



ENTEĞRE TEKSTİL PROSESLERİ İÇİN UYGUN BİLEŞİK ELEKTRİK ve ISI SİSTEMLERİNİN BELİRLENMESİ

Tamer TURNA

ÖZET

Bu çalışmada entegre tekstil fabrikalarının elektrik enerjisi ve ısı ihtiyaçlarının, en uygun biçimde, karşılanmasına yönelik bileşik 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 nihai 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.

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, yan mamül (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 Birleşik Elektrik ve Isı Sistem türünün (B.E.I.S) türünün teknik ve ticari uygulanabilirliğini hesaplayan, elde edilen sonuçları grafikler biçiminde veren ve bu sayede en uygun BEL 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 suları debisi ve karışım sıcaklığı hesaplanmaktadır. Bundan sonraki işlemde ise atık sıcak sulara ait ısıdan 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.

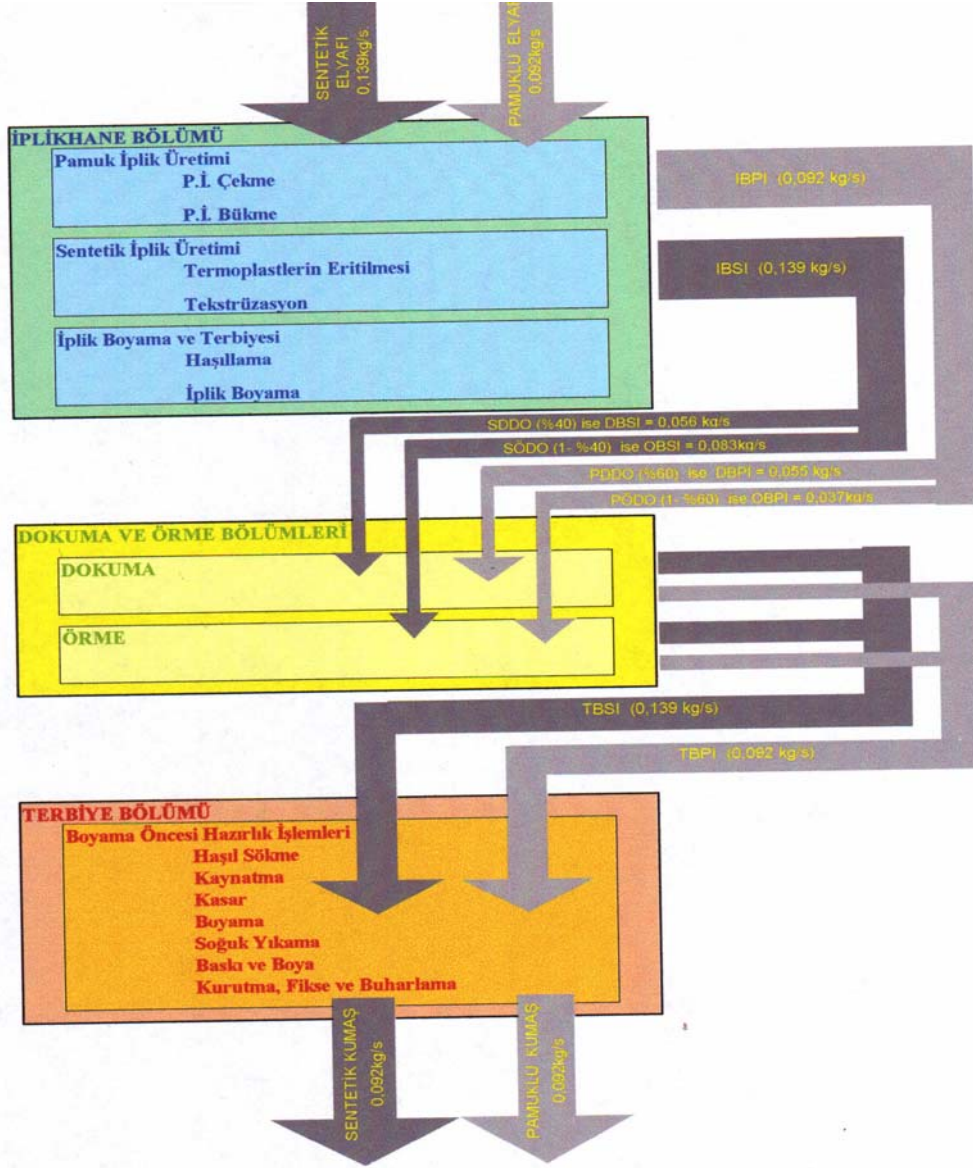
Türkiye'de 1990-2001 yılları arasında, otoprodüktör mevzuatı kapsamında, 1941 MWe'lik B.E.I.S., kombine çevrimli enerji üretim santrali, rüzgar santrali ve hidrolik santral yatırımları gerçekleştirilmiştir. 2001 itibarıyla toplam 1474 MWe'lik yeni yatırım onayı alınmış, 9632 MWe'lik yeni yatırım başvuruları Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'na 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.

