 kJ
NE/NQ	0,474		2.493 Nm3/h
NY	38.288 kWh	NYBT:	25.674 kWh
	37.835.749 kJ	NQBT:	23.877 kWh
	3.717 Nm3/h	QKAZPB:	11.983 kWh
NESEBSAT:	1 kWh	QASS1:	1.016 kWh
		NYPB:	12.614 kWh
ELVERIM	0,15	QTOP	12.999 kWh
TERVERIM	0,31	OTOPENUM:	0,142 \$/kWh
TOPVERIM	0,46	YEU	45.441.008 kWh/Yıl
		YIU	95.864.608 kWh/Yıl
		YYT	306.301.664 kWh/Yıl
			92.426.197 kJ
			85.956.364 kJ
			43.139.074 kJ
			3.656.966 kJ
			45.409.551 kJ
			46.796.040 kJ

Çizelge 6.11' in devamı: Rankine buhar türbini çevrimi ve konvansiyonel buhar kazanı B.E.I.S. seçimi ve uygulanabilirliğine ait programın orijinal ekran sayfası.

BEDİSTEKİ ÖZGÜL ENERJİ ÜRETİM MALİYETİ				NPV & IRR	
PA	8 Kişi	BDIM	0,002201 \$/kWhe	OZK	1.109.520 \$
YPM	120.000 \$/Yıl	OIM	0,005851 \$/kWhe	YKIUM:	1.948.645 \$/Yıl
BPM	0,002641 \$/kWhe	BSUM	0,000765 \$/kWhter	YSEM	2.953.174 \$/Yıl
YYM	444 \$/Yıl	OEUM	0,120207 \$/kWhe	YSEBSAT:	416 \$/Yıl
BYM	0,000010 \$/kWhe	YAFOyeni	421.328 \$/Yıl	YEUMyeni	5.281.738 \$/Yıl
KM	3.698.400 \$	OKMyeni	0,009272 \$/kWhe	YAIUM:	260.734 \$/Yıl
YAFO	601.898 \$/Yıl	OEUMyeni	0,116233 \$/kWhe	YKPBIUM	1.948.645 \$/Yıl
OKM	0,013246 \$/kWhe	KAIGKOIM:	0,00 \$/kWhter	NPVbuhar	-17.017.082 \$
YYM	4.594.525 \$/Yıl			IRRbuhar	-1,00 %
OYM	0,101110 \$/kWhe				

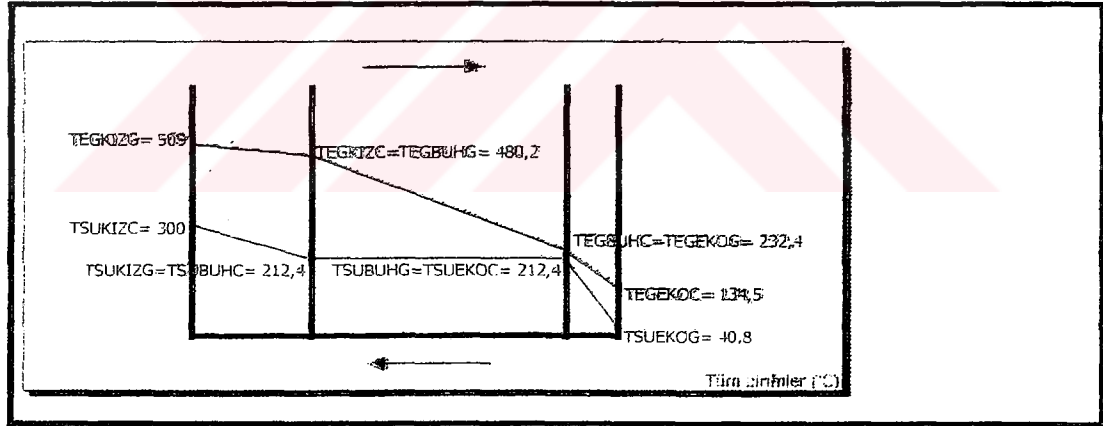
Çizelge 6. 12: Kombine Brayton gaz türbini ve Rankine buhar türbini
B.E.I.S. seçimi ve uygulanabilirliğine ait programın orijinal ekran sayfası.

Kombine Brayton Gaz Türbini & Rankine Buhar Türbini Çevrimi			
Endüstriyel Prosesin Ait Enerji Gereksinimleri		BEI SİSTEMİNE AIT TEKNİK VERİLER	
PEteo:	5.679 kWe	BGTG:	4.867 kWh/adet
PQteo:	11.983 kWter	GTBYT:	11.592 kJ/kWhm
PE:	5.679 kWe	LAMDA:	3.90
PQ:	11.983 kWter	YAKMOLAGR:	17.38 kJ/kmol
QASS1:	1.016 kWter	TEOHAVOR:	2.00
TIS:	8.000 h	HU:	10.30 kWh/Nm ³
		YAKYOG:	0.72 kC/Nm ³
		VALTGT:	0.97
		VYARDGT:	0.95
		VAIKGT:	0.95
		TEGKIZG:	509.00 C
		CPmTEGKIZbuh:	1.06 kJ/KgK
		CPmTEGKIZ:	1.08 kJ/KgK
		CPmTEGEKO:	1.05 kJ/KgK
		PKIZC:	2.000.0 kPa
		PKON:	7.5 kPa
		OZGHACM:	0.001008 m ³ /kg
		CPmSUPOM:	4.20 kJ/KgK
		CPmSUEKO:	4.20 kJ/KgK
		BTBBT:	13.945 kJ-Buh/kWhm
		VKAZAN:	0.95
		VALTBT:	0.97
		VYARDBT:	0.95
		elverim-ünite	0.42
		terverim-ünite	0.46
		topverim-ünite	0.87
		h1:	168.7 kJ/kg
		h3:	908.8 kJ/kg
		h4:	2.799.5 kJ/kg
		h5:	3.023.5 kJ/kg
		t1TSUKON:	40.3 C
		t3TSUBUHC:	212.4 C
		t4TSUBUHC:	212.4 C
		t5TSUKIZC:	300.0 C
		TSUBUHSIC:	212.4 C
OKIUM:	0.0203 \$/kWter		
YF:	0.0150 \$/kWhyakıt		
SBEF:	0.065 \$/kWe		
SEBSATF:	0.055 \$/kWe		
BSUG:	1.53 kg/kWter		
KKF:	0.50		
BSUF:	1.00 \$/ton		
KAZVERIM:	0.95		
KIUBPA:	1/ 1.200 kişi/kWter		
KIUBEG:	0.008 kWe/kWter		
KIUBSG:	1.53 \$/kWter		
KIUBKM:	55 \$/kWter		
KIUS:	10 Yıl		
BEI SİSTEMİNE AIT TİCARİ VERİLER			
BKM:	1.000 \$/kW	BPA:	1/ 750 kişi/kWe
OZKO:	0.30	BBPMA:	15.000 \$/kişi-yı
FAOR:	0.10	BYYT:	0.010 gr/kWhm
OS:	10 Yıl	BYF:	0.90 \$/kg
		BSSM:	0.001000 \$/kWter
		BBAKM:	0.005000 \$/kWe
		DIM:	100.000 \$/Yıl
		GTBF:	1 adet

Çizelge 6.12' nin devamı: Kombine Brayton gaz türbini ve Rankine buhar türbini
B.E.I.S. seçimi ve uygulanabilirliğine ait programın orijinal ekran sayfası.

BEI SİSTEMİNE AİT TEKNİK SONUÇLAR

GTMG:	4.887 kWm	Msu:	2,50 kg/s		
GTALTEG:	4.721 kWalt	QSUKIZ:	560 kWter	TSUEKOC:	40,8 C
	16.995.564 kJ		2.016.529 kJ	TSUEKOC:	216,5 C
GTEG:	4.485 kW _e	QEGKIZ:	590 kWth	QEKEKO:	1.943 kWter
	16.145.786 kJ		2.122.662 kJ		6.994.280 kJ
GTYT:	56.418.264 kJ	TSUKIZG:	212,4 C	TEGEKOC:	232,4 C
	15.672 kW _{yakıt}	TSUKIZC:	300,0 C	TEGEKOC:	134,5 C
	1.522 Nm ³ /h	TEGKIZC:	480,2 C	QAIKSU:	7.134 kWter
GTMY:	1.091 kg/h	QSUBUH:	4.728 kWter		25.681.858 kJ
NYGT:	15.672 kW _{yakıt}		17.020.763 kJ	qözaıksu:	2.852,8 kJ/kg
	56.418.264 kJ	TSUBUHG:	212,42 C	BTMG:	1.842 kW
MYAKHAVA:	67.262 kg/h	TSUBUHC:	212,42 C		6.630.000 kJ
MEGZOST:	68.353 kg/h	QEGBUH:	4.977 kWter	BTALTEG:	1.786 kWalt
			17.916.593 kJ		6.431.100 kJ
TEGBUHC:	232,4 C	TEGBUHG:	480,2 C	BTEG:	1.697 kW _e
QEGKIZbuh:	5.566 kW	WP:	-2,01 kJ/kg		6.109.545 kJ
	20.039.254 kJ	h2:	170,7 kJ/kg	KGTBTMG:	6.709 kWm
qözsukrz:	224,00 kJ/kgK	T2:	40,8 C	KCTBTG:	6.182 kW _e
qözsubuh:	1.890,70 kJ/kgK	QSUEKO:	1.846 kWter		
qözsukrz +	2.114,70 kJ/kgK		6.644.566 kJ		
qözsubuh:					



NE:	6.182 kW _e	NYPB:	12.614 kWth	YEU:	49.456.291 kWh/Yıl
	22.255.331 kJ		45.409.551 kJ	YIU:	95.864.608 kWh/Yıl
QTOP:	12.999 kWth	NYGT:	15.672 kW _{yakıt}	YYT:	226.284.034 kWh/Yıl
	46.796.040 kJ		56.418.264 kJ	BDIM:	0,002022 \$/kWhe
QKAZPB:	11.983 kWth	NY:	28.286 kWth	OIM:	0,009754 \$/kWhe
	43.139.074 kJ		101.827.815 kJ	ELVERIM:	0,22
		NESEBSAT:	502.8563714 kW _e	TERVERIM:	0,42
		NQ:	11.983 kW _e	TOPVERIM:	0,64
		NE_NQ_oran:	0,52		

Çizelge 6.12' nin devamı: Kombine Brayton gaz türbini ve Rankine buhar türbini
B.E.I.S. seçimi ve uygulanabilirliğine ait programın orijinal ekran sayfası.

ÖZGÜL ENERJİ ÜRETİM MALİYETİ					
KM:	6.708.667 \$	YPM:	135.000 \$/Yıl	YAFOyeni:	764.263 \$/Yıl
YAFO:	1.091.805 \$/Yıl	BPM:	0,002730 \$/kWhe	OKMyeni:	0,0155 \$/kWhe
OKM:	0,0221 \$/kWhe	YYM:	133 \$/Yıl	OEUMyeni:	0,0938 \$/kWhe
YYM:	3.394.261 \$/Yıl	BYM:	0,000003 \$/kWhe	OTOPENUM:	0,123 \$/kWh
OYM:	0,0686 \$/kWhe	BSUM:	0,000765 \$/kWhter	KAIGKOIM:	0,001765 \$/kWhter
PA:	9 Kişi	OEUM:	0,100462 \$/kWhe		

NPV & IRR					
OZK:	2.012.600 \$	YEUMyeni:	4.640.938 \$/Yıl	NPV	-11.642.595 \$
YSEM:	2.953.174 \$/Yıl	YAJUM:	100.730 \$/Yıl	IRR	-1,00%
YSEBSAT:	221256,8034 \$/Yıl	YKPBUM	1.948.645 \$/kWhth		
YKJUM:	1.948.645 \$/Yıl				

Çizelge 6. 13: Karşı basınçlı buhar türbini B.E.I.S. seçimi ve uygulanabilirliğine ait programın orijinal ekran sayfası.

Karşı Basınçlı Buhar Türbini BEI Sistemi			
Endüstriyel Proses Ait Enerji Gereksinimi		BEI SİSTEMİNE AİT TEKNİK VERİLER	
PEteo:	5.679 kWe	P1:	7,5 kPa
PQteo:	12.999 kWter	T1doy:	40,3 C
PE:	5.679 kWe	v1:	0,001008 m ³ /kg
PQ:	11.983 kWter	h1s:	168,7 kJ/kg
YF:	0,0150 \$/kWhe	P2:	2.500,0 kPa
TIS:	8.000 h/Yıl	P4:	1.100,0 kPa
SBEF:	0,065 \$/kWhe	T4doy:	184,1 C
OKIUM:	0,0203 kWter	V4:	0,0 m ³ /kg
		h4s:	781,3 kJ/kg
		h4:	2.781,7 kJ/kg
		s4s:	2,18 kJ/kg
		s4B:	6,55 kJ/kg
		T3:	300,0 C
		h3:	2.880,1 kJ/kg
		s3:	6,41 kJ/kg
		VBTS:	0,62
		VSAN:	0,99
		VALT:	0,97
		VYARD:	0,95
		VKAZAN:	0,92
		elverim-ünite	0,03
		terverim-ünite	0,92
		topverim-ünite	0,95
BEI SİSTEMİNE AİT TİCARİ VERİLER			
BKM:	2.000 \$/kWm	BPA:	1/ 50 kJşl/kWe
OZKO:	0,30	BBPMA:	15.000 \$/kşl-yıl
FAOR:	0,10	BYYT:	0,010 gr/kWhm
OS:	10 Yıl	BYZF:	0,90 \$/kg
		BSUG:	1,53 kg/kWhter
		KKF:	0,50
		BSUF:	1,00 \$/ton
		BSSM:	0,000600 \$/kWhter
		BRKAM:	0,001000 \$/kWhe
		DIM:	100.000 \$/Yıl
BEI SİSTEMİNE AİT TEKNİK SONUÇLAR			
wp:	2,51 kJ/kg	s4teo:	6,41 kJ/kg
h2:	171,21 kJ/kg	x4:	1,00
q12:	2,51 kJ/kg	q41:	2.613,00 kJ/kg
q23:	2.708,89 kJ/kg	h4teo:	2.721,39 kJ/kg
h1:	168,70 kJ/kg	ws:	158,71 kJ/kg
s4:	6,55 kJ/kg	ISILVERİMreel:	0,04
x4teo:	0,97	mPB:	4,59
		wREEL:	98,40 kJ/kg
		wREFL:	451,26 kW
		KBBTGM:	447 kWm
		KBBTALTEG:	433,34 kW
		KBBTEG:	412 kW
		NE:	412 kWe
		NQ:	1.482.030 kJ
		NY:	11.983 kWe
			13.025 kWth
			46.890.297 kJ
		NE_NQ_oran:	0,03
		ELVERİM:	0,03
		TERVERİM:	0,92
		TOPVERİM:	0,95
		YEU:	3.293.400 kWh/Yıl
		YIU:	95.864.608 kWh/Yıl
		YYT:	104.200.661 kWh/Yıl

Çizelge 6.13' ün devamı: Karşı basınçlı buhar türbini B.E.I.S. seçimi ve uygulanabilirliğine ait programın orijinal ekran sayfası.

BEİSTEKİ ÖZGÜL ENERJİ ÜRETİM MALİYETİ				NPV & IRR	
KM:	893.489 \$	BDIM:	0,030364 \$/kWe	OZK:	268.047 \$
YAFO:	145.411 \$/Yıl	OIM:	0,072365 \$/kWe	YEUMyeni:	1.903.123 \$/Yıl
OKM:	0,0442 \$/kWe	OEUM:	0,591105 \$/kWe	YAIUM:	130.999 \$/Yıl
YYM:	1.563.010 \$/Yıl	BSUM:	0,000767 \$/kWh	YKUM:	1.948.645 \$/Yıl
OYM:	0,4746 \$/kWe	KAİKOIM:	0,00 \$/kWh	YSEM:	214.071 \$/Yıl
PA:	9 Kişi	YAFOyeni:	101.788 \$/Yıl	NPV:	522.107 \$
YPM:	135.000 \$/Yıl	OKMyeni:	0,0309 \$/kWe	IRR:	46,95 %
BPM:	0,040991 \$/kWe	OEUMyeni:	0,5779 \$/kWe		
YYM:	32 \$/Yıl	OTOPENUM:	0,613 \$/kWh		
BYM:	0,000010 \$/kWe				

Çizelge 6. 14: Ara buhar almalı buhar türbini B.E.I.S. seçimi ve uygulanabilirliğine ait programın orijinal ekran sayfası.

Ara Buhar Almalı Buhar Türbini BEI Sistemi

Endüstriyel Prosesin AR Enerji Gereksinimi

PEteo:	5.679	kWe
PQteo:	12.999	kWter
PE:	5.679	kWe
PQ:	11.983	kWter
YF:	0,0150	\$/kWh
TIS:	8.000	h/Yıl
SBEF:	0,065	\$/kWhe
SEBSATF:	0,055	\$/kWh
OKIUM:	0,0203	kWter

BEI SİSTEMİNE AİT TEKNİK VERİLER

P1:	7,5	kPa	elverim-ünite	0,14
T1doy:	40,3	C	terverim-ünite	0,27
V1:	0,0	m3/kg	topverim-ünite	0,41
h1:	168,7	kJ/kg		
P2:	2.500,0	kPa		
P4:	1.100,0	kPa	h4:	2.781,7 kJ/kg
T4doy:	184,1	C	h4B:	2.781,7 kJ/kg
v4:	0,0011	m3/kg	s4s:	2,18 kJ/kg
h4s:	781,3	kJ/kg	s4B:	6,55 kJ/kg
T3KIZBUH:	300,0	C	VBTS1:	0,62
h3:	2.880,1	kJ/kg	VBTS2:	0,62
s3:	6,41	kJ/kg	VSAN:	0,99
h5b:	2.574,8	kJ/kg	VALT:	0,97
h5s:	168,7	kJ/kg	VYARD:	0,95
s5s:	0,58	kJ/kg	VKAZAN:	0,93
s5b:	8,25	kJ/kg		

BEI SİSTEMİNE AİT TİCARİ VERİLER

BKM:	700	\$/kW	BYF:	0,90	\$/kg
OZKO:	0,30		BSUG:	1,53	kg/kWter
FAOR:	0,10		KKF:	0,50	
OS:	10	Yıl	BSUF:	1,00	\$/ton
BPA:	1/750	kişi/kWe	BSSM:	0,000600	\$/kWter
BBPMA:	15.000	\$/kişi-yıl	BBKM:	0,001000	\$/kWhe
BYT:	0,010	gr/kWh	DIM:	100.000	\$/Yıl

Çizelge 6.14' ün devamı: Ara buhar almalı buhar türbini B.E.I.S.
seçimi ve uygulanabilirliğine ait programın orijinal ekran sayfası.

BEI SİSTEMİNE AIT TEKNİK SONUÇLAR			
wp:	2,51	kJ/kg	
h2:	171,2	kJ/kg	
q12:	2,51	kJ/kg	
q23:	2.708,89	kJ/kg	
s4teo:	6,41	kJ/kg	
x4:	1,00		
q41:	2.613,0	kJ/kg	
h4teo:	2.721,39	kJ/kg	
wybt5:	158,71	kJ/kg	
h5:	2.322,78	kJ/kg	
ISILVERIMred:	0,20		
mPB:	4,59	kg/s	
s1:	0,58	kJ/kg	
h1b:	2.574,80	kJ/kg	
s4:	6,55	kJ/kg	
s4teo:	6,55	kJ/kg	
x5:	0,90		
q51:	2.154,08	kJ/kg	
h5teo:	2.041,51	kJ/kg	
wdbts:	740,19	kJ/kg	
MTOP:	14,99	kg/s	
x4teo:	0,97		
x5teo:	0,78		
wybtREEL:	98,4	kJ/kg	
WybtREEL:	1.474,6	kW	
wdbtREEL:	458,9	kJ/kg	
WdbtREEL:	4.772,8	kW	
WdbtopREEL:	6.247,4	kW	
ABBIMG:	6.184,9	kWm	
ABBALTEG:	5.999,4	kWalt	
ABBTEG:	5.699,4	kWe	
NE:	5.699	kWe	
	20.517.848	kJ	
NQ:	11.983	kWter	
NY:	43.651	kWyakrt	
	157.142.871	kJ	
NESEBSAT:	20	kWe	
NQABBTOP:	34.386	kWter	
	123.787.803	kJ	
NE_NQ_oran:	0,48		
ELVERIM:	0,13		
TERVERIM:	0,27		
TOPVERIM:	0,41		
YEU:	45.595.217	kWh/Yıl	
YIU:	95.864.608	kWh/Yıl	
YYT:	349.206.381	kWh/Yıl	

BEI'DEKİ ÖZGÜL ENERJİ ÜRETİM MALİYETİ			
KM:	4.329.443	\$	
YAFO:	704.597	\$/Yıl	
OKM:	0,0155	\$/kWe	
YYM:	5.238.096	\$/Yıl	
OYM:	0,1149	\$/kWe	
PA:	8	Kişi	
YPM:	120.000	\$/Yıl	
BPM:	0,002632	\$/kWe	
YYM:	445	\$/Yıl	
BYM:	0,000010	\$/kWe	
BDIM:	0,002193	\$/kWe	
OIM:	0,005835	\$/kWe	
OEUM:	0,136171	\$/kWe	
BSUM:	0,000767	\$/kWh	
KAIGKOIM:	0,001	\$/kWh	
YAFOyeni:	493.218	\$/Yıl	
OKMyeni:	0,0108	\$/kWe	
OEUMyeni:	0,1315	\$/kWe	
OTOPENUM:	0,158	\$/kWh	

NPV & IRR	
OZK:	1.298.833 \$
YEUMyeni:	5.997.354 \$/Yıl
YAIUM:	375.902 \$/Yıl
YKIUM:	1.948.645 \$/Yıl
YSEM:	2.953.174 \$/Yıl
YSEBSAT:	8.898 \$/Yıl
NPV	-10.285.507 \$
IRR	-1,00 %

Çizelge 6. 15: Kombine gaz türbini ve karşı basınçlı buhar türbini B.E.I.S.
seçimi ve uygulanabilirliğine ait programın orijinal ekran sayfası.

Kombine Gaz Türbini ve Karşı Basınçlı Buhar Türbini BEI Sistemi			
Endüstriyel Prosesin Ait Enerji Gereksinimleri		BEI Sistemine Ait Teknik Veriler	
PEteo:	5.679 kWe	BCTG:	7.736 kWm/adet
PQteo:	12.999 kWter	GTBYT:	11.992 kJ/kWhm
PE:	5.679 kWe	LAMDA:	3,64
PQ:	11.983 kWter	YAKMOLAGR:	17,38 kJ/kmol
YF:	0,0150 \$/kWhy	TEOHAVOR:	2,00
TIS:	8.000 h/Yıl	HU:	10,30 kWh/NM3
SBEF:	0,065 \$/kWe	YAKYOG:	0,72 kG/NM3
SEBSATF:	0,055 \$/kWe	TEGKIZG:	559,00 C
OKIUM:	0,0203 kWter	elverim-ünite	0,31
		terverim-ünit	0,52
		topverim-ünit	0,82
		VALTGT:	0,97
		VYARD:	0,95
		VAIK:	0,95
CPmTEGKIZbuh	1,08 kJ/KgK	h4:	2.781,7 kJ/kg
CPmTEGKIZ:	1,10 kJ/KgK	h48:	2.781,7 kJ/kg
CPmTEGEKO:	1,05 kJ/KgK	s4s:	2,18 kJ/kg
CPmSUEKO:	4,20 kJ/KgK	s48:	6,55 kJ/kg
CPmSUPOM:	4,20 kJ/KgK	T3:	300,0 C
P4:	1.100,0 kPa	h3:	2.880,1 kJ/kg
T4doy:	184,1 C	s3:	6,41 kJ/kg
v4:	0,0011 m3/kg	P2:	2.500,0 kPa
h4s:	2.781,3 kJ/kg	T1b:	224,0 C
P1:	7,5 kPa	h2b:	2.803,1 kJ/kg
T1doy:	40,3 C	T2A:	224,0 kJ/kg
v1:	0,0 m3/kg	h2A:	962,1 kJ/kg
h1s:	168,7 kJ/kg		
h1b:	2.574,8 kJ/kg		
		s1:	0,58 kJ/kg
		h1:	168,7 kJ/kg
		t1:	40,3 C
		t5b:	2.574,80 kJ/kg
		VBTS1:	0,62
		VSAN:	0,99
		VALTBT:	0,97
		VKAZAN:	0,95
BEI Sistemine Ait Ticari Veriler			
BKM:	1.000 \$/kWm	BBPMA:	15.000 \$/kişi-yıl
OZKO:	0,30	BYYT:	0,010 gr/kWhm
FAOR:	0,10	BYYF:	0,90 \$/kg
OS:	10 Yıl	BSUG:	1,53 kg/kWhter
BPA:	1/750 kişi/kWe	KKF:	0,50
		BSUF:	1,00 \$/ton
		BSSM:	0,000600 \$/kWhter
		BBAKM:	0,004500 \$/kWe
		DIM:	150.000 \$/Yıl

Çizelge 6.15' in devamı: Kombine gaz türbini ve karşı basınçlı buhar türbini
B.E.I.S. seçimi ve uygulanabilirliğine ait programın orijinal ekran sayfası.

BEİ SİSTEMİNE AİT TEKNİK SONUÇLAR

		QEGKIZbuh	9.904 kW	QEGBUH:	9.906 kWter
			35.654.274 kJ		34.222.898 kJ
GTBF:	1	qözsukız:	77,00 kJ/kgK	TEGBUHG:	546,6 C
GTMG:	7.736 kWm	qözsubuh:	1.841,00 kJ/kgK	wp:	2,51 kJ/kg
GTALTEG:	7.504 kWalt	qözsukız + qözsubuh:	1.918,00 kJ/kgK	h2:	171,2 kJ/kg
	27.014.112 kJ	Msu:	4,91 kg/s	q12:	2,5 kJ/kg
GTEG:	7.129 kWe	QSUKIZ:	378 kWter	T2:	40,9 C
	25.663.406 kJ		1.359.807 kJ	QSUEKO:	3.880 kWter
GTYG:	25.769 kWY	QEGKIZ:	398 kWter		13.966.943 kJ
			1.431.376 kJ	TSUEKOG:	40,9 C
GTYT:	2.502 Nm3/h	TSUKIZG:	224,0 C	TSUEKOC:	229,2 C
	1 kWYakıt	TSUKIZC:	300,0 C	QEGEKO:	4.084 kWter
GTMY:	1.794 kg/h	TEGKIZC:	546,6 C		14.702.045 kJ
NYGT:	25.769 kWYakıt	QSUBUH:	9.031 kWter	TEGEKOG:	244,0 C
	92.770.112 kJ		32.511.753 kJ	TEGEKOC:	109,8 C
MYAKHAVA:	103.010 kg/h	TSUBUHG:	224,00 C	QAIK:	13.988 kWter
MEGZOST:	104.804 kg/h	TSUBUHC:	224,00 C	QAIKSU:	13.288 kWter
TEGBUHC:	244,0 C			qözaıksu:	2.708,9 kJ/kg

s4teo:	6,41	kJ/kg	KBBTMG:	477,9	kWm	NE_NQ_oran:	0,63
x4teo:	0,97		KBBTALTEG:	463,5	kW	ELVERIM:	0,29
q41:	2.613,000	kJ/kg	KGTKBBTMG:	8.213,9	kWm	TERVERIM:	0,47
h4teo:	2.721,4	kJ/kg	KGTKBBTTEG:	7.569,1	kWe	TOPVERIM:	0,76
wts:	158,7	kJ/kg	NE:	7.569	kWe	YEÜ:	50.552.687 kWh/Yıl
ISILverimreel:	0,035			27.248.709	kJ	YIU:	35.864.608 kWh/Yıl
mPB:	4,91	kg/s	NQ:	11.983	kWe	YYT:	06.155.804 kWh/Yıl
wFREEL:	98,40	kJ/kg	NY:	25.769	kWth		
WAREEL:	482,7	kW		92.770.112	kJ		
			NESEBSAT:	1.889,9	kW		

BEİS' TEKİ ÖZGÜL ENERJİ ÜRETİM MALİYETİ

KM:	8.213.875	\$	BDIM:	0,002477	\$/kWhe
YAFO:	1.336.770	\$/Yil	OIM:	0,009712	\$/kWhe
OKM:	0,0221	\$/kWhe	OEUM:	0,082857	\$/kWhe
YYM:	3.092.337	\$/Yil	BSUM:	0,000767	\$/kWhter
OYM:	0,0511	\$/kWhe	KAIGKOIM:	0,00	\$/kWhter
PA:	11	Kişi			
YPM:	165.000	\$/Yil	YAFOyeni:	935.739	\$/Yil
BPM:	0,002725	\$/kWhe	OKMyeni:	0,0155	\$/kWhe
YYM:	591	\$/Yil	OEUMyeni:	0,0762	\$/kWhe
BYM:	0,000010	\$/kWhe	OTOPENUM:	0,105	\$/kW

NPV & IRR

OZK:	2.464.163 \$
YEUMyeni:	4.616.155 \$/Yil
YAJUM:	145.270 \$/Yil
YKJUM:	1.948.645 \$/Yil
YSEM:	2.953.174 \$/Yil
YSEBSAT:	831.559 \$/Yil
NPV	3.508.068 \$
IRR	37,85%

Çizelge 6. 16: Kombine gaz türbini ve ara buhar almalı buhar türbini
B.E.I.S. seçimi ve uygulanabilirliğine ait programın orijinal ekran sayfası.

Kombine Gaz Türbini ve Ara Buhar Almalı Buhar Türbini BEI Sistemi			
Endüstriyel Prosesin Ait Enerji Gereksinimi		BEI SİSTEMİNE AİT TEKNİK VERİLER	
PEteo: 5.679 kWe		BGTG: 7.736 kWm/adet	elverim-ünite 0,31
PQteo: 12.999 kWter		GTBYT: 11.992 kJ/kWhm	terverim-ünite 0,52
PE: 5.679 kWe		LAMDA: 3,64	topverim-ünite 0,83
PQ: 11.983 kWter		YAKMOLAGR: 17,38 kJ/kmol	
YF: 0,0150 \$/kWh		TEOHAVOR: 2,00	
TIS: 8.000 h		HU: 10,30 kWh/NM3	VALTGT: 0,97
SBEF: 0,065 \$/kWh		YAKYOG: 0,72 kg/M3	VYARD: 0,95
SEBSATF: 0,06 \$/kWh		TEGKIZC: 559 C	VAIK: 0,95
OKIUM: 0,0203 kWter			
CPmTEGKIZbuh: 1,08 kJ/KCK	P1: 7,51 kPa	P2: 2.500,0 kPa	
CPmTEGKIZ: 1,10 kJ/KCK	T1doy: 40,3 C	T1b: 224,0 C	
CPmTEGEKO: 1,05 kJ/KCK	V1: 0,001008 m3/kg	h2b: 2.803,1 m3/kg	
CPmSUEKO: 4,20 kJ/KCK	h1s: 168,7 kJ/kg	T2A: 224,0 kJ/kg	
CPmSUPOM: 4,20 kJ/KCK	h1b: 2.574,8 kJ/kg	h2A: 962,1 kJ/kg	
P4: 1.100,0 kPa	h4: 2.781,7 kJ/kg	T3: 300,0 C	
T4doy: 184,1 C	h4B: 2.781,7 kJ/kg	h3: 2.880,1 kJ/kg	
V4: 0,001113 m3/kg	s4s: 2,18 kJ/kg	s3: 6,41 kJ/kg	
h4s: 2.781,7 kJ/kg	s4B: 6,55 kJ/kg	x4teo: 0,97	
VBTS1: 0,62	BSUG: 1,53 kg/kWhter	h5s: 168,70	
VBTS2: 0,62	KKF: 0,50	h5b: 2.574,80	
VSAN: 0,99	BSUF: 1,00 \$/ton	QEGKIZ: 398,14	
VALTBT: 0,97	BSSM: 0,000600 \$/kWhter	h1: 168,70	
VKAZAN: 0,90	BBAKM: 0,005000 \$/kWh	T1: 40,30	
s1: 0,58 kJ/kg	DIM: 150.000 \$/Yıl	x5teo: 0,78	
s5s: 0,58 kJ/kg			
s5b: 8,25 kJ/kg			
BEI SİSTEMİNE AİT TİCARİ VERİLER			
BKM: 1.000 \$/kW	BPA: 1,750 kişi/kWe		
OZKO: 0,30	BBPMA: 15.000 \$/kişi-yıl		
FAOR: 0,10	BYYT: 0,010 gr/kWhm		
OS: 10 Yıl	BYYF: 0,90 \$/kg		

Çizelge 6.16' nın devamı: Kombine gaz türbini ve ara buhar almalı buhar türbini B.E.I.S. seçimi ve uygulanabilirliğine ait programın orijinal ekran sayfası.

BEI SİSTEMİNE AIT TEKNİK SONUÇLAR			
		QEGKIZbuh: 9.917 kW 35.702.478 kJ	QEGBUH: 9.519 kWter
GTBF: 1 Adet	qözsukız: 77,0 kJ/kg	TEGBUHC: 546,6 C	
GTMG: 7.736 kWm	qözsubuh: 1.841,0 kJ/kg	wp: 2,51 kJ/kg	
GTALTEG: 7.504 kWalt	qözsukız + qözsubuh: 1.918,0 kJ/kg	h2: 171,2 kJ/kg	
	Msu: 4,91 kg/s	q12: 2,5 kJ/kg	
GTEG: 7.129 kWe 25.663.406 kJ	QSUKIZ: 378 kWter	T2: 40,9 C	QSUEKO: 3.885 kWter
GTYG: 25.769 kWyakut	QEGKIZ: 398 kWter	TSUEKOG: 40,9 C	
GTYT: 2.502 Nm3/	TSUKIZG: 224,0 C	TSUEKOC: 229,2 C	
GTMY: 1.794 kg/h	TSUKIZC: 300,0 C	QEKEKO: 4.089 kWter	
NYGT: 25.769 kWyakut	TEGKIZC: 546,6 C	TEGEKOG: 244,0 C	
	QSUBUH: 9.043 kWter	TEGEKOC: 109,8 C	
MYAKHAVA: 103.152 kg/h	TSUBUHC: 224,0 C	QAIK: 14.007 kWter	
MEGZOST: 104.946 kg/h	TSUBUHC: 224,0 C	QAIKSU: 13.306 kWter	
TEGBUHC: 244,0 C		qözaiksü: 2.708,9 kJ/kg	
q23: 2.708,9 kJ/kg	s4: 6,55 kJ/kg	wybtREEL: 98,40 kJ/kg	
s4teo: 6,41 kJ/kg	s5teo: 6,55 kJ/kg	WybtREEL: 483 kW	
x4: 1,00	x5: 0,90	wdbtREEL: 458,92 kJ/kg	
q41: 2.613,0 kJ/kg	q51: 2.154,1 kJ/kg	WdbtREEL: 150 kW	
h4teo: 2.721,4 kJ/kg	h5teo: 2.041,5 kJ/kg	WdbttopREEL: 633 kW	
wybt5: 158,7 kJ/kg	wdbt5: 740,2 kJ/kg	ABBTMG: 627 kWm	
h5: 2.322,8 kJ/kg		ABBALTEG: 608 kWalt	
ISILVERIMreel: 0,205		KGABBTMG: 8.363 kWm	
mpB: 4,59 kJ/kg	MTOP: 4,91 kg/s	KGABBTGEG: 7.706 kWe	
NE: 7.706 kWe 27.742.495 kJ	NQABBTOP: 12.686 kWth 45.668.619 kJ		
NQ: 11.983 kW	NE_NQ_oran: 0,64		
NY: 25.769 kWter	ELVERIM: 0,30	YEU: 61.649.988 kWh/Yıl	
	TERVERIM: 0,47	YIU: 95.864.608 kWh/Yıl	
NESEBSAT: 2.027 kW	TOPVERIM: 0,76	YYT: 206.155.804 kWh/Yıl	

Çizelge 6.16' nın devamı: Kombine gaz türbini ve ara buhar almalı buhar türbini
B.E.I.S. seçimi ve uygulanabilirliğine ait programın orijinal ekran sayfası.

BEİSTEKİ ÖZGÜL ENERJİ ÜRETİM MALİYETİ			
KM:	8.362.722	\$	
YAFO:	1.360.995	\$/Yıl	YYM: 602 \$/Yıl
OKM:	0,0221	\$/kWh	KAIGKOIM: 0,00 \$/kWh
YYM:	3.092.337	\$/Yıl	BYM: 0,000010 \$/kWh
OYM:	0,0502	\$/kWh	BDIM: 0,002433 \$/kWh
PA:	11	Kişi	OIM: 0,010119 \$/kWh
YPM:	165.000	\$/Yıl	OEUM: 0,082355 \$/kWh
BPM:	0,002676	\$/kWh	BSUM: 0,000767 \$/kWh
			YAFÖYeni: 952.696 \$/Yıl
			OKMyeni: 0,0155 \$/kWh
			OEUMyeni: 0,0757 \$/kWh
			OTOPENUM: 0,104 \$/kWh

NPV & IRR	
OZK:	2.508.817 \$
YSEM:	2.953.174 \$/Yıl
YSEBSAT:	891.910,13 \$/Yıl
YKIUM:	1.948.645 \$/Yıl
YEUMyeni:	4.668.885 \$/Yıl
YAIUM:	138.680 \$/Yıl
NPV	3.550.730 \$
IRR	37,70 %

6.8. Tekstil Fabrikasına ve B.E.I. Sistemlerine ait Önemli Parametrelerin Değişken Seçilerek Yeni Sonuçların Elde Edilmesi ve Yorumlanması

Bu bölümün amacı örnek kabul edilen entegre tekstil fabrikasına ve B.E.I.S.'lerine ait kimi parametrelerin değişken atanması ve yeni sonuçların elde edilerek yorumlanmasıdır.

6.8.1. Senaryo 1

Burada amaç; sabit olarak belirlenmiş olan, pamuklu elyaf (IBPI) ve sentetik elyaf (IBSI) üretim miktarları, atık tüm sıcak suların debi düzeltme oranı (ATÜMSDDO), ve 0 – 1 aralığında değişken olarak atanan, pamuklu ve sentetik ipliklerin dokuma bölümündeki işlenme oranlarını (PDDO ve SDDO) değiştirmek suretiyle, bu değişimin;

- Fabrikanın elektrik tüketimine etkisini (P_E)
- Fabrikanın ısı tüketimine etkisini (P_Q)
- Gaz motoru, gaz türbini, buhar türbini, kombine gaz ve buhar türbini kojenerasyon seçeneklerindeki.

- i. Yatırımların bugünkü net değer (NPV) cinsinden kârlılığın etkisi,
- ii. Yatırımların iç getiri oranına (IRR) olan etkisini, incelemektir.