2. ENTEGRE TEKSTİL TESİSLERİNİN ENERJİ GEREKSİNİMLERİ

Entegre tekstil fabrikaları, pamuk elyafını ve sentetik elyafı işleyip, iplik üreten, dokuyan, ören, boyayan ve terbiye işlemine tabi tutan kısımlardan oluşur. Şekil 1'de genel bir entegre tekstil üretim prosesinin akım şeması verilmiştir.

Entegre tekstil üretim prosesleri genelde üretim kapasitesine bağlı olarak 1-30 MW elektrik ve 3-50 MW ısı tüketir.



Şekil 1. Genel bir entegre tekstil üretim prosesi [1].

2.1. Tekstil İşletmelerindeki Enerji Tüketiminin Bölümlere Göre dağılımı

Tablo 1,2 ve şekil 3,4,5'de görüldüğü üzere, tekstil endüstrisinde kullanılan elektrikin 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.

2.2. Tekstil İşletmelerinde Enerji maliyetinin Ekonomik Önemi

Enerji giderleri, tekstil ürünlerinin maliyetlerinde, kimyasal ve sabit giderlerden hemen sonra ve ön sıralarda yer alır.



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

2.3. Entegre Tekstil Tesislerindeki Bölümler

2.3.1. İplikhane Bölümü

İplikhanelerdeki elektrik tüketimi; makine tipi ve teknolojisine bağlı olmakla birlikte, işlenen iplik numarasına bağlı olarak ta değişmektedir. Elektrik enerjisinin yoğun olarak tüketildiği bu bölümde, az miktarda da olsa, iplik direncinin artırılmasına yönelik haşılama prosesinde (65-120 °C) ve iplik bobinlerinin boyanması proseslerinde, ısı (buhar veya sıcak su) kullanılmaktadır.

2.3.2. 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'nını dokuma makineleri, geri kalan % 10-20'sini dokuma hazırlık makineleri ve haşıl makineleri tüketmektedir.

2.3.3. Örme Bölümü

Örgü makinelerinin elektrik enerji tüketimi ise düşük olup, 0.1 - 0.4 kWh/kg'dır.

2.3.4. Terbiye Bölümü

Entegre tekstil tesislerinde ısının en çok kullanıldığı kısımlar; terbiye bölümleridir. Terbiye bölümlerinde, iplik ve kumaş, su ve çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak boyanır. Gerak İpliğin, gerekse kumaşın terbiye edilmesindeki işlemler, 15-150 °C sıcaklık aralıklarında gerçekleşir. Pamuk ipliğinin ve kumaşın boyanması genelde en fazla 100 °C dolaylarında, sentetik kumaşların boyanması en fazla 150°C'de gerçekleştirilir. Mikro işlemci 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 gerçekleşir.