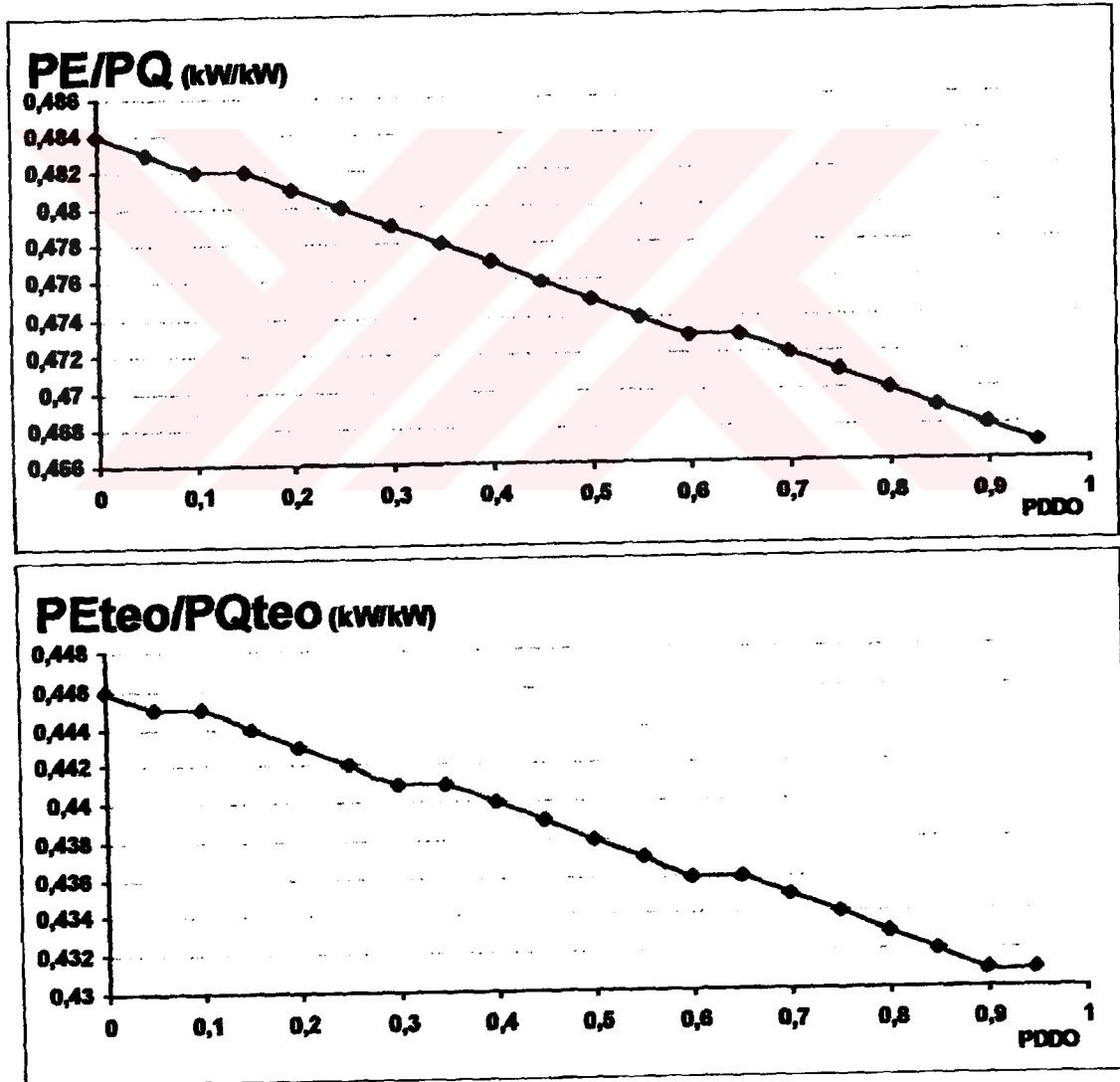
Sayısal hesaplamalara ait sonuçlar ilişikteki grafiklerde gösterilmiştir.

6.8.1.1. Senaryo 1' de baz alınan sayısal kıstaslar

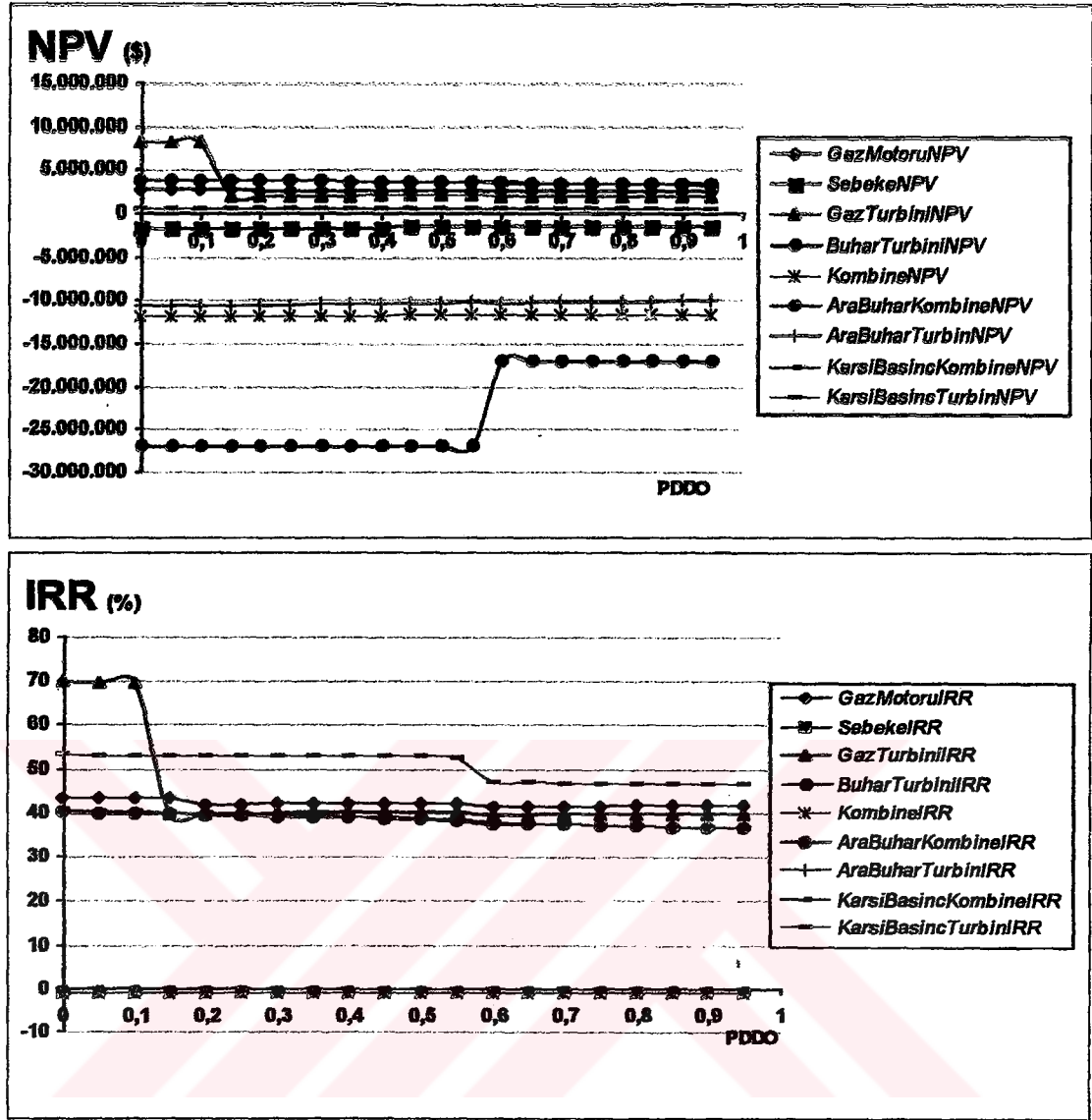
Program girilen sabitler: IBPI = 0,092 kg/s, IBSI = 0,139 kg/s, ATÜMSDDO = 0,75

Programda atanan değişkenler: PDDO : % 0 –100, SDDO : % 100 – 0

Yukarıdaki kıstaslara göre elde edilen sonuçlar ilişikteki grafiklerde gösterilmiştir.



Şekil 6. 8 : Değişen PDDO' ya göre $E = P_E / P_Q$ oranının değişimi.



Şekil 6. 9 : Değişen PDDO' ya göre NPV ve IRR sonuçlarının değişimi.

6.8.1.2. Senaryo 1' in yorumlanması

PDDO, üretime giren pamuklu ipliğin yüzdesel olarak, hangi oranda dokuma bölümünde işlendiğinin göstergesidir. Dokumaya gönderilen pamuklu iplik oranını 0 – 1 aralığında arttırdığımızda, ki bu durumda örme bölümüne gönderilen iplik oranı azaltılmaktadır. $E=P_E/P_Q$ oranlarının 0,484' ten 0,466' ya düştüğünü görmekteyiz. Bu dokuma bölümündeki proses klimasının ısı yükünün artmasından kaynaklanmaktadır. Bu durumda B.E.I.S.' lerin işletme özellikleri değişmekte ve teknik yeterlilikleri sınanmaktadır. Sınama NPV ve IRR grafiklerinde kendini göstermektedir.

Şimdi farklı B.E.I.S. sistemlerinin değişen PDDO değerleri için davranış biçimlerini irdeleyelim:

a) Gaz Türbini (2):

NPV ve IRR grafiklerine baktığımızda, PDDO = 0 – 1 aralığında, IRR = %79 - %73 ve NPV = 5.500.000 – 5.000.000\$ seviyelerinde kaldığı görülmektedir. Bu kârlılık bakımından iyi ve neredeyse sabit kalan sonuçlar; B.E.I.S.' nin, tekstil prosesinin ısı tüketimi kapasitesine göre belirlenmiş olması ve elektrik üretim fazlasının şebekeye satılması sonucunda, sistemin ekonomisinin değişen $E_{Proses} = P_Q/P_E$ oranlarından etkilenmemesindendir.

b) Gaz Motoru (2):

NPV ve IRR grafiklerine baktığımızda, PDDO = 0 – 1 aralığında, IRR = %65 - %58 ve NPV = 9.000.000 \$ seviyesinde kaldığı görülmektedir. Bu kârlılık bakımından iyi ve neredeyse sabit kalan sonuçlar; B.E.I.S.' nin, tekstil prosesinin ısı tüketimi kapasitesine göre belirlenmiş olması ve elektrik üretim fazlasının şebekeye satılması sonucunda, sistemin ekonomisinin değişen $E_{Proses} = P_Q/P_E$ oranlarından etkilenmemesinden dir.

c) Gaz Türbini (1):

NPV ve IRR grafiklerine baktığımızda, PDDO = 0 – 0,15 aralığında, proses için öngörülen gaz türbini (1)' in, elektrik – ısı dengesi bakımında tekstil fabrikasının ihtiyaçlarıyla iyi örtüştüğünden, çok kârlı (IRR = %70, NPV = 8.000.000\$) olduğu görülmektedir. Ancak PDDO > 0,15 den itibaren gaz türbininin kârlılığı %40' lık IRR ve NPV = 2.000.000\$' lık seviyelere gerilemektedir. Bunun sebebi, belli bir ısı kapasitesi ihtiyacından sonra gaz türbininde üretilen yararlı ısının, tekstil prosesinin ısı ihtiyacını karşılayamaması sonucunda, ek yanma ihtiyacının oluşmasıdır. Ek yanma sisteminin devreye girdiği noktadan itibaren, gaz türbini, gaz motorun kârlılık seviyesine inmektedir.

d) Kombine Gaz Türbini ve Karşı Basıncılı Buhar Türbini:

Bu sistemin, PDDO değişiminden pek etkilenmediği gözlemlenmektedir. Bunun sebebi sistemin elektrik ve ısı üretiminin geniş bir aralıkta entegre tekstil prosesinin PDDO değişimiyle orantılı olarak uyumasıdır. NPV = 3.500.000\$' da sabit kalırken IRR = %40 - %37 aralığında değişmektedir.

e) Kombine Gaz Türbini ve Ara Buhar Almalı Buhar Türbini:

Bu sistemin, PDDO değişiminden pek etkilenmediği gözlemlenmektedir. Bunun sebebi sistemin elektrik ve ısı üretiminin geniş bir aralıkta entegre tekstil prosesinin PDDO değişimiyle orantılı olarak uyuşmasıdır. NPV = 4.000.000\$' da sabit kalırken

IRR = %40 - %37 aralığında değişmektedir.

f) Gaz Motoru (1):

Bu sistemin, PDDO değişiminden pek etkilenmediği gözlemlenmektedir. Bunun sebebi sistemin elektrik ve ısı üretiminin geniş bir aralıkta entegre tekstil prosesinin PDDO değişimiyle orantılı olarak uyuşmasıdır. NPV 2.600.000\$' da sabit kalırken IRR değeri %42' lerde sabit kalmaktadır.

g) Karşı Basıncılı Buhar Türbini:

Bu sistemin, PDDO değişiminden pek etkilenmediği gözlemlenmektedir. Bunun sebebi sistemin elektrik ve ısı üretiminin geniş bir aralıkta entegre tekstil prosesinin PDDO değişimiyle orantılı olarak uyum halinde olmasıdır. NPV 520.000\$' da sabit kalırken IRR değeri %53 - %47 aralığında değişmektedir.

Diğer B.E.I.S. sistem türleri ise kârsız bölgede yer aldığından, bunlar yorumlanmamıştır.

6.8.2. Senaryo 2

Burada amaç; sabit olarak belirlenmiş olan, pamuklu elyaf (IBPI) ve sentetik elyaf (IBSI) üretim miktarlarını, pamuklu ve sentetik ipliklerin dokuma bölümündeki işlenme oranlarını PDDO = % 60 ve SDDO = % 40 ve değişken olarak atanan, atık tüm sıcak suların debi düzeltme oranını (ATÜMSDDO); 0 - 1 aralığında değiştirmek suretiyle, bu değişimin;

- (a) Fabrikanın elektrik tüketimine etkisini (P_E)
- (b) Fabrikanın ısı tüketimine etkisini (P_Q)
- (c) Gaz motoru, gaz türbini, buhar türbini, kombine gaz ve buhar türbini kojenerasyon seçeneklerindeki,
 - i. Yatırımların bugünkü net değer (NPV) cinsinden kârlılığına etkisi,
 - ii. Yatırımların iç getiri oranına (IRR) olan etkisini, incelemektir.

Sayısal hesaplamalara ait sonuçlar ilişikteki grafiklerde gösterilmiştir.

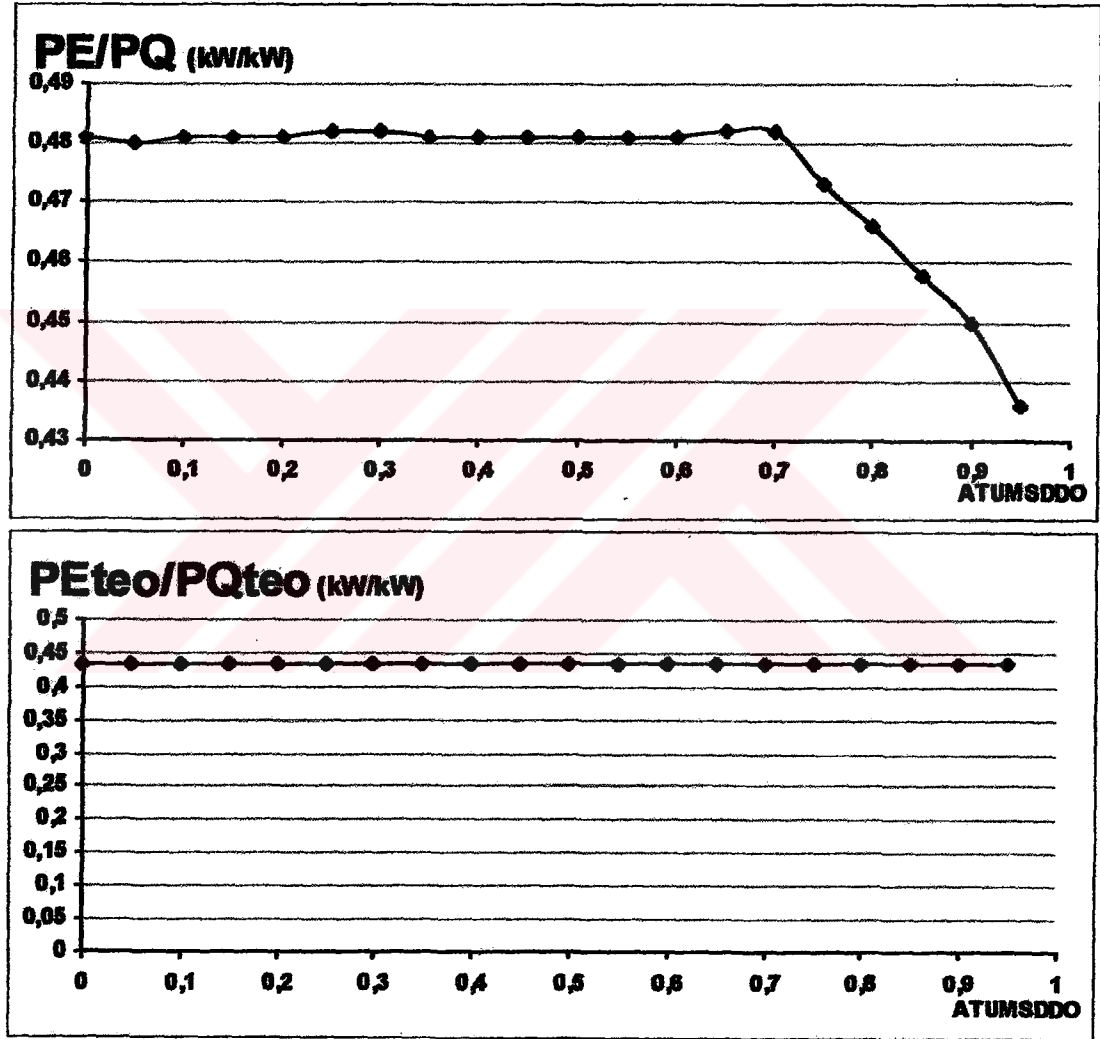
6.8.2.1. Senaryo 2' de baz alınan sayısal kıstaslar

Programa girilen sabitler: IBPI = 0,092 kg/s, IBSI = 0,139 kg/s,

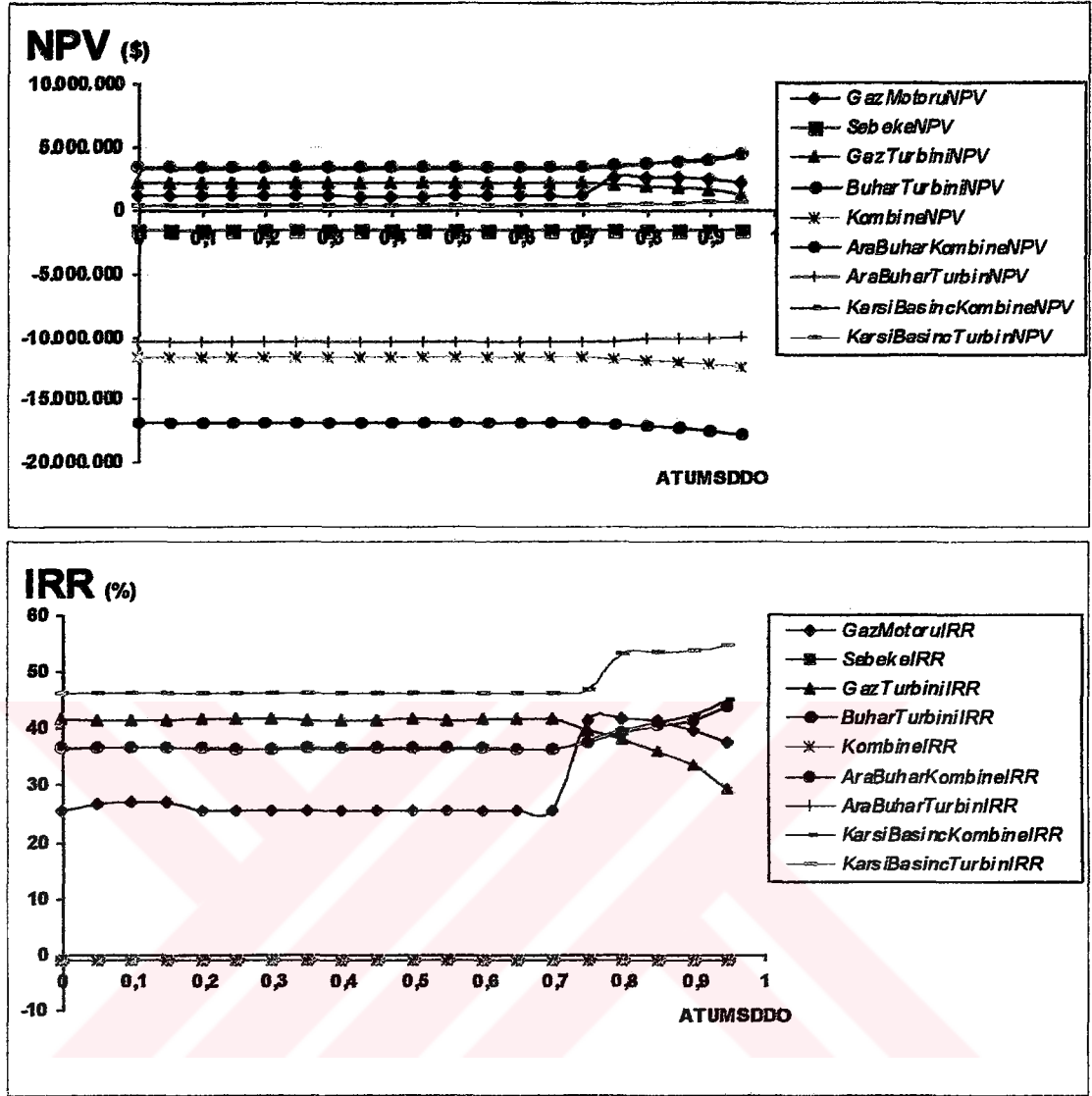
PDDO = % 60, SDDO = % 40

Programda atanan değişkenler: ATÜMSDDO % 0 – 100

Yukarıdaki kıstaslara göre elde edilen sonuçlar, ilişikteki grafiklerde gösterilmiştir.



Şekil 6. 10 : Değişen ATÜMSDDO' ya göre $E = P_E / P_Q$ oranının değişimi.



Şekil 6. 11 : Değişen ATÜMSDDO' ya göre NPV ve IRR sonuçlarının değişimi.

6.8.2.2. Senaryo 2' nin yorumlanması

ATÜMSDDO' nun bire yaklaşması, atık tüm sıcak sularından ısı geri kazanımında yararlanma oranının %0' a yaklaşması demektir. ATÜMSDDO' nun sıfıra yaklaşması halinde ise ısı geri kazanımındaki yararlanma oranı %100' e yaklaşmaktadır. Dikkat edileceği üzere P_E/P_Q oranında 0,7' den itibaren P_Q ihtiyacının artması sebebiyle P_E/P_Q oranı süratle 0,481' den 0,435' e düşmektedir. Bunun NPV ve IRR grafiklerine olan etkilerini şöyle yorumlayabiliriz.

a) Gaz Türbini (2):

ATUMSDDO < 0,85' te NPV = 5.500.000\$ ve IRR = %74 düzeyinde sabit kalmaktadır. Ancak ATUMSDDO > 0,85' ten itibaren doğan ek yanma ihtiyacı sebebiyle gaz türbinine ait IRR değeri gerilemekte ve %74' ten %57' ye dek düşmektedir. NPV' ise; 4.000.000\$ seviyesine dek düşmektedir.

b) Gaz Motoru (2):

ATUMSDDO < 0,7' de NPV = 5.800.000\$ ve IRR = %39 düzeyinde sabit kalmaktadır. ATUMSDDO > 0,7' den itibaren NPV = 8.852.690\$' a çıkmakta ve daha sonra NPV = 7.500.000\$ seviyesine dek inmektedir. IRR buna paralel olarak %39' dan önce %59,5' e çıkmakta daha sonra ise yine yavaş yavaş %50 mertebesine inmektedir.

c) Gaz Türbini (1):

ATUMSDDO > 0,7' den itibaren doğan ek yanma ihtiyacı sebebiyle gaz türbinine ait IRR değeri %41' den %29' a dek düşmektedir. Buna paralel NPV = 2.000.000\$ mertebesinden NPV = 1.500.000\$ düşmektedir.

d) Kombine Gaz Türbini ve Karşı Basıncılı Buhar Türbini:

ATUMSDDO > 0,7' den itibaren bu sistemin ekonomikliği artmaktadır. NPV = 3.500.000\$ mertebesinden 4.000.000\$ mertebesine çıkmaktadır. IRR ise artışı %37 seviyesinden %43 seviyesine çıkmaktadır. Tesisin, ısı üretimi potansiyelinden yararlanma oranı arttıkça tesis kârlılığı da artmaktadır.

e) Kombine Gaz Türbini ve Ara Buhar Almalı Buhar Türbini:

ATUMSDDO > 0,7' den itibaren bu sistemin ekonomikliği artmaktadır. NPV = 3.500.000\$ mertebesinden 4.000.000\$ mertebesine çıkmaktadır. IRR artışı ise %37 seviyesinden %43 seviyesine çıkmaktadır. Tesisin, ısı üretimi potansiyelinden yararlanma oranı arttıkça tesis kârlılığı da artmaktadır.

f) Gaz Motoru :

ATUMSDDO > 0,7' den itibaren bu sistemin ekonomikliği artmaktadır. NPV = 1.500.000\$ mertebesinden 3.000.000\$ mertebesine çıkmaktadır. IRR artışı ise %28 seviyesinden %42 seviyesine çıkmaktadır. Tesisin, ısı üretimi potansiyelinden yararlanma oranı arttıkça tesis kârlılığı da artmaktadır.

g) Karşı Basıncılı Buhar Türbini:

ATÜMSDDO > 0,75 noktasında IRR, %47' den %55 seviyesine dek bir artış göstermektedir. NPV değeri 500.000\$ - 600.000\$ seviyelerinde kalmaktadır.

Diğer B.E.I.S. sistem türleri ise kârsız bölgede yer aldığından bunlar yorumlanmamıştır.

6.8.3. Senaryo 3

Burada amaç; sabit olarak belirlenmiş olan, pamuklu ve sentetik ipliklerin dokuma bölümündeki işlenme oranlarının (PDDO= % 60 ve SDDO = % 40) yanı sıra yine sabit olarak belirlenmiş olan atık tüm sıcak suların debi düzeltme oranına (ATÜMSDDO=0,75) karşılık; MP/(MP+MS) oranını, (0 – 1) aralığında değiştirmek suretiyle, bu değişimin:

(a) Fabrikanın elektrik tüketimine etkisini (P_E)

(b) Fabrikanın ısı tüketimine etkisini (P_Q)

(c) Gaz motoru, gaz türbini, buhar türbini, kombine gaz ve buhar türbini kojenerasyon seçeneklerindeki,

- i. Yatırımların bugünkü net değer (NPV) cinsinden kârlılığına etkisi,
- ii. Yatırımların iç getiri oranına (IRR)'ye olan etkisini, incelemektir.

Burada; MP = IBPI (kg/s) cinsinden pamuklu elyaf üretimi miktarı ve MS = IBSI (kg/s) cinsinden sentetik elyaf üretimi miktarıdır.

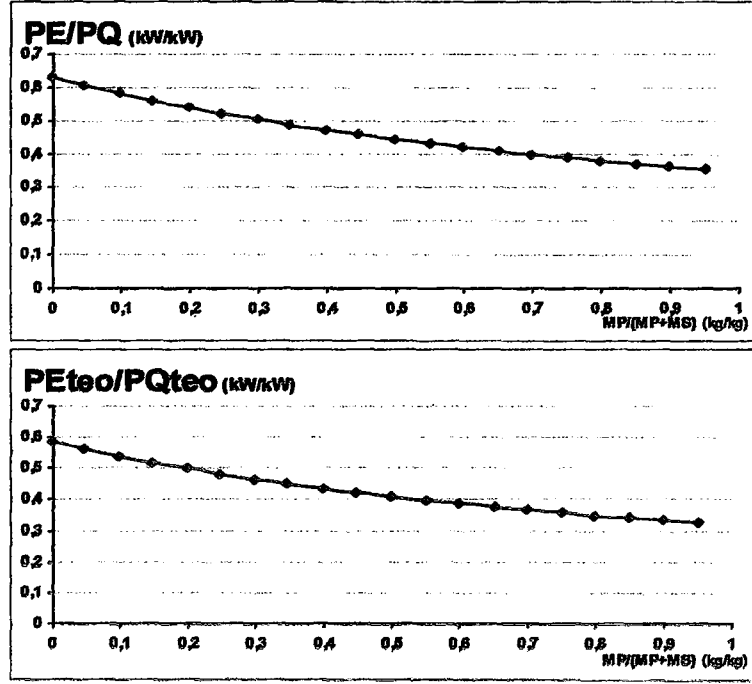
Sayısal hesaplamalara ait sonuçlar ilişikteki grafiklerde gösterilmiştir.

6.8.3.1. Senaryo 3' de baz alınan sayısal kıstaslar

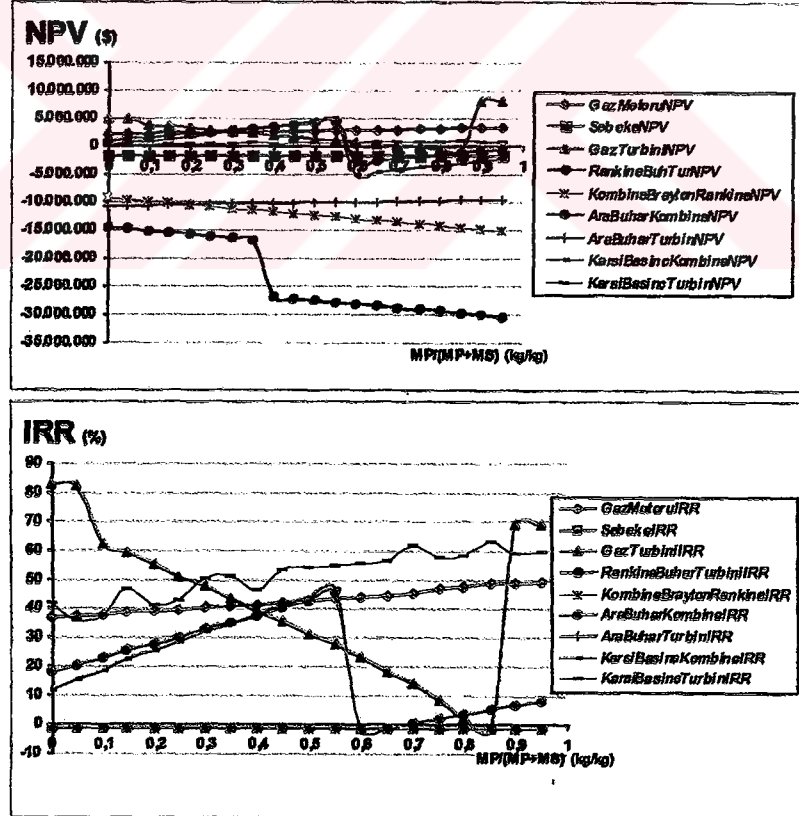
Program girilen sabitler: ATÜMSDDO = 0,75, PDDO : % 60, SDDO : % 40

Programda atanan değişken: $MP/(MP+MS) = 0 \dots 1$

Yukarıdaki kıstaslara göre elde edilen sonuçlar ilişikteki grafiklerde gösterilmiştir.



Şekil 6. 12 : Değişen $MP/(MP+MS)$ oranına göre $E = P_E / P_Q$ oranının değişimi.



Şekil 6. 13 : Değişen $MP/(MP+MS)$ oranına bağlı olarak NPV ve IRR sonuçlarının değişimi.

6.8.3.2. Senaryo 3' ün yorumlanması

MP/(MP+MS) oranının 1' e yaklaşması, MP+MS den oluşan pamuklu ve sentetik ipliklerin toplamındaki pamuklu iplik miktarının artması anlamını taşımaktadır. Uygulamada, tekstil fabrikasında üretime giren hammaddeye bağlı olarak bu oran değiştiğinden enerji tüketiminin özellikleri ($E=P_E/P_Q$) değişmektedir. Böyle bir artış P_E/P_Q grafiğinde görüldüğü üzere ısı ihtiyacının artması sebebiyle, P_E/P_Q oranını kademeli olarak 0,63'ten 0,36 seviyesine çekmektedir. Bunun NPV ve IRR grafiklerine olan etkilerini şöyle yorumlayabiliriz.

a) Gaz Türbini (2):

Gaz türbini (2)'ye ait NPV değeri; $MP/(MP+MS) = 0 - 0,55$ aralığında, 5.500.000\$ seviyesinde sabit kalırken IRR %75 mertebesinde yer almaktadır. $MP/(MP+MS) = 0,55$ noktasında NPV ve IRR'de bir düşüş gözlenmektedir. Bu noktadan itibaren NPV; 5.500.000\$ seviyesinden 2.000.000\$ seviyesine dek gerilerken, IRR; %75 seviyesinden %30 seviyesine inmektedir. Bunların temel sebebi $E_{Proses}=P_E/P_Q$ oranının azalması, yani P_Q ' nun artması sebebiyle, 0,55 noktasından itibaren, ek yanma sisteminin devreye girmesi sonucunda sistemin kârlılığının hızlı bir şekilde düşmesidir. Buradan çıkaracağımız sonuç, teknik özelliklerini veri olarak girdiğimiz gaz türbini (2)' nin, yine örnek olarak girilen tekstil fabrikasının değişen $MP/(MP+MS)$ değerlerine karşı hassas olduğu, ancak genel olarak kârlı kalmasıdır.

b) Gaz Motoru (2):

Bu B.E.I.S. türünde, $MP/(MP+MS) = 0 - 0,4$ aralığında NPV = 5.175.000\$' dan NPV=8.852.690\$ seviyesine çıkmaktadır. IRR buna paralel olarak %40' dan % 59,5 seviyesine çıkmaktadır. 0,4 noktasından itibaren ise; ek yanma ihtiyacı olduğundan NPV = 5.386.940\$ seviyesine inerken IRR = %39 seviyesine inmektedir. Buradan çıkaracağımız sonuç, teknik özelliklerini veri olarak girdiğimiz gaz motoru (2)' nin, yine örnek olarak girilen tekstil fabrikasının değişen $MP/(MP+MS)$ değerlerine karşı hassas olduğu, ancak genel olarak kârlı kalmasıdır.

c) Gaz Türbini (1) :

$MP/(MP+MS)= 0'$ dan 0,8 seviyelerine çıkarken, artan ek yanma ihtiyacı sebebiyle, gaz türbininde NPV' nin 5.000.000\$ seviyesinden 0\$ seviyesine düştüğü ve IRR' ın buna

paralel olarak %82' den %0' a düştüğü gözlemlenmektedir. 0,8 noktasından sonra ise; elektriksel kapasite ihtiyacını karşılamak üzere ikinci bir gaz türbini ünitesine ihtiyaç duyulmasından sonra, (+) yönde ve $NPV = 8.000.000\$$ a dek ve $IRR = \%70'$ e dek önemli bir sıçrama gerçekleşmektedir. Buradan çıkaracağımız sonuç, teknik özelliklerini veri olarak girdiğimiz gaz türbinin, örnek olarak girilen tekstil fabrikasının değişen $MP/(MP+MS)$ değerlerine karşı çok hassas olduğudur. Grafiğin, kârsız bölgeye dek inmesi, gaz türbini için yatırım kararını alırken elektrik ve ısı dengesinin ve tekstil fabrikasındaki muhtemel üretimden kaynaklanabilecek değişken $MP/(MP+MS)$ şartlarının önceden çok iyi tespit edilmesi gerektiğine ait önemli bir işarettir.

d) Kombine Gaz Türbini ve Karşı Basıncılı Buhar Türbini:

Bu sistemin kârlılığı $0,1 < MP/(MP+MS) < 0,55$ aralığında artmaktadır; ancak 0,55 noktasında elektrik ihtiyacının ikinci bir üniteyi gerekli kılmasının ardından; kârlılık hızlı bir düşüşle zarar bölgesine inmektedir. Elektrik şebekesine enerji satma imkanı var olsa dahi şebekeye elektrik satış fiyatının (yaklaşık 0,055\$/kWh) yetersiz olması, tesis yatırımının, $MP/(MP+MS) > 0,55$ bölgesinde, kârlılığının düşmesine engel olamamaktadır. Bu hususlar bize bu tesis türünün seçiminde $MP/(MP+MS)$ şartlarının önceden çok iyi tespit edilmesi gerektiğine ait önemli bir işarettir.

e) Kombine Gaz Türbini ve Ara Buhar Almalı Buhar Türbini:

Bu sistemin kârlılığı $0,1 < MP/(MP+MS) < 0,55$ aralığında artmaktadır; ancak 0,55 noktasında elektrik ihtiyacının ikinci bir üniteyi gerekli kılmasının ardından; kârlılık hızlı bir düşüşle zarar bölgesine inmektedir. Elektrik şebekesine enerji satma imkanı var olsa dahi şebekeye elektrik satış fiyatının (yaklaşık 0,055\$/kWh) yetersiz olması tesis yatırımının, $MP/(MP+MS) > 0,55$ bölgesinde, kârlılığının düşmesine engel olamamaktadır. Bu hususlar bize bu tesis türünün seçiminde de yine $MP/(MP+MS)$ şartlarının önceden çok iyi tespit edilmesi gerektiğine ait önemli bir işarettir.

f) Gaz Motoru (1) :

Bu tesis türü, 0 – 1 aralığında artan $MP/(MP+MS)$ oranından olumsuz yönde etkilenmemektedir. Artan ısı ihtiyacı karşısında NPV ve IRR değerlerinin düzenli bir artış gösterdiği gözlenmektedir. NPV 2.000.000\$ seviyesinden 4.000.000\$ seviyesine artarken, IRR %37' den %50 seviyesine çıkmaktadır.

g) Karşı Basınçlı Buhar Türbini:

Bu tesis türü, 0 – 1 aralığında artan $MP/(MP+MS)$ oranından olumsuz yönde etkilenmemektedir. Artan ısı ihtiyacı karşısında NPV ve IRR değerlerinin düzenli bir artış gösterdiği gözlemlenmektedir. NPV 100.000\$ seviyesinden 750.000\$ seviyesine artarken, IRR %37' dan %63 seviyesine çıkmaktadır.

6.8.4. Senaryo 4

Burada amaç; sabit olarak belirlenmiş olan, IBPI, IBSI, PDDO (%60), SDDO (%40), ATÜMSDDO (0.75) ve yakıt fiyatı YF (0.015\$/kWh)'ye karşılık; şebekeden temin edilen elektriğin birim fiyatı SBEF'yi, 0.04 – 0.09 \$/kWh aralığında değiştirmek suretiyle, bu değişimin:

- (a) Fabrikanın elektrik tüketimine etkisini (P_E),
- (b) Fabrikanın ısı tüketimine etkisini (P_Q),
- (c) Gaz motoru, gaz türbini, buhar türbini, kombine gaz ve buhar türbini kojenerasyon seçeneklerindeki,
- i. Yatırımların bugünkü net değer (NPV) cinsinden kârlılığın etkisi,
- ii. Yatırımların iç getiri oranına (IRR) olan etkisini, incelemektir.

Sayısal hesaplamalara ait sonuçlar ilişikteki grafiklerde gösterilmiştir.

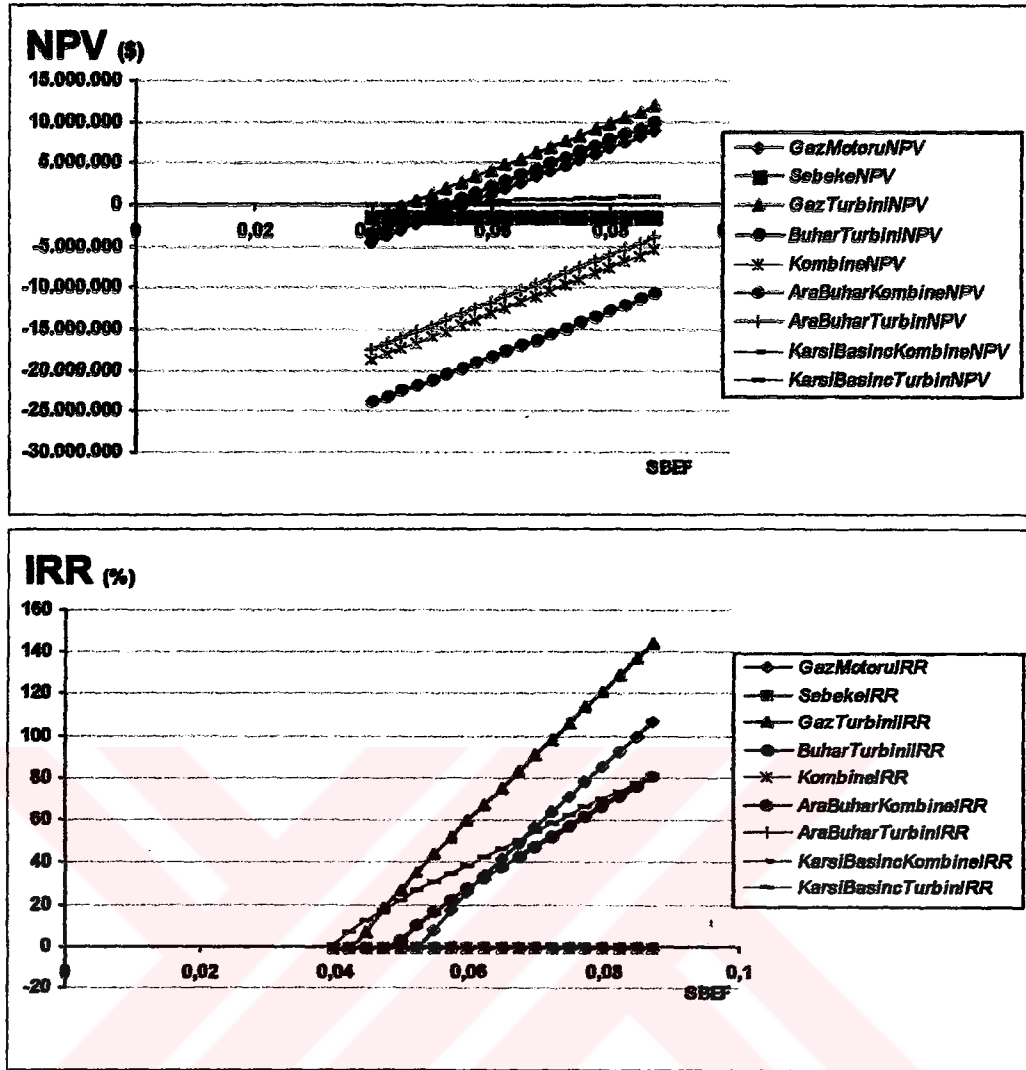
6.8.4.1. Senaryo 4' de baz alınan sayısal kıstaslar

Programa girilen sabitler: IBPI = 0.092 kg/s, IBSI = 0.139 kg/s, ATÜMSDDO = 0.75, PDDO : % 60, SDDO : % 40, YF = 0.015 \$/kWh.

Programda atanan değişken: SBEF = 0.04 0.09

Yapılan analizde, enerji tüketiminde değişime yol açacak bir parametre yer almadığından, $P_{Eto} / P_{Qto} = 0.437$ 'de sabit kalmakta, $P_E / P_Q = 0.474$ 'de sabit kalmaktadır. Bu sebeple bununla ilgili grafiğin gösterilmesinde yarar görülmemiştir.

Yukarıdaki kıstaslara göre elde edilen diğer sonuçlar ilişikteki grafiklerde gösterilmiştir.



Şekil 6. 14 : Değişen SBEF'ye bağlı olarak NPV ve IRR sonuçlarının değişimi.

6.8.4.2. Senaryo 4' ün yorumlanması

SBEF'nin 0.04 \$/kWh olduğu bir ortamda, B.E.I.S.'lerin pek karlı olacağı söylenemez. SBEF'nin 0.05 \$/kWh'ye yaklaşmasıyla NPV ve IRR cinsinden karlılık oluşmaktadır. SBEF'nin 0.06 \$/kWh olduğu şartlarda, karlılık belirginleşmektedir. $SBEF > 0.065$ 'de ise, ki Türkiye'de günümüzde geçerli olan ortalama şebeke elektrik fiyatları bu düzeydedir, B.E.I.S.'ler çok karlı olmaktadır. Söz konusu olan, NPV ve IRR cinsinden elde edilen karlılıklar, günümüz Türkiye'sinde geçerli olan ve Avrupa standartlarında pahalı sayabileceğimiz doğal gaz fiyatına ($YF = 0.015$ \$/kWh) göre hesaplanmıştır. Önümüzdeki

yıllarda doğal gaz fiyatlarının 0.012\$/kWh seviyesine düşmesiyle, burada irdelenen senaryo, daha düşük SBEF'lere doğru kayacaktır.

SBEF'nin değişiminin B.E.I.S.'ler bazında NPV ve IRR cinsinden elde edilen sonuçları ilişikteki biçimde yorumlayabiliriz.

a) Gaz Türbini (2):

Gaz türbini (2)'ye ait NPV değeri; SBEF = 0.04 – 0.09 aralığında, -1.500.000\$ seviyesinden +12.500.000\$ seviyesine yükselmektedir. Buna karşılık IRR değeri %0- %142 değerine yükselmektedir. IRR cinsinden makul bir karlılığa SBEF = 0.045 \$/kWh'den itibaren ulaşılmaktadır. NPV cinsinden de yine aynı seviyede, yani SBEF = 0.045 \$/kWh'den itibaren karlılık başlamaktadır. Buradan çıkaracağımız sonuç, teknik özelliklerini veri olarak girdiğimiz gaz türbini (2)'nin, yine örnek olarak girilen tekstil fabrikasının prosesine uygulanması sonucunda elde edilen getiri, YF'nin 0.015\$/kWh olduğu koşullarda, ancak SBEF > 0.045\$/kWh olduğu işletme koşullarında karlı olmaktadır.

b) Gaz Motoru (2):

Gaz motoru (2)'ye ait NPV değeri; SBEF = 0.04 – 0.09 aralığında, -5.000.000\$ seviyesinden +9.000.000\$ seviyesine yükselmektedir. Buna karşılık IRR değeri %0- %113 değerine yükselmektedir. IRR cinsinden makul bir karlılığa SBEF = 0.055 \$/kWh'den itibaren ulaşılmaktadır. NPV cinsinden de yine aynı seviyede, yani SBEF = 0.055 \$/kWh'den itibaren karlılık başlamaktadır. Buradan çıkaracağımız sonuç, teknik özelliklerini veri olarak girdiğimiz gaz motoru (2)'nin, yine örnek olarak girilen tekstil fabrikasının prosesine uygulanması sonucunda elde edilen getiri, YF'nin 0.015\$/kWh olduğu koşullarda, ancak SBEF > 0.055\$/kWh olduğu işletme koşullarında karlı olmaktadır.

c) Gaz Türbini (1) :

Gaz türbini (1)'e ait NPV değeri; SBEF = 0.04 – 0.09 aralığında, -5.000.000\$ seviyesinden +8.000.000\$ seviyesine yükselmektedir. Buna karşılık IRR değeri %0- %120 değerine yükselmektedir. IRR cinsinden makul bir karlılığa SBEF = 0.06 \$/kWh'den itibaren ulaşılmaktadır. NPV cinsinden de yine aynı seviyede, yani SBEF = 0.06 \$/kWh'den itibaren karlılık başlamaktadır. Buradan çıkaracağımız sonuç, teknik özelliklerini veri

olarak girdiğimiz gaz türbini (1)'in, yine örnek olarak girilen tekstil fabrikasının prosesine uygulanması sonucunda elde edilen getiri, YF'nin 0.015\$/kWh olduğu koşullarda, ancak $SBEF > 0.06$ \$/kWh olduğu işletme koşullarında kârlı olmaktadır.

d) Gaz Motoru (1) :

Gaz motoru (1)'e ait NPV değeri; $SBEF = 0.04 - 0.09$ aralığında, -5.000.000\$ seviyesinden +8.000.000\$ seviyesine yükselmektedir. Buna karşılık IRR değeri %0- %120 değerine yükselmektedir. IRR cinsinden makul bir kârlılığa $SBEF = 0.06$ \$/kWh'den itibaren ulaşılmaktadır. NPV cinsinden de yine aynı seviyede, yani $SBEF = 0.06$ \$/kWh'den itibaren kârlılık başlamaktadır. Buradan çıkaracağımız sonuç, teknik özelliklerini veri olarak girdiğimiz gaz motoru (1)'in, yine örnek olarak girilen tekstil fabrikasının prosesine uygulanması sonucunda elde edilen getiri, YF'nin 0.015\$/kWh olduğu koşullarda, ancak $SBEF > 0.06$ \$/kWh olduğu işletme koşullarında kârlı olmaktadır.

e) Kombine Gaz Türbini ve Karşı Basınçlı Buhar Türbini:

Bu sisteme ait NPV değeri; $SBEF = 0.04 - 0.09$ aralığında, -4.000.000\$ seviyesinden +10.000.000\$ seviyesine yükselmektedir. Buna karşılık IRR değeri %0- %80 değerine yükselmektedir. IRR cinsinden makul bir kârlılığa $SBEF = 0.067$ \$/kWh'den itibaren ulaşılmaktadır. NPV cinsinden de yine aynı seviyede, yani $SBEF = 0.067$ \$/kWh'den itibaren kârlılık başlamaktadır. Buradan çıkaracağımız sonuç, teknik özelliklerini veri olarak girdiğimiz kombine gaz türbini ve karşı basınçlı buhar türbini'nin, yine örnek olarak girilen tekstil fabrikasının prosesine uygulanması sonucunda elde edilen getiri, YF'nin 0.015\$/kWh olduğu koşullarda, ancak $SBEF > 0.067$ \$/kWh olduğu işletme koşullarında kârlı olmaktadır.

f) Kombine Gaz Türbini ve Ara Buhar Almalı Buhar Türbini:

Bu sisteme ait NPV değeri; $SBEF = 0.04 - 0.09$ aralığında, -4.000.000\$ seviyesinden +10.000.000\$ seviyesine yükselmektedir. Buna karşılık IRR değeri %0- %80 değerine yükselmektedir. IRR cinsinden makul bir kârlılığa $SBEF = 0.067$ \$/kWh'den itibaren ulaşılmaktadır. NPV cinsinden de yine aynı seviyede, yani $SBEF = 0.067$ \$/kWh'den itibaren kârlılık başlamaktadır. Buradan çıkaracağımız sonuç, teknik özelliklerini veri olarak girdiğimiz kombine gaz türbini ve ara buhar almalı buhar türbini'nin, yine örnek olarak girilen tekstil fabrikasının prosesine uygulanması sonucunda elde edilen getiri,

YF'nin 0.015\$/kWh olduğu koşullarda, ancak SBEF > 0.067 \$/kWh olduğu işletme koşullarında kârlı olmaktadır.

g) Karşı Basıncılı Buhar Türbini:

Bu sisteme ait NPV değeri; SBEF = 0.04 – 0.09 aralığında, 0\$ seviyesinden +1.000.000\$ seviyesine yükselmektedir. Buna karşılık IRR değeri %0- %80 değerine yükselmektedir. IRR cinsinden makul bir kârlılığa SBEF = 0.047 \$/kWh'den itibaren ulaşılmaktadır. NPV cinsinden de yine aynı seviyede, yani SBEF = 0.047 \$/kWh'den itibaren kârlılık başlamaktadır. Buradan çıkaracağımız sonuç, teknik özelliklerini veri olarak girdiğimiz karşı basınçlı buhar türbini'nin, yine örnek olarak girilen tekstil fabrikasının prosesine uygulanması sonucunda elde edilen getiri, YF'nin 0.015\$/kWh olduğu koşullarda, ancak SBEF > 0.047 \$/kWh olduğu işletme koşullarında kârlı olmaktadır.

6.8.5. Senaryo 5

Burada amaç; sabit olarak belirlenmiş olan, IBPI, IBSI, PDDO (%60), SDDO (%40), ATÜMSDDO (0.75) ve şebeke elektriğinin birim fiyatı SBEF (0.065\$/kWh) karşılık; yakıt fiyatı YF, 0.0 – 0.05 \$/kWh aralığında değiştirmek suretiyle, bu değişimin:

- (a) Fabrikanın elektrik tüketimine etkisini (P_E)
 - (b) Fabrikanın ısı tüketimine etkisini (P_Q)
 - (c) Gaz motoru, gaz türbini, buhar türbini, kombine gaz ve buhar türbini kojenerasyon seçeneklerindeki,
- i. Yatırımların bugünkü net değer (NPV) cinsinden kârlılığına etkisi,
 - ii. Yatırımların iç getiri oranına (IRR)'ye olan etkisini, incelemektir.

Sayısal hesaplamalara ait sonuçlar ilişikteki grafiklerde gösterilmiştir.

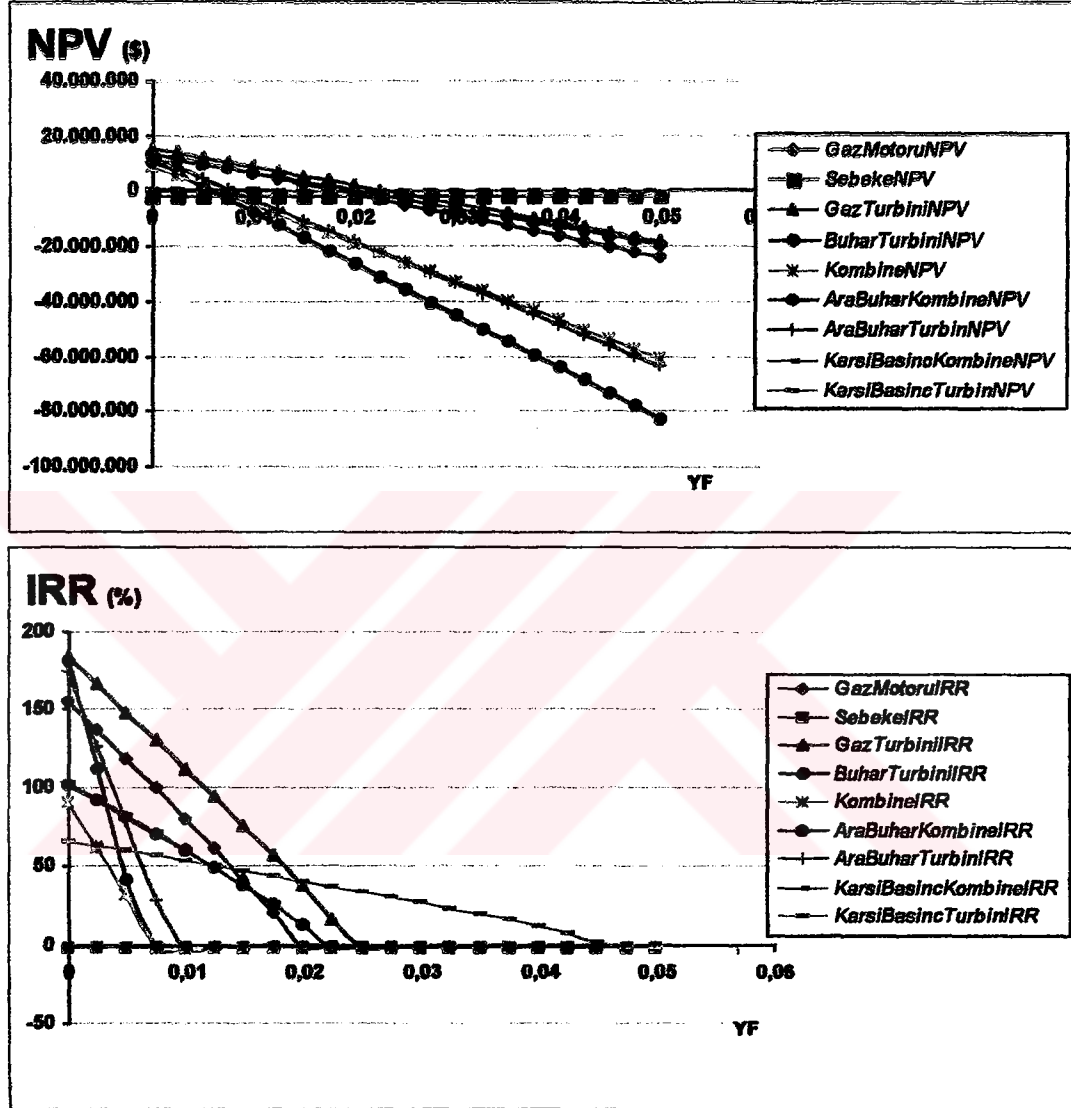
6.8.5.1. Senaryo 5' de baz alınan sayısal kıstaslar

Programa girilen sabitler: IBPI = 0.092 kg/s, IBSI = 0.139 kg/s, ATÜMSDDO = 0.75, PDDO : % 60, SDDO : % 40, SBEF = 0.065 \$/kWh.

Programda atanan değişken: YF = 0.0 0.05

Yapılan analizde, enerji tüketiminde değişime yol açacak bir parametre yer almadığından, $P_{E_{teo}} / P_{Q_{teo}} = 0.437$ 'de sabit kalmakta, $P_E / P_Q = 0.474$ 'de sabit kalmaktadır. Bu sebeble bununla ilgili grafiğin gösterilmesinde yarar görülmemiştir.

Yukarıdaki kıstaslara göre elde edilen diğer sonuçlar ilişikteki grafiklerde gösterilmiştir.



Şekil 6. 15 : Değişen YF'ye bağlı olarak NPV ve IRR sonuçlarının değişimi.

6.8.5.2. Senaryo 5'in yorumlanması

YF'nin 0.025 \$/kWh olduğu bir ortamda, B.E.I.S.'lerin kârlı olduğu söylenemez. YF'nin 0.02 \$/kWh'ye inmesiyle NPV ve IRR cinsinden kârlılık oluşmaktadır. YF'nin 0.018\$/kWh olduğu şartlarda, kârlılık belirginleşmektedir. YF < 0.015'nin altında ise, ki Türkiye'de

günümüzde geçerli olan ortalama yakıt fiyatları bu düzeydedir, B.E.I.S.'ler çok kârlı olmaktadır. Günümüz Türkiye'sinde geçerli olan doğal gaz fiyatı ($YF = 0.015\$/kWh$) Avrupa'da geçerli olan fiyatlarla karşılaştırıldığında pahalıdır. İleriki yıllarda doğal gaz fiyatlarının $0.012\$/kWh$ seviyelerine düşmesiyle, B.E.I.S.'lerin kârlılıkları daha da artacaktır.

YF'nin değişiminin B.E.I.S.'ler bazında NPV ve IRR cinsinden elde edilen sonuçları ilişikteki biçimde yorumlayabiliriz.

a) Gaz Türbini (2):

Gaz türbini (2)'ye ait NPV değeri; $YF = 0.0 - 0.05$ aralığında, $+16.000.000\%$ seviyesinden $-19.000.000\%$ seviyesine düşmektedir. Buna karşılık IRR değeri $\%180- \%$ 0 değerine düşmektedir. IRR cinsinden makul bir kârlılığa $YF = 0.023 \$/kWh$ 'den itibaren ulaşılmaktadır. NPV cinsinden de yine aynı seviyede, yani $YF = 0.023 \$/kWh$ 'den itibaren kârlılık başlamaktadır. Buradan çıkaracağımız sonuç, teknik özelliklerini veri olarak girdiğimiz gaz türbini (2)'nin, yine örnek olarak girilen tekstil fabrikasının prosesine uygulanması sonucunda elde edilen getiri, SBEF'nin $0.065\$/kWh$ olduğu koşullarda, ancak $YF < 0.023 \$/kWh$ olduğu işletme koşullarından itibaren kârlı olmaktadır.

b) Gaz Motoru (2):

Gaz motoru (2)'ye ait NPV değeri; $YF = 0.0 - 0.05$ aralığında, $+12.000.000\%$ seviyesinden $-19.000.000\%$ seviyesine düşmektedir. Buna karşılık IRR değeri $\%155- \%$ 0 değerine düşmektedir. IRR cinsinden makul bir kârlılığa $YF = 0.023 \$/kWh$ 'den itibaren ulaşılmaktadır. NPV cinsinden de yine aynı seviyede, yani $YF = 0.023 \$/kWh$ 'den itibaren kârlılık başlamaktadır. Buradan çıkaracağımız sonuç, teknik özelliklerini veri olarak girdiğimiz gaz motoru (2)'nin, yine örnek olarak girilen tekstil fabrikasının prosesine uygulanması sonucunda elde edilen getiri, SBEF'nin $0.065\$/kWh$ olduğu koşullarda, ancak $YF < 0.023 \$/kWh$ olduğu işletme koşullarından itibaren kârlı olmaktadır.

c) Gaz Türbini (1) :

Gaz türbini (1)'e ait NPV değeri; $YF = 0.0 - 0.05$ aralığında, $+16.000.000\%$ seviyesinden $-24.000.000\%$ seviyesine düşmektedir. Buna karşılık IRR değeri $\%160- \%$ 0 değerine düşmektedir. IRR cinsinden makul bir kârlılığa $YF = 0.018 \$/kWh$ 'den itibaren ulaşılmaktadır. NPV cinsinden de yine aynı seviyede, yani $YF = 0.018 \$/kWh$ 'den itibaren

kârlılık başlamaktadır. Buradan çıkaracağımız sonuç, teknik özelliklerini veri olarak girdiğimiz gaz türbini (1)'in, yine örnek olarak girilen tekstil fabrikasının prosesine uygulanması sonucunda elde edilen getiri, SBEF'nin 0.065\$/kWh olduğu koşullarda, ancak $YF < 0.018$ \$/kWh olduğu işletme koşullarından itibaren kârlı olmaktadır.

d) Gaz Motoru (1) :

Gaz motoru (1)'e ait NPV değeri; $YF = 0.0 - 0.05$ aralığında, +15.000.000\$ seviyesinden -22.000.000\$ seviyesine düşmektedir. Buna karşılık IRR değeri %155 - %0 değerine düşmektedir. IRR cinsinden makul bir kârlılığa $YF = 0.018$ \$/kWh'den itibaren ulaşılmaktadır. NPV cinsinden de yine aynı seviyede, yani $YF = 0.018$ \$/kWh'den itibaren kârlılık başlamaktadır. Buradan çıkaracağımız sonuç, teknik özelliklerini veri olarak girdiğimiz gaz motoru (1)'in, yine örnek olarak girilen tekstil fabrikasının prosesine uygulanması sonucunda elde edilen getiri, SBEF'nin 0.065\$/kWh olduğu koşullarda, ancak $YF < 0.018$ \$/kWh olduğu işletme koşullarından itibaren kârlı olmaktadır.

e) Kombine Gaz Türbini ve Karşı Basınçlı Buhar Türbini:

Bu sisteme ait NPV değeri; $YF = 0.0 - 0.05$ aralığında, +14.000.000\$ seviyesinden -19.000.000\$ seviyesine düşmektedir. Buna karşılık IRR değeri %100- %0 değerine düşmektedir. IRR cinsinden makul bir kârlılığa $YF = 0.019$ \$/kWh'den itibaren ulaşılmaktadır. NPV cinsinden de yine aynı seviyede, yani $YF = 0.019$ \$/kWh'den itibaren kârlılık başlamaktadır. Buradan çıkaracağımız sonuç, teknik özelliklerini veri olarak girdiğimiz kombine gaz türbini ve karşı basınçlı buhar türbini'nin, yine örnek olarak girilen tekstil fabrikasının prosesine uygulanması sonucunda elde edilen getiri, SBEF'nin 0.065\$/kWh olduğu koşullarda, ancak $YF < 0.019$ \$/kWh olduğu işletme koşullarından itibaren kârlı olmaktadır.

f) Kombine Gaz Türbini ve Ara Buhar Almalı Buhar Türbini:

Bu sisteme ait NPV değeri; $YF = 0.0 - 0.05$ aralığında, +14.000.000\$ seviyesinden -19.000.000\$ seviyesine düşmektedir. Buna karşılık IRR değeri %100- %0 değerine düşmektedir. IRR cinsinden makul bir kârlılığa $YF = 0.019$ \$/kWh'den itibaren ulaşılmaktadır. NPV cinsinden de yine aynı seviyede, yani $YF = 0.019$ \$/kWh'den itibaren kârlılık başlamaktadır. Buradan çıkaracağımız sonuç, teknik özelliklerini veri olarak girdiğimiz kombine gaz türbini ve ara buhar almalı buhar türbini'nin, yine örnek olarak girilen tekstil fabrikasının prosesine uygulanması sonucunda elde edilen getiri, SBEF'nin

0.065\$/kWh olduğu koşullarda, ancak $YF < 0.019$ \$/kWh olduğu işletme koşullarından itibaren kârlı olmaktadır.

g) Karşı Basınçlı Buhar Türbini:

Bu sisteme ait NPV değeri; $YF = 0.0 - 0.05$ aralığında, +1.000.000\$ seviyesinden -1.000.000\$ seviyesine düşmektedir. Buna kârşılık IRR değeri %65 - %0 değerine düşmektedir. IRR cinsinden makul bir kârlılığa $YF = 0.04$ \$/kWh'den itibaren ulaşılmaktadır. NPV cinsinden de yine aynı seviyede, yani $YF = 0.04$ \$/kWh'den itibaren kârlılık başlamaktadır. Buradan çıkaracağımız sonuç, teknik özelliklerini veri olarak girdiğimiz karşı basınçlı buhar türbini'nin, yine örnek olarak girilen tekstil fabrikasının prosesine uygulanması sonucunda elde edilen getiri, SBEF'nin 0.065\$/kWh olduğu koşullarda, ancak $YF < 0.04$ \$/kWh olduğu işletme koşullarından itibaren kârlı olmaktadır.



7. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Tez konusu olan "Entegre Bir Tekstil Prosesi için En Uygun Bileşik Elektrik ve Isı Sisteminin Belirlenmesi" amacı doğrultusunda, tekstil fabrikasının her bir bölümünün ayrı ayrı elektrik ve ısı tüketimi ihtiyaçları belirlenmiş, buradan toplam enerji ihtiyacını hesaplayan bir bilgisayar programı yazılmıştır. Program tekstil fabrikasının atık sıcak sularından ısı geri kazanımı imkanlarını irdeleyip hesaplamaktadır. Bu enerji tasarrufu yönteminden sonra, program, on çeşit bileşik elektrik ve ısı sisteminin teknik ve ekonomik çözümlemesini yapmakta, bunlara ait enerji üretim kapasiteleriyle birlikte ekonomik uygulanabilirliğe ait sonuçlar vermektedir.

Elde edilen sonuçlara göre;

- (a) mevcut elektrik fiyatlarının, doğal gaz fiyatlarına olan oran ilişkisi > 4 olduğu süreçte B.E.I.S. uygulamaları kârlı olmaktadır,
- (b) Bu oran çerçevesinde genelde elektrik verimi yüksek olan sistemlerin seçilmesi daha ekonomik olmaktadır,
- (c) B.E.I.S.' lerinin seçiminde IRR, NPV ve KM değerlerine bakılarak, sistem seçicisi, proje bütçesine göre şu B.E.I.S. seçeneklerinden birini seçmelidir. Kârlı seçenekler; gaz motoru, gaz türbini, kombine gaz türbini ve karşı basınçlı buhar türbini, kombine gaz türbini ve ara buhar almalı buhar türbini, karşı basınçlı buhar türbinidir. Bunların dışında bu tezde incelenen diğer seçenekler seçilmemelidir,
- (d) İç getiri oranı (IRR) cinsinden yapılan hesaplamada, B.E.I.S.' lerde en kârlı seçenekler sırasıyla şöyledir:
 1. Gaz türbini (2)
 2. Gaz motoru (2)
 3. Karşı basınçlı buhar türbini
 4. Gaz motoru (1)
 5. Gaz türbini (2)
 6. Kombine gaz türbini ve karşı basınçlı buhar türbini,
ile Kombine gaz türbini ve ara buhar almalı buhar türbini (*)

(*) Bu iki seçenek, IRR değerlendirmesi açısından birbirine çok yakın sonuçlar vermiştir.

(e) bugünkü net değer (NPV) cinsinden yapılan hesaplamada, B.E.I.S.' lerde en kârlı seçenekler sırasıyla şöyledir:

1. Gaz motoru (2)
2. Gaz türbini (2)
3. Kombine gaz türbini ve karşı basınçlı buhar türbini;
ile kombine gaz türbini ve ara buhar almalı buhar türbini (*)
4. Gaz motoru (1)
5. Gaz türbini (1)
6. Karşı basınçlı buhar türbini

(f) kuruluş maliyeti (KM) cinsinden yapılan hesaplamada, B.E.I.S.' lerde en ucuz ilk dört seçenek sırasıyla şöyledir:

1. Karşı basınçlı buhar türbini
2. Gaz türbini (1)
3. Gaz motoru (1)
4. Gaz türbini (2)
5. Kombine gaz türbini ve karşı basınçlı buhar türbini
ile Kombine gaz türbini ve ara buhar almalı buhar türbini (*)
6. Gaz motoru (2)

IRR, NPV ve KM sonuçları sıralamalarına baktığımızda, örnek seçilen tekstil fabrikası için uygun görülen yedi adet B.E.I.S. seçenekleri arasından belirgin bir şekilde ön plana çıkan bir seçenek yoktur. Yedi seçeneğin tümünde teknik ve ekonomik açıdan uygulanabilir olmalarından ötürü, ayırım yapmak son derece güçtür. Karar, sistem seçicisinin bütçesine bağlıdır. Dar bütçeli bir projede, karşı basınçlı buhar türbini kullanılması uygun olacaktır. Orta bütçeli bir projede gaz motoru (1), gaz türbini (1) ve (2) uygun olacaktır. Geniş bütçeli bir projede ise kombine gaz türbini, karşı basınçlı buhar türbini veya kombine gaz türbini ve ara buhar almalı buhar türbini ile gaz motoru (2) çözümleri seçilebilir.

Ancak bölüm (6.6)' da ki önemli parametrelerin değişken seçilerek yeni sonuçların elde edilmesi ve bunların yorumlanmasından elde edilen sonuçlara baktığımızda, B.E.I.S. seçimi için baz alınan işletme şartlarının değişkenliği, özellikle, gaz türbini (1), kombine gaz

(*) Bu iki seçenek, IRR değerlendirmesi açısından birbirine çok yakın sonuçlar vermiştir.

türbini ve karşı basınçlı buhar türbini, kombine gaz türbini ve ara buhar almalı buhar türbini, gaz motoru (2) sistemleri yatırımlarını büyük ölçüde etkilediği anlaşılmıştır. Bu sebeble, kimi durumlarda daha kârlı olabilen, bu türdeki sistemlerin seçiminde, işletme şartlarının önceden çok iyi belirlenmesi ve duyarlılık analizlerinin (bu tezde oluşturulan grafiklerdeki gibi) yapılması gerekmektedir.

Gaz motoru (1) ve gaz motoru (2) B.E.I. sistemi seçeneklerinde, doğru temel bir seçim yapıldıktan sonra, bunların ekonomik özelliklerinin değişen işletme şartlarından çok fazla etkilenmediği anlaşılmıştır.

Son yıllarda kurulan tesislerin özelliklerine baktığımızda, genelde 0,5 - 20 MW_{el} aralığındaki kapasitelerde, gaz motorları ve gaz türbinleri tercih edilirken, > 20 MW_{el} ' ın üzerindeki B.E.I.S. projelerinde ise kombine gaz türbini ve buhar türbini seçeneklerine yatırım yapıldığı gözlemlenmiştir.

Bu tezde geliştirilen program sayesinde, B.E.I.S. seçicisi, çeşitli sistem seçeneklerinin uygulanabilirliğini hesaplayabilecektir, "entegre tekstil prosesi için en uygun bileşik elektrik ve ısı sistemi" teknolojisinden birini belirleyecektir.

KAYNAKLAR

Akpınar, H.,(1998), "Excel Fonksiyonları, Veri Analizleri ve Problem Çözme", Alfa Yayınları, Yayın No: 424.

Anonim (1999), "Project Guide for Gas Power Plants ", Cummins-Wartsila şirketinin CD'si, Muhlhouse, Yayın No. Version 1.49F.

Anonim (2000), "Gas Engine Manuel", Caterpillar şirketinin Plant and System Engineering CD, Kiel, Yayın No. Version 04.01 July00

Anonim (2000), "Plated Heat Exchangers", Alfa Laval şirketinin yayınlamış olduğu teknik broşürdür, yayın numarası belirtilmemiştir.

Anonim (2000), Deutz Energie GmbH şirketinin "Einfluss der Gas Beschaffenheit auf die Motorische Verbrennung" adlı yayınıdır, Mannheim, yayın numarası belirtilmemiştir.

Anonim (2000), Deutz Energie GmbH şirketinin "Leistungsdaten von Gas Motoren Aggregaten" adlı yayınıdır, Mannheim, yayın numarası belirtilmemiştir.

Anonim (2001), "Gas Turbine Manuel", Alstom Gas Turbines şirketinin yayınlamış olduğu kitapçıktır, yayın numarası belirtilmemiştir.

Aybers, N., Şahin, B., (1995), "Enerji Maliyeti", YTÜ Yayını, İstanbul, Yayın No:299.

Baehr, (1992), "Thermodynamik", 8. Auflage, Springer, Berlin Heidelberg New York, ISBN (*)

Belli, Pallabazer, (1995), "Gas Turbine Improvement By Means of Water Injection", ECOS' 95, July 11 – 14, 792-798, İstanbul, Efficiency, Costs, Optimisation, Simulation and Environmental Impact of Energy Systems, ISBN 975-7475-08-4

Bohn, T., (1982), "Grundlagen der Energie und Kraftwerkstechnik", Technischer Verlag Resch, Rheinland, Yayın No. ISBN 3-88585-074-5

Boyce, M., (1999), "Gas Turbinen Handbuch", Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York, Yayın No. ISBN 3-540-63216-6

Büyüktur, A., (1985), "Termodinamik – Cilt 2", Uludağ Üniv. Basım Evi, Bursa, Yayın No. 4-019-118

Collishow, P., (1986), "Pamuklu İplik, Havlu ve Örgü, Giysilerin Boyama Ve Terbiye İşlemlerinde Verimliliğin ve Kalitenin Geliştirilmesi ", 4 Üncü Uluslararası Tekstil Sempozyumu, 15-17 Ekim 1986, Bursa , Yayın No.113

Deutz-MWM, (1990), "Aggregate Handbuch", Mannheim, ISBN(*)

(*) Kaynaktan Almanya'daki çalışmalar sırasında MVV şirketi kütüphanesinde yararlanılmış, ancak yayın numarasına çalışma bitiminde tekrar erişilememiştir.

Fischer, J., (1988), "Neue Einsatzmöglichkeiten für BHKW' s", Lehrstuhl für Energiewirtschaft der Lebensmittelindustrie - Technische Univ. München, Yayın No. ISBN 3-87806-116-1

Franzke, (1987), Maschinen- und Anlagentechnik, Bd.1, Springer Verlag, Berlin, ISBN(*)

Heeschen, K., (1987), "Prozess Dampf und Stromversorgung im Modernen Industriebetrieb", Blohm und Voss AG, Hamburg, ISBN(*)

Herwig, H., (2000), "Waermeübertragung", Resch Verlag, München, ISBN(*)

Herwig, H., (2001), "Waermeatlas", VDI Verlag, Heidelberg, ISBN(*)

Hutter, F., (1995), "Elektrisches Potential und Wirtschaftlichkeit der gekoppelten Kraft und Waerme in Industrie und Gewerbe", Der Bundesminister für Forschung und Technologie, Bonn, Yayın No. ISBN 3-87806-116-1

Lehman, H., (1990), "Handbuch der Dampferzeugerpraxis", Resch Verlag, München, Yayın No. ISBN-3-87806-117-X

Major, G., (1995), "Small Scale Cogeneration", Centre For The Analysis and Dissemination of Demonstrated Energie Technologies, Maastricht , ISBN(*)

Munk, D., (2001), "Project Handbuch", Deutz Energie GmbH, Mannheim, Yayın No. VA-TA 03.2001

Pamukçu, B.,(1989), "İşletme Finansı", Der Yayınevi, Yayın No: 62.

Recknagel, Sprenger, Hönman, (2000), "Heizung und Klima Technik", R.Oldenburg Verlag GmbH, München, Yayın No. 3-486-35915-0

Schaefer, H., (1991), "Generatoren Blocktransformatoren Eigenbedarfsanlagen Schutzeinrichtungen", Lehrstuhl für Energiewirtschaft und Kraftwerkstechnik - Technische Univ. München, Yayın No. ISBN 3-87 806-123-4

Schröter, B., (1987), "MAN- Mitteilung Nr.28/87", Augsburg, ISBN(*)

Serçe, V.,(2000), "İleri Excel", Pusula Yayıncılık ve İletişim Ltd, Istanbul, Yayın No.24

Serra, Lazano, Valero, Torres, (1995), "On Average and Marginal Costs in Thermoeconomics", ECOS' 95, July 11 – 14, 428-436, Istanbul, Efficiency, Costs, Optimisation, Simulation and Environmental Impact of Energy Systems, Istanbul, ISBN-975-7475-06-8

(*) Kaynaktan Almanya'daki çalışmalar sırasında MVV şirketi kütüphanesinde yararlanılmış, ancak yayın numarasına çalışma bitiminde tekrar erişilememiştir.