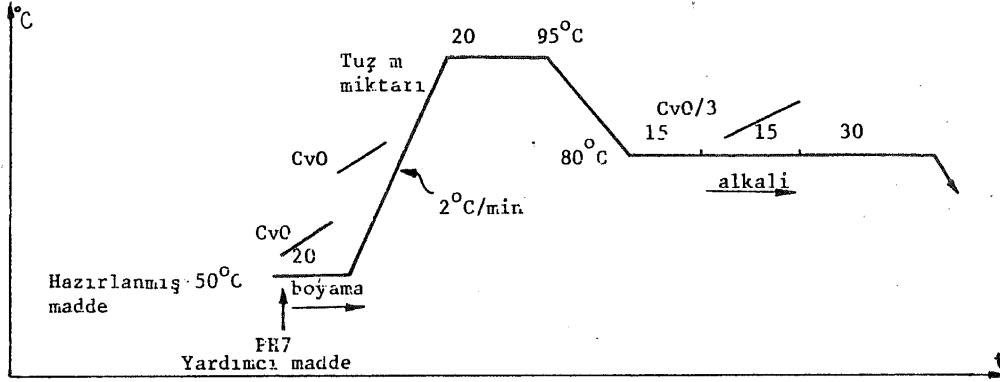
2.3.5. Kumaş Boyama

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 buya kazanına pompalanması sürecidir. Bu süreç kazandaki su sıcaklığının 50 °C'ye kadar ısıtılması ve ilk etapta tuz eklenerek; kazan içi sertliğin PH7 düzeyinde sabitlenmesi ile başlar. Daha sonra, boyanın türüne bağlı olarak, hazırlanan reçete doğrultusunda sıcaklık lineer olarak;

$$R = \Delta T / t \quad (1)$$

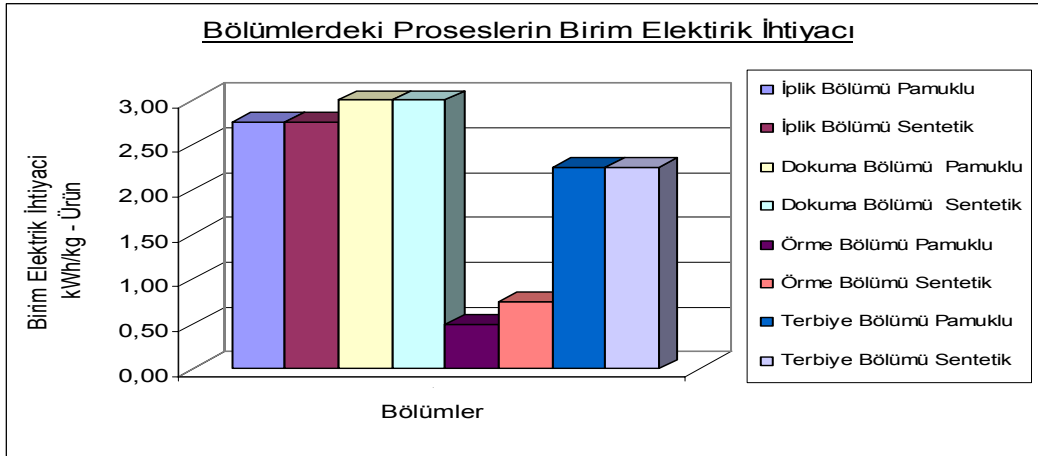
ΔT : Sıcaklık artışı
 t : Zaman

Formülüne göre ve mikroişlemci kontrollü olmak üzere artırılır.(5) Sıcaklığın 80 °C'ye erişmesinden sonra, kazana boya akıtılır.boyama işlemi sabit sıcaklıkta,yaklaşık 30 dakika sürer. Bundan sonraki işlem ise alkalilendirme. Kostik soda içerisindeki NaOH ile pamuk ipliğinin (kumaşın) yüzeyi daha düzgünleştirilir ve parlaklaştırılır.