Strauss, K., (1997), "Kraftwerkstechnik zur Nutzung fossiler, regenerativer und nuklearer Energiequellen", Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York, ISBN 3-540-60808-7

Suttor, K.H., (1995), "Die KWK Fiebel", Resch Verlag, Augsburg, Yayın No. ISBN 3-87806-116-1

Szargut, J., (1995), "Energy Effectiveness of Cogeneration of Heat and Electricity in Gas-Steam Plants Fed with Natural Gas", ECOS' 95, July 11 – 14, 25-33, Istanbul, Efficiency, Costs, Optimisation, Simulation and Environmental Impact of Energy Systems, Istanbul

T.S.K.B., (1998), Türkiye Sanayi Kalkınma Bankası Müşavirliği Yayını, (**)

Tarakçıoğlu, I., (1984), Tekstil Terbiye İşletmelerinde Enerji Tüketimi ve Tasarrufu, Uludağ Üniv. Basımevi - 1984, Yayın No. belirtilmemiş.

Turna, T., (1995), Pisa Tekstil Fabrikası 1 MW Gaz Motorlu B.E.I.S. Proje ve Uygulaması. (***)

Turna, T., (1996), Atlas Halı Fabrikası 1 MW Gaz Motorlu B.E.I.S. Proje ve Uygulaması. (***)

Turna, T., (1996), Ege Sermaik Fabrikası 5 MW Gaz Motorlu B.E.I.S. Proje ve Uygulaması. (***)

Turna, T., (1996), İçdaş Demir Çelik Fabrikası 8 MW Gaz Motorlu B.E.I.S. Proje ve Uygulaması. (***)

Turna, T., (1996), Nuryıldız Tekstil Fabrikası 0,7 MW Gaz Motorlu B.E.I.S. Proje ve Uygulaması. (***)

Turna, T., (1996), Sarkuysan Bakır Fabrikası 8 MW Gaz Motorlu B.E.I.S. Proje ve Uygulaması. (***)

Turna, T., (1996), Tüp Merserize Tekstil Fabrikası 5 MW Gaz Türbini ve 1 MW Gaz Motorlu B.E.I.S. Proje ve Uygulaması. (***)

Turna, T., (1996), Uçal Kağıt Fabrikası 1 MW Gaz Motorlu B.E.I.S. Proje ve Uygulaması. (***)

Turna, T., (1997), Sönmez Filament Tekstil Fabrikası 4 MW Gaz Motorlu B.E.I.S. Proje ve Uygulaması. (***)

(*) Kaynaktan Almanya'daki çalışmalar sırasında MVV şirketi kütüphanesinde yararlanılmış, ancak kaynağa, dolayısıyla yayın numarasına çalışma bitiminde tekrar erişilememiştir.

(**) Yayın numarası belirlenmemiştir.

(***) Tezin sahibinin gerçekleştirdiği projelere ait notlardan yararlanıldığından, yayın numarası verilememiştir.

Turna, T., (1999), Aksa Enerji Demirtaş Çöp Gazı Motorlu Enerji Santralı Proje ve Uygulaması. (***)

Turna, T., (1999), Hakkari 17 MW Dizel Motorlu Enerji Santralı Proje ve Uygulaması. (***)

Ültanır, M.Ö., (1998), "21. Yüzyıla Girerken Türkiye' nin Enerji Stratejisinin Değerlendirilmesi", Yayın No. TUSİAD-T/98-12/239.

(***) Tezin sahibinin gerçekleştirdiği projelere ait notlardan yararlanıldığından, yayın numarası verilememiştir.

EKLER**Ek1 Sayısal Uygulamaya Ait Algoritma**

```

10 (1) TEKSTİL FABRİKASININ ELEKTRİK VE ISI İHTİYACININ BELİRLENMESİ
20 REM "TAMER TURNA
30 REM '15/04/2001
40 DATA 0,277 KG/S 0,417 KG/S 0,139 KG/S
50 READ IBPI IBSI DBPI
60 DATA 0,139 KG/S 0,139 KG/S 0,277 KG/S
70 READ DBSI ÖBPI ÖBSI
80 DATA 0,277 KG/S 0,417 KG/S
90 READ TBPB TBSK
100 DATA 2,75 KWH/KG 25000 KJ/KG 2,75 KWH/KG
110 READ IBPBEG IBPBIG IBSBEG
120 DATA 12500 KJ/KG 3,00 KWH/KG 8000 KJ/KG
130 READ IBSBIG DBPBEG DBPBIG
140 DATA 3,00 KWH/KG 8000 KJ/KG
150 READ DBSBEG DBSBIG
160 DATA 0,75 KWH/KG 0,0 KJ/KG 0,75 KWH/KG
170 READ ÖBPBEG ÖBPBIG ÖBSBEG
180 DATA 0,0 KJ/KG 2,25 KWH/KG 50000 KJ/KG
190 READ ÖBSBIG TBPBEG TBPBIG
200 DATA 2,25 KWH/KG 25000 KJ/KG
210 READ TBSBEG TBSBIG
220 DATA 87,0 KG-SU/KG-ÜRÜN 21,75 KG-SU/KG-ÜRÜN 27,84 KG-SU/KG-ÜRÜN
230 READ IBPBSG IBSBSG DBPBSG
240 DATA 27,84 KG-SU/KG-ÜRÜN 0,0 KG-SU/KG-ÜRÜN 0,0 KG-SU/KG-ÜRÜN
250 READ DBSBSG ÖBPBSG ÖBSBSG
260 DATA 174 KG-SU/KG-ÜRÜN 43,5 KG-SU/KG-ÜRÜN
270 READ TBPBSG TBSBSG
280 DATA 34% 30 C
290 READ SPSO ASDSKS
300 DATA 15 C 80 C 15 C
310 READ IBPBAS IBPBIS IBSBAS
320 DATA 145 C 15 C 80 C
330 READ IBSBIS DBPBAS DBPBIS
340 DATA 15 C 80 C
350 READ DBSBAS DBSBIS
360 DATA 0 C 0 C 0 C
370 READ ÖBPBAS ÖBPBIS ÖBSBAS
380 DATA 0 C 15 C 80 C
390 READ ÖBSBIS TBPBAS TBPBIS
400 DATA 15 C 145 C
410 READ TBSBAS TBSBIS
420 DATA 5% 15%,
430 READ ATÜMSDDO ATÜMSDDO
440 DATA 15 C
450 READ TPS1
460 ENTEGRE TEXTİL FABRİKASINDAKİ ELEKTRİK VE ISI İHTİYACININ BELİRLENMSİ
470 PEI=IBPI * IBPBEG + IBSI * IBSBEG = .....",PEI
480 PED=DBPI * DBPBEG + DBSI * DBSBEG = .....",PED
490 PEÖ=ÖBPI * ÖBPBEG + ÖBSI * ÖBSBEG = .....",PEÖ
500 PET=TBPI * TBPBEG + TBSI * TBSBEG = .....",PET
510 PQI=IBPI * IBPBIG + IBSI * IBSBIG = .....",PQI
520 PQD=DBPI * DBPBIG + DBSI * DBSBIG = .....",PQD
530 PQÖ=ÖBPI * ÖBPBIG + ÖBSI * ÖBSBIG = .....",PQÖ
540 PQT=TBPI * TBPBIG + TBSI * TBSBIG = .....",PQT
550 PE=PEI+PED+PEÖ+PET= .....",PE
560 PQTEO=PQI+PQD+PQÖ+PQT= .....",PQTEO
570 IBPSG=IBPI * IBPBSG= .....",IBPSG
580 IBSSG=IBSI * IBSBSG= .....",IBSSG
590 DBPSG=DBPI * DBPBSG= .....",DBPSG
600 DBSSG=DBSI * DBSBSG= .....",DBSSG
610 ÖBPSG=ÖBPI * ÖBPBSG= .....",ÖBPSG
620 ÖBSSG=ÖBSI * ÖBSBSG= .....",ÖBSSG
630 TBPSSG=TBPI * TBPBSG= .....",TBPSSG
640 TBSSG=TBSI * TBSBSG= .....",TBSSG

```

```

TÜMPERBSG=[IBPSG+IBSSG+DBPSG+DBSSG+ÖBPSG+ÖBSSG+TPSG+TBSSG]= .....
650 ,TÜMPERSG
ASSKS=[IBPSG*(SPSO)*IBPBIS+ IBSSG*(SPSO)*IBSBIS+ DBPSG*(SPSO)*DBPBIS +
DBSSG*(SPSO)*DBSBIS + ÖBPSG*(SPSO)*ÖBPBIS+
ÖBSSG*(SPSO)*ÖBSBIS+TBPSG*(SPSO)*TBPBIS+
660 TBSSG*(SPSO)*TBSBIS]/[TÜMPERSG*SPSO]= ..... ,ASSKS
670 ASSTEOD=TÜMPERSG*(SPSO) = ..... ,ASSTEOD
680 ASDSKS=ASDSKS= ..... ,ASDSKS
690 ASDSD=TÜMPERSG*(1-SPSO)= ..... ,ASDSD
700 ATÜMSD=(ASSTEOD+ASDSD)= ..... ,ATÜMSD
710 ATÜMSKS=(ASSTEOD*ASSKS+ASDSD*ASDSKS)/(ATÜMSD)= ..... ,ATÜMSKS
720 ATÜMSDDF=ATÜMSDDF= ..... ,ATÜMSDDF
730 ATÜMSDDO=ATÜMSDDO= ..... ,ATÜMSDDO
740 ASSD=ATÜMSD*(1-ATÜMSDDO)= ..... ,ASSD
750 TASKS=ATÜMSKS-ATÜMSDDF= ..... ,TASKS
760 MP=IBPI= ..... ,MP
770 MS=IBSI= ..... ,MS
780 MP/MS=MP/MS= ..... ,MP/MS
790 SPSPD=TÜMPERSG * SPSO..... ,SPSPD
İŞLENEN TEXTİL HAMMADELERİNDEKİ DEĞİŞİMİN ENERJİ GEREKSİNİMİ ORANINA ETKİSİNE
800 ALT GRAFİK
810 MP/MS - PQ/PE GRAFİĞİ ; MP/MS= 1...20 NOKTA ARASI İÇİN ÇİZDİRİLECEK !
820
830 ATIK SICAK SULARDAN BASİT TİP İSİ GERİ KAZANIMI
840 FOR TASC1=TASKS TO (20 OR TPS1+3) STEP -(1)
850 QASS1=ASSD*CPAS*(TASKS - TASC1)= ..... , KW
860 TASC1 = TASC1= ..... , C
870 QSPS=QASS1= ..... , KW
880 TPS2A=QSPS/(SPSPD*CPPS)+TPS1= ..... ,TPS2A
890 IF TPS2A< TASKS - 3 then GOTO 840 ELSE NEXT
900 PRINT, "QASS1= .....",
910
920 PRINT, "TASC1 = ..... , C
930 PRINT, "QSPS = ..... , KW
940
950 PRINT, "TPS2A = ..... , C
TEXTİL PROSESİNİN , ATIK SICAK SULARIN İSİSİ GERİ KAZANILDIKTAN SONRAKİ, İSİ
GEREKSİNİMİ
960 PQ = PQTEO - QASS1 = ..... , Kw
970
980 PRINT, "PQ = ..... , KW
990
1000
1010 PRINT, "PE= .....",PE
1020
1030 PRINT, "PE/PQ= .....",PE/PQ
1040 PRINT, "PE/PQteo = .....",PE/Pqteo
1050 NEXT

```

1050 (2) ULUSAL ŞEBEKEDEN ELEKTRİK VE KAZANDAN ISI TEMİNİ

1060 DATA	28%	98%	0,075 \$/Kwh
1070 READ	USEBVERIM	TRVERIM	SBEF
1080 DATA	50 \$/KWe	10%	10 YIL
1090 READ	BKM	FAOR	ÖS
1100 DATA	0,0001 \$/KWhe	100000 \$/YIL	
1110 READ	BBAKM	DIM	
1120 DATA	1/1250 KİŞİ/KWe	20000 \$/KİŞİ-YIL	
1130 READ	BPA	BBPMA	
1140 DATA	8000 SAAT/YIL	70%	30%
1150 READ	TIS	VKAZ	ÖZKO

SEBEKE ELEKTRİĞİ VE KONVANSİYONEL ISI KAZANI KULLANILMASI

1160 HALİNDEKİ SİSTEMDE ENERJİ TEMİNİ, ÜRETİMİ, TÜKETİMİ VE VERİMLER

- 1170 NQ = PQ = , KW
 1180 NE = PE = , KW
 1190 NY = NQ/KAZVERIM = , KW
 1200 NE/NQ = PE/PQ = , (boyutsuz)
 1210 USEBVERIM = USEBVERIM = %
 1220 TRVERIM = TRVERIM = %
 1230 ELVERIM = USEBVERIM * TRVERIM = %
 1240 TERVERIM = KAZVERIM = %
 1250 TOPVERIM = (ELVERIM + TERVERIM) / 2 = %
 1260 PRINT , "NE =", NE (kW)
 1270 PRINT , "NQ =", NQ (kW)
 1280 PRINT , "NY =", NY (kW)
 1290 PRINT , "NE/NQ =", NE/NQ (boyutsuz)
 1300 PRINT , ELVERIM = , (%)
 1310 PRINT , TERVERIM = , (%)
 1320 PRINT , TOPVERIM = , (%)

SEBEKE ELEKTRİĞİ VE KONVANSİYONEL ISI KAZANI KULLANILMASI

1330 HALİNDEKİ SİSTEMDE YILLIK ENERJİ ÜRETİMİ VE TÜKETİMİ

- 1340 YSET = NE * TIS = , KWH/A
 1350 YİÜ = PQ * TIS = , KWH/A
 1360 YYT = NY * TIS = , KWH/A
 1370 PRINT , YSET = , KWH/A
 1380 PRINT , YİÜ = , KWH/A
 1390 PRINT , YYT = , KWH/A
 1400
 1410 GO SUB 1630 'ÖZGÜL ELEKTRİK MALİYETİ HESABI" (ÖSEM)
 1420
 1430 GO SUB 4990 "'KONVANSİYONEL ISI KAZANINDA ÖZGÜL ISI ÜRETİM MALİYETİ"
 1440
 1450 GO SUB 2220 'ŞEBEKE VE KAZAN SİSTEMİNDE ÖZGÜL TOPLAM ENERJİ ÜRETİM MALİYETİ HESABI"
 1460
 1470 GO SUB 1830 ' NPV HESABI" (NPV)
 1480
 1490 GO SUB 1960 ' IRR HESABI" (IRR)
 1500

SEBEKE ELEKTRİĞİ VE KONVANSİYONEL ISI KAZANI KULLANILMASI

1510 HALİNDEKİ SİSTEME AİT GENEL ÖZELLİKLER

- 1520 PRINT , "NE =", NE (kW)
 1530 PRINT , "NQ =", NQ (kW)

1540 PRINT , "NY =", NY (kW)
 1550 PRINT , ELVERIM = , (%)
 1560 PRINT , TERVERIM = , (%)
 1570 PRINT , TOPVERIM = , (%)
 1580 PRINT , "ÖSEM =", ÖSEM (\$/kWh)
 1590 PRINT , "ÖTOPENÜM =", \$/kWh
 1600 PRINT , "NPV =", NPV (\$)
 1610 PRINT , "IRR =", IRR (%)
 1620
 1630 REM "ÖZGÜL ŞEBEKE ELEKTRİĞİNİN MALİYETİ HESABI"
 1640 ÖZGÜL KURULUŞ MALİYETİNİN HESABI
 1650 KM = BKM * NE = , \$
 1660 YAFÖ = KM * {[FAOR(1+FAOR) ^ ÖS] / [(1+FAOR) ^ ÖS] - 1]} = , \$
 1670 ÖKM = YAFÖ / YSET = , \$/kWh
 1680 ÖZGÜL İŞLETME MALİYETİNİN HESABI
 1690 BİRİM PERSONEL MALİYETİNİN HESABI
 1700 PA = BPA * NE = , Kişi
 1710 YPM = PA * BBPMA = , \$/YIL
 1720 BPM = YPM / YSET = , \$/kWh
 1730 BİRİM BAKIM MALİYETİNİN HESABI
 1740 BBAKM = BBAKM , \$/kWh
 1750 BİRİM DİĞER MALİYETLERİN HESABI
 1760 BDIM = DIM / YSET = , \$/kWh
 1770 ÖZGÜL İŞLETME MALİYETİ
 1780 ÖİM = BPM + BBAKM + BDIM = , \$/kWh
 "KONVANSİYONEL İSİ KAZANINDA ÖZGÜL İSİ ÜRETİM
 1790 GO SUB 4990 MALİYETİNİN HESABI"
 1800 ÖZGÜL ELEKTRİK MALİYETİ
 1810 ÖSEM = SBEF + ÖKM + ÖİM = , \$/kWh
 1820
 REM "ŞEBEKE ELEKTRİĞİ VE KONVANSİYONEL İSİ KAZANI KULLANILMASI
 1830 HALİNDE NPV HESABI"
 1840
 1850 ÖZKO = ÖZKO
 1860 ÖZK = ÖZKO * KM = , \$
 1870 GO SUB 2140 NPV VE IRR HESABI İÇİN ÖSEM İN YENİDEN HESABI
 1880 ÖSEMYENİ = , \$/kWh
 1890 YSEMYENİ = ÖSEMYENİ * YEÜ = , \$/YIL
 1900 ÖKİÜM = , \$/kWh
 1910 YKİÜM = ÖKİÜM * YİÜ = , \$/YIL
 1920 SBEF = , \$/kWh
 1930 YSEM = SBEF * YEÜ = , \$/YIL

$$NPV(t = 1 \dots \text{ÖS}) = \{ \sum \{ [YSEM(t) + YKİÜM(t)] - [YSEMYENİ(t) + YKİÜM(t)] \} * [1 +$$
 1940 $FAOR]^{-(t)} \} - ÖZK = \dots , \$$
 1950
 REM "ŞEBEKE ELEKTRİĞİ VE KONVANSİYONEL İSİ KAZANI KULLANILMASI
 1960 HALİNDE IRR HESABI"
 1970 KM = KM = , \$
 1980 ÖZKO = ÖZKO
 1990 ÖZK = ÖZKO * KM = , \$
 2000 GO SUB 2140 NPV VE IRR HESABI İÇİN ÖSEM İN YENİDEN HESABI
 2010 ÖSEMYENİ = , \$/kWh
 2020 YSEMYENİ = ÖSEMYENİ * YSET = , \$/YIL
 2030 ÖKİÜM = , \$/kWh
 2040 YKİÜM = ÖKİÜM * YİÜ = , \$/YIL
 2050 SBEF = , \$/kWh

```

2060 YSEM = SBEF * YSET = ..... , $/YIL
2070 FOR r = 0% TO +10000% STEP 0,05%
      NPV = {  $\sum \{ [YSEM(t) + YKIÜM(t)] - [YSEMYENİ(t) + YKIÜM(t)] \} * [1 + r$ 
2080  $]^{(-ÖS)}$  } - ÖZK = ..... , $
2090 IF NPV = 0 NEXT, ELSE GOTO 2070
2100 IRR = r
2110 PRINT IRR, ..... %
2120 END
2130
2140 REM 'NPV ve IRR HESABI ICIN ÖEÜM YENİDEN HESABI
2150 KM = KM = ..... , $
2160 ÖZKO = ÖZKO , %
2170 ÖZK = ÖZKO * KM = ..... , $
      YAFÖYENİ = (KM - ÖZK) *  $\{ [FAOR(1+FAOR)^{ÖS}] / [(1+FAOR)^{ÖS} - 1] \} =$ 
2180 ..... , $
2190 ÖKMYENİ = YAFÖYENİ/YSET = ..... , $/kWhe
2200 ÖSEMYENİ = ÖSEM - ÖKM + ÖKMYENİ
2210
      REM 'ŞEBEKE ve KAZAN SİSTEMİNDE TOPLAM ÖZGÜL ENERJİ MALİYETİNİN
2220 HESABI
2230 ÖZGÜL ELEKTRİK ÜRETİM MALİYETİ
2240 ÖSEM = ..... , $/kWhe
2250 ÖKIÜM = ..... , $/KWth
2260 ÖTOPENÜM = ÖSEM + ÖKIÜM = ..... , $/kWh
2270
2280 PRINT , "ÖTOPENÜM = .....", $/kWh (%)
2290

```

```

2290 (3) GAZ MOTORU B.E.I.S. SİSTEM SEÇİMİ VE FİZİBİLİTESİ
2300 DATA      1875 KW/BÜ      97%      95%      0,85 KG/KW.sn
2310 READ      BGMG      Valt      Vyard      BMGAZ
2320 DATA      500 C      185 C      1,085 KJ/KGK
2330 READ      TEG1      TEG2      CPTEG1
2340 DATA      1,045 KJ/KGK      95%
2350 READ      CPTEG2      VAIK
2360 DATA      125 KW/BÜ      4,2 KJ/KGK      40 C
2370 READ      QDSIKAY      CPDSI      TDS1
2380 DATA      500 KW/BÜ      4,2 KJ/KGK      90 C
2390 READ      QBYSIKAY      CPYSI      TYS1
2400 DATA      2,36 KWy/KWm
2410 READ      BYTM
2420 DATA      10 C      10 C
2430 READ      (TDS1 - TDS2)      (TYS1 - TYS2)
2440 DATA      4,2 KJ/KGK      4,2 KJ/KGK
2450 READ      CPAS      CPPS      CPDSI
2460 DATA      10 K      4,2 KJ/KGK      40 K
2470 READ      TDS1-TDS2      CPSPS      TDS1
2480 DATA      10 K
2490 READ      TYS1 - TYS2
2500 DATA      750,00 $/Kw      10%      10,0 YIL
2510 READ      BKM      FAOR      ÖS
2520 DATA      0,012 $/kW/hy      30%
2530 READ      YF      ÖZKO
2540 DATA      1/1500 KİŞİ/Kwe      15000 $/KİŞİ-YIL      0,5 gr/kWmh
2550 READ      BPA      BBPMA      BYYT
2560 DATA      0,9 $/KG      1,533 kg/kWhter      0,5
2570 READ      BYYF      BSUG      KKF
2580 DATA      1 $/TON      0,0006 $/KWhter      0,003 $/kWhe
2590 READ      BSUF      BSSM      BBAKM
2600 DATA      100000 $/YIL      0,0006 $/KWhter
2610 READ      DIM      BSSMeky
2620 DATA      70%
2630 READ      VKAZ
2640 DATA      1/1500 KİŞİ/Kwter      0,015 KWe/Kwter      1,533 $/KWter
2650 READ      KIÜBPA      KIÜBEG      KIÜBSUG
2660 DATA      55,00 $/kWter      0,075 $/kWhe      5,0 YIL
2670 READ      KIÜBKM      SBEF      KIÜÖS
2680 DATA      8000 SAAT/YIL
2690 READ      TIS
2700 FOR GMBF= 2 TO 100 STEP +2
2710 NM=BGMG * GMBF = ..... , KWm
2720 NA=NM * VMEK = ..... ,NE
2730 NEK=NA * VYARD = ..... , NEK
2740 IF PE/NEK > 1 then GOTO      2700      , ELSE NEXT
2750 NE = NEK = ..... , KW
2760 MGAZ = BMGAZ * GMBF= ..... ,
2770 CPmTEG = (CPTEG1 + CPTEG2)/2 = ..... , kj/kgK
2780 QAIK=MGAZ * CPmTEG * {TEG1 - TEG2} * AIKVERIM = ..... ,
2790
2800 QDSIKAY=QBDSIKAY * GMBF = ..... ,
2810
2820 QYSIKAY=QBYSIKAY * GMBF = ..... , KW
2830
2840 KOJENERASYON TESİSİNİN DÜŞÜK SICAKLIK ISISINDAN
2850 YARARLANILABİLİRLİĞİNİN KONTROL HESABI
2860 IF TPS2A > TASKS - 6 then (QQDSI=0 then GOTO      3030      ELSE NEXT
2870 DSID= QDSIKAY / (CPDSI * (TDS1-TDS2))
2880 DSID = ..... , KG/S
2890 IF TDS1> TASKS - 3 and IF TDS1< TPS2A + 3 then QDSI=0, TASCs=TASCs1,
2900 QASS= ASS1, TPS3=TPS2A
2910 ELSE NEXT

```

```

2920 FOR TPS2 = TPS1 TO (TDS1 - 3) STEP (+1)
2930 TDS2 = - QDSIKAY / (DSID * CPDSI) + TPS1
2940 FOR TASC2 = TASKS TO (20 OR TPS2 + 3) STEP (-1)
2950 QASS2 = ASSD * CPPAS * (TASKS - TASC2)
2960 QPS2 = QASS2
2970 TPS3A = QPS2 / (SPSD * CPSPS) + TPS2
2980 TASC2 = TASC2
2990 QASS = QASS2
3000 IF TPS3A > TASKS - 3 then GOTO 2940 ELSE NEXT
3010 IF TPS2 < TDS1 - 3 then GOTO 2920 ELSE NEXT
3020 TPS3 = TPS3A
3030 NEXT
3040 PRINT , QDSI = ..... ,
3050 PRINT , DSID = ..... ,
3060 PRINT , TDS1 = ..... ,
3070 PRINT , TDS2 = ..... ,
3080 PRINT , QSPS2 = ..... ,
3090 PRINT , TPS1 = ..... ,
3100 PRINT , TPS2 = ..... ,
3110 PRINT , TPS3A = ..... ,
3120 PRINT , QASS = ..... ,
3130 PRINT , TASKS = ..... ,
3140 PRINT , TASC2 = ..... ,
3150 PRINT , ASSD = ..... ,
3160 PRINT , QASS1 = ..... ,
3170 PRINT , TASC21 = ..... ,
3180 PRINT , QASS2 = ..... ,
3190 PRINT , TASC22 = ..... ,
3200 PRINT , TPS3 = ..... ,
3210
3220 KOJENERASYON TESİSİNİN YÜKSEK SICAKLIK ISISINDAN
3230 YARARLANILABİLİRLİĞİ KONTROL HESABI
3240 QYSIKAY = YSID * CPYSI * (TYS1 - YYS2)
3250 YSID = QYSI / (CPYSI * (TYS1 - YYS2))= ..... , KG/S
3260 IF YYS1 < TPS3 + 6 then (QYSI=0, GOTO 3330
3270 ELSE NEXT
3280 FOR YYS2 = YYS1 TO (TPS3 + 3) STEP (-1)
3290 QYSI = YSID * CPYSI * (TYS1 - YYS2)
3300 YYS2 = - QYSI / (YSID * CPYSI) + YYS1
3310 TPS4 = - QYSI / (SPSD * CPSPS) + TPS3
3320 IF TPS4 < YYS1 - 3 then GOTO 3280 ELSE NEXT
3330 NEXT
3340 PRINT , QYSI = ..... ,
3350 PRINT , YSID = ..... ,
3360 PRINT , YYS1 = ..... ,
3370 PRINT , YYS2 = ..... ,
3380 PRINT , TPS4 = ..... ,
3390
3400 KOJENERASYON VE ATIK SICAK SU GERİ KAZANIMI SİSTEMLERİNDEN
3410 BİRLİKTE SAĞLANAN ISI GÜCÜ
3420 QKOJEN = QDSI + QYSI + QAIK = ..... , KW
3430 QTOP = QKOJEN + QASS = ..... , KW
3440
3450 NY = BYTM * NM = ..... , KW
3460
3470 IF PQ > QKOJEN THEN GOTO 4080 ELSE NEXT
3480
3490 ULUSAL ŞEBEKEYE ELEKTRİK SATIŞI
3500 NESEBSAT = NE - PE = ..... , KW
3510 IF NESEBSAT < 0 THEN NESEBSAT = 0, ELSE NESEBSAT = NESEBSAT
3520
3530 KOJENERASYON SİSTEMİNDE ENERJİ ÜRETİMİ, TÜKETİMİ VE VERİMLER
3540 NQ = QKOJEN ..... KW (değilse kW'ye çevir)
3550 NE = NE = ..... , KW
3560 NY = NY = ..... , KW

```

3570 NESEBSAT = NESEBSAT = , kWe
 3580 NE/NQ = NE/NQ = , (boyutsuz)
 3590 ELVERIM = NE/NY = %
 3600 TERVERIM = NQ/NY = %
 3610 TOPVERIM = ELVERIM + TERVERIM = %
 3620 ELVERIM-Ünite= NA/NY = %
 3630 TERVERIM-Ünite= QKOJEN/NY = %
 3640 TOPVERIM-Ünite= ELVERIM-Ünite + TERVERIM-Ünite = %
 3650 PRINT , NE = , NE (kW)
 3660 PRINT , "NQ =", NQ (kW)
 3670 PRINT , "NY =", NY (kW)
 3680 PRINT , NESEBSAT = , kWe
 3690 PRINT , "NE/NQ =", NE/NQ (boyutsuz)
 3700 PRINT , ELVERIM = , (%)
 3710 PRINT , TERVERIM = , (%)
 3720 PRINT , TOPVERIM = , (%)
 3730 Print , ELVERIM-Ünite= NA/NY = %
 3740 Print , TERVERIM-Ünite= QKOJEN/NY = %
 3750 Print , TOPVERIM-Ünite= ELVERIM-Ünite + TERVERIM-Ünite = %
 3760 KOJENERASYON SİSTEMİNDE YILLIK ENERJİ ÜRETİMİ VE TÜKETİMİ
 3770 YEÜ = NE * TIS = , KWH/YIL
 3780 YİÜ = QKOJEN * TIS = , KWH/YIL
 3790 YYT = NY * TIS = , KWH/YIL
 3800 PRINT , YEÜ = , KWH/YIL
 3810 PRINT , YİÜ = , KWH/YIL
 3820 PRINT , YYT = , KWH/YIL
 3830
 3840 GO SUB 4650 "ÖZGÜL ELEKTRİK ÜRETİM MALİYETİ HESABI"
 3850
 3860 GO SUB 4900 'KOJENERASYON SİSTEMİNDE ATIK ISININ GERİ
 3870 KAZANILMASINA AIT İŞLETME MALİYETİNİN HESABI"
 3880 GO SUB 6530 'KOJENERASYON SİSTEMİNDE ÖZGÜL TOPLAM ENERJİ
 3890 ÜRETİM MALİYETİ HESABI"
 3900 GO SUB 5270 " NPV HESABI"
 3910
 3920 GO SUB 5430 " IRR HESABI"
 3930
 3940 KOJENERASYON SİSTEMİNE AIT GENEL ÖZELLİKLER
 3950 PRINT , "NE =", NE (kW)
 3960 PRINT , "NQ =", NQ (kW)
 3970 PRINT , "NY =", NY (kW)
 3980 PRINT , "NESEBSAT = NESEBSAT =", kWe
 3990 PRINT , ELVERIM = , (%)
 4000 PRINT , TERVERIM = , (%)
 4010 PRINT , TOPVERIM = , (%)
 4020 PRINT , "ÖEÜM =", ÖEÜM (\$/kWh) Grafik
 4030 PRINT , "KAİGKÖİM =", \$/kWhter Grafik
 4040 PRINT , "ÖTOPENÜM =", \$/kWh Grafik
 4050 PRINT , "NPV =", NPV (\$) Grafik
 4060 PRINT , "IRR =", IRR (%) Grafik
 4070
 4080 REM' EK YANMALI KOJENERASYON SİSTEMİNDE ÜRETİM, TÜKETİM VE VERİM
 4090 NQEKY = QKOJEN + QKAZEKY = , NQEKY (kW)
 4100 NEEKY = PE = , NEEKY (kW)
 4110 NEEKY/NQEKY = NEEKY/NQEKY = , (boyutsuz)
 4120 QKAZEKY = PQ - QKOJEN = (kW)
 4130 NYKAZEKY = QKAZEKY/ KAZVERİM = (kW)
 4140 NYEKY = NYKAZEKY + NY = (Kw)
 4150 NESEBSAT = NESEBSAT = , kWe
 4160 ELVERİM EKY = NE/NYEKY = , ELVERİMEKY (kW)
 4170 TERVERİM EKY = NQEKY/NYEKY = , TERVERİMEKY (kW)
 4180 TOPVERİMEKY = ELVERİMEKY + TERVERİMEKY = (kW)
 4190 PRINT , NEEKY = , NEEKY (kW)
 4200 PRINT , "NQEKY =", NQEKY (kW)
 4210 PRINT , "NYEKY =", NYEKY (kW)

4220 PRINT , "NESEBSAT = NESEBSAT = ", kW_e
 4230 PRINT , "NEEKY/NQEKY = ", NEEKY/NQEKY (boyutsuz)
 4240 PRINT , ELVERIMEKY = , (%)
 4250 PRINT , TERVERIMEKY = , (%)
 4260 PRINT , TOPVERIMEKY = , (%)
 4270
 4280 EK YANMALI KOJENERASYON SISTEMİNDE YILLIK ENERJİ ÜRETİM VE TÜKETİM
 4290 DEĞERLERİ
 4300 YEÜEKY = NEEKY * TIS = , KWH/A
 4310 YİÜEKY = NQEKY * TIS = , KWH/A
 4320 YYTEKY = NYEKY * TIS = , KWH/A
 4330 PRINT , YEÜEKY = , KWH/A
 4340 PRINT YİÜEKY = , KWH/A
 4350 PRINT YYTEKY = , KWH/A
 4360
 4370 GO SUB 5650 'EK YANMALI KOJENERASYON SISTEMİNDE ÖZGÜL
 4380 ELEKTRİK ÜRETİM MALİYETİ HESABI"
 4390 GO SUB 5910 'EK YANMALI KOJENERASYON SISTEMİNDE ATIK ISININ
 4400 GERİ KAZANILMASINA AIT İŞLETME MALİYETİNİN HESABI"
 4410 GO SUB 4990 'KONVANSİYONEL ISI KAZANINDA ÖZGÜL ISI ÜRETİM MALİYETİ"
 4420
 4430 GO SUB 6610 'EK YANMALI KOJENERASYON SISTEMİNDE ÖZGÜL
 4440 TOPLAM ENERJİ ÜRETİM MALİYETİ HESABI"
 4450 GO SUB 5980 'EK YANMALI KOJENERASYON SISTEMİNDE NPV HESABI"
 4460
 4470 GO SUB 6150 'EK YANMALI KOJENERASYON SISTEMİNDE IRR HESABI"
 4480
 4490 EK YANMALI KOJENERASYON SISTEMİNE AIT GENEL ÖZELLİKLER
 4500 PRINT , "NE = ", NE (kW)
 4510 PRINT , "NQEKY = , (kW)
 4520 PRINT , QKAZEKY = , (kW)
 4530 PRINT , NYKAZEKY = , (kW)
 4540 PRINT , NYEKY = , (kW)
 4550 PRINT , "NESEBSAT = NESEBSAT = ", kW_e
 4560 PRINT , ELVERİM EKY = , (%)
 4570 PRINT , TERVERİM EKY = , (%)
 4580 PRINT , TOPVERIMEKY = , (%)
 4590 PRINT , ÖEÜMEKY = , \$/kW_{He} Grafik
 4600 PRINT , "KAİGKÖİMEKY = , \$/kW_{hter} Grafik
 4610 PRINT , "ÖTOPENÜMEKY = ", \$/kW_h Grafik
 4620 PRINT , NPVEKY = , \$ Grafik
 4630 PRINT , İRREKY = , (%) Grafik
 4640
 4650 REM "ÖZGÜL ELEKTRİK ÜRETİM MALİYETİ HESABI"
 4660 ÖZGÜL KURULUŞ MALİYETİNİN HESABI
 4670 KM = BKM * NM = , \$
 4680 YAFÖ = KM / [(FAOR(1+FAOR) ^ ÖS) / ((1+FAOR) ^ ÖS) - 1] = , \$
 4690 ÖKM = YAFÖ / YEÜ = , \$/kW_{He}
 4700 ÖZGÜL YAKIT MALİYETİNİN HESABI
 4710 YYM = YF * YYT = , \$/YIL
 4720 ÖYM = YYM / YEÜ = , \$/kW_{He}
 4730 ÖZGÜL İŞLETME MALİYETİNİN HESABI
 4740 BİRİM PERSONEL MALİYETİNİN HESABI
 4750 PA = BPA * NE = , KİŞİ
 4760 YPM = PA * BBPMA = , \$/YIL
 4770 BPM = YPM / YEÜ = , \$/kW_{He}
 4780 BİRİM YAGLAMA YAGI MALİYETİNİN HESABI
 4790 YYM = BYYT/1000 * NM * TIS * BYYF = , \$/YIL
 4800 BYYM = YYM / YEÜ = , \$/kW_{He}
 4810 BİRİM BAKIM MALİYETİNİN HESABI
 4820 BBAKM = BBAKM , \$/kW_{He}
 4830 BİRİM DİĞER MALİYETLERİN HESABI
 4840 BDIM = DIM / YEÜ = , \$/kW_{He}
 4850 ÖZGÜL İŞLETME MALİYETİ
 4860 ÖİM = BPM + BYYM + BBAKM + BDIM = , \$/kW_{He}

4870 ÖZGÜL-ELEKTRİK ÜRETİM MALİYETİ
 4880 $\dot{O}E\dot{U}M = \dot{O}KM + \dot{O}YM + \dot{O}IM = \dots\dots\dots$, \$/kWhe
 4890
 4900 REM "KOJENERASYONDA ATIK ISININ GERİ KAZANILMASINA AIT İŞLETME
 4910 MALİYETİNİN HESABI"
 4920 BİRİM SU MALİYETİNİN HESABI
 4930 $BSUM = BSUG * KKF * BSUF/1000 = \dots\dots\dots$, \$/kWhter
 4940 BİRİM SU SARTLANDIRMA MALİYETİNİN HESABI
 4950 $BSSM = BSSM = \dots\dots\dots$, \$/kWhter
 4960 KOJENERASYONDA ATIK ISININ GERİ KAZANILMASINA AIT ÖZGÜL İŞLETME MALİYETİ
 4970 $KAIGK\dot{O}IM = BSUM + BSSM = \dots\dots\dots$, \$/kWhter
 4980
 4990 REM "KONVANSİYONEL ISI KAZANINDA ÖZGÜL ISI ÜRETİM MALİYETİNİN HESABI"
 5000 $KI\ddot{U}PA = KI\ddot{U}BPA * PQ = \dots\dots\dots$, ADET KIŞI
 5010 $KI\ddot{U}PM = KI\ddot{U}PA * BBPMA = \dots\dots\dots$, \$/YIL
 5020 $KI\ddot{U}\ddot{O}PM = KI\ddot{U}PM / YI\ddot{U} = \dots\dots\dots$, \$/KWHth
 5030 $KI\ddot{U}ET = KI\ddot{U}BEG * YI\ddot{U} = \dots\dots\dots$, KWH/YIL
 5040 $KI\ddot{U}EM = KI\ddot{U}ET * SBEF = \dots\dots\dots$, \$/YIL
 5050 $KI\ddot{U}\ddot{O}EM = KI\ddot{U}EM / YI\ddot{U} = \dots\dots\dots$, \$/KWHth
 5060 $KI\ddot{U}\ddot{O}SUM = KI\ddot{U}BSUG * (BSF/1000) * KKF = \dots\dots\dots$, \$/KWHth
 5070 $KI\ddot{U}\ddot{O}SSM = BSSM = \dots\dots\dots$, \$/KWHth
 5080 $KI\ddot{U}KM = KI\ddot{U}BKM * NQ = \dots\dots\dots$, \$
 5090 $KI\ddot{U}YAF\ddot{O} = KI\ddot{U}KM \{ [FAOR(1+FAOR) ^ KI\ddot{U}\ddot{O}S] / [((1+FAOR) ^ KI\ddot{U}\ddot{O}S) - 1] \} = \dots\dots\dots$, \$
 5100 $KI\ddot{U}\ddot{O}KM = KI\ddot{U}YAF\ddot{O} / YI\ddot{U} = \dots\dots\dots$, \$/KWHth
 5110 $KI\ddot{U}\ddot{O}YM = YF / KAZVERIM = \dots\dots\dots$ \$/KWHth
 5120 $\ddot{O}KI\ddot{U}M = KI\ddot{U}\ddot{O}PM + KI\ddot{U}\ddot{O}EM + KI\ddot{U}\ddot{O}SUM + KI\ddot{U}\ddot{O}SSM + KI\ddot{U}\ddot{O}KM + KI\ddot{U}\ddot{O}YM = \dots\dots\dots$, \$/KWHth
 5130 PRINT , KI\ddot{U}PA = \dots\dots\dots , ADET KIŞI
 5140 PRINT , KI\ddot{U}PM = \dots\dots\dots , \$/YIL
 5150 PRINT , KI\ddot{U}\ddot{O}PM = \dots\dots\dots , \$/KWHth
 5160 PRINT , KI\ddot{U}ET = \dots\dots\dots , KWH/YIL
 5170 PRINT , KI\ddot{U}EM = \dots\dots\dots , \$/YIL
 5180 PRINT , KI\ddot{U}\ddot{O}EM = \dots\dots\dots , \$/KWHth
 5190 PRINT , KI\ddot{U}\ddot{O}SUM = \dots\dots\dots , \$/KWHth
 5200 PRINT , KI\ddot{U}\ddot{O}SSM = \dots\dots\dots , \$/KWHth
 5210 PRINT , KI\ddot{U}KM = \dots\dots\dots , \$
 5220 PRINT , KI\ddot{U}YAF\ddot{O} = \dots\dots\dots , \$
 5230 PRINT , KI\ddot{U}\ddot{O}KM = \dots\dots\dots , \$/KWHth
 5240 PRINT , KI\ddot{U}\ddot{O}YM = \dots\dots\dots , \$/KWHth
 5250 PRINT , $\ddot{O}KI\ddot{U}M = \dots\dots\dots$, \$/KWHth
 5260
 5270 REM "KOJENERASYON SİSTEMİNDE NPV HESABI"
 5280 $KM = KM = \dots\dots\dots$, \$
 5290 $\ddot{O}ZKO = \ddot{O}ZKO = 30\%$
 5300 $\ddot{O}ZK = \ddot{O}ZKO * KM = \dots\dots\dots$, \$
 5310 GO SUB 6370 NPV VE IRR HESABI İÇİN $\dot{O}E\dot{U}M$ NİN YENİDEN HESABI
 5320 $\dot{O}E\dot{U}MYENİ = \dots\dots\dots$, \$/kWhe
 5330 $YE\dot{U}MYENİ = \dot{O}E\dot{U}MYENİ * YE\ddot{U} = \dots\dots\dots$, \$/YIL
 5340 $KAIGK\dot{O}IM = \dots\dots\dots$, \$/kWhter Bakınız Satır 4970
 5350 $YAI\ddot{U}M = KAIGK\dot{O}IM * QKOJEN * TIS = \dots\dots\dots$, \$/Yıl
 5360 $\ddot{O}KI\ddot{U}M = \dots\dots\dots$, \$/KWHth
 5370 $YKI\ddot{U}M = \ddot{O}KI\ddot{U}M * YI\ddot{U} = \dots\dots\dots$, \$/YIL
 5380 $SBEF = \dots\dots\dots$, \$/kWhe
 5390 $YSEM = SBEF * (YE\ddot{U} - (NESEBSAT * TIS)) = \dots\dots\dots$, \$/YIL
 5400 $YSEBSAT = NESEBSAT * TIS * SEBSATF = \dots\dots\dots$, \$/YIL
 5410 $NPV(t = 1 \dots \ddot{O}S) = \{ \sum \{ [YSEM(t) + YKI\ddot{U}M(t) + YSEBSAT(t)] - [YE\dot{U}MYENİ(t) +$
 5420 $YAI\ddot{U}M(t)] \} [1 + FAOR]^{-(t)} \} - \ddot{O}ZK = \dots\dots\dots$, \$
 5430 REM "KOJENERASYON SİSTEMİNDE IRR HESABI"
 5440 $KM = KM = \dots\dots\dots$, \$
 5450 $\ddot{O}ZKO = \ddot{O}ZKO = 30\%$
 5460 $\ddot{O}ZK = \ddot{O}ZKO * KM = \dots\dots\dots$, \$
 5470 GO SUB 6370 NPV VE IRR HESABI İÇİN $\dot{O}E\dot{U}M$ NİN YENİDEN HESABI
 5480 $\dot{O}E\dot{U}MYENİ = \dots\dots\dots$, \$/kWhe
 5490 $YE\dot{U}MYENİ = \dot{O}E\dot{U}MYENİ * YE\ddot{U} = \dots\dots\dots$, \$/YIL
 5500 $\ddot{O}KI\ddot{U}M = \dots\dots\dots$, \$/kWhter
 5510 $YKI\ddot{U}M = \ddot{O}KI\ddot{U}M * YI\ddot{U} = \dots\dots\dots$, \$/YIL

```

5520 KAIGKÖİM = ..... , $/kWhter          Bakınız Satır      4970
5530 YAIÜM = KAIGKÖİM * QKOJEN * TIS = ..... $/Yıl
5540 SBEF = ..... , $/kWh
5550 YSEM = SBEF * (YEÜ - (NESEBSAT * TIS)) = ..... , $/YIL
5560 YSEBSAT = NESEBSAT * TIS * SEBSATF = ..... , $/YIL
5570 FOR r = 0% TO +10000% STEP 0,05%
5580 NPV = { Σ [ YSEM(t) + YKIÜM(t) + YSEBSAT(t) ] - [ YEÜMYENİ(t) + YAIÜM (t) ] } *
5590 [ 1 + r ] ^ ( - ÖS ) - ÖZK = ..... , $
5600 IF NPV = 0 NEXT, ELSE GOTO      5570
5610 IRR = r
5620 PRINT IRR, ..... %
5630 END
5640
5650 REM "EK YANMALI KOJENERASYON SISTEMİNDE ÖZGÜL ELEKTRİK ÜRETİM
5660 MALİYETİ HESABI"
5670 EK YANMALI KOJENERASYON SISTEMİNDE ÖZGÜL KURULUŞ MALİYETİNİN HESABI
5680 KMEKY = BKM * 1,1 * NM = ..... , $
5690 YAFÖEKY = KMEKY / [ FAOR(1+FAOR) ^ ÖS ] / [ ((1+FAOR) ^ ÖS) - 1 ] = ..... , $
5700 ÖKMEKY = YAFÖEKY / YEÜEKY = ..... , $/kWh
5710 EK YANMALI KOJENERASYON SISTEMİNDE ÖZGÜL YAKIT MALİYETİNİN HESABI
5720 YYMEKY = YF * YYTEKY = ..... , $/YIL
5730 ÖYMEKY = YYMEKY / YEÜEKY = ..... , $/kWh
5740 EK YANMALI KOJENERASYON SISTEMİNDE ÖZGÜL İŞLETME MALİYETİNİN HESABI
5750 EK YANMALI KOJENERASYON SISTEMİNDE BİRİM PERSONEL MALİYETİNİN HESABI
5760 PA = BPA * NE = ..... , KİŞİ
5770 YPM = PA * BBPMA = ..... , $/YIL
5780 BPM = YPM / YEÜEKY = ..... , $/kWh
5790 EK YANMALI KOJENERASYON SISTEMİNDE BİRİM YAGLAMA YAGI MALİYETİNİN HESABI
5800 YYYYM = BYYT * NM * TIS * BYYF = ..... , $/YIL
5810 BYYM = YYYYM / YEÜEKY = ..... , $/kWh
5820 EK YANMALI KOJENERASYON SISTEMİNDE BİRİM BAKIM MALİYETİNİN HESABI
5830 BBAKM = BBAKM ..... , $/kWh
5840 EK YANMALI KOJENERASYON SISTEMİNDE BİRİM DİĞER MALİYETLERİN HESABI
5850 BDIMEKY = DIM / YEÜEKY = ..... , $/kWh
5860 EK YANMALI KOJENERASYON SISTEMİNDE ÖZGÜL İŞLETME MALİYETİ
5870 ÖİMEKY = BPM + BYYM + BBAKM + BDIM = ..... , $/kWh
5880 EK YANMALI KOJENERASYON SISTEMİNDE ÖZGÜL ELEKTRİK ÜRETİM MALİYETİ
5890 ÖEÜMEKY = ÖKMEKY + ÖYMEKY + ÖİMEKY = ..... , $/kWh
5900
5910 REM "EK YANMALI KOJENERASYONDA ATIK ISININ GERİ KAZANILMASINA AIT
5920 İŞLETME MALİYETİNİN HESABI"
5930 BSUMeky = BSUG * KKF * BSUF / 1000 = ..... , $/kWhter
5940 BIRIM SU SARTLANDIRMA MALİYETİNİN HESABI
5950 BSSMeky = BSSM = , ..... , $/kWhter
5960 REM "EK YANMALI KOJENERASYONDA ATIK ISININ GERİ KAZANILMASINA AIT
5970 İŞLETME MALİYETİNİN HESABI"
5980 KAIGKÖİmeky = BSUMeky + BSSMeky = ..... , $/kWhter
5990
6000 REM "EK YANMALI KOJENERASYON SISTEMİNDE NPVEKY HESABI"
6010 KMEKY = KMEKY = ..... , $
6020 ÖZKO = ÖZKO = 30%
6030 ÖZKEKY = ÖZKO * KMEKY = ..... , $
6040 GO SUB      6450 NPVEKY ve IRREKY HESABI İÇİN ÖEÜMEKY NİN YENİDEN HESABI
6050 ÖEÜMEKYENİ = ..... , $/kWh
6060 YEÜMEKYENİ = ÖEÜMEKYENİ * YEÜEKY = ..... , $/YIL
6070 KAIGKÖİmeky = ..... , $/kWhter          Bakınız Satır      4970
6080 YAIÜmeky = KAIGKÖİmeky * QKOJEN * TIS = ..... $/Yıl
6090 YKPBIÜmeky = QKAZEKY * TIS * ÖKIÜM , $/Yıl
6100 ÖKIÜMEKY = ..... , $/kWhter
6110 YKIÜMEKY = ÖKIÜM * YIÜEKY = ..... , $/YIL
6120 SBEF = ..... , $/kWh
6130 YSEM = SBEF * (YEÜ - (NESEBSAT * TIS)) = ..... , $/YIL
6140 YSEBSAT = NESEBSAT * TIS * SEBSATF = ..... , $/YIL

```

```

NPVEKY(t= 1 ..... ÖS ) = { Σ { [YSEM(t) + YKIÜMEKY(t) + YSEBSAT(t) ] -
[YEÜMEKYENİ (t) + YAIÜMeky (t) + YKPBIUMeky(t)] } [1+FAOR]^(-t) } - ÖZKEKY =
6130 ..... , $
6140
6150 REM "EK YANMALI KOJENERASYON SİSTEMİNDE İRREKY HESABI"
6160 KMEKY = KMEKY = ..... , $
6170 ÖZKO = ÖZKO = 30%
6180 ÖZKEKY = ÖZKO * KMEKY = ..... , $
6190 GO SUB          6450 NPVEKY ve İRREKY HESABI İCİN ÖEÜMEKY NİN YENİDEN HESABI
6200 ÖEÜMEKYENİ = ..... , $/kWhe
6210 YEÜMEKYENİ = ÖEÜMEKYENİ * YEÜEKY = ..... , $/Yıl
6220 YKPBIUMeky = QKAZEKY * TIS * ÖKIÜM , $/Yıl
6230 ÖKIÜMEKY = ..... , $/kWhter
6240 YKIÜMEKY = ÖKIÜM * YIÜEKY = ..... , $/Yıl
6250 KAİGKÖİMeky = ..... , $/kWhter          Bakınız Satır          4970
6260 YAIÜMeky = KAİGKÖİMeky * QKOJEN * TIS = ..... $/Yıl
6270 SBEF = ..... , $/kWhe
6280 YSEM = SBEF * (YEÜ - (NESEBSAT * TIS))= ..... , $/Yıl
6290 YSEBSAT = NESEBSAT * TIS*SEBSATF = ..... , $/Yıl
6300 FOR r = 0% TO +10000% STEP 0,05%
NPV = { Σ { [YSEM(t) + YKIÜMEKY(t) + YSEBSAT(t) ] - [YEÜMEKYENİ (t) + YAIÜMeky
6310 (t) + YKPBIUMeky(t)] } [1 + r]^(-ÖS) } - ÖZKEKY = ..... , $
6320 IF NPV = 0 NEXT, ELSE GOTO          6300
6330 İRREKY = r
6340 PRINT İRREKY, ..... %
6350 END
6360
6370 REM 'NPV ve IRR HESABI İCİN ÖEÜM YENİDEN HESABI
6380 KM = KM = ..... , $
6390 ÖZKO = ÖZKO
6400 ÖZK = ÖZKO * KM = ..... , $
6410 YAFÖYENİ = (KM - ÖZK) * [FAOR(1+FAOR) ^ ÖS] / [((1+FAOR) ^ ÖS) -1] = ..... , $
6420 ÖKMYENİ = YAFÖYENİ/YEÜ = ..... , $/kWhe
6430 ÖEÜMYENİ = ÖEÜM - ÖKM + ÖKMYENİ
6440
6450 REM 'NPVEKY ve İRREKY HESABI İCİN ÖEÜMEKY YENİDEN HESABI
6460 KMEKY = KMEKY = ..... , $
6470 ÖZKO = ÖZKO = 30%
6480 ÖZKEKY = ÖZKO * KMEKY = ..... , $
YAFÖEKYYENİ = (KMEKY - ÖZKEKY) * [FAOR(1+FAOR) ^ ÖS] /
6490 [((1+FAOR) ^ ÖS) -1] = ..... , $
6500 ÖKMEKYENİ = YAFÖEKY/YEÜEKY = ..... , $/kWhe
6510 ÖEÜMEKYENİ = ÖEÜMEKY - ÖKMEKY + ÖKMEKYENİ
6520
6530 REM 'KOJENERASİYON SİSTEMİNDE TOPLAM ÖZGÜL ENERJİ MALİYETİNİN HESABI
6540 ÖZGÜL ELEKTRİK ÜRETİM MALİYETİ
6550 ÖEÜM = ..... , $/kWhe
6560 KAİGKÖİM = ..... , $/kWhter
6570 ÖTOPENÜM = ÖEÜM + KAİGKÖİM = ..... , $/kWh
6580
6590 PRINT , "ÖTOPENÜM = .....", $/kWh (%)
6600
6610 REM 'EK YANMALI KOJENERASİYON SİSTEMİNDE TOPLAM ÖZGÜL ENERJİ
MALİYETİNİN HESABI
6620 ÖZGÜL ELEKTRİK ÜRETİM MALİYETİ
6630 ÖEÜMeky = ..... , $/kWhe
6640 KAİGKÖİMeky = ..... , $/kWhter
6650 ÖKIÜM = ..... , $/kWhter
6660 ÖTOPENÜMeky = ÖEÜMeky + KAİGKÖİMeky + ÖKIÜM = ..... , $/kWh
6670
6680 PRINT , "ÖTOPENÜMeky = .....", $/kWh (%)
6690 NEXT

```

```

6690 (4) GAZ TÜRİNİNİNDEN ELEKTRİK VE ISI TEMİNİ
6700 GAZ TÜRİNİNİNE AIT TEKNİK VERİLER
6710 DATA 1800 kWm/adet 12.140 kJ/kWmh 3,68 2
6720 READ BGTG BYT LAMDA TEOHAVOR
6730 DATA 10,3 kWh/Nm3 0,717 kg/Nm3 17,38
6740 READ Hu YAKYOG YAKMOLAGR
6750 DATA 97% 95% 95% 537 C
6760 READ VALT VYARD VAIK TEG1
6770 DATA 1,085 kJ/kgK 185 C 1,045 kJ/kgK
6780 READ CPTEG1 TEG2 CPTEG2
6790 GAZ TÜRİNİNİNE AIT TİCARİ VE İŞLETME GİDERLERİ VERİLERİ
6800 DATA 750 30% 10% 10,0 YIL
6810 READ BKM ÖZKO FAOR ÖS
6820 DATA 0,012 $/KWHy 0,075 $/kWhe 8000 Saat
6830 READ YF SBEF TIS
6840 DATA 1/750 Kişi/kWe. 20000 $/KİŞİ-YIL 0,01 GR/KWHm
6850 READ BPA BBPMA BYYT
6860 DATA 0,9 $/KG 1,533 KG/KWHter 0,5
6870 READ BYYF BSG KKF
6880 DATA 1 $/TON 0,0006 $/KWHter 0,003 $/kWhe
6890 READ BSUF BSSM BBAKM
6900 DATA 100000 $/YIL 0,0006 $/kWhter
6910 READ DIM BSSMeky
6920 DATA 70% 1/1500 Kişi/kWter 0,015 kWe/kWter
6930 READ VKAZ KIÜBPA KIÜBEG
6940 DATA 1,533 $/kWter 55,00 $/kWter 5,0 YIL
6950 READ KIÜBSG KIÜBKM KIÜÖS
6960
6970 GAZ TÜRİNİ GÜCÜNÜN VE DİĞER ÖZELLİKLERİNİN HESABI
6980 FOR GTBF=2 TO 18 STEP +1
6990 GTMG = GTBF * BGTG = ..... , kWm
7000 GTALTEG = GTMG * VALT = ..... , kWalt
7010 GTEG = GTALTEG * VYARD = ..... , KWe
7020 IF PE/GTEG > 1 then GOTO 6980 , ELSE NEXT
7030 NE = GTEG = ..... , KWe
7040
7050 YAKIT TÜKETİMİ HESABI
7060 YT = BYT * GTMG = ..... , KJ
7070 YT = (BYT * GTMG) / 3600 = ..... , KW
7080 YT = (BYT * GTMG) / (3600 * HU) = ..... , NM3/H
7090 YAKYOG = 0,717 kg/m3
7100 MY = [(BYT * GTMG) / (3600 * HU)] * YAKYOG = ..... , KG/H
7110 NY = (BYT * GTMG) / 3600 = ..... , KW
7120 = (BYT * GTMG) = ..... , KJ
7130 HAVA TÜKETİMİ VE EGZOST GAZI DEBİ HESABI
7140 MYAKHAVA = (MY * LAMDA * TEOHAVOR * 137,28) / YAKMOLAGR = ... , KG/H
7150 MEGZOST = MY + MYAKHAVA = ..... , KG/H
7160 ATIK ISI KAZANI KAPASİTESİNİN HESABI
7170 CPmTEG = (CPTEG1 + CPTEG2)/2 = ..... , kJ/kgK
7180 QAIK = MEGZOST * CPmTEG * {TEG1 - TEG2} * AİKVERİM = ..... , kWter
7190
7200 KOJENERASYON VE ATIK SICAK SU GERİ KAZANIMI SİSTEMLERİNDEN
7210 BİRLİKTE SAĞLANAN ISI GÜCÜ
7220 QKOJEN = QAIK = ..... , KW
7230 QTOP = QKOJEN + QASS1 = ..... , KW
7240
7250 IF PQ > QKOJEN THEN GOTO 7850 ELSE NEXT
7260
7270 ULUSAL ŞEBEKEYE ELEKTRİK SATIŞI
7280 NESEBSAT = NE - PE = ..... , KW
7290 IF NESEBSAT < 0 THEN NESEBSAT = 0, ELSE NESEBSAT = NESEBSAT
7300
7310 KOJENERASYON SİSTEMİNDE ENERJİ ÜRETİMİ, TÜKETİMİ VE VERİMLER
7320 NQ = QKOJEN

```

7330	NE = NE =	, KW
7340	NY = NY =	, KW
7350	NESEBSAT = NESEBSAT =	, kWe
7360	NE/NQ = NE/NQ =	, (boyutsuz)
7370	ELVERIM = NE/NY =	%
7380	TERVERIM = NQ/NY =	%
7390	TOPVERIM = ELVERIM + TERVERIM =	%
7400	ELVERIM-Ünite= GTALTG/NY =	%
7410	TERVERIM-Ünite= QAIK/NY =	%
7420	TOPVERIM-Ünite= ELVERIM-Ünite + TERVERIM-Ünite =	%
7430	PRINT , NE =	, NE (kW)
7440	PRINT , "NQ ="	, NQ (kW)
7450	PRINT , "NY ="	, NY (kW)
7460	Print , NESEBSAT =	, kWe
7470	PRINT , "NE/NQ ="	, NE/NQ (boyutsuz)
7480	PRINT , ELVERIM =	, (%)
7490	PRINT , TERVERIM =	, (%)
7500	PRINT , TOPVERIM =	, (%)
7510	Print , ELVERIM-Ünite	%
7520	Print , TERVERIM-Ünite.....	%
7530	Print , TOPVERIM-Ünite=	%
7540	KOJENERASYON SİSTEMİNDE YILLIK ENERJİ ÜRETİMİ VE TÜKETİMİ	
7550	YEÜ = NE * TIS =	, KWH/YIL
7560	YİÜ = NQ * TIS =	, KWH/YIL
7570	YYT = NY * TIS =	, KWH/YIL
7580	PRINT , YEÜ =	, KWH/YIL
7590	PRINT , YİÜ =	, KWH/YIL
7600	PRINT , YYT =	, KWH/YIL
7610		
7620	GO SUB	8410 "ÖZGÜL ELEKTRİK ÜRETİM MALİYETİ HESABI"
7630		
7640	GO SUB	8660 "KOJENERASYON SİSTEMİNDE ATIK ISININ GERİ KAZANILMASINA AIT İŞLETME MALİYETİNİN HESABI"
7650		
7660	GO SUB	9970 "KOJENERASYON SİSTEMİNDE ÖZGÜL TOPLAM ENERJİ ÜRETİM MALİYETİ HESABI"
7670		
7680	GO SUB	8740 " NPV HESABI"
7690		
7700	GO SUB	8890 " IRR HESABI"
7710		
7720	KOJENERASYON SİSTEMİNE AIT GENEL ÖZELLİKLER	
7730	PRINT , "NE ="	, NE (kW)
7740	PRINT , "NQ ="	, NQ (kW)
7750	PRINT , "NY ="	, NY (kW)
7760	PRINT , ELVERIM =	, (%)
7770	PRINT , TERVERIM =	, (%)
7780	PRINT , TOPVERIM =	, (%)
7790	PRINT , "ÖEÜM ="	, ÖEÜM (\$/kWh)
7800	PRINT , "KAIGKÖİM ="	, \$/kWh
7810	PRINT , "ÖTOPENÜM ="	, \$/kWh
7820	PRINT , "NPV ="	, NPV (\$)
7830	PRINT , "IRR ="	, IRR (%)
7840		
7850	REM' EK YANMALI KOJENERASYON SİSTEMİNDE ÜRETİM, TÜKETİM VE VERİM	
7860	NQEKY = QKOJEN + QKAZEKY =	, NQEKY (kW)
7870	NEEKY = NE =	, NEEKY (kW)
7880	NEEKY/NQEKY = NEEKY/NQEKY =	, (boyutsuz)
7890	QKAZEKY = PQ - QKOJEN =	, (kW)
7900	NQEKY = QKOJEN + QKAZEKY =	, (kW)
7910	NYKAZEKY = QKAZEKY/ KAZVERIM =	, (kW)
7920	NYEKY = NYKAZEKY + NY =	, (Kw)
7930	NESEBSAT = NESEBSAT =	, kWe
7940	ELVERIM EKY = NE/NYEKY =	, ELVERIMEKY (kW)
7950	TERVERIM EKY = NQEKY / NYEKY =	, TERVERIMEKY (kW)
7960	TOPVERIMEKY = ELVERIMEKY + TERVERIMEKY =	, (kW)
7970	PRINT , NEEKY =	, NEEKY (kW)

7980 PRINT , "NQEKY =", NQEKY (kW)
 7990 PRINT , "NYEKY =", NYEKY (kW)
 8000 PRINT , "NEEKY/NQEKY =", NEEKY/NQEKY (boyutsuz)
 8010 PRINT , ELVERİMEKY = , (%)
 8020 PRINT , TERVERİMEKY = , (%)
 8030 PRINT , TOPVERİMEKY = , (%)
 8040 EK YANMALI KOJENERASYON SİSTEMİNDE YILLIK ENERJİ ÜRETİM VE
 8050 TÜKETİM DEĞERLERİ
 8060 YEÜEKY = NEEKY * TİS = , KWH/A
 8070 YİÜEKY = NQEKY * TİS = , KWH/A
 8080 YYTEKY = NYEKY * TİS = , KWH/A
 8090 PRINT , YEÜEKY = , KWH/A
 8100 PRINT YİÜEKY = , KWH/A
 8110 PRINT YYTEKY = , KWH/A
 8120
 8130 GO SUB 9100 'EK YANMALI KOJENERASYON SİSTEMİNDE ÖZGÜL
 8140 ELEKTRİK ÜRETİM MALİYETİ HESABI"
 8150 GO SUB 9410 'EK YANMALI KOJENERASYON SİSTEMİNDE ATIK ISININ
 8160 GERİ KAZANILMASINA AIT İŞLETME MALİYETİNİN HESABI"
 8170 GO SUB 4990 'KONVANSİYONEL ISI KAZANINDA ÖZGÜL ISI ÜRETİM
 8180 MALİYETİ"
 8190 GO SUB 10050 'EK YANMALI KOJENERASYON SİSTEMİNDE ÖZGÜL
 8200 TOPLAM ENERJİ ÜRETİM MALİYETİ HESABI"
 8210 GO SUB 9430 'EK YANMALI KOJENERASYON SİSTEMİNDE NPV HESABI"
 8220
 8230 GO SUB 9590 'EK YANMALI KOJENERASYON SİSTEMİNDE IRR HESABI"
 8240
 8250 EK YANMALI KOJENERASYON SİSTEMİNE AIT GENEL ÖZELLİKLER
 8260 PRINT , "NEEKY =", NEEKY (kW)
 8270 PRINT , "NQEKY =", (kW)
 8280 PRINT , QKAZEKY = , (kW)
 8290 PRINT , NKAZEKY = , (kW)
 8300 PRINT , NYEKY = , (kW)
 8310 PRINT , ELVERİM EKY = , (%)
 8320 PRINT , TERVERİM EKY = , (%)
 8330 PRINT , TOPVERİMEKY = , (%)
 8340 PRINT , ÖEÜMEKY = , \$/kWhe Grafik
 8350 PRINT , "KAİGKÖİMEKY = , \$/kWhter Grafik
 8360 PRINT , "ÖKİÜM = , \$/kWhter Grafik
 8370 PRINT , "ÖTÖPÜNÜMEKY =", \$/kWh Grafik
 8380 PRINT , NPVEKY = , \$ Grafik
 8390 PRINT , İRREKY= , (%) Grafik
 8400
 8410 REM "ÖZGÜL ELEKTRİK ÜRETİM MALİYETİ HESABI"
 8420 ÖZGÜL KURULUŞ MALİYETİNİN HESABI
 8430 KM = BKM * GTMG = , \$
 8440 YAFÖ = KM/[FAOR(1+FAOR) ^ ÖS] / [(1+FAOR) ^ ÖS) -1] = , \$
 8450 ÖKM = YAFÖ / YEÜ = , \$/kWhe
 8460 ÖZGÜL YAKIT MALİYETİNİN HESABI
 8470 YYM = YF * YYT = , \$/YIL
 8480 ÖYM = YYM / YEÜ = , \$/kWhe
 8490 ÖZGÜL İŞLETME MALİYETİNİN HESABI
 8500 BİRİM PERSONEL MALİYETİNİN HESABI
 8510 PA = BPA * NE = , KİŞİ
 8520 YPM = PA * BBPMA = , \$/YIL
 8530 BPM = YPM / YEÜ = , \$/kWhe
 8540 BİRİM YAGLAMA YAGI MALİYETİNİN HESABI
 8550 YYYYM = BYYT/1000 * GTMG * TİS * BYYF= , \$/YIL
 8560 BYYM = YYYYM / YEÜ = , \$/kWhe
 8570 BİRİM BAKIM MALİYETİNİN HESABI
 8580 BBAKM = BBAKM , \$/kWhe
 8590 BİRİM DİĞER MALİYETLERİN HESABI
 8600 BDİM = DİM / YEÜ = , \$/kWhe
 8610 ÖZGÜL İŞLETME MALİYETİ
 8620 ÖİM = BPM + BYYM + BBAKM + BDİM = , \$/kWhe

8630 ÖZGÜL ELEKTRİK ÜRETİM MALİYETİ
 8640 ÖEÜM = ÖKM + ÖYM + ÖİM = , \$/kWhe
 8650

 8660 REM "KOJENERASYONDA ATIK ISININ GERİ KAZANILMASINA AIT İŞLETME MALİYETİNİN HESABI"
 8670 BİRİM SU MALİYETİNİN HESABI
 8680 BSUM = BSUG * KKF * BSUF/1000 = , \$/kWhter
 8690 BİRİM SU SARTLANDIRMA MALİYETİNİN HESABI
 8700 BSSM = BSSM = , \$/kWhter
 8710 KOJENERASYONDA ATIK ISININ GERİ KAZANILMASINA AIT İŞLETME MALİYETİ
 8720 KAİGKÖİM = BSUM + BSSM = , \$/kWhter
 8730
 8740 REM "KOJENERASYON SİSTEMİNDE NPV HESABI"
 8750 KM = KM = , \$
 8760 ÖZKO = ÖZKO = 30%
 8770 ÖZK = ÖZKO * KM = , \$
 8780 GO SUB 9810 NPV VE IRR HESABI İÇİN ÖEÜM NİN YENİDEN HESABI
 8790 ÖEÜMYENİ = , \$/kWhe
 8800 YEÜMYENİ = ÖEÜMYENİ * YEÜ = , \$/YIL
 8810 KAİGKÖİM = , \$/kWhter Bakınız Satır 8720
 8820 YAIÜM = KAİGKÖİM * QKOJEN * TIS = \$/Yıl
 8830 ÖKİÜM = , \$/kWhter
 8840 YKİÜM = ÖKİÜM * YİÜ = , \$/YIL
 8850 SBEF = , \$/kWhe
 8860 YSEM = SBEF * (YEÜ - (NESEBSAT * TIS)) = , \$/YIL
 8870 YSEBSAT = NESEBSAT * TIS * SEBSATF = , \$/YIL
 NPV(t = 1 ÖS) = { Σ { [YSEM(t) + YKİÜM(t) + YSEBSAT(t)] - [YEÜMYENİ(t) + YAIÜM(t)] } [1 +
 8880 FAOR]^(-t) } - ÖZK = , \$
 8890 REM "KOJENERASYON SİSTEMİNDE IRR HESABI"
 8900 KM = KM = , \$
 8910 ÖZKO = ÖZKO = 30%
 8920 ÖZK = ÖZKO * KM = , \$
 8930 GO SUB 9810 NPV VE IRR HESABI İÇİN ÖEÜM NİN YENİDEN HESABI
 8940 ÖEÜMYENİ = , \$/kWhe
 8950 YEÜMYENİ = ÖEÜMYENİ * YEÜ = , \$/YIL
 8960 ÖKİÜM = , \$/kWhter
 8970 YKİÜM = ÖKİÜM * YİÜ = , \$/YIL
 8980 KAİGKÖİM = , \$/kWhter Bakınız Satır 8720
 8990 YAIÜM = KAİGKÖİM * QKOJEN * TIS = \$/Yıl
 9000 SBEF = , \$/kWhe
 9010 YSEM = SBEF * (YEÜ - (NESEBSAT * TIS)) = , \$/YIL
 9020 YSEBSAT = NESEBSAT * TIS * SEBSATF = , \$/YIL
 9030 FOR r = 0% TO +10000% STEP 0,05%
 NPV = { Σ { [YSEM(t) + YKİÜM(t) + YSEBSAT(t)] - [YEÜMYENİ(t) + YAIÜM(t)] } [1 + r]^(-ÖS) } - ÖZK =
 9040 , \$
 9050 IF NPV = 0 NEXT, ELSE GOTO 9030
 9060 IRR = r
 9070 PRINT IRR, %
 9080 END
 9090
 9100 REM "EK YANMALI KOJENERASYON SİSTEMİNDE ÖZGÜL ELEKTRİK
 9110 ÜRETİM MALİYETİ HESABI"
 9120 EK YANMALI KOJENERASYON SİSTEMİNDE ÖZGÜL KURULUŞ MALİYETİNİN HESABI
 9130 KMEKY = BKM * 1,1 * NM = , \$
 9140 YAFÖEKY = KMEKY * [FAOR(1+FAOR)^{ÖS}] / [((1+FAOR)^{ÖS}) - 1] = , \$
 9150 ÖKMEKY = YAFÖEKY / YEÜEKY = , \$/kWhe

 9160 EK YANMALI KOJENERASYON SİSTEMİNDE ÖZGÜL YAKIT MALİYETİNİN HESABI
 9170 YYMEKY = YF * YYTEKY = , \$/YIL
 9180 ÖYMEKY = YYMEKY / YEÜEKY = , \$/kWhe

 9190 EK YANMALI KOJENERASYON SİSTEMİNDE ÖZGÜL İŞLETME MALİYETİNİN HESABI

 9200 EK YANMALI KOJENERASYON SİSTEMİNDE BİRİM PERSONEL MALİYETİNİN HESABI
 9210 PA = BPA * NE = , Kişi

```

9220 YPM = PA * BBPMA = ..... , $/YIL
9230 BPM = YPM / YEÜEKY = ..... , $/KWHe

9240 EK YANMALI KOJENERASYON SISTEMİNDE BİRİM YAGLAMA YAGI MALİYETİNİN HESABI
9250 YYYY = BYYT * NM * TIS * BYYF= ..... , $/YIL
9260 BYYM = YYYY / YEÜEKY = ..... , $/KWHe
9270 EK YANMALI KOJENERASYON SISTEMİNDE BİRİM BAKIM MALİYETİNİN HESABI
9280 BBAKM = BBAKM ..... , $/KWHe
9290 EK YANMALI KOJENERASYON SISTEMİNDE BİRİM DİĞER MALİYETLERİN HESABI
9300 BDIMEKY = DIM / YEÜEKY = ..... , $/KWHe
9310 EK YANMALI KOJENERASYON SISTEMİNDE ÖZGÜL İŞLETME MALİYETİ
9320 ÖIMEKY = BPM + BYYM - BBAKM + BDIM = ..... , $/KWHe
9330 EK YANMALI KOJENERASYON SISTEMİNDE ÖZGÜL ELEKTRİK ÜRETİM MALİYETİ
9340 ÖEÜMEKY= ÖKMEKY + ÖYMEKY + ÖIMEKY = ..... , $/KWHe
9350

REM "EK YANMALI KOJENERASYONDA ATIK İSİNİN GERİ KAZANILMASINA AIT İŞLETME
MALİYETİNİN HESABI"
9360
9370 BSUM = BSUG * KKF * BSUF/1000 = ..... , $/KWHe
9380 BİRİM SU SARTLANDIRMA MALİYETİNİN HESABI
9390 BSSM = BSSM = , ..... , $/KWHe

9400 EK YANMALI KOJENERASYONDA ATIK İSİNİN GERİ KAZANILMASINA AIT İŞLETME MALİYETİ
9410 KAİGKÖİMEKY = BSUM + BSSM = ..... , $/KWHe
9420
9430 REM "EK YANMALI KOJENERASYON SISTEMİNDE NPVEKY HESABI"
9440 KMEKY = KMEKY = ..... , $
9450 ÖZKO = ÖZKO = 30%
9460 ÖZKEKY = ÖZKO * KMEKY = ..... , $
9470 GO SUB 9890 NPVEKY ve İRREKY HESABI İÇİN ÖEÜMEKY NİN YENİDEN HESABI
9480 ÖEÜMEKYENİ = ..... , $/KWHe
9490 YEÜMEKYENİ = ÖEÜMEKYENİ * YEÜEKY = ..... , $/YIL
9500 KAİGKÖİMEKY = ..... , $/KWHe Bakınız Satır 8720
9510 YAIÜMEKY = KAİGKÖİMEKY * QKOJEN * TIS = ..... $/Yıl
9520 YKPBIÜMEKY = QKAZEKY * TIS * ÖKIÜM , $/Yıl
9530 ÖKIÜMEKY = ÖKIÜM = ..... , $/KWHe
9540 YKIÜMEKY = ÖKIÜMEKY * YIÜEKY = ..... , $/YIL
9550 SBEF = ..... , $/KWHe
9560 YSEM = SBEF * (YEÜ - (NESEBSAT * TIS))= ..... , $/YIL
9570 YSEBSAT = NESEBSAT * TIS*SEBSATF = ..... , $/YIL

NPVEKY(t = 1 ..... ÖS ) = { Σ { [YSEM(t) + YKIÜMEKY(t) + YSEBSAT(t) ] - [YEÜMEKYENİ (t) +
YAIÜMEKY (t) + YKPBIÜMEKY(t)] } [1+FAOR]^(t-1) } - ÖZKEKY = ... , $
9580
9590 REM "EK YANMALI KOJENERASYON SISTEMİNDE İRREKY HESABI"
9600 KMEKY = KMEKY = ..... , $
9610 ÖZKO = ÖZKO = 30%
9620 ÖZKEKY = ÖZKO * KMEKY = ..... , $
9630 GO SUB 9890 NPVEKY ve İRREKY HESABI İÇİN ÖEÜMEKY NİN YENİDEN HESABI
9640 ÖEÜMEKYENİ = ..... , $/KWHe
9650 YEÜMEKYENİ = ÖEÜMEKYENİ * YEÜEKY = ..... , $/YIL
9660 YKPBIÜMEKY = QKAZEKY * TIS * ÖKIÜM , $/Yıl
9670 ÖKIÜMEKY = ..... , $/KWHe
9680 YKIÜMEKY = ÖKIÜM * YIÜEKY = ..... , $/YIL
9690 KAİGKÖİMEKY = ..... , $/KWHe Bakınız Satır 8720
9700 YAIÜMEKY = KAİGKÖİMEKY * QKOJEN * TIS = ..... $/Yıl
9710 SBEF = ..... , $/KWHe
9720 YSEM = SBEF * (YEÜ - (NESEBSAT * TIS))= ..... , $/YIL
9730 YSEBSAT = NESEBSAT * TIS*SEBSATF = ..... , $/YIL
9740 FOR r = 0% TO +10000% STEP 0,05%
NPV = { Σ { [YSEM(t) + YKIÜMEKY(t) + YSEBSAT(t) ] - [YEÜMEKYENİ (t) + YAIÜMEKY (t) +
YKPBIÜMEKY(t)] } [1 + r]^(-ÖS) } - ÖZKEKY = ..... , $
9750
9760 IF NPV = 0 NEXT, ELSE GOTO 9740
9770 İRREKY = r
9780 PRINT İRREKY, ..... %
9790 END
9800