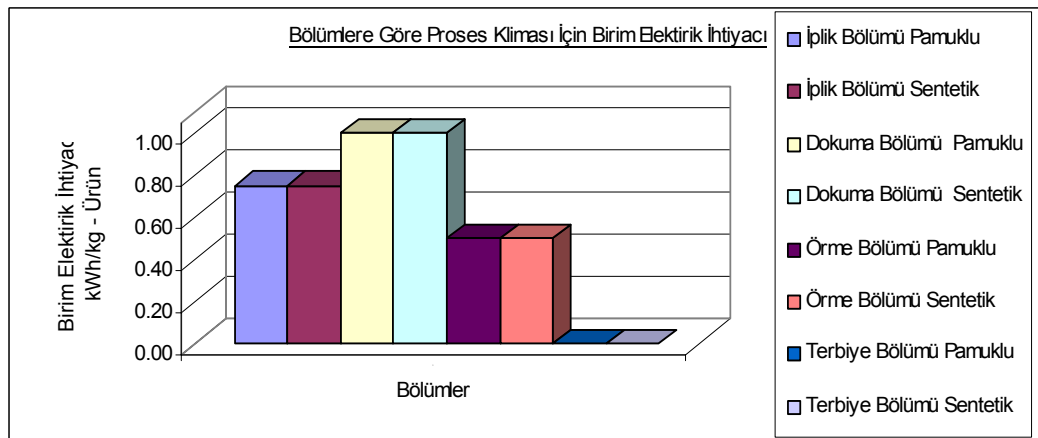


Şekil 2. Reaktif boyama kontrollü ekleme tekniği; Pastel tonlar. [2]

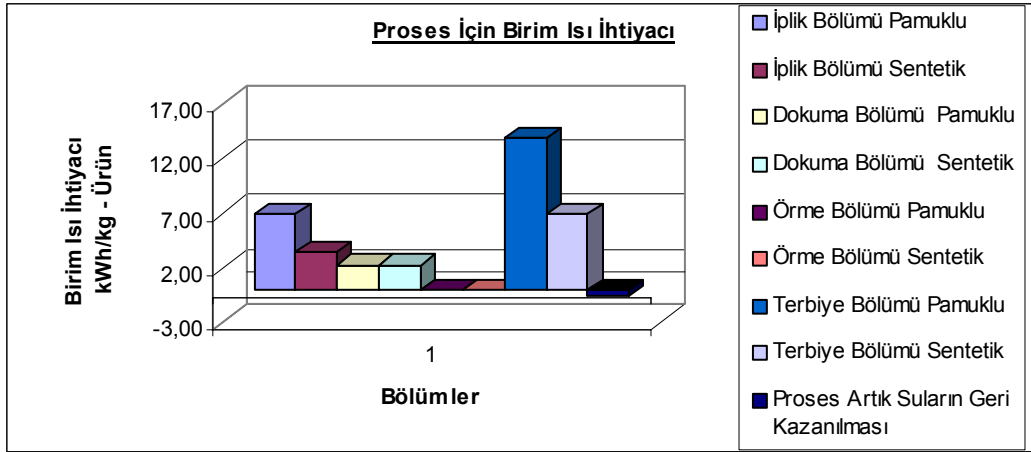
Şekil (2), çeşitli boya türlerinin kumaşa uygulama zamanını ve sıcaklık parametrelerini göstermektedir. Grafikler, adım adım, kazanı doldurma, ısı verme, kazanı boşaltma ve yeniden ısıtma, boyama, alkalileştirme ve soğutma süreçlerini göstermektedir. Kumaş boyama sürecinin atık su sıcaklığı yaklaşık 40 – 60°C'dir. Burada önemli bir ısı geri kazanım potansiyeli mevcuttur.



Şekil 3. Bir tekstil tesisinde yer alan bölümlere ait proses elektrik ihtiyacı örneği [1].



Şekil 4. Bir tekstil tesisindeki bölümlerin proses klimaları için birim elektrik ihtiyacı örneği [1].



Şekil 5. Bir tekstil tesisine ait üretim bölümlerine düşen birim proses ısı ihtiyacı örneği [1].

2.3.6. 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.

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

3. ENTEGRE TEKSTİL TESİSLERİNDE ATIK SICAK SULARIN GERİ KAZANILMASI

Bu bölümde, entegre tekstil prosesinde var olan atık enerjilerin, alışlagelmiş enerji tasarrufu yöntemleri anlatılmaktadır. Burada enerji tasarrufundan kasıt, atık ısılardan geri kazanılmasıdır. Elektrik enerjisinde tasarruf konusu ise, bu çalışmada derinlemesine incelenmiştir. 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 ürüne başına elektrik tüketiminin azaldığı gözlemlenmektedir. Düşük verimli kömürlü (verimi % 65) ve fuel oil'li (verimi %75) buhar kazanları yerine, verimleri % 95'lere varan doğalgazlı ve LPG'li buhar kazanlarının kullanılmasıyla önemli ölçüde enerji tasarrufu sağlanmaktadır. Doğalgaz ve LPG yakıtlarının kül, kurum ve kükürdioksit 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.