```

```

9810 REM 'NPV ve IRR HESABI ICIN ÖEÜM YENİDEN HESABI
9820 KM = KM = ..... , $
9830 ÖZKO = ÖZKO = 30%
9840 ÖZK = ÖZKO * KM = ..... , $
9850 YAFÖYENİ = (KM - ÖZK) * [(FAOR(1+FAOR) ^ ÖS) / [(1+FAOR) ^ ÖS) -1]] = .... , $
9860 ÖKMYENİ = YAFÖYENİ/YEÜ = ..... , $/kWh
9870 ÖEÜMYENİ = ÖEÜM- ÖKM + ÖKMYENİ = ..... , $/kWh
9880
9890 REM 'NPVEKY ve IRREKY HESABI ICIN ÖEÜMEKY YENİDEN HESABI
9900 KMEKY = KMEKY = ..... , $
9910 ÖZKO = ÖZKO = 30%
9920 ÖZKEKY = ÖZKO * KMEKY = ..... , $
9930 YAFÖEKYYENİ = (KMEKY - ÖZKEKY) * [(FAOR(1+FAOR) ^ ÖS) / [(1+FAOR) ^ ÖS) -1]] =
..... , $
9940 ÖKMEKYENİ = YAFÖEKYYENİ/YEÜEKY = ..... , $/kWh
9950 ÖEÜMEKYYENİ = ÖEÜMEKY- ÖKMEKY + ÖKMEKYENİ = ..... , $/kWh
9960

9970 REM 'KOJENERASİYON SİSTEMİNDE TOPLAM ÖZGÜL ENERJİ MALİYETİNİN HESABI
9980 ÖZGÜL ELEKTRİK ÜRETİM MALİYETİ
9990 ÖEÜM = ..... , $/kWh
10000 REM 'EK YANMALI KOJENERASİYON SİSTEMİNDE TOPLAM ÖZGÜL ENERJİ MALİYETİNİN HESABI
10010 ÖTOPENÜM = ÖEÜM + KAİGKÖİM = ..... , $/kWh
10020
10030 PRINT , "ÖTOPENÜM = .....", $/kWh (%)
10040

10050 REM 'EK YANMALI KOJENERASİYON SİSTEMİNDE TOPLAM ÖZGÜL ENERJİ MALİYETİNİN HESABI
10060 ÖZGÜL ELEKTRİK ÜRETİM MALİYETİ
10070 ÖEÜMeky = ..... , $/kWh
10080 KAİGKÖİMeky = ..... , $/kWh
10090 ÖKİÜM = ..... , $/kWh
10100 ÖTOPENÜMeky = ÖEÜMeky + KAİGKÖİMeky + ÖKİÜM = ..... , $/kWh
10110
10120 PRINT , "ÖTOPENÜMeky = .....", $/kWh (%)
10130 NEXT

```

(5) RANKINE BUHAR TÜRİNİNİNDEN ELEKTRİK VE KONVANSİYONEL KAZANDAN ISI

10130 TEMİNİ BUHAR TÜRİNİNİNE AİT TEKNİK VERİLER

10140 DATA 1800 KWm/ADET 13.944,90 KJ-Buh./KWmh 10,3 KWH/NM3

10150 READ BBTG BTBBT HU

10160 DATA 70% 71% 99% 97% 95%

10170 READ VKAZ VBTS VSAN VALT VYARD

10180 BUHAR TÜRİNİNİNE AİT TİCARİ VE İŞLETME GİDERLERİ VERİLERİ

10190 DATA 1000 \$/Kw 30% 10%

10200 READ BKM ÖZKO FAOR

10210 DATA 10,0 YIL 0,012 \$/KWHy 0,075 \$/kWhe

10220 READ ÖS YF SBEF

10230 DATA 8000 Saat

10240 READ TİS

10250 DATA 1/1500 Kişi/Kwe 20000 \$/Kişi-YIL 0,01 GR/KWHm

10260 READ BPA BBPMA BYYT

10270 DATA 0,9 \$/KG 1,533 KG/KWHter 0,5

10280 READ BYYF BSUG KKF

10290 DATA 1 \$/TON 0,0006 \$/KWHter 0,003 \$/kWhe

10300 READ BSUF BSSM BBAKM

10310 DATA 100000 \$/YIL

10320 READ DIM

10330 DATA 1/1500 Kişi/Kwter 0,015 KWe/Kwter

10340 READ KIÜBPA KIÜBEG

10350 DATA 1,533 \$/Kwter 55,00 \$/Kwter 5,0 YIL

10360 READ KIÜBSG KIÜBKM KIÜÖS

10370 BUHAR TÜRİNİ GÜCÜNÜN VE DİĞER ÖZELLİKLERİNİN HESABI

10380 FOR BTBF=2 TO 18 STEP +1

10390 BTMG = BTBF * BBTG = , KWm

10400 BTALTEG = BTMG * VALT = , KWalt

10410 BTEG = BTALTEG * VYARD = , KWe

10420 IF PE/BTEG > 1 then GOTO 10380 , ELSE NEXT

10430 NE = BTEG = , KWe

10440 BTİZG = BTMG / (VSAN*VBTS) = , Kwiz

10450 YAKIT TÜKETİMİ HESABI

10460 BYT = BBT / VKAZAN = , KJ/KWHm

10470 YT = BYT * BTMG = , KJ

10480 YTG = (BYT * BTMG) / 3600 = , KW

10490 YT = (BYT * BTMG) / (3600 * HU) = , NM3/H

10500 NYBT = (BYT * BTMG) / 3600 = , KW

10510 = (BYT * BTMG) = , KJ

10520 NQBT= NYBT * VKAZAN = KW

10530 NQBT= NYBT * VKAZAN *3600 = KJ

10540 QKAZPB = PQ = , KW

10550 = (PQ) *3600 = , KJ

10560 NYPB = QKAZPB/KAZVERİM = , KW

10570 NY = NYBT + NYPB = , kW

10580

10590 NE/NQ = PE/PQ = , (boyutsuz)

10600

10610 ULUSAL ŞEBEKEYE ELEKTRİK SATIŞI

10620 NESEBSAT = NE - PE = , kW

10630 IF NESEBSAT < 0 THEN NESEBSAT = 0, ELSE NESEBSAT = NESEBSAT

10640

PROSES BUHAR KAZANI VE ATIK SICAK SU GERİ KAZANIMI SİSTEMLERİNDEN

10650 BİRLİKTE SAĞLANAN ISI GÜCÜ

10660 QTOP = QKAZPB + QASS1 = , KW

10670

KOJENERASYON SİSTEMİ VE KLASİK BUHAR KAZANINDA ENERJİ ÜRETİMİ, TÜKETİMİ			
10680	VE VERİMLER		
10690	NQ = QKAZPB		
10700	NE = NE = , kW		
10710	NY = NY = , kW		
10720	NESEBSAT = NESEBSAT = , kWe		
10730	NE/NQ = NE/NQ = , (boyutsuz)		
10740	ELVERIM = NE/NY = %		
10750	TERVERIM = NQ/NY = %		
10760	TOPVERIM = ELVERIM + TERVERIM = %		
10770	ELVERIM-Ünite= GTALTG/YT = %		
10780	TERVERIM-Ünite= NQBT/NYBT = %		
10790	TOPVERIM-Ünite= ELVERIM-Ünite + TERVERIM-Ünite = %		
10800	PRINT , NE = , NE (kW)		
10810	PRINT , "NQ =", NQ (kW)		
10820	PRINT , "NY =", NY (kW)		
10830	Print , "NESEBSAT =", kWe		
10840	PRINT , "NE/NQ =", NE/NQ (boyutsuz)		
10850	PRINT , ELVERIM = , (%)		
10860	PRINT , TERVERIM = , (%)		
10870	PRINT , TOPVERIM = , (%)		
10880	Print , ELVERIM-Ünite = %		
10890	Print , TERVERIM-Ünite= %		
10900	Print , TOPVERIM-Ünite= %		
KOJENERASYON SİSTEMİNDE VE KLASİK KAZANDA YILLIK ENERJİ ÜRETİMİ VE			
10910	TÜKETİMİ		
10920	YEÜ = NE * TIS = , KWH/YIL		
10930	YİÜ = NQ * TIS = , KWH/YIL		
10940	YYT = NY * TIS = , KWH/YIL		
10950	PRINT , YEÜ = , KWH/YIL		
10960	PRINT , YİÜ = , KWH/YIL		
10970	PRINT , YYT = , KWH/YIL		
10980			
10990	GO SUB	11260	"ÖZGÜL ELEKTRİK ÜRETİM MALİYETİ HESABI"
11000			
'KOJENERASYON SİSTEMİNDE ATIK ISININ GERİ KAZANILMASINA			
11010	GO SUB	11590	AİT İŞLETME MALİYETİNİN HESABI"
11020			
11030	GO SUB	4990	"KONVANSİYONEL ISI KAZANINDA ÖZGÜL ISI ÜRETİM MALİYETİ"
11040			
11050	GO SUB	12060	'BUHAR TÜRBİNİ SİSTEMİNDE ÖZGÜL TOPLAM ENERJİ ÜRETİM
11060			
11070	GO SUB	11590	" NPV HESABI"
11080			
11090	GO SUB	11760	" IRR HESABI"
11100			
11110	KOJENERASYON SİSTEMİNE AİT GENEL ÖZELLİKLER		
11120	PRINT , "NE =", NE (kW)		
11130	PRINT , "NQ =", NQ (kW)		
11140	PRINT , "NY =", NY (kW)		
11150	PRINT , "NESEBSAT = ", kWe		
11160	PRINT , ELVERIM = , (%)		
11170	PRINT , TERVERIM = , (%)		
11180	PRINT , TOPVERIM = , (%)		
11190	PRINT , "ÖEÜM =", ÖEÜM (\$/kWh)		Grafik
11200	PRINT , "KAIGKÖİM = 0 \$/kWhter		Grafik
11210	PRINT , "ÖKİÜM = , \$/kWhter		Grafik
11220	PRINT , "ÖTOPENÜM =", \$/kWh		Grafik

11230	PRINT , "NPV =", NPV (\$)	Grafik
11240	PRINT , "IRR =", IRR (%)	Grafik
11250		
11260	REM "ÖZGÜL ELEKTRİK ÜRETİM MALİYETİ HESABI"	
11270	ÖZGÜL KURULUŞ MALİYETİNİN HESABI	
11280	KM = BKM * BTMG = , \$	
11290	YAFÖ = $KM[(FAOR(1+FAOR) ^ ÖS) / [(1+FAOR) ^ ÖS) -1]] = , $$	
11300	ÖKM = YAFÖ / YEÜ = , \$/kWh	
11310	ÖZGÜL YAKIT MALİYETİNİN HESABI	
11320	YYM = YF * YYT = , \$/YIL	
11330	ÖYM = YYM / YEÜ = , \$/kWh	
11340	ÖZGÜL İŞLETME MALİYETİNİN HESABI	
11350	BİRİM PERSONEL MALİYETİNİN HESABI	
11360	PA = BPA * NE = , Kişi	
11370	YPM = PA * BBPMA = , \$/YIL	
11380	BPM = YPM / YEÜ = , \$/kWh	
11390	BİRİM YAGLAMA YAGI MALİYETİNİN HESABI	
11400	YYM = BYYT/1000 * BTMG * TIS * BYYF= , \$/YIL	
11410	BYM = YYM / YEÜ = , \$/kWh	
11420	BİRİM BAKIM MALİYETİNİN HESABI	
11430	BBKM = BBKM , \$/kWh	
11440	BİRİM DİĞER MALİYETLERİN HESABI	
11450	BDIM = DIM / YEÜ = , \$/kWh	
11460	ÖZGÜL İŞLETME MALİYETİ	
11470	ÖİM = BPM + BYM + BBKM + BDIM = , \$/kWh	
11480	ÖZGÜL ELEKTRİK ÜRETİM MALİYETİ	
11490	ÖEÜM = ÖKM + ÖYM + ÖİM = , \$/kWh	
11500		
	REM "KOJENERASYONDA ATIK ISININ GERİ KAZANILMASINA AIT İŞLETME	
11510	MALİYETİNİN HESABI"	
11520	BİRİM SU MALİYETİNİN HESABI	
11530	BSUM = BSUG * KKF * BSUF/1000 = , \$/kWh	
11540	BİRİM SU SARTLANDIRMA MALİYETİNİN HESABI	
11550	BSSM = BSSM = , , \$/kWh	
11560	KOJENERASYONDA ATIK ISININ GERİ KAZANILMASINA AIT İŞLETME MALİYETİ	
11570	KAİGKÖİM = BSUM + BSSM = , \$/kWh	
11580		
11590	REM "KOJENERASYON SİSTEMİNDE NPV HESABI"	
11600	KM = KM = , \$	
11610	ÖZKO = ÖZKO = 30%	
11620	ÖZK = ÖZKO * KM = , \$	
11630	GO SUB 11980 NPV VE IRR HESABI İÇİN ÖEÜM NİN YENİDEN HESABI	
11640	ÖEÜMYENİ = , \$/kWh	
11650	YEÜMYENİ = ÖEÜMYENİ * YEÜ = , \$/YIL	
11660	KAİGKÖİM = , \$/kWh	Bakınız Satır 11510
11670	YAIÜM = KAİGKÖİM * NQBT * TIS = \$/Yıl	
11680	YKPBIÜM = QKAZPB * TIS * ÖKIÜM , \$/Yıl	
11690	ÖKIÜM = , \$/kWh	
11700	YKIÜM = ÖKIÜM * YIÜ = , \$/YIL	
11710	SBEF = , \$/kWh	
11720	YSEM = SBEF * (YEÜ - (NESEBSAT * TIS))= , \$/YIL	
11730	YSEBSAT = NESEBSAT * TIS*SEBSATF = , \$/YIL	
	$NPV(t = 1 \dots ÖS) = \{ \sum \{ [YSEM(t) + YKIÜM(t) + YSEBSAT(t)] - [YEÜMYENİ(t) + YAIÜM(t) + YKPBIUM(t)] \} [1 + FAOR]^{-(t)} \} - ÖZK = , $$	
11740		
11750		
11760	REM "KOJENERASYON SİSTEMİNDE IRR HESABI"	
11770	KM = KM = , \$	
11780	ÖZKO = ÖZKO = 30%	

```

11790  ÖZK = ÖZKO * KM = ..... , $
11800  GO SUB      11980  NPV VE IRR HESABI ICIN ÖEÜM NİN YENİDEN HESABI
11810
11820  YEÜMYENİ = ÖEÜMYENİ * YEÜ = ..... , $/YIL
11830  KAİGKÖİM = ..... , $/kWhter      Bakınız Satır      11510
11840  YAIÜM = KAİGKÖİM * NQBT * TIS = ..... $/Yıl
11850  YKPBIÜM = QKAZPB * TIS * ÖKIÜM , $/Yıl
11860  ÖKIÜM = ..... , $/KWHth
11870  YKIÜM = ÖKIÜM * YIÜ = ..... , $/YIL
11880  SBEF = ..... , $/kWhe
11890  YSEM = SBEF * (YEÜ - (NESEBSAT * TIS)) = ..... , $/YIL
11900  YSEBSAT = NESEBSAT * TIS * SEBSATF = ..... , $/YIL
11910  FOR r = 0% TO +10000% STEP 0,05%
      NPV = { Σ { [YSEM(t) + YKIÜM(t) + YSEBSAT(t)] - [YEÜMYENİ(t) + YAIÜM (t) +
11920  YKPBIUM(t)] } [1 + r]^(-ÖS) } - ÖZK = ..... , $
11930  IF NPV = 0 NEXT, ELSE GOTO      11910
11940  IRR = r
11950  PRINT IRR, ..... %
11960  END
11970
11980  REM 'NPV ve IRR HESABI ICIN ÖEÜM YENİDEN HESABI
11990  KM = KM = ..... , $
12000  ÖZKO = ÖZKO = 30%
12010  ÖZK = ÖZKO * KM = ..... , $
12020  YAFÖYENİ = (KM - ÖZK) * [(FAOR(1+FAOR) ^ ÖS] / [ ( (1+FAOR) ^ ÖS) -1]] = .... , $
12030  ÖKMYENİ = YAFÖYENİ/YEÜ = ..... , $/kWhe
12040  ÖEÜMYENİ = ÖEÜM - ÖKM + ÖKMYENİ
12050
12060  REM 'KOJENERASİYON SİSTEMİNDE TOPLAM ÖZGÜL ENERJİ MALİYETİNİN HESABI
12070  ÖZGÜL ELEKTRİK ÜRETİM MALİYETİ
12080  ÖEÜM = ..... , $/kWhe
12090  ÖKIÜM = ..... , $/kWhter
12100  ÖTOPENÜM = ÖEÜM + KAİGKÖİM + ÖKIÜM = ..... , $/kWh
12110
12120  PRINT , "OTOPENÜM = .....", $/kWh (%)
12130  NEXT

```

(6) KOMBİNE GAZ TÜRBİNİ ÇEVİRİMİNDEN ELEKTRİK VE ISI TEMİNİ
KOMBİNE GAZ TÜRBİNİ & BUHAR TÜRBİNİNE AİT TEKNİK VERİLER

12140	DATA	1800 KWm/ADET	12.140 KJ/KWHm	3,68
12150	READ	BGTG	GTBYT	LAMDA
12160	DATA	17,38 KG/KMOL	2	10,3 kWh/Nm3
12170	READ	YAKMOLAGR	TEOHAVOR	HU
12180	DATA	0,717 KG/NM3		
12190	READ	YAKYOG		
12200	DATA	97% 95% 95%	537 C	
12210	READ	VALT VYARD	VAIK TEGKIZG	
12220	DATA	1,060 KJ/KGK	1,080 KJ/KGK	1,045 KJ/KGK
12230	READ	CPmTEGKIZBUH	CPmTEGKIZ	CPmTEGEKO
12240	DATA	2000 kPa	7,5 kPa	0,001008 m3/kg
12250	READ	PKIZC	PKON	ÖZGHACM
12260	DATA	4,2 kJ/kgK	4,2 kJ/kgK	
12270	READ	CPmSUPOM	CPmSUEKO	
12280	DATA	168,7 kJ/kg	908,8 kJ/kg	2799,5 kJ/kg
12290	READ	h1	h3	h4
12300	DATA	3023,5 kJ/kg		
12310	READ	h5		
12320	DATA	40,3 C	212,42 C	212,42 C
12330	READ	T1= TSUKON	T3 = TSUBUHG	T4 = TSUBUHC
12340	DATA	300 C	212,42 C	
12350	READ	T5 = TSUKIZC	TSUBUHSIC	
12360	DATA	1800 KWm/ADET	13.944,90 KJ-Buh./KWHm	
12370	READ	BBTG	BTBBT	
12380	DATA	95% 97% 95%		
12390	READ	VKAZAN	VALT VYARD	
12400	DATA	1000 \$/Kw	30% 10%	10,0 YIL
12410	READ	BKM	ÖZKO FAOR	ÖS
12420	DATA	0,012 \$/KWHy	0,075 \$/kWhe	8000 Saat
12430	READ	YF	SBEF	TIS
12440	DATA	1/1500 KİŞİ/Kwe	20000 \$/KİŞİ-YIL	0,01 GR/KWHm
12450	READ	BPA	BBPMA	BYYT
12460	DATA	0,9 \$/KG	1,533 KG/KWHter	0,5
12470	READ	BYFF	BSUG	KKF
12480	DATA	1 \$/TON	0,001 \$/KWHter	0,003 \$/kWhe
12490	READ	BSUF	BSSM	BBAKM
12500	DATA	100000 \$/YIL		
12510	READ	DIM		
12520	DATA	70%	1/1500 KİŞİ/Kwter	0,015 KWe/Kwter
12530	READ	VKAZAN	KİÜBPA	KİÜBEG
12540	DATA	1,533 \$/kWter	55,00 \$/kWter	5,0 YIL
12550	READ	KİÜBSG	KİÜBKM	KİÜÖS
12560	DATA			
12570	READ			
12580	DATA			
12590	READ			
12600	DATA			
12610	READ			
12620	DATA			
12630	READ			
12640	DATA			
12650	READ			
12660	DATA			
12670	READ			
12680	DATA			
12690	READ			

KOMBİNE GAZ TÜRBİNİ VE BUHAR TÜRBİNİNİN ELEKTRİK ÜRETİM GÜCÜNÜN VE DİĞER
ÖZELLİKLERİNİN HESABI

GAZ TÜRBİNİ ELEKTRİK GÜCÜNÜN VE DİĞER ÖZELLİKLERİNİN HESABI

FOR GTBF=1 TO 18 STEP +1

GTMG = GTBF * BGTG = , KWm

GTALTEG = GTMG * VALTGT = , KWalt

GTEG = GTALTEG * VYARDGT = , KWe

12700 GAZ TÜRİNİ YAKIT TUKETİMİ HESABI
 12710 $GTYT = GTBYT * GTMG = \dots\dots\dots$, KJ
 12720 $GTYG = (GTBYT * GTMG) / 3600 = \dots\dots\dots$, KW
 12730 $GTYT = (GTBYT * GTMG) / (3600 * HU) = \dots\dots\dots$, NM3/H
 12740 $YAKYOG = 0,717 \text{ KG/M}^3$
 12750 $GTMY = [(GTBYT * GTMG) / (3600 * HU)] * YAKYOG = \dots\dots\dots$, KG/H
 12760 $NYGT = (GTBYT * GTMG) / 3600 = \dots\dots\dots$, KW
 12770 GAZ TÜRİNİ HAVA TUKETİMİ VE EGZOST GAZI DEBİ HESABI
 12780 $MYAKHAVA = (GTMY * LAMDA * TEOHAVOR * 137,28) / YAKMOLAGR = \dots\dots$, KG/H
 12790 $MEGZOST = GTMY + MYAKHAVA = \dots\dots\dots$, KG/H
 12800
 12810 ATIK ISI KAZANI ISIL HESAPLARI
 12820 Egzost Gazlarının Kızdırıcı ve Buharlaştırıcıda Verdikleri Isı ve Buna Bağlı Buhar Üretimi
 12830 $TEGBUHC = TSUBUHSIC + 20 = \dots\dots\dots$, C
 12840 $QEGKIZBUH = (MEGZOST/3600) * CPmTEGKIZBUH * \{TEGKIZG - TEGBUHC\} = \dots\dots$, kW
 12850 $q\ddot{o}zsuk\ddot{z} = (h_5 - h_4) = \dots\dots\dots$ kJ/kgK
 12860 $q\ddot{o}zsubuh = (h_4 - h_3) = \dots\dots\dots$ kJ/kgK
 12870 $q\ddot{o}zsuk\ddot{z} + q\ddot{o}zsubuh = (h_5 - h_4) + (h_4 - h_3) = \dots\dots\dots$ kJ/kgK
 12880 $Msu = (QEGKIZBUH * VAIK) / (q\ddot{o}zsuk\ddot{z} + q\ddot{o}zsubuh) = \dots\dots\dots$, kg/s
 12890 Kızdırıcı Hesapları
 12900 $QSUKIZ = Msu * (h_5 - h_4) = \dots\dots\dots$, kW
 12910 $QEGKIZ = QSUKIZ/VAIK = \dots\dots\dots$ KW
 12920 $TSUKIZG = T_4 = \dots\dots\dots$, C
 12930 $TSUKIZC = T_5 = \dots\dots\dots$, C
 12940 $TEGKIZG = TEGKIZC = \dots\dots\dots$ C
 12950 $TEGKIZC = TEGKIZG - \{QEGKIZ / ((MEGZOST/3600) * CPmTEGKIZ)\}$
 12960 Buharlaştırıcı Hesapları
 12970 $QSUBUH = Msu * (h_4 - h_3) = \dots\dots\dots$, kW
 12980 $TSUBUHG = T_3 = \dots\dots\dots$, C
 12990 $TSUBUHC = T_4 = \dots\dots\dots$, C
 13000 $QEGBUH = QSUBUH/VAIK = \dots\dots\dots$ KW
 13010 $TEGBUHG = TEGKIZC = \dots\dots\dots$ C
 13020 $TEGBUHC = TEGBUHC = \dots\dots\dots$, C
 13030 Ekonomizer Hesapları
 13040 $WP = - \ddot{O}ZGHACM * (PKIZC - PKON) = \dots\dots\dots$, kJ/kg
 13050 $h_2 = h_1 - WP = \dots\dots\dots$, kJ/kg
 13060 $T_2 = T_1 + \{(h_2 - h_1) / CPmsupom\} = \dots\dots\dots$, C
 13070 $QSUEKO = Msu * (h_3 - h_2) = \dots\dots\dots$, kW
 13080 $TSUEKOG = T_2 = \dots\dots\dots$, C
 13090 $TSUEKOC = \{QSUEKO / (MSU * Cpmsueko)\} + TSUEKOG$
 13100 $QEGEKO = QSUEKO/VAIK = \dots\dots\dots$ KW
 13110 $TEGEKOG = TEGBUHC = \dots\dots\dots$, C
 13120 $TEGEKOC = TEGEKO - \{QEGEKO / (MEGZOST/3600 * CPmTEGEKO)\}$
 13130 Atık Isı Kazanında Buhara Aktarılan Toplam Yararlı Isı
 13140 $QAIKSU = QSUKIZ + QSUBUH + QSUEKO = \dots\dots\dots$, kW
 13150 $q\ddot{o}zaiksu = QAIKSU / MSU \dots\dots\dots$, kJ/kg
 13160
 13170 BUHAR TÜRİNİ GÜCÜ HESABI
 13180 $BTBBT = BTBBT = \dots\dots\dots$, kJ/KWHm
 13190 $BTMG = (q\ddot{o}zaiksu * MSU) / (BTBBT/3600) = \dots\dots\dots$, kWm
 13200 $BTALTEG = BTMG * VALTBT = \dots\dots\dots$, kWalt
 13210 $BTEG = BTALTEG * VYARDBT = \dots\dots\dots$, KWe
 13220
 13230 KOMBİNE GAZ VE BUHAR TÜRİNİNE AİT TOPLAM NET ELEKTRİK ÜRETİM GÜCÜ
 13240 $KGTBTMG = GTMG + BTMG = \dots\dots\dots$, kW_e
 13250 $KGTBTEG = GTEG + BTEG = \dots\dots\dots$, kW_e
 13260
 13270 IF PE/KGTBTEG > 1 then GOTO 12660 , ELSE NEXT
 13280 $NE = KGTBTEG = \dots\dots\dots$, kW_e
 13290

PROSES BUHAR KAZANI VE ATIK SICAK SU GERİ KAZANIMI SİSTEMLERİNDEN BİRLİKTE

13300 SAĞLANAN ISI GÜCÜ
 13310 $Q_{TOP} = Q_{KAZPB} + Q_{ASS1} = \dots\dots\dots$, KW
 13320 $Q_{KAZPB} = P_Q = \dots\dots\dots$, KW
 13330 $NYPB = Q_{KAZPB}/KAZVERIM = \dots\dots\dots$, KW
 13340 KOMBİNE ÇEVİRİME AİT TOPLAM YAKIT TÜKETİMİ
 13350 $NY = NYGT + NYPB = \dots\dots\dots$, kW
 13360
 13370 ULUSAL ŞEBEKEYE ELEKTRİK SATIŞI
 13380 $NESEBSAT = NE - PE = \dots\dots\dots$, kW
 13390 IF NESEBSAT < 0 THEN NESEBSAT = 0, ELSE NESEBSAT = NESEBSAT
 13400

KOMBİNE GAZ TÜRBİNİ VE BUHAR TÜRBİNİNDEN OLUŞAN KOJENERASYON SİSTEMİ VE

13410 KLASİK BUHAR KAZANINDA ENERJİ ÜRETİMİ, TÜKETİMİ VE VERİMLER

13420 $NQ = Q_{KAZPB}$
 13430 $NE = NE = \dots\dots\dots$, KW
 13440 $NY = NY = \dots\dots\dots$, KW
 13450 $NESEBSAT = NESEBSAT = \dots\dots\dots$, kWe
 13460 $NE/NQ = NE/NQ = \dots\dots\dots$, (boyutsuz)
 13470 $ELVERIM = NE/NY = \dots\dots\dots$ %
 13480 $TERVERIM = NQ/NY = \dots\dots\dots$ %
 13490 $TOPVERIM = ELVERIM + TERVERIM = \dots\dots\dots$ %
 13500 $ELVERIM\text{-}Ünite = (GTALTEG+BTALTEG)/(GTYT) = \dots\dots\dots$ %
 13510 $TERVERIM\text{-}Ünite = QAIKSU/GTYT = \dots\dots\dots$ %
 13520 $TOPVERIM\text{-}Ünite = ELVERIM\text{-}Ünite + TERVERIM\text{-}Ünite = \dots\dots\dots$ %
 13530 PRINT , NE = $\dots\dots\dots$, NE (kW)
 13540 PRINT , "NQ = $\dots\dots\dots$ ", NQ (kW)
 13550 PRINT , "NY = $\dots\dots\dots$ ", NY (kW)
 13560 PRINT , "NESEBSAT = $\dots\dots\dots$ ", kWe
 13570 PRINT , "NE/NQ = $\dots\dots\dots$ ", NE/NQ (boyutsuz)
 13580 PRINT , ELVERIM = $\dots\dots\dots$, (%)
 13590 PRINT , TERVERIM = $\dots\dots\dots$, (%)
 13600 PRINT , TOPVERIM = $\dots\dots\dots$, (%)
 13610 Print , ELVERIM-Ünite= $\dots\dots\dots$ %
 13620 Print , TERVERIM-Ünite= $\dots\dots\dots$ %
 13630 Print , TOPVERIM-Ünite= $\dots\dots\dots$ %

KOMBİNE GAZ TÜRBİNİ VE BUHAR TÜRBİNİNDEN OLUŞAN KOJENERASYON SİSTEMİ VE

13640 KLASİK BUHAR KAZANINDA ENERJİ ÜRETİMİ, TÜKETİMİ VE VERİMLER

13650 $YEÜ = NE * TIS = \dots\dots\dots$, KWH/YIL
 13660 $YİÜ = NQ * TIS = \dots\dots\dots$, KWH/YIL
 13670 $YYT = NY * TIS = \dots\dots\dots$, KWH/YIL
 13680 PRINT , YEÜ = $\dots\dots\dots$, KWH/YIL
 13690 PRINT , YİÜ = $\dots\dots\dots$, KWH/YIL
 13700 PRINT , YYT = $\dots\dots\dots$, KWH/YIL

13710
 13720 GO SUB 13990 "ÖZGÜL ELEKTRİK ÜRETİM MALİYETİ HESABI"
 13730

13740 GO SUB 14240 "KOJENERASYON SİSTEMİNDE ATIK ISININ GERİ KAZANILMASINA
 13750 AİT İŞLETME MALİYETİNİN HESABI"

13760 GO SUB 4990 ""KONVANSİYONEL ISI KAZANINDA ÖZGÜL ISI ÜRETİM MALİYETİ"
 13770

13780 GO SUB 14790 "KOJENERASYON SİSTEMİNDE ÖZGÜL TOPLAM ENERJİ ÜRETİM
 13790 MALİYETİ HESABI"

13800 GO SUB 14320 " NPV HESABI"
 13810

13820 GO SUB 14490 "IRR HESABI"
 13830
 13840 KOJENERASYON SİSTEMİNE AİT GENEL ÖZELLİKLER
 13850 PRINT, "NE =", NE (kW)
 13860 PRINT, "NQ =", NQ (kW)
 13870 PRINT, "NY =", NY (kW)
 13880 PRINT, "NESEBSAT =", kWe
 13890 PRINT, ELVERİM =, (%)
 13900 PRINT, TERVERİM =, (%)
 13910 PRINT, TOPVERİM =, (%)
 13920 PRINT, "ÖEÜM =", ÖEÜM (\$/kWh) Grafik
 13930 PRINT, "KAİGKÖİM =", \$/kWhter Grafik
 13940 PRINT, "ÖKİÜM =", \$/kWhter Grafik
 13950 PRINT, "ÖTOPENÜM =", \$/kWh Grafik
 13960 PRINT, "NPV =", NPV (\$) Grafik
 13970 PRINT, "IRR =", IRR (%) Grafik
 13980
 13990 REM "ÖZGÜL ELEKTRİK ÜRETİM MALİYETİ HESABI"
 14000 ÖZGÜL KURULUŞ MALİYETİNİN HESABI
 14010 KM = BKM * KGTBTMG =, \$
 14020 YAFÖ = $KM / [FAOR(1+FAOR)^{ÖS}] / [(1+FAOR)^{ÖS} - 1] =, \$$
 14030 ÖKM = YAFÖ / YEÜ =, \$/kWh
 14040 ÖZGÜL YAKIT MALİYETİNİN HESABI
 14050 YYM = YF * YYT =, \$/YIL
 14060 ÖYM = YYM / YEÜ =, \$/kWh
 14070 ÖZGÜL İŞLETME MALİYETİNİN HESABI
 14080 BİRİM PERSONEL MALİYETİNİN HESABI
 14090 PA = BPA * NE =, KİŞİ
 14100 YPM = PA * BBPMA =, \$/YIL
 14110 BPM = YPM / YEÜ =, \$/kWh
 14120 BİRİM YAGLAMA YAGI MALİYETİNİN HESABI
 14130 YYYYM = BYYT/1000 * KGTBTMG * TİS * BYYF =, \$/YIL
 14140 BYYM = YYYYM / YEÜ =, \$/kWh
 14150 BİRİM BAKIM MALİYETİNİN HESABI
 14160 BBAKM = BBAKM, \$/kWh
 14170 BİRİM DİĞER MALİYETLERİN HESABI
 14180 BDİM = DİM / YEÜ =, \$/kWh
 14190 ÖZGÜL İŞLETME MALİYETİ
 14200 ÖİM = BPM + BYYM + BBAKM + BDİM =, \$/kWh
 14210 ÖZGÜL ELEKTRİK ÜRETİM MALİYETİ
 14220 ÖEÜM = ÖKM + ÖYM + ÖİM =, \$/kWh
 14230
 14240 REM "KOJENERASYONDA ATIK ISININ GERİ KAZANILMASINA AİT İŞLETME MALİYETİNİN HESABI"
 14250 BİRİM SU MALİYETİNİN HESABI
 14260 BSUM = BSUG * KKF * BSUF/1000 =, \$/kWhter
 14270 BİRİM SU SARTLANDIRMA MALİYETİNİN HESABI
 14280 BSSM = BSSM =, \$/kWhter
 14290 KOJENERASYONDA ATIK ISININ GERİ KAZANILMASINA AİT İŞLETME MALİYETİ
 14300 KAİGKÖİM = BSUM + BSSM =, \$/kWhter
 14310
 14320 REM "KOJENERASYON SİSTEMİNDE NPV HESABI"
 14330 KM = KM =, \$
 14340 ÖZKO = ÖZKO = 30%
 14350 ÖZK = ÖZKO * KM =, \$
 14360 GO SUB 14710 NPV VE IRR HESABI İÇİN ÖEÜM NİN YENİDEN HESABI
 14370 ÖEÜMYENİ =, \$/kWh
 14380 YEÜMYENİ = ÖEÜMYENİ * YEÜ =, \$/YIL
 14390 KAİGKÖİM =, \$/kWhter Bakınız Satır 14300
 14400 YAIÜM = KAİGKÖİM * QAIKSU * TİS =, \$/YIL

```

14410 YKPBIÜM = QKAZPB * TIS * ÖKIÜM , $/Yıl
14420 ÖKIÜM = ..... , $/KWht
14430 YKIÜM = ÖKIÜM * YIÜ = ..... , $/YIL
14440 SBEF = ..... , $/kWhe
14450 YSEM = SBEF * (YEÜ - (NESEBSAT * TIS))= ..... , $/YIL
14460 YSEBSAT = NESEBSAT * TIS*SEBSATF = ..... , $/YIL
NPV(t = 1 ..... ÖS ) = { Σ { [YSEM(t) + YKIÜM(t) + YSEBSAT(t)] - [YEÜMYENİ(t) + YAIÜM (t) +
14470 YKPBIUM(t)] } [1 + FAOR](-t) } - ÖZK = ..... , $
14480
14490 REM "KOJENERASYON SİSTEMİNDE IRR HESABI"
14500 KM = KM = ..... , $
14510 ÖZKO = ÖZKO = 30%
14520 ÖZK = ÖZKO * KM = ..... , $
14530 GO SUB 14710 NPV VE IRR HESABI ICIN ÖEÜM NIN YENİDEN HESABI
14540 ÖEÜMYENİ = ..... , $/kWhe
14550 YEÜMYENİ = ÖEÜMYENİ * YEÜ = ..... , $/YIL
14560 KAIGKÖİM = ..... , $/kWhter Bakınız Satır 14300
14570 YAIÜM = KAIGKÖİM * QAIKSU * TIS = ..... $/Yıl
14580 YKPBIÜM = QKAZPB * TIS * ÖKIÜM , $/Yıl
14590 ÖKIÜM = ..... , $/KWht
14600 YKIÜM = ÖKIÜM * YIÜ = ..... , $/YIL
14610 SBEF = ..... , $/kWhe
14620 YSEM = SBEF * (YEÜ - (NESEBSAT * TIS))= ..... , $/YIL
14630 YSEBSAT = NESEBSAT * TIS*SEBSATF = ..... , $/YIL
14640 FOR r = 0% TO +10000% STEP 0,05%
NPV = { Σ { [YSEM(t) + YKIÜM(t) + YSEBSAT(t)] - [ YEÜMYENİ(t) + YAIÜM (t) + YKPBIUM(t) ] }
14650 [1 + r ](-ÖS) } - ÖZK = ..... , $
14660 IF NPV = 0 NEXT, ELSE GOTO 14640
14670 IRR = r
14680 PRINT IRR, ..... %
14690 END
14700
14710 REM 'NPV ve IRR HESABI ICIN ÖEÜM YENİDEN HESABI
14720 KM = KM = ..... , $
14730 ÖZKO = ÖZKO = 30%
14740 ÖZK = ÖZKO * KM = ..... , $
14750 YAFÖYENİ = (KM - ÖZK) * [(FAOR(1+FAOR) ^ ÖS) / [ ( (1+FAOR) ^ ÖS) -1]] = ..... , $
14760 ÖKMYENİ = YAFÖYENİ/YEÜ = ..... , $/kWhe
14770 ÖEÜMYENİ = ÖEÜM - ÖKM + ÖKMYENİ
14780

14790 REM 'KOJENERASİYON SİSTEMİNDE TOPLAM ÖZGÜL ENERJİ MALİYETİNİN HESABI
14800 ÖZGÜL ELEKTRİK ÜRETİM MALİYETİ
14810 ÖEÜM = ..... , $/kWhe
14820 KAIGKÖİM = ..... , $/kWhter
14830 ÖKIÜM = ..... , $/kWhter
14840 ÖTOPENÜM = ÖEÜM + KAIGKÖİM + ÖKIÜM = ..... , $/kWh
14850
14860 PRINT , "ÖTOPENÜMeky = .....", $/kWh (%)
14870 NEXT

```

14880	(7) KARŞI BASINÇLI BUHAR TÜRBİNİNDEN ELEKTRİK VE ISI TEMİNİ				
14890	TEKSTİL FABRİKASININ ENERJİ İHTİYACI				
14900	DATA	PEteo kWe	PQteo kWter		
14910	READ	PEteo	PQteo		
14920	DATA	PE kWe	PQ kWter		
14930	READ	PE	PQ		
14940	KARŞI BASINÇLI BUHAR TÜRBİNİ ÇEVİRİMİNE AİT TERMODİNAMİK VERİLER				
14950	DATA	7,5 kPa	40,3 C	0,001008 m3/kg	
14960	READ	P1	T1doy	v1	
14970	DATA	168,7 kJ/kg			
14980	READ	h1s			
14990	DATA	1100,0 kPa	184,1 C	0,001113 m3/kg	
15000	READ	P4	T4doy	v4	
15010	DATA	2500,0 kPa	781,3 kJ/kg		
15020	READ	P2	h4s		
15030	DATA	2781,7 kJ/kg	2,18 kJ/kg	6,55 kJ/kg	
15040	READ	h4	s4s	s4b	
15050	DATA	300,0 C	2.880,1 kJ/kg	6,41 kJ/kg	
15060	READ	T3	h3	s3	
15070	BUHAR TÜRBİNİNE AİT TEKNİK VERİLER				
15080	DATA	0,62	0,99	0,97	0,95
15090	READ	VBTS	VSAN	VALT	VYARD
15100	BUHAR TÜRBİNİNE AİT TİCARİ VE İŞLETME GİDERLERİ VERİLERİ				
15110	DATA	800 \$/Kw	30%	10%	
15120	READ	BKM	ÖZKO	FAOR	
15130	DATA	10,0 YIL	0,012 \$/KWHy	8000 Saat	
15140	READ	ÖS	YF	TIS	
15150	DATA	1/1500 Kişi/Kwe	20000 \$/Kişi-YIL	0,01 GR/KWHm	
15160	READ	BPA	BBPMA	BYYT	
15170	DATA	0,9 \$/KG	1,533 KG/KWHter	0,5	
15180	READ	BYYF	BSUG	KKF	
15190	DATA	1 \$/TON	0,0006 \$/KWHter	0,003 \$/kWhe	
15200	READ	BSUF	BSSM	BBAKM	
15210	DATA	100000 \$/YIL			
15220	READ	DIM			
15230	KONVANSİYONEL MALİYETLER				
15240	DATA	SBEF \$/kWhe	ÖKİÜM \$/kWhter		
15250	READ	SBEF	ÖKİÜM		
15260	TERMODİNAMİK HESAPLAR				
15270	Kazan Besi Suyu Pompasının Belirlenmesi				
15280	$w_p = v_1 * (P_2 - P_1) =$, kJ/kg				
15290	$h_1 = h_{1s} =$, KJ/kg				
15300	$h_2 = h_1 + w_p =$, kJ/kg				
15310	$q_{12} = h_2 - h_1 =$, kJ/kg				
15320	Buhar Kazanın Ögöl Kapasitesinin Belirlenmesi				
15330	$q_{23} = h_3 - h_2 =$, kJ/kg				
15340	Buhar Türbini Buhar Çıkış Parametrelerinin Belirlenmesi				
15350	$s_{4teo} = s_3 =$, kJ/kg				
15360	$x_{4teo} = (s_{4teo} - s_{4s}) / (s_{4b} - s_{4s})$				
15370	$s_4 = s_{4b} =$, kJ/kg				
15380	$x_4 = (s_4 - s_{4s}) / (s_{4b} - s_{4s})$				
15390	$q_{41} = h_4 - h_1 =$, kJ/kg				
15400	$h_{4teo} = (h_3 * (VBTS - 1) + h_4) / VBTS =$, kJ/kg				
15410	$w_s = h_3 - h_{4teo} =$, kJ/kg				
15420	$ISILVERIM_{teo} = \{ (h_3 - h_2) - (h_{4teo} - h_1) \} / (h_3 - h_1) =$ %				

- 15430 $ISILVERIM_{reel} = \{ (h_3 - h_2) - (h_4 - h_1) \} / (h_3 - h_1) = \dots \%$
- 15440 Tekstil Fabrikasındaki Proses Buhar Debisinin Belirlenmesi
- 15450 $PQ = PQ = \dots, kW$
- 15460 $mPB = PQ / (h_4 - h_1) = \dots, kg/s$
- 15470 Karşı Basıncılı Buhar Türbini Gücünün Belirlenmesi
- 15480 $w_{treel} = w_{ts} * VBTS = \dots, kJ/kg$
- 15490 $W_{treel} = w_{treel} * mPB = \dots, kW$
- 15500 $KBBTMG = W_{treel} * VSAN = \dots, kWm$
- 15510 $KBBTALTEG = KBBTMG * VALT = \dots, kWalt$
- 15520 Karşı Basıncılı Kojenerasyon Tesisinin Elektrik ve Isı Üretim Gücünün Belirlenmesi
- 15530 $KBBTEG = KBBTALTEG * VYARD = \dots, kW_e$
- 15540 $NE = KBBTEG = \dots, kW_e$
- 15550 $NQ = PQ = \dots, kW_{ter}$
- 15560 YAKIT TÜKETİMİ HESABI
- 15570 $NY = NQ / VKAZAN = \dots, kW \text{ yakıt}$
- 15580
- 15590 $NE/NQ = \dots, (\text{boyutsuz})$
- 15600
- KARŞI BASINÇLI BUHAR TÜRBİNİ KAPSAYAN KOJENERASYON SİSTEMİNDE**
- 15610 ENERJİ ÜRETİMİ, TÜKETİMİ VE VERİMLER
- 15620 $NQ = PQ = \dots, kW$
- 15630 $NE = NE = \dots, kW$
- 15640 $NY = NY = \dots, kW$
- 15650 $NE/NQ = NE/NQ = \dots, (\text{boyutsuz})$
- 15660 $ELVERIM = NE/NY = \dots \%$
- 15670 $TERVERIM = NQ/NY = \dots \%$
- 15680 $TOPVERIM = ELVERIM + TERVERIM = \dots \%$
- 15690 $ELVERIM\text{-}Ünite = KBBTALTEG/NYBT = \dots \%$
- 15700 $TERVERIM\text{-}Ünite = NQ/NY = \dots \%$
- 15710 $TOPVERIM\text{-}Ünite = ELVERIM\text{-}Ünite + TERVERIM\text{-}Ünite = \dots \%$
- 15720 PRINT , NE = $\dots, NE (kW)$
- 15730 PRINT , "NQ = $\dots$ ", NQ (kW)
- 15740 PRINT , "NY = $\dots$ ", NY (kW)
- 15750 PRINT , "NE/NQ = $\dots$ ", NE/NQ (boyutsuz)
- 15760 PRINT , ELVERIM = $\dots, (\%)$
- 15770 PRINT , TERVERIM = $\dots, (\%)$
- 15780 PRINT , TOPVERIM = $\dots, (\%)$
- 15790 Print , ELVERIM-Ünite = $\dots \%$
- 15800 Print , TERVERIM-Ünite = $\dots \%$
- 15810 Print , TOPVERIM-Ünite = $\dots \%$
- 15820 KOJENERASYON SİSTEMİNDE YILLIK ENERJİ ÜRETİMİ VE TÜKETİMİ
- 15830 $YEÜ = NE * TIS = \dots, KWH/YIL$
- 15840 $YİÜ = NQ * TIS = \dots, KHW/YIL$
- 15850 $YYT = NY * TIS = \dots, KHW/YIL$
- 15860 PRINT , $YEÜ = \dots, KHW/YIL$
- 15870 PRINT , $YİÜ = \dots, KWH/YIL$
- 15880 PRINT , $YYT = \dots, KHW/YIL$
- 15890
- 15900 GO SUB 16160 "ÖZGÜL ELEKTRİK ÜRETİM MALİYETİ HESABI"
- 15910
- 15920 GO SUB 16490 "KOJENERASYON SİSTEMİNDE ATIK ISININ GERİ KAZANILMASINA AIT İŞLETME MALİYETİNİN HESABI"
- 15930
- 15940 GO SUB 4990 "KONVANSİYONEL ISI KAZANINDA ÖZGÜL ISI ÜRETİM MALİYETİ"
- 15950

'BUHAR TÜRİNİ SİSTEMİNDE ÖZGÜL TOPLAM ENERJİ
ÜRETİM MALİYETİ HESABI"

15960 GO SUB 16910
15970
15980 GO SUB 16490 " NPV HESABI"
15990
16000 GO SUB 16640 " IRR HESABI"
16010
16020 KOJENERASYON SİSTEMİNE AİT GENEL ÖZELLİKLER
16030 PRINT , "NE =", NE (kW)
16040 PRINT , "NQ =", NQ (kW)
16050 PRINT , "NY =", NY (kW)
16060 PRINT , ELVERİM = , (%)
16070 PRINT , TERVERİM = , (%)
16080 PRINT , TOPVERİM = , (%)
16090 PRINT , "ÖEÜM =", ÖEÜM (\$/kWh) Grafik
16100 PRINT , "KAİGKÖİM = KAİGKÖİM \$/kWhter Grafik
16110 PRINT , "ÖKİÜM = , \$/kWhter Grafik
16120 PRINT , "ÖTOPENÜM =", \$/kWh Grafik
16130 PRINT , "NPV =", NPV (\$) Grafik
16140 PRINT , "IRR =", IRR (%) Grafik
16150
16160 REM "ÖZGÜL ELEKTRİK ÜRETİM MALİYETİ HESABI"
16170 ÖZGÜL KURULUŞ MALİYETİNİN HESABI
16180 KM = BKM * KBBTMG = , \$
16190 YAFÖ = KM{[(FAOR(1+FAOR) ^ ÖS) / [(1+FAOR) ^ ÖS) -1]} = , \$
16200 ÖKM = YAFÖ / YEÜ = , \$/kWh
16210 ÖZGÜL YAKIT MALİYETİNİN HESABI
16220 YYM = YF * YYT = , \$/YIL
16230 ÖYM = YYM / YEÜ = , \$/kWh
16240 ÖZGÜL İŞLETME MALİYETİNİN HESABI
16250 BİRİM PERSONEL MALİYETİNİN HESABI
16260 PA = BPA * NE = , Kişi
16270 YPM = PA * BBPMA = , \$/YIL
16280 BPM = YPM / YEÜ = , \$/kWh
16290 BİRİM YAGLAMA YAGI MALİYETİNİN HESABI
16300 YYYM = BYYT/1000 * KBBTMG * TİS * BYYF= , \$/YIL
16310 BYYM = YYYM / YEÜ = , \$/kWh
16320 BİRİM BAKIM MALİYETİNİN HESABI
16330 BBAKM = BBAKM , \$/kWh
16340 BİRİM DİĞER MALİYETLERİN HESABI
16350 BDİM = DİM / YEÜ = , \$/kWh
16360 ÖZGÜL İŞLETME MALİYETİ
16370 ÖİM = BPM + BYYM + BBAKM + BDİM = , \$/kWh
16380 ÖZGÜL ELEKTRİK ÜRETİM MALİYETİ
16390 ÖEÜM = ÖKM + ÖYM + ÖİM = , \$/kWh
16400
REM "KOJENERASYONDA ATIK ISININ GERİ KAZANILMASINA AİT İŞLETME
MALİYETİNİN HESABI"
16410 BİRİM SU MALİYETİNİN HESABI
16420 BSUM = BSUG * KKF * BSUF/1000 = , \$/kWhter
16430 BİRİM SU SARTLANDIRMA MALİYETİNİN HESABI
16440 BSSM = BSSM = , , \$/kWhter
16450 KOJENERASYONDA ATIK ISININ GERİ KAZANILMASINA AİT İŞLETME MALİYETİ
16460 KAİGKÖİM = BSUM + BSSM = , \$/kWhter
16470
16480
16490 REM "KOJENERASYON SİSTEMİNDE NPV HESABI"

```

16500 KM = KM = ..... , $
16510 ÖZKO = ÖZKO = 30%
16520 ÖZK = ÖZKO * KM = ..... , $
16530 GO SUB 16830 NPV VE IRR HESABI ICIN ÖEÜM NİN YENİDEN HESABI
16540 ÖEÜMYENİ = ..... , $/kWhe
16550 YEÜMYENİ = ÖEÜMYENİ * YEÜ = ..... , $/YIL
16560 KAIGKÖİM = ..... , $/kWhter Bakınız Satır 16410
16570 YAIÜM = KAIGKÖİM * NQ * TIS = ..... $/Yıl
16580 ÖKIÜM = ..... , $/KWHth
16590 YKIÜM = ÖKIÜM * YIÜ = ..... , $/YIL
16600 SBEF = ..... , $/kWhe
16610 YSEM = SBEF * YEÜ = ..... , $/YIL
      NPV(t = 1 ..... ÖS) = {Σ{ [YSEM(t) + YKIÜM(t)] - [YEÜMYENİ(t) + YAIÜM(t)]} * [1
16620 + FAOR]-(t)} - ÖZK = ..... , $
16630
16640 REM "KOJENERASYON SİSTEMİNDE IRR HESABI"
16650 KM = KM = ..... , $
16660 ÖZKO = ÖZKO = 30%
16670 ÖZK = ÖZKO * KM = ..... , $
16680 GO SUB 16830 NPV VE IRR HESABI ICIN ÖEÜM NİN YENİDEN HESABI
16690 YEÜMYENİ = ÖEÜMYENİ * YEÜ = ..... , $/YIL
16700 KAIGKÖİM = ..... , $/kWhter Bakınız Satır 16410
16710 YAIÜM = KAIGKÖİM * NQ * TIS = ..... $/Yıl
16720 ÖKIÜM = ..... , $/KWHth
16730 YKIÜM = ÖKIÜM * YIÜ = ..... , $/YIL
16740 SBEF = ..... , $/kWhe
16750 YSEM = SBEF * YEÜ = ..... , $/YIL
16760 FOR r = 0% TO +10000% STEP 0,05%
      NPV = { Σ { [YSEM(t) + YKIÜM(t)] - [YEÜMYENİ(t) + YAIÜM (t)] } *
16770 [1 + r]-(ÖS)} - ÖZK = ..... , $
16780 IF NPV = 0 NEXT, ELSE GOTO 16760
16790 IRR = r
16800 PRINT IRR, ..... %
16810 END
16820
16830 REM 'NPV ve IRR HESABI ICIN ÖEÜM YENİDEN HESABI
16840 KM = KM = ..... , $
16850 ÖZKO = ÖZKO = 30%
16860 ÖZK = ÖZKO * KM = ..... , $
      YAFÖYENİ = (KM - ÖZK) * {[FAOR(1+FAOR) ^ ÖS] /
16870 ((1+FAOR) ^ ÖS) - 1]} = ..... , $
16880 ÖKMYENİ = YAFÖYENİ/YEÜ = ..... , $/kWhe
16890 ÖEÜMYENİ = ÖEÜM - ÖKM + ÖKMYENİ
16900
      REM 'KOJENERASYON SİSTEMİNDE TOPLAM ÖZGÜL ENERJİ MALİYETİNİN
16910 HESABI
16920 ÖEÜM = ..... , $/kWhe
16930 ÖKIÜM = ..... , $/kWhter
16940 ÖTOPENÜM = ÖEÜM + KAIGKÖİM + ÖKIÜM = ..... , $/kWh
16950
16960 PRINT , "OTOPENÜM = .....", $/kWh (%)
16970 NEXT

```


17630 $PQ = PQ = \dots$, kW
 17640 $mPB = PQ / (h4 - h1) = \dots$, kg/s
 17650
 17660 TOPLAM BUHAR DEBİSİNİN ELEKTRİK İHTİYACINA GÖRE BELİRLENMESİ
 17670 FOR mtop = mpb TO sonsuz STEP +0,01
 17680 mtop = mtop = $\dots$, kg/s
 17690 Yüksek Basıncılı Buhar Türbini Kademesinin Gücünün Belirlenmesi
 17700 $wybtrel = wybts * VBTS1 = \dots$, kJ/kg
 17710 $Wybtrel = wybtrel * mtop = \dots$, kW
 17720 Düşük Basıncılı Buhar Türbini Kademesinin Gücünün Belirlenmesi
 17730 $wdbtrel = wdbts * VBTS2 = \dots$, kJ/kg
 17740 $Wdbtrel = wdbtrel * (mtop - mPB) = \dots$, kW
 17750 Yüksek ve Düşük Basıncı Türbini Kademelerinin Toplam Reel Türbin Gücü
 17760 $Wttoprel = Wybtrel + Wdbtrel \dots$, kJ/kg
 17770 Yüksek ve Düşük Basıncı Türbini Kademelerinin Toplam Reel Türbin Gücü
 17780 $ABBTMG = Wttoprel * V\text{SAN} = \dots$, kJ/kg
 17790 Ara Buharlı Türbinin Alternatör Gücü
 17800 $ABBTALTEG = ABBTMG * V\text{ALT} = \dots$, kWalt
 17810 Kojenerasyon Tesisinin Net Elektrik Üretim Gücü
 17820 $ABBTEG = ABBTALTEG * V\text{YARD} = \dots$, kW_e
 17830
 17840 IF PE/ABBTEG > 1 then GOTO 17670 , ELSE NEXT
 17850
 17860 NE = ABBTEG = $\dots$, kW_e
 17870
 17880 KOJENERASYON TESİSİNİN ARA BUHAR (PROSES BUHARI) ISI ÜRETİM GÜCÜ
 17890 NQ = PQ =
 17900
 17910 KOJENERASYON TESİSİNİN TOPLAM BUHAR ISI ÜRETİM GÜCÜ
 17920 $NQABBTOP = mpb * (h4 - h1) + (mtop - mpb) * (h5 - h1) = \dots$, kW
 17930
 17940 YAKIT TÜKETİMİ HESABI
 17950 $NY = (mtop * (h3 - h2)) / VKAZAN = \dots$, kW
 17960
 17970 ULUSAL ŞEBEKEYE ELEKTRİK SATIŞI
 17980 NESEBSAT = NE - PE = $\dots$, kW
 17990 IF NESEBSAT < 0 THEN NESEBSAT = 0, ELSE NESEBSAT = NESEBSAT
 18000
 18010 NE/NQ = $\dots$, (boyutsuz) Grafig
 18020
 ARA BUHAR ALMALI TÜRBİNLİ KOJENERASYON SİSTEMİNDE ENERJİ ÜRETİMİ, TÜKETİMİ
 18030 VE VERİMLER
 18040 NQ = PQ = $\dots$, kW
 18050 NE = NE = $\dots$, kW
 18060 NY = NY = $\dots$, kW
 18070 NESEBSAT = NESEBSAT = $\dots$, kW_e
 18080 NE/NQ = NE/NQ = $\dots$, (boyutsuz)
 18090 ELVERIM = NE/NY = $\dots$ %
 18100 TERVERIM = NQ/NY = $\dots$ %
 18110 TOPVERIM = ELVERIM + TERVERIM = $\dots$ %
 18120 ELVERIM-Ünite= ABBTALTEG/NY = $\dots$ %
 18130 TERVERIM-Ünite= NQ/NY= $\dots$ %
 18140 TOPVERIM-Ünite= ELVERIM-Ünite + TERVERIM-Ünite = $\dots$ %
 18150 PRINT , NE = $\dots$, NE (KW)
 18160 PRINT , "NQ = $\dots$ ", NQ (KW)
 18170 PRINT , "NY = $\dots$ ", NY (KW)
 18180 PRINT , "NESEBSAT = $\dots$ ", kW_e
 18190 PRINT , "NE/NQ = $\dots$ ", NE/NQ (boyutsuz)
 18200 PRINT , ELVERIM = $\dots$, (%)
 18210 PRINT , TERVERIM = $\dots$, (%)
 18220 PRINT , TOPVERIM = $\dots$, (%)
 18230 Print , ELVERIM-Ünite= $\dots$ %
 18240 Print , TERVERIM-Ünite= $\dots$ %
 18250 Print , TOPVERIM-Ünite= $\dots$ %
 18260 KOJENERASYON SİSTEMİNDE YILLIK ENERJİ ÜRETİMİ VE TÜKETİMİ
 18270 YEÜ = NE * TIS = $\dots$, KWH/YIL

18280 $YI\ddot{U} = NQ * TIS = \dots\dots\dots$, HW/YIL
 18290 $YYT = NY * TIS = \dots\dots\dots$, KHW/YIL
 18300 PRINT , $YE\ddot{U} = \dots\dots\dots$, KHW/YIL
 18310 PRINT , $YI\ddot{U} = \dots\dots\dots$, KWH/YIL
 18320 PRINT , $YYT = \dots\dots\dots$, KHW/YIL
 18330
 18340 GO SUB 18610 "ÖZGÜL ELEKTRİK ÜRETİM MALİYETİ HESABI"
 18350
 18360 GO SUB 18940 "KOJENERASYON SİSTEMİNDE ATIK ISININ GERİ KAZANILMASINA AİT İŞLETME MALİYETİNİN HESABI"
 18370
 18380 GO SUB 4990 ""KONVANSİYONEL ISI KAZANINDA ÖZGÜL ISI ÜRETİM MALİYETİ"
 18390
 18400 GO SUB 19390 "BUHAR TÜRBİNİ SİSTEMİNDE ÖZGÜL TOPLAM ENERJİ ÜRETİM
 18410
 18420 GO SUB 18940 " NPV HESABI"
 18430
 18440 GO SUB 19100 " IRR HESABI"
 18450
 18460 KOJENERASYON SİSTEMİNE AİT GENEL ÖZELLİKLER
 18470 PRINT , "NE = $\dots\dots\dots$ " , NE (kW)
 18480 PRINT , "NQ = $\dots\dots\dots$ " , NQ (kW)
 18490 PRINT , "NY = $\dots\dots\dots$ " , NY (kW)
 18500 PRINT , "NESEBSAT = $\dots\dots\dots$ " , kW_e
 18510 PRINT , ELVERİM = $\dots\dots\dots$, (%)
 18520 PRINT , TERVERİM = $\dots\dots\dots$, (%)
 18530 PRINT , TOPVERİM = $\dots\dots\dots$, (%)
 18540 PRINT , "ÖEÜM = $\dots\dots\dots$ " , ÖEÜM (\$/kWh) Grafik
 18550 PRINT , "KAİGKÖİM = KAİGKÖİM \$/kWh_{ter}" Grafik
 18560 PRINT , "ÖKİÜM = $\dots\dots\dots$ " , \$/kWh_{ter} Grafik
 18570 PRINT , "ÖTOPENÜM = $\dots\dots\dots$ " , \$/kWh Grafik
 18580 PRINT , "NPV = $\dots\dots\dots$ " , NPV (\$) Grafik
 18590 PRINT , "IRR = $\dots\dots\dots$ " , IRR (%) Grafik
 18600
 18610 REM "ÖZGÜL ELEKTRİK ÜRETİM MALİYETİ HESABI"
 18620 ÖZGÜL KURULUŞ MALİYETİNİN HESABI
 18630 $KM = BKM * ABBTMG = \dots\dots\dots$, \$
 18640 $YAF\ddot{O} = KM / [FAOR(1+FAOR)^{\ddot{O}S} / [(1+FAOR)^{\ddot{O}S} - 1]] = \dots\dots\dots$, \$
 18650 $\ddot{O}KM = YAF\ddot{O} / YE\ddot{U} = \dots\dots\dots$, \$/kWh_e
 18660 ÖZGÜL YAKIT MALİYETİNİN HESABI
 18670 $YYM = YF * YYT = \dots\dots\dots$, \$/YIL
 18680 $\ddot{O}YM = YYM / YE\ddot{U} = \dots\dots\dots$, \$/kWh_e
 18690 ÖZGÜL İŞLETME MALİYETİNİN HESABI
 18700 BİRİM PERSONEL MALİYETİNİN HESABI
 18710 $PA = BPA * NE = \dots\dots\dots$, KİŞİ
 18720 $YPM = PA * BBPMA = \dots\dots\dots$, \$/YIL
 18730 $BPM = YPM / YE\ddot{U} = \dots\dots\dots$, \$/kWh_e
 18740 BİRİM YAGLAMA YAGI MALİYETİNİN HESABI
 18750 $YYYM = BYYT/1000 * ABBTMG * TIS * BYYF = \dots\dots\dots$, \$/YIL
 18760 $BYYM = YYYM / YE\ddot{U} = \dots\dots\dots$, \$/kWh_e
 18770 BİRİM BAKIM MALİYETİNİN HESABI
 18780 $BBKM = BBAKM \dots\dots\dots$, \$/kWh_e
 18790 BİRİM DİĞER MALİYETLERİN HESABI
 18800 $BDIM = DIM / YE\ddot{U} = \dots\dots\dots$, \$/kWh_e
 18810 ÖZGÜL İŞLETME MALİYETİ
 18820 $\ddot{O}İM = BPM + BYYM + BBAKM + BDIM = \dots\dots\dots$, \$/kWh_e
 18830 ÖZGÜL ELEKTRİK ÜRETİM MALİYETİ
 18840 $\ddot{O}EÜM = \ddot{O}KM + \ddot{O}YM + \ddot{O}İM = \dots\dots\dots$, \$/kWh_e
 18850
 18860 REM "KOJENERASYONDA ATIK ISININ GERİ KAZANILMASINA AİT İŞLETME MALİYETİNİN HESABI"
 18870 BİRİM SU MALİYETİNİN HESABI
 18880 $BSUM = BSUG * KKF * BSUF/1000 = \dots\dots\dots$, \$/kWh_{ter}
 18890 BİRİM SU SARTLANDIRMA MALİYETİNİN HESABI
 18900 $BSSM = BSSM = \dots\dots\dots$, \$/kWh_{ter}
 18910 KOJENERASYONDA ATIK ISININ GERİ KAZANILMASINA AİT İŞLETME MALİYETİ

```

18920 KAIGKÖİM = BSUM + BSSM = ..... , $/kWhter
18930
18940 REM "KOJENERASYON SİSTEMİNDE NPV HESABI"
18950 KM = KM = ..... , $
18960 ÖZKO = ÖZKO = 30%
18970 ÖZK = ÖZKO * KM = ..... , $
18980 GO SUB 19310 NPV VE IRR HESABI İÇİN ÖEÜM NİN YENİDEN HESABI
18990 ÖEÜMYENİ = ..... , $/kWhe
19000 YEÜMYENİ = ÖEÜMYENİ * YEÜ = ..... , $/YIL
19010 KAIGKÖİM = ..... , $/kWhter
19020 YAIÜM = KAIGKÖİM * NQABBTTOP * TIS = ..... $/Yıl
19030 ÖKIÜM = ..... , $/KWHth
19040 YKIÜM = ÖKIÜM * YIÜ = ..... , $/YIL
19050 SBEF = ..... , $/kWhe
19060 YSEM = SBEF * (YEÜ - (NESEBSAT * TIS)) = ..... , $/YIL
19070 YSEBSAT = NESEBSAT * TIS*SEBSATF = ..... , $/YIL
NPV(t = 1 .... ÖS ) = {Σ[YSEM(t)+ YKIÜM(t)+ YSEBSAT(t)] - [YEÜMYENİ(t)+ YAIÜM (t)]} *
19080 [1+ FAOR](-t) } - ÖZK = ..... , $
19090
19100 REM "KOJENERASYON SİSTEMİNDE IRR HESABI"
19110 KM = KM = ..... , $
19120 ÖZKO = ÖZKO = 30%
19130 ÖZK = ÖZKO * KM = ..... , $
19140 GO SUB 19310 NPV VE IRR HESABI İÇİN ÖEÜM NİN YENİDEN HESABI
19150 YEÜMYENİ = ÖEÜMYENİ * YEÜ = ..... , $/YIL
19160 KAIGKÖİM = ..... , $/kWhter Bakınız Satır 18860
19170 YAIÜM = KAIGKÖİM * NQABBTTOP * TIS = ..... $/Yıl
19180 ÖKIÜM = ..... , $/KWHth
19190 YKIÜM = ÖKIÜM * YIÜ = ..... , $/YIL
19200 SBEF = ..... , $/kWhe
19210 YSEM = SBEF * YEÜ = ..... , $/YIL
19220 YSEM = SBEF * (YEÜ - (NESEBSAT * TIS)) = ..... , $/YIL
19230 YSEBSAT = NESEBSAT * TIS*SEBSATF = ..... , $/YIL
19240 FOR r = 0% TO +10000% STEP 0,05%
NPV = { Σ { [YSEM(t) + YKIÜM(t) + YSEBSAT(t)] - [YEÜMYENİ(t) + YAIÜM (t)] } *
19250 [1 + r](-ÖS) } - ÖZK = ..... , $
19260 IF NPV = 0 NEXT, ELSE GOTO 19240
19270 IRR = r
19280 PRINT IRR, ..... %
19290 END
19300
19310 REM 'NPV ve IRR HESABI İÇİN ÖEÜM YENİDEN HESABI
19320 KM = KM = ..... , $
19330 ÖZKO = ÖZKO = 30%
19340 ÖZK = ÖZKO * KM = ..... , $
19350 YAFÖYENİ = (KM - ÖZK) * [(FAOR(1+FAOR)ÖS) / [ ( (1+FAOR)ÖS ) - 1]] = ..... , $
19360 ÖKMYENİ = YAFÖYENİ/YEÜ = ..... , $/kWhe
19370 ÖEÜMYENİ = ÖEÜM - ÖKM + ÖKMYENİ
19380
19390 REM 'KOJENERASYON SİSTEMİNDE TOPLAM ÖZGÜL ENERJİ MALİYETİNİN HESABI
19400 ÖEÜM = ..... , $/kWhe
19410 ÖKIÜM = ..... , $/kWhter
19420 ÖTOPENÜM = ÖEÜM + KAIGKÖİM + ÖKIÜM = ..... , $/kWh
19430
19440 PRINT , "ÖTOPENÜM = .....", $/kWh (%)
19450 NEXT

```

(9) KOMBİNE GAZ TÜRBİNİ & KARŞIBASINÇLI BUHAR TÜRBİNİ ÇEVİRİMİNDEN					
19460	ELEKTRİK VE ISI TEMİNİ				
19470	KOMBİNE GAZ TÜRBİNİ & BUHAR TÜRBİNİNE AİT TEKNİK VERİLER				
19480	DATA	PE _{teo} kW _e	PQ _{teo} kW _{ter}	PE	kW _e
19490	READ	PE _{teo}	PQ _{teo}	PE	
19500	DATA	PQ kW _{ter}			
19510	READ	PQ			
19520	Gaz Türbinine Ait Teknik Veriler				
19530	DATA	1800 kW _m /Adet	12.140 KJ/KW _{hm}	3,68	
19540	READ	BGTG	GTBYT	LAMDA	
19550	DATA	17,38 KG/KMOL	2		
19560	READ	YAKMOLAGR	TEOHAVOR		
19570	DATA	97%	95%	95%	10,3 KWH/NM ³
19580	READ	VALTGT	VYARD	VAIK	HU
19590	DATA	0,717 KG/NM ³			
19600	READ	YAKYOG			
19610	Atık Isı Kazanındaki Egzost Gazlarına Ait Teknik Veriler				
19620	DATA	537 C	1,080 KJ/KGK	1,100 KJ/KGK	
19630	READ	TEGKIZG	CPmTEGKIZBUH	CPmTEGKIZ	
19640	DATA	1,045 KJ/KGK			
19650	READ	CPmTEGEKO			
19660	BUHAR KAZANI VE KARŞI BASINÇLI BUHAR TÜRBİNİ; BUHAR ÇEVİRİMİNE AİT				
19670	DATA	7,5 kPa	40,3 C	0,001008 m ³ /kg	
19680	READ	P1	T1 _{doy}	v1	
19690	DATA	168,7 kJ/kg	4,2 kJ/kgK		
19700	READ	h1s	Cpmsupom		
19710	DATA	1100,0 kPa	184,1 C	0,001113 m ³ /kg	
19720	READ	P4	T4 _{doy}	v4	
19730	DATA	781,3 kJ/kg			
19740	READ	h4s			
19750	DATA	2500,0 kPa	224,0 C	2.803,1 kJ/kg	
19760	READ	P2	T2B =TSUBUHSIC	h2B	
19770	DATA	224,0 C	962,1 kJ/kg		
19780	READ	T2A =TSUBUHG	h2A		
19790	DATA	2781,7 kJ/kg	2781,7 kJ/kg	2,18 kJ/kg	
19800	READ	h4	h4b	s4s	
19810	DATA	6,55 kJ/kg			
19820	READ	s4b			
19830	DATA	300,0 C	2.880,1 kJ/kg	6,41 kJ/kg	
19840	READ	T3	h3	s3	
19850	Buhar Türbinine Ait Teknik Veriler				
19860	DATA	0,62	0,62	0,99	0,97
19870	READ	VBTS1	VBTS2	VSAN	VALTBT
19880	KOMBİNE GAZ TÜRBİNİ & BUHAR TÜRBİNİNE AİT TİCARİ VE İŞLETME GİDERLERİ				
19890	DATA	800 \$/Kw	30%	10%	
19900	READ	BKM	ÖZKO	FAOR	
19910	DATA	10,0 YIL	0,012 \$/KW _{Hy}	8000 Saat	
19920	READ	ÖS	YF	TIS	
19930	DATA	1/1500 KİŞİ/Kwe	20000 \$/KİŞİ-YIL	0,01 GR/KW _{hm}	
19940	READ	BPA	BBPMA	BYYT	
19950	DATA	0,9 \$/KG	1,533 KG/KW _{Hter}	0,5	
19960	READ	BYF	BSUG	KKF	
19970	DATA	1 \$/TON	0,0006 \$/KW _{Hter}	0,003 \$/kW _{he}	
19980	READ	BSUF	BSSM	BBAKM	
19990	DATA	100000 \$/YIL			
20000	READ	DIM			
20010	KONVANSİYONEL MALİYETLER				
20020	DATA	SBEF \$/kW _{he}	ÖKÜM \$/KW _{Hter}	0,055 \$/kW _{he}	
20030	READ	SBEF	ÖKÜM	SEBSATF	
20040	KOMBİNE GAZ TÜRBİNİ VE BUHAR TÜRBİNİNİN ELEKTRİK GÜCÜNÜN VE DİĞER				
20050	ÖZELLİKLERİNİN HESABI				
20060					

20070 GAZ TÜRİNİ ELEKTRİK GÜCÜNÜN VE DİĞER ÖZELLİKLERİNİN HESABI
 20080 FOR GTBF=1 TO 18 STEP +1
 20090 GTMG = GTBF * BGTG = , KWm
 20100 GTALTEG = GTMG * VALTGT = , KWalt
 20110 GTEG = GTALTEG * VYARDGT = , KW_e
 20120 GAZ TÜRİNİ YAKIT TÜKETİMİ HESABI
 20130 GTYG = (GTBYT * GTMG) / 3600 = , KW
 20140 GTYT = GTYG / HU = , NM³/h
 20150 YAKYOG = 0,717 KG/M³
 20160 GTMY = [(GTBYT * GTMG) / (3600 * HU)] * YAKYOG = , KG/h
 20170 NYGT = (GTBYT * GTMG) / 3600 = , KW
 20180 GAZ TÜRİNİ HAVA TÜKETİMİ VE EGZOST GAZI DEBİ HESABI
 20190 MYAKHAVA = (GTMY * LAMDA * TEOHAVOR * 137,28) / YAKMOLAGR = , KG/h
 20200 MEGZOST = GTMY + MYAKHAVA = , KG/h
 20210
 20220 ATIK ISI KAZANI ISIL HESAPLARI
 20230 Egzost Gazlarının Kızdırıcı ve Buharlaştırıcıda Verdikleri Isı ve Buna Bağlı Buhar Üretimi
 20240 TEGBUHC = T2B + 20 = , C
 20250 QEGKIZBUH=(MEGZOST/3600) * CPmTEGKIZBUH * {TEGKIZG - TEGBUHC} = , kW
 20260 qözsukız = (h3 - h2B) = kJ/kgK
 20270 qözsubuh = (h2B - h2A) = kJ/kgK
 20280 qözsukız + qözsubuh = (h3 - h2B) + (h2B - h2A) = kJ/kgK
 20290 M_{su} = (QEGKIZBUH * VAIK) / (qözsukız + qözsubuh) = , kg/s
 20300 Kızdırıcı Hesapları
 20310 QSUKIZ = M_{su} * (h3 - h2B) = , kW
 20320 QEGKIZ = QSUKIZ/VAIK = KW
 20330 TSUKIZG = T2B = , C
 20340 TSUKIZC = T3 = , C
 20350 TEGKIZG = TEGKIZG = C
 20360 TEGKIZC = TEGKIZG - { QEGKIZ / ((MEGZOST/3600)* CPmTEGKIZ) }
 20370 Buharlaştırıcı Hesapları
 20380 QSUBUH = M_{su} * (h2B - h2A) = , kW
 20390 TSUBUHG = T2A = , C
 20400 TSUBUHC = T2B = , C
 20410 QEGBUH = QSUBUH/VAIK = KW
 20420 TEGBUHG = TEGKIZC = C
 20430 TEGBUHC = TEGBUHC = , C
 20440 Ekonomizer Hesapları
 20450 w_p = v1 * (P2 - P1) = , kJ/kg
 20460 h2 = h1s + w_p = , kJ/kg
 20470 q12 = h2 - h1 = , kJ/kg
 20480 T2 = T1 + {(h2 - h1) / CPmsupom} = , C
 20490 QSUEKO = M_{su} * (h2A - h2) = , kW
 20500 TSUEKOG = T2 = , C
 20510 TSUEKOC = { QSUEKO / (M_{su} * CPmsueko) } + TSUEKOG
 20520 QEGEKO = QSUEKO/VAIK = KW
 20530 TEGEKOG = TEGBUHC = , C
 20540 TEGEKOC = TEGEKOG - { QEGEKO / (MEGZOST/3600 * CPmTEGEKO) }
 20550 Atık Isı Kazanında Buhara Aktarılan Toplam Isı
 20560 QAIK = QEGKIZ + QEGBUH + QEGEKO = , kW
 20570 QAIKSU = QSUKIZ + QSUBUH + QSUEKO = , kW
 20580 qözaiksu = QAIKSU / MSU , kJ/kg
 20590
 20600 IF PQ / QAIKSU > 1 then GOTO 20080 , ELSE NEXT
 20610
 20620 Buhar Türbini Buhar Çıkış Parametrelerinin Belirlenmesi
 20630 s4teo = s3 = , kJ/kg
 20640 x4teo = (s4teo - s4s) / (s4b - s4s) = , kJ/kg
 20650 q41 = h4 - h1 = , kJ/kg
 20660 h4teo = (h3 * (VBTS - 1) + h4) / VBTS = , kJ/kg
 20670 wts = h3 - h4teo = , kJ/kg
 20680 ISILVERIMreel = { (h3 - h2) - (h4 - h1) } / (h3 - h1) = , kJ/kg
 20690 Tekstil Fabrikasına Sunulacak Olan Proses Buharı Debinin Belirlenmesi
 20700 mPB = m_{su} = , kg/s
 20710 Karşı Basıncılı Buhar Türbini Gücünün Belirlenmesi
 20720 wtreel = wts * VBTS = , kJ/kg