Tablo 1. Tekstil İşletmelerindeki Özgül Enerji Tüketiminin Bölümlere Göre Dağılımı [2].

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

Tablo 2. Hesaplamalar için seçilebilen Örnek Bir Tekstil İşletmesine Ait Özgül Enerji Tüketimleri [1].

	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

Tablo 3. Tekstil Üretim Maliyetindeki Oranlar [2].

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	

Tablo 4. Kumaş Yıkama İşlemlerinde; Su, Isı ve Elektrik Tüketimleri [2]

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

Özellikle terbiye bölümlerinde çeşitli proses sıcaklıklarında 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 karlı 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 büyüterek fabrika sahasının büyümesine neden olmaktadır. Pratik olmayan böyle bir uygulamanın yerine; tüm atık suların, arıtma öncesi, bir toplama havuzunda biriktirilmesine gidilmektedir. Toplama havuzundaki bu su sıcaklığı yaklaşık 50 °C'dir. Buradan arıtmaya, atık suyun pompalanması sırasında, devreye bir ısı değiştirici eklenmektedir. Isı değiştiricinin primerinden (birincil tarafından) atık su geçirilirken; sekonderinden (ikincil tarafından) 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 değiştiricileri tıkamaktadır. Bu nedenle haşılama makinelerinin atık sularının, ayrı bir atık su hattı üzerinden; ya doğrudan arıtmaya ya da; bir haşıl ayrıştırma makinesi üzerinden, atık su toplama havuzuna akıtılmasında yarar vardır. Halihazırda kullanılan diğer bir geri kazanım yöntemi ise; buhar kazanlarının blöf hatlarına bağlanan kondanselerlerdir. Ancak blöf işleminin zaman açısından süresiz olması, bu tip uygulamaların yararını kısıtlamaktadır.

4. BİRLEŞİK ELEKTRİK VE ISI TEKNOLOJİLERİ

Bu çalışmada program kapsamına alınan B.E.I.S. teknolojilerinde ana tahrik makineleri olarak gaz motoru, gaz türbini ve bu iki makine türünün buhar türbinleriyle kombinasyonu baz alınmıştır.

Hangi tür B.E.I.S.'nin en uygun teknik ve / veya ekonomik çözümü oluşturacağını belirlerken, birden fazla parametreyi irdelemek gerekmektedir. Bu nedenle, bu çalışmada öngörülen karar kriterlerine uygun olarak, yukarıda adı geçen tüm B.E.I.S. türlerinin (toplam 5 çeşit olmak üzere) teknik ve ekonomik fizibilitesini gerçekleştiren ve kısmen boyutsuz grafiksel sonuçlar elde eden, bir bilgisayar programı yazılmıştır.