20730 $W_{treel} = w_{treel} * mPB = \dots\dots\dots$, kW
 20740 $KBBTMG = W_{treel} * VSAN = \dots\dots\dots$, kWm
 20750 $KBBTALTEG = KBBTMG * VALTBT = \dots\dots\dots$, kWalt
 20760 Kojenerasyon Tesisinin Elektrik ve Isı Üretim Gücü ve Yakıt Gücünün Belirlenmesi
 20770 $KGTKBBTMG = KBBTMG + GTMG = \dots\dots\dots$, kW
 20780 $KGTKBBTEG = (KBBTALTEG + GTALTEG) * VYARD = \dots\dots\dots$, kW_e
 20790 $NE = KGTKBBTEG = \dots\dots\dots$, kW_e
 20800 $NQ = PQ = \dots\dots\dots$, kW_{ter}
 20810 $NY = GTYG = \dots\dots\dots$, kW_{yakıt}
 20820 ARTAN ENERJİNİN ULUSAL ŞEBEKEYE SATIŞI
 20830 $NESEBSAT = NE - PE = \dots\dots\dots$, kW
 20840 IF NESEBSAT < 0 THEN NESEBSAT = 0, ELSE NESEBSAT = NESEBSAT
 KOMBİNE GAZ TÜRBİNİ VE KARŞI BASINÇLI BUHAR TÜRBİNİNDEN OLUŞAN
 20850 KOJENERASYON SİSTEMİNDE ENERJİ ÜRETİMİ, TÜKETİMİ VE VERİMLER
 20860 $NQ = QAIKSU = \dots\dots\dots$
 20870 $NE = NE = \dots\dots\dots$, kW
 20880 $NY = NY = \dots\dots\dots$, kW
 20890 $NESEBSAT = NESEBSAT = \dots\dots\dots$, kW_e
 20900 $NE/NQ = NE/NQ = \dots\dots\dots$, (boyutsuz)
 20910 $ELVERIM = NE/NY = \dots\dots\dots$ %
 20920 $TERVERIM = NQ/NY = \dots\dots\dots$ %
 20930 $TOPVERIM = ELVERIM + TERVERIM = \dots\dots\dots$ %
 20940 $ELVERIM-Ünite = (GTALTEG + KBBTALTEG) / (GTYG) = \dots\dots\dots$ %
 20950 $TERVERIM-Ünite = QAIKSU / GTYG = \dots\dots\dots$ %
 20960 $TOPVERIM-Ünite = ELVERIM-Ünite + TERVERIM-Ünite = \dots\dots\dots$ %
 20970 PRINT , NE = $\dots\dots\dots$, NE (kW)
 20980 PRINT , "NQ = $\dots\dots\dots$ " , NQ (kW)
 20990 PRINT , "NY = $\dots\dots\dots$ " , NY (kW)
 21000 PRINT , "NE/NQ = $\dots\dots\dots$ " , NE/NQ (boyutsuz)
 21010 PRINT , ELVERIM = $\dots\dots\dots$, (%)
 21020 PRINT , TERVERIM = $\dots\dots\dots$, (%)
 21030 PRINT , TOPVERIM = $\dots\dots\dots$, (%)
 21040 Print , ELVERIM-Ünite = $\dots\dots\dots$ %
 21050 Print , TERVERIM-Ünite = $\dots\dots\dots$ %
 21060 Print , TOPVERIM-Ünite = $\dots\dots\dots$ %
 21070 KOJENERASYON SİSTEMİNDE YILLIK ENERJİ ÜRETİMİ VE TÜKETİMİ
 21080 $YEÜ = NE * TIS = \dots\dots\dots$, KWH/YIL
 21090 $YİÜ = NQ * TIS = \dots\dots\dots$, KWH/YIL
 21100 $YYT = NY * TIS = \dots\dots\dots$, KWH/YIL
 21110 PRINT , YEÜ = $\dots\dots\dots$, KWH/YIL
 21120 PRINT , YİÜ = $\dots\dots\dots$, KWH/YIL
 21130 PRINT , YYT = $\dots\dots\dots$, KWH/YIL
 21140
 21150 GO SUB 21400 "ÖZGÜL ELEKTRİK ÜRETİM MALİYETİ HESABI"
 "KOJENERASYON SİSTEMİNDE ATIK ISININ GERİ
 21160 GO SUB 21650 KAZANILMASINA AIT İŞLETME MALİYETİNİN HESABI"
 21170
 21180 GO SUB 4990 "KONVANSİYONEL ISI KAZANINDA ÖZGÜL ISI ÜRETİM
 21190 "BUHAR TÜRBİNİ SİSTEMİNDE ÖZGÜL TOPLAM ENERJİ ÜRETİM
 MALİYETİ HESABI"
 21200 GO SUB 22170
 21210
 21220 GO SUB 21730 " NPV HESABI"
 21230
 21240 GO SUB 21890 " IRR HESABI"
 21250
 21260 KOJENERASYON SİSTEMİNE AIT GENEL ÖZELLİKLER
 21270 PRINT , "NE = $\dots\dots\dots$ " , NE (kW)
 21280 PRINT , "NQ = $\dots\dots\dots$ " , NQ (kW)
 21290 PRINT , "NY = $\dots\dots\dots$ " , NY (kW)
 21300 PRINT , ELVERIM = $\dots\dots\dots$, (%)
 21310 PRINT , TERVERIM = $\dots\dots\dots$, (%)
 21320 PRINT , TOPVERIM = $\dots\dots\dots$, (%)
 21330 PRINT , "ÖEÜM = $\dots\dots\dots$ " , ÖEÜM (\$/kWh)
 21340 PRINT , "KAIGKÖİM = KAIGKÖİM \$/kW_{ter}
 21350 PRINT , "ÖKÜM = $\dots\dots\dots$, \$/kW_{ter}

21360 PRINT , "ÖTOPENÜM =", \$/kWh
 21370 PRINT , "NPV =", NPV (\$)
 21380 PRINT , "IRR =", IRR (%)
 21390
 21400 REM "ÖZGÜL ELEKTRİK ÜRETİM MALİYETİ HESABI"
 21410 ÖZGÜL KURULUŞ MALİYETİNİN HESABI
 21420 KM = BKM * KGTKBBTMG = , \$
 21430 YAFÖ = $KM / [FAOR(1+FAOR)^{ÖS}] / [(1+FAOR)^{ÖS} - 1]$ = , \$
 21440 ÖKM = YAFÖ / YEÜ = , \$/kWh
 21450 ÖZGÜL YAKIT MALİYETİNİN HESABI
 21460 YYM = YF * YYT = , \$/YIL
 21470 ÖYM = YYM / YEÜ = , \$/kWh
 21480 ÖZGÜL İŞLETME MALİYETİNİN HESABI
 21490 BİRİM PERSONEL MALİYETİNİN HESABI
 21500 PA = BPA * NE = , KİŞİ
 21510 YPM = PA * BBPMA = , \$/YIL
 21520 BPM = YPM / YEÜ = , \$/kWh
 21530 BİRİM YAGLAMA YAGI MALİYETİNİN HESABI
 21540 YYM = BYYT/1000 * KGTKBBTMG * TIS * BYYF = , \$/YIL
 21550 BYYM = YYM / YEÜ = , \$/kWh
 21560 BİRİM BAKIM MALİYETİNİN HESABI
 21570 BBAKM = BBAKM , \$/kWh
 21580 BİRİM DİĞER MALİYETLERİN HESABI
 21590 BDIM = DIM / YEÜ = , \$/kWh
 21600 ÖZGÜL İŞLETME MALİYETİ
 21610 ÖİM = BPM + BYYM + BBAKM + BDIM = , \$/kWh
 21620 ÖZGÜL ELEKTRİK ÜRETİM MALİYETİ
 21630 ÖEÜM = ÖKM + ÖYM + ÖİM = , \$/kWh
 21640
 21650 REM "KOJENERASYONDA ATIK ISININ GERİ KAZANILMASINA AIT İŞLETME MALİYETİNİN HESABI"
 21660 BİRİM SU MALİYETİNİN HESABI
 21670 BSUM = BSUG * KKF * BSUF/1000 = , \$/kWh_{ter}
 21680 BİRİM SU SARTLANDIRMA MALİYETİNİN HESABI
 21690 BSSM = BSSM = , \$/kWh_{ter}
 21700 KOJENERASYONDA ATIK ISININ GERİ KAZANILMASINA AIT İŞLETME MALİYETİ
 21710 KAİGKÖİM = BSUM + BSSM = , \$/kWh_{ter}
 21720
 21730 REM "KOJENERASYON SİSTEMİNDE NPV HESABI"
 21740 KM = KM = , \$
 21750 ÖZKO = ÖZKO = 30%
 21760 ÖZK = ÖZKO * KM = , \$
 21770 GO SUB 22090 NPV VE IRR HESABI İÇİN ÖEÜM NİN YENİDEN HESABI
 21780 ÖEÜMYENİ = , \$/kWh
 21790 YEÜMYENİ = ÖEÜMYENİ * YEÜ = , \$/YIL
 21800 KAİGKÖİM = , \$/kWh_{ter}
 21810 YAIÜM = KAİGKÖİM * QAIKSU * TIS = \$/YIL
 21820 ÖKÜM = , \$/kWh_{th}
 21830 YKÜM = ÖKÜM * YİÜ = , \$/YIL
 21840 SBEF = , \$/kWh
 21850 YSEM = SBEF * (YEÜ - (NESEBSAT * TIS)) = , \$/YIL
 21860 YSEBSAT = NESEBSAT * TIS * SEBSATF = , \$/YIL
 21870 $NPV(t=1 \dots ÖS) = \sum \{ [YSEM(t) + YKÜM(t) + YSEBSAT(t)] - [YEÜMYENİ(t) + YAIÜM(t)] \} [1 + FAOR]^{-(t)} - ÖZK =$, \$
 21880
 21890 REM "KOJENERASYON SİSTEMİNDE IRR HESABI"
 21900 KM = KM = , \$
 21910 ÖZKO = ÖZKO = 30%
 21920 ÖZK = ÖZKO * KM = , \$
 21930 GO SUB 22090 NPV VE IRR HESABI İÇİN ÖEÜM NİN YENİDEN HESABI
 21940 YEÜMYENİ = ÖEÜMYENİ * YEÜ = , \$/YIL
 21950 KAİGKÖİM = , \$/kWh_{ter}
 21960 YAIÜM = KAİGKÖİM * QAIKSU * TIS = \$/YIL
 21970 ÖKÜM = , \$/kWh_{th}
 21980 YKÜM = ÖKÜM * YİÜ = , \$/YIL
 21990 SBEF = , \$/kWh

```

22000 YSEM = SBEP * (YEÜ - (NESEBSAT * TIS))= ..... , $/YIL
22010 YSEBSAT = NESEBSAT * TIS*SEBSATF = ..... , $/YIL
22020 FOR r = 0% TO +10000% STEP 0,05%
      NPV = {  $\sum \{ [YSEM(t) + YKIÜM(t) + YSEBSAT(t)] - [YEÜMYENİ(t) + YAIÜM(t)] \} * [1 + r]^{-(ÖS)} \}$  - ÖZK = ..... , $
22030
22040 IF NPV = 0 NEXT, ELSE GOTO 22020
22050 IRR = r
22060 PRINT IRR, ..... %
22070 END
22080
22090 REM 'NPV ve IRR HESABI ICIN ÖEÜM YENİDEN HESABI
22100 KM = KM = ..... , $
22110 ÖZKO = ÖZKO = 30%
22120 ÖZK = ÖZKO * KM = ..... , $
22130 YAFÖYENİ = (KM - ÖZK) *  $\{ [FAOR(1+FAOR)^{ÖS}] / [ (1+FAOR)^{ÖS} - 1] \}$  = ..... , $
22140 ÖKMYENİ = YAFÖYENİ/YEÜ = ..... , $/kWh
22150 ÖEÜMYENİ = ÖEÜM - ÖKM + ÖKMYENİ
22160

22170 REM 'KOJENERASYON SİSTEMİNDE TOPLAM ÖZGÜL ENERJİ MALİYETİNİN HESABI
22180 ÖEÜM = ..... , $/kWh
22190 ÖKIÜM = ..... , $/kWhter
22200 ÖTOPENÜM = ÖEÜM + KAİGKÖİM + ÖKIÜM = ..... , $/kWh
22210
22220 PRINT , "ÖTOPENÜM = .....", $/kWh (%)
22230 NEXT

```

(10) KOMBİNE GAZ TÜRBİNİ & KARŞIBASINÇLI BUHAR TÜRBİNİ ÇEVİRİMİNDEN

22240 ELEKTRİK VE ISI TEMİNİ

22250 KOMBİNE GAZ TÜRBİNİ & BUHAR TÜRBİNİNE AİT TEKNİK VERİLER

22260 DATA P_{Eteo} kW_e P_{Qteo} kW_{ter} PE kW_e
 22270 READ P_{Eteo} P_{Qteo} PE

22280 PQ kW_{ter}

22290 PQ

22300 Gaz Türbinine Ait Teknik Veriler

22310 DATA 1800 kW_m/Adet 12.140 KJ/KW_{hm} 3,68

22320 READ BGTG GTBYT LAMDA

22330 17,38 KG/KMOL 2

22340 YAKMOLAGR TEOHAVOR

22350 DATA 97% 95% 95% 10,3 KWH/NM³

22360 READ VALTGT VYARD VAIK HU

22370 0,717 KG/NM³

22380 YAKYOG

22390 Atık Isı Kazanındaki Egzost Gazlarına Ait Teknik Veriler

22400 DATA 537 C 1,080 KJ/KGK 1,100 KJ/KGK

22410 READ TEGKIZG CPmTEGKIZBUH CPmTEGKIZ

22420 1,045 KJ/KGK 4,2 KJ/KGK

22430 CPmTEGEKO Cpm_{sueko}

BUHAR KAZANI VE KARŞI BASINÇLI BUHAR TÜRBİNİ; BUHAR ÇEVİRİMİNE AİT

22440 TERMODİNAMİK VERİLER

22450 DATA 7,5 kPa 40,3 C 0,001008 m³/kg

22460 READ P₁ T_{1doy} = T₁ v₁

22470 168,7 kJ/kg 4,2 kJ/kgK 2574,8 kJ/kg

22480 h_{1s} = h₁ = h_{5s} Cpm_{supom} h_{1b} = h_{5b}

22490 0,58 kJ/kg

22500 s₁ = s_{1s} = s_{5s}

22510 DATA 1100,0 kPa 184,1 C 0,001113 m³/kg

22520 READ P₄ T_{4doy} v₄

22530 781,3 kJ/kg

22540 h_{4s}

22550 DATA 2500,0 kPa 224,0 C 2.803,1 kJ/kg

22560 READ P₂ T_{2B} = T_{SUBUHSIC} h_{2B}

22570 224,0 C 962,1 kJ/kg

22580 T_{2A} = T_{SUBUHG} h_{2A}

22590 DATA 2781,7 kJ/kg 2781,7 kJ/kg 2,18 kJ/kg

22600 READ h₄ h_{4b} s_{4s}

22610 6,55 kJ/kg

22620 s_{4b}

22630 DATA 300,0 C 2.880,1 kJ/kg 6,41 kJ/kg

22640 READ T₃ h₃ s₃

22650 DATA 2574,8 kJ/kg 168,7 kJ/kg 0,58 kJ/kg

22660 READ h_{5b} h_{5s} s_{5s}

22670 8,25 kJ/kg

22680 s_{5b}

22690 Buhar Türbinine Ait Teknik Veriler

22700 DATA 0,62 0,62 0,99 0,97 0,90

22710 READ VBTS1 VBTS2 VSAN VALTBT VKAZAN

KOMBİNE GAZ TÜRBİNİ & BUHAR TÜRBİNİNE AİT TİCARİ VE İŞLETME GİDERLERİ

22720 VERİLERİ

22730 DATA 800 \$/Kw 30% 10% 10,0 YIL

22740 READ BKM ÖZKO FAOR ÖS

22750 0,012 \$/KW_{hy} 8000 Saat

22760 YF TIS

22770 DATA 1/1500 KİŞİ/Kwe 20000 \$/KİŞİ-YIL 0,01 GR/KW_{hm}

22780 READ BPA BBPMA BYYT

22790 0,9 \$/KG 1,533 KG/KW_hter 0,5

22800 BYYF BSUG KKF

22810 DATA 1 \$/TON 0,0006 \$/KW_hter 0,003 \$/kWh_e

22820 READ BSUF BSSM BBAKM

22830 100000 \$/YIL

22840 DIM

22850 KONVANSİYONEL MALİYETLER

22860 DATA	SBEF \$/kWhe	ÖKİÜM \$/kWhter	0,055 \$/kWhe
22870 READ	SBEF	ÖKİÜM	SEBSATF

22880

KOMBİNE GAZ TÜRBİNİ VE BUHAR TÜRBİNİNİN ELEKTRİK GÜCÜNÜN VE DİĞER

22890 ÖZELLİKLERİNİN HESABI

22900

22910 GAZ TÜRBİNİ ELEKTRİK GÜCÜNÜN VE DİĞER ÖZELLİKLERİNİN HESABI

22920 FOR GTBF=1 TO 18 STEP +1

22930 GTMG = GTBF * BGTG = , KWm

22940 GTALTEG = GTMG * VALTGT = , KWalt

22950 GTEG = GTALTEG * VYARDGT = , KW_e

22960 GAZ TÜRBİNİ YAKIT TÜKETİMİ HESABI

22970 GTYG = (GTBYT * GTMG) / 3600 = , KW

22980 GTYT = GTYG / HU = , NM³/h22990 YAKYOG = 0,717 KG/M³

23000 GTMY = [(GTBYT * GTMG) / (3600 * HU)] * YAKYOG = , KG/h

23010 NYGT = (GTBYT * GTMG) / 3600 = , KW

23020 GAZ TÜRBİNİ HAVA TÜKETİMİ VE EGZOST GAZI DEBİ HESABI

23030 MYAKHAVA = (GTMY * LAMDA * TEOHAVOR * 137,28) / YAKMOLAGR = , KG/h

23040 MEGZOST = GTMY + MYAKHAVA = , KG/h

23050

23060 ATIK ISI KAZANI ISIL HESAPLARI

23070 Egzost Gazlarının Kızdırıcı ve Buharlaştırıcıda Verdikleri Isı ve Buna Bağlı Buhar Üretimi

23080 TEGBUHC = T2B + 20 = , C

23090 QEGKIZBUH = (MEGZOST/3600) * CPmTEGKIZBUH * {TEGKIZG - TEGBUHC} =, kW

23100 qözsukız = (h3 - h2B) = kJ/kgK

23110 qözsubuh = (h2B - h2A) = kJ/kgK

23120 qözsukız + qözsubuh = (h3 - h2B) + (h2B - h2A) = kJ/kgK

23130 M_{su} = (QEGKIZBUH * VAIK) / (qözsukız + qözsubuh) = , kg/s

23140 Kızdırıcı Hesapları

23150 QSUKIZ = M_{su} * (h3 - h2B) = , kW

23160 QEGKIZ = QSUKIZ/VAIK = KW

23170 TSUKIZG = T2B = , C

23180 TSUKIZC = T3 = , C

23190 TEGKIZG = TEGKIZG = C

23200 TEGKIZC = TEGKIZG - { QEGKIZ / ((MEGZOST/3600) * CPmTEGKIZ) }

23210 Buharlaştırıcı Hesapları

23220 QSUBUH = M_{su} * (h2B - h2A) = , kW

23230 TSUBUHG = T2A = , C

23240 TSUBUHC = T2B = , C

23250 QEGBUH = QSUBUH/VAIK = KW

23260 TEGBUHG = TEGKIZC = C

23270 TEGBUHC = TEGBUHC = , C

23280 Ekonomizer Hesapları

23290 wp = v1 * (P2 - P1) = , kJ/kg

23300 h2 = h1s + wp = , kJ/kg

23310 q12 = h2 - h1 = , kJ/kg

23320 T2 = T1 + {(h2 - h1) / CPmsupom} = , C

23330 QSUEKO = M_{su} * (h2A - h2) = , kW

23340 TSUEKOG = T2 = , C

23350 TSUEKOC = { QSUEKO / (M_{su} * Cpmsueko) } + TSUEKOG

23360 QEGEKO = QSUEKO/VAIK = KW

23370 TEGEKO = TEGBUHC = , C

23380 TEGEKOC = TEGEKO - { QEGEKO / (MEGZOST/3600 * CPmTEGEKO) }

23390 Atık Isı Kazanında Buhara Aktarılan Toplam Yararlı Isı

23400 QAIK = QEGKIZ + QEGBUH + QEGEKO = , kW

23410 QAIKSU = QSUKIZ + QSUBUH + QSUEKO = , kW

23420 qözaiksu = QAIKSU / MSU , kJ/kg

23430

23440 IF PQ / QAIKSU > 1 then GOTO 22920 , ELSE NEXT

23450

23460 TOPLAM BUHAR DEBİSİNİN ELEKTRİK İHTİYACINA GÖRE BELİRLENMESİ

23470 Kazan Besi Suyu Pompasının Belirlenmesi

23480 wp = v1 * (P2 - P1) = , kJ/kg

23490 $h_2 = h_1 + w_p = \dots, \text{ kJ/kg}$
 23500 $q_{12} = h_2 - h_1 = \dots, \text{ kJ/kg}$
 23510 Buhar Kazanı Ögöl Kapasitesinin Belirlenmesi
 23520 $q_{23} = h_3 - h_2 = \dots, \text{ kJ/kg}$
 23530 Yüksek Basıncılı Buhar Türbini Çıkış Parametrelerinin Belirlenmesi
 23540 $s_{4teo} = s_3 = \dots, \text{ kJ/kg}$
 23550 $x_{4teo} = (s_{4teo} - s_{4s}) / (s_{4b} - s_{4s}) = \dots, \text{ kJ/kg}$
 23560 $q_{41} = h_4 - h_1 = \dots, \text{ kJ/kg}$
 23570 $h_{4teo} = (h_3 * (VBTS1 - 1) + h_4) / VBTS1 = \dots, \text{ kJ/kg}$
 23580 $w_{ybs} = h_3 - h_{4teo} = \dots, \text{ kJ/kg}$
 23590 Düşük Basıncılı Buhar Türbini Çıkış Parametrelerinin Belirlenmesi
 23600 $s_4 = s_{4b} = \dots, \text{ kJ/kg}$
 23610 $s_{5teo} = s_4 = \dots, \text{ kJ/kg}$
 23620 $x_{5teo} = (s_{5teo} - s_{5s}) / (s_{5b} - s_{5s}) = \dots, \text{ kJ/kg}$
 23630 $h_{5teo} = h_{5s} + x_{5teo} * (h_{5b} - h_{5s}) = \dots, \text{ kJ/kg}$
 23640 $h_5 = h_4 * (1 - VBTS2) + VBTS2 * h_{5teo} = \dots, \text{ kJ/kg}$
 23650 $x_5 = (h_5 - h_{5s}) / (h_{5b} - h_{5s}) = \dots, \text{ kJ/kg}$
 23660 $q_{51} = h_5 - h_1 = \dots, \text{ kJ/kg}$
 23670 $w_{dbts} = h_4 - h_{5teo} = \dots, \text{ kJ/kg}$
 23680 $ISILVERIM_{reel} = \{ (h_3 - h_2) - (h_5 - h_1) \} / (h_3 - h_1) = \dots$
 23690
 23700 Tekstil Fabrikasındaki Proses Buhar İhtiyacının Belirlenmesi
 23710 $PQ = PQ = \dots, \text{ kW}$
 23720 $m_{PB} = PQ / (h_4 - h_1) = \dots, \text{ kg/s}$
 23730
 TOPLAM BUHAR DEBİSİNİN ELEKTRİK İHTİYACINI SAĞLAYACAK ŞEKİLDE
 23740 BELİRLENMESİ
 23750 FOR $m_{top} = m_{su}$ TO sonsuz STEP +0,01
 23760 $m_{top} = m_{top} = \dots, \text{ kg/s}$
 23770 Yüksek Basıncılı Buhar Türbini Kademesinin Gücünün Belirlenmesi
 23780 $w_{ytreel} = w_{ybs} * VBTS1 = \dots, \text{ kJ/kg}$
 23790 $W_{ytreel} = w_{ytreel} * m_{top} = \dots, \text{ kW}$
 23800 Düşük Basıncılı Buhar Türbini Kademesinin Gücünün Belirlenmesi
 23810 $w_{dbtreel} = w_{dbts} * VBTS2 = \dots, \text{ kJ/kg}$
 23820 $W_{dbtreel} = w_{dbtreel} * (m_{top} - m_{PB}) = \dots, \text{ kW}$
 23830 Yüksek ve Düşük Basıncılı Buhar Türbinin Kademesinin Toplam Reel Türbin Gücü
 23840 $W_{bttopreel} = W_{ytreel} + W_{dbtreel} = \dots, \text{ kJ/kg}$
 23850 Ara Buhar Almalı Buhar Türbinin Toplam Reel Şaft Gücü
 23860 $ABBTMG = W_{bttopreel} * V_{SAN} = \dots, \text{ kJ/kg}$
 23870 Ara Buharlı Türbinin Alternatör Gücü
 23880 $ABBTALTEG = ABBTMG * V_{ALTB} = \dots, \text{ kWalt}$
 23890
 23900 Kombine Kojenerasyon Sisteminin Net Elektrik Üretim Gücü
 23910 $KGTTABBTEG = (ABBTALTEG + GTALTEG) * V_{YARD} = \dots, \text{ kWe}$
 23920
 23930 IF $PE/KGTTABBTEG > 1$ then GOTO 23750 , ELSE NEXT
 23940
 23950 $NE = KGTTABBTEG = \dots, \text{ kWe}$
 23960 $NQ = PQ = \dots, \text{ kWter}$
 23970 $NY = NYGT + (((m_{top} - m_{su}) * (h_3 - h_2)) / V_{AIK})$
 23980
 23990 KOJENERASYON TESİSİNİN TOPLAM BUHAR ISI ÜRETİM GÜCÜ
 24000 $NQKGTTABBT = m_{pb} * (h_4 - h_1) + (m_{top} - m_{pb}) * (h_5 - h_1) = \dots, \text{ kW}$
 24010
 24020 ULUSAL ŞEBEKEYE ELEKTRİK SATIŞI
 24030 $NESEBSAT = NE - PE = \dots, \text{ kW}$
 24040 IF $NESEBSAT < 0$ THEN $NESEBSAT = 0$, ELSE $NESEBSAT = NESEBSAT$
 24050
 24060 $NE/NQ = \dots, \text{ (boyutsuz) Grafig}$
 24070
 KOMBİNE GAZ TÜRBİNİ VE KARŞI BASINÇLI BUHAR TÜRBİNİNDEN OLUŞAN
 24080 KOJENERASYON SİSTEMİNDE ENERJİ ÜRETİMİ, TÜKETİMİ VE VERİMLER
 24090 $NQ = PQ = \dots, \text{ kW}$
 24100 $NE = NE = \dots, \text{ kW}$

24110 NY = NY = , kW
 24120 NESEBSAT = NESEBSAT = , kWe
 24130 NE/NQ = NE/NQ = , (boyutsuz)
 24140 ELVERIM = NE/NY = %
 24150 TERVERIM = NQ/NY = %
 24160 TOPVERIM = ELVERIM + TERVERIM = %
 24170 ELVERIM-Ünite= (GTALTEG+ABBTALTEG)/(NY) = %
 24180 TERVERIM-Ünite= NQ/NY = %
 24190 TOPVERIM-Ünite= ELVERIM-Ünite + TERVERIM-Ünite = %
 24200 PRINT , NE = , NE (kW)
 24210 PRINT , "NQ =", NQ (kW)
 24220 PRINT , "NY =", NY (kW)
 24230 Print , NESEBSAT = , kWe
 24240 PRINT , "NE/NQ =", NE/NQ (boyutsuz)
 24250 PRINT , ELVERIM = , (%)
 24260 PRINT , TERVERIM = , (%)
 24270 PRINT , TOPVERIM = , (%)
 24280 Print , ELVERIM-Ünite = %
 24290 Print , TERVERIM-Ünite= %
 24300 Print , TOPVERIM-Ünite= %
 24310 KOJENERASYON SİSTEMİNDE YILLIK ENERJİ ÜRETİMİ VE TÜKETİMİ
 24320 YEÜ = NE * TIS = , KWH/YIL
 24330 YİÜ = NQ * TIS = , KWH/YIL
 24340 YYT = NY * TIS = , KWH/YIL
 24350 PRINT , YEÜ = , KWH/YIL
 24360 PRINT , YİÜ = , KWH/YIL
 24370 PRINT , YYT = , KWH/YIL
 24380
 24390 GO SUB 24650 "ÖZGÜL ELEKTRİK ÜRETİM MALİYETİ HESABI"
 24400
 24410 GO SUB 24980 "KOJENERASYON SİSTEMİNDE ATIK ISININ GERİ KAZANILMASINA AIT İŞLETME MALİYETİNİN HESABI"
 24420
 24430 GO SUB 4990 "KONVANSİYONEL ISI KAZANINDA ÖZGÜL ISI ÜRETİM MALİYETİ"
 24440
 24450 GO SUB 25420 "BUHAR TÜRBİNİ SİSTEMİNDE ÖZGÜL TOPLAM ENERJİ ÜRETİM MALİYETİ HESABI"
 24460
 24470 GO SUB 24980 "NPV HESABI"
 24480
 24490 GO SUB 25140 "IRR HESABI"
 24500
 24510 KOJENERASYON SİSTEMİNE AIT GENEL ÖZELLİKLER
 24520 PRINT , "NE =", NE (kW)
 24530 PRINT , "NQ =", NQ (kW)
 24540 PRINT , "NY =", NY (kW)
 24550 PRINT , ELVERIM = , (%)
 24560 PRINT , TERVERIM = , (%)
 24570 PRINT , TOPVERIM = , (%)
 24580 PRINT , "ÖEÜM =", ÖEÜM (\$/kWh)
 24590 PRINT , "KAİGKÖİM = KAİGKÖİM \$/kWh_{ter}
 24600 PRINT , "ÖKİÜM = , \$/kWh_{ter}
 24610 PRINT , "ÖTOPENÜM =", \$/kWh
 24620 PRINT , "NPV =", NPV (\$)
 24630 PRINT , "IRR =", IRR (%)
 24640
 24650 REM "ÖZGÜL ELEKTRİK ÜRETİM MALİYETİ HESABI"
 24660 ÖZGÜL KURULUŞ MALİYETİNİN HESABI
 24670 KM = BKM * KGTTABTMG = , \$
 24680 YAFÖ = KM / [(FAOR(1+FAOR) ^ ÖS) / ((1+FAOR) ^ ÖS) - 1] = , \$
 24690 ÖKM = YAFÖ / YEÜ = , \$/kWh_e
 24700 ÖZGÜL YAKIT MALİYETİNİN HESABI
 24710 YYM = YF * YYT = , \$/YIL
 24720 ÖYM = YYM / YEÜ = , \$/kWh_e

24730 ÖZGÜL İŞLETME MALİYETİNİN HESABI
 24740 BİRİM PERSONEL MALİYETİNİN HESABI
 24750 PA = BPA * NE = , KİŞİ
 24760 YPM = PA * BBPMA = , \$/YIL
 24770 BPM = YPM / YEÜ = , \$/KWHe
 24780 BİRİM YAĞLAMA YAĞI MALİYETİNİN HESABI
 24790 YYYY = BYYT/1000 * KG TABBTMG * TIS * BYYF = , \$/YIL
 24800 BYYM = YYYY / YEÜ = , \$/KWHe
 24810 BİRİM BAKIM MALİYETİNİN HESABI
 24820 BBAKM = BBAKM , \$/KWHe
 24830 BİRİM DİĞER MALİYETLERİN HESABI
 24840 BDIM = DIM / YEÜ = , \$/KWHe
 24850 ÖZGÜL İŞLETME MALİYETİ
 24860 ÖİM = BPM + BYYM + BBAKM + BDIM = , \$/KWHe
 24870 ÖZGÜL ELEKTRİK ÜRETİM MALİYETİ
 24880 ÖEÜM = ÖKM + ÖYM + ÖİM = , \$/kWhe
 24890
 REM "KOJENERASYONDA ATIK ISININ GERİ KAZANILMASINA AIT İŞLETME
 24900 MALİYETİNİN HESABI"
 24910 BİRİM SU MALİYETİNİN HESABI
 24920 BSUM = BSUG * KKF * BSUF/1000 = , \$/kWhter
 24930 BİRİM SU SARTLANDIRMA MALİYETİNİN HESABI
 24940 BSSM = BSSM = , \$/kWhter
 24950 KOJENERASYONDA ATIK ISININ GERİ KAZANILMASINA AIT İŞLETME MALİYETİ
 24960 KAİGKÖİM = BSUM + BSSM = , \$/kWhter
 24970
 24980 REM "KOJENERASYON SİSTEMİNDE NPV HESABI"
 24990 KM = KM = , \$
 25000 ÖZKO = ÖZKO = 30%
 25010 ÖZK = ÖZKO * KM = , \$
 25020 GO SUB 25340 NPV VE IRR HESABI İÇİN ÖEÜM NİN YENİDEN HESABI
 25030 ÖEÜMYENİ = ÖEÜMYENİ * YEÜ = , \$/YIL
 25040 YEÜMYENİ = ÖEÜMYENİ * YEÜ = , \$/YIL
 25050 KAİGKÖİM = , \$/kWhter
 25060 YAIÜM = KAİGKÖİM * NQKGTABBT * TIS = \$/Yıl
 25070 ÖKİÜM = , \$/KWhter
 25080 YKİÜM = ÖKİÜM * YİÜ = , \$/YIL
 25090 SBEF = , \$/kWhe
 25100 YSEM = SBEF * (YEÜ - (NESEBSAT * TIS)) = , \$/YIL
 25110 YSEBSAT = NESEBSAT * TIS * SEBSATF = , \$/YIL
 NPV(t = 1 .. ÖS) = { Σ { [YSEM(t) + YKİÜM(t) + YSEBSAT(t)] - [YEÜMYENİ(t) + YAIÜM(t)] }
 25120 * [1 + FAOR]^(t-1) } - ÖZK = , \$
 25130
 25140 REM "KOJENERASYON SİSTEMİNDE IRR HESABI"
 25150 KM = KM = , \$
 25160 ÖZKO = ÖZKO = 30%
 25170 ÖZK = ÖZKO * KM = , \$
 25180 GO SUB 25340 NPV VE IRR HESABI İÇİN ÖEÜM NİN YENİDEN HESABI
 25190 YEÜMYENİ = ÖEÜMYENİ * YEÜ = , \$/YIL
 25200 KAİGKÖİM = , \$/kWhter
 25210 YAIÜM = KAİGKÖİM * NQKGTABBT * TIS = \$/Yıl
 25220 ÖKİÜM = , \$/KWhter
 25230 YKİÜM = ÖKİÜM * YİÜ = , \$/YIL
 25240 SBEF = , \$/kWhe
 25250 YSEM = SBEF * (YEÜ - (NESEBSAT * TIS)) = , \$/YIL
 25260 YSEBSAT = NESEBSAT * TIS * SEBSATF = , \$/YIL
 25270 FOR r = 0% TO +10000% STEP 0,05%
 NPV = { Σ { [YSEM(t) + YKİÜM(t) + YSEBSAT(t)] - [YEÜMYENİ(t) + YAIÜM(t)] } *
 25280 [1 + r]^(t-ÖS) } - ÖZK = , \$
 25290 IF NPV = 0 NEXT, ELSE GOTO 25270
 25300 IRR = r
 25310 PRINT IRR, %
 25320 END
 25330
 25340 REM "NPV ve IRR HESABI İÇİN ÖEÜM YENİDEN HESABI"

25350 $KM = KM = \dots\dots\dots$, \$
 25360 $\ddot{O}ZKO = \ddot{O}ZKO = 30\%$
 25370 $\ddot{O}ZK = \ddot{O}ZKO * KM = \dots\dots\dots$, \$
 25380 $YAF\ddot{O}YEN\dot{I} = (KM - \ddot{O}ZK) * \{[FAOR(1+FAOR)^{\ddot{O}S}] / [(1+FAOR)^{\ddot{O}S} - 1]\} = \dots\dots\dots$, \$
 25390 $\ddot{O}KMYEN\dot{I} = YAF\ddot{O}YEN\dot{I} / YE\ddot{U} = \dots\dots\dots$, \$/kWhe
 25400 $\ddot{O}E\ddot{U}MYEN\dot{I} = \ddot{O}E\ddot{U}M - \ddot{O}KM + \ddot{O}KMYEN\dot{I}$
 25410

 25420 REM 'KOJENERASİYON SİSTEMİNDE TOPLAM ÖZGÜL ENERJİ MALİYETİNİN HESABI
 25430 $\ddot{O}E\ddot{U}M = \dots\dots\dots$, \$/kWhe
 25440 $\ddot{O}K\ddot{U}M = \dots\dots\dots$, \$/kWhter
 25450 $\ddot{O}TOPEN\ddot{U}M = \ddot{O}E\ddot{U}M + KAIGK\ddot{O}IM + \ddot{O}K\ddot{U}M = \dots\dots\dots$, \$/kWh
 25460
 25470 PRINT , "OTOPENÜM =", \$/kWh (%)
 25480 END



ÖZGEÇMİŞ

Doğum Tarihi	18.03.1967	
Doğum Yeri	Stuttgart / Almanya	
Lise	1982 – 1985	Istanbul Haydarpaşa Lisesi
Lisans	1986 – 1990	Yıldız Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü, Isı Proses Opsiyonu
Yüksek Lisans	1990 – 1992	Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Müh. Ana Bilim Dalı, Isı Proses Opsiyonu

Çalıştığı Kurumlar

1985 – 1989	Turna Soğutma Ltd. Şti.
1989 – 1990	Friterm San. ve Tic. A.Ş.
1990 – 1993	Stromerzeugung und Anlagenbau GmbH
1994 – 1997	Borusan San. ve Tic. A.Ş., Caterpillar.
1998 – 2000	Aksa Enerji Üretim A.Ş.
2000 – 2001	MVV Energie AG
2002 –Devam Ediyor	Caterpillar Power Ventures Corp.