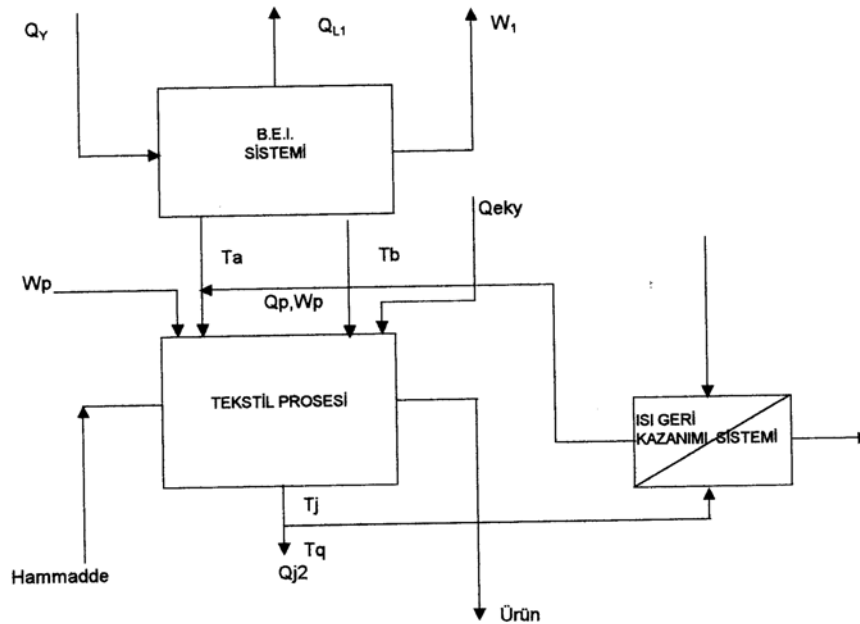
5. B.E.I.S.'LERİN ENTEGRE TEKSTİL PROSESİNE UYARLANMASINA AİT MODELLEME

Burada 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 konvansiyonel 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.,

Yukarıdaki seçeneklerde yer alan (1) numaralı seçenek; klasik enerji temini yöntemini, diğerleriyle (B.E.I.S.) karşılaştırabilmek için modellemede yer almıştır.



Şekil 6. B.E.I.S.'lerin entegre tekstil proseslerine uyarlanmasına ait genel bir model [1].

6. 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. Oluşturulan formüller için Pamukçu (1989) ve Aybers (1995) kaynak kitaplarından yararlanılmıştır [3] [4].

Farklı B.E.I.S. yatırımlarının karşılaştırılmasında ve değerlendirilmesinde ÖEÜM (\$/kWhe) değeri düşük olan, KAIGKÖİM (\$/kWh) değeri düşük olan, ÖTOPENÜM (\$/kWh) değeri düşük olan tesis tercih edilirken; diğer taraftan NPV (\$) değeri yüksek olan ve IRR (%) değeri yüksek olan tesis türü tercih edilmektedir [1].

6.1 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 [4]. Buna göre modele ait formül şu biçimi almaktadır.

$$\text{ÖEÜM} = \text{ÖKM} + \text{ÖYM} + \text{ÖİM} \quad (2)$$

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

6.2 Özgül Kuruluş Maliyeti Hesabı

Özgül kuruluş maliyetinin (ÖKM) hesabında, B.E.I. sisteminin anahtar teslim fiyatı, kuruluş maliyeti (KM) olarak adlandırılmış ve 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 özgül kuruluş maliyeti (ÖKM) \$/kWhe cinsinden hesaplanmıştır.

$$\text{YAFÖ} = \text{KM} \{ [\text{FAOR} \times (1 + \text{FAOR})^{\text{ÖS}}] / [(1 + \text{FAOR})^{\text{ÖS}} - 1] \} \quad (3)$$

Denklemdaki büyüklük “yatırım ikame faktörü”, “amortisman katsayısı” olarak ta adlandırılmaktadır. Bu formül, Pamukçu (1989) ve Şahin (1995)'in kitaplarında yer alan, bugünkü yatırımın değerini veren yıllık üniform, seri kıymeti denkleminde türetilmiştir [3] [4].

$$\text{ÖKM} = \text{YAFÖ} / \text{YEÜ} \quad (4)$$

6.3. Özgül Yakıt Maliyeti Hesabı

Özgül 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, özgül yakıt maliyeti (ÖYM) hesaplanmıştır ve \$/kWhe cinsinden değerlendirilmiştir.

$$\text{YYM} = \text{YYT} \times \text{YF} \quad (5)$$

$$\text{ÖYM} = \text{YYM} / \text{YEÜ} \quad (6)$$

6.4. Özgül İşletme Maliyeti Hesabı

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

$$\text{ÖİM} = \text{BBAKM} + \text{BPM} + \text{BYYM} + \text{BDİM} \quad (7)$$

6.5. Kojenerasyonda Atık Isı Geri Kazanımına Ait Özgül İşletme Maliyeti (KAIGKÖİM)

B.E.S.I.'lerin (kojenerasyon tesislerinin) atık ısılarının geri kazanılması sırasında oluşan özgül işletme maliyetleri; birim su şartlandırma maliyeti (BSŞM) ve birim su maliyeti (BSUM)'dir. Değerler \$/kWh cinsinden hesaplanmıştır.

$$\text{KAIGKÖİM} = \text{BSŞM} + \text{BSUM} \quad (8)$$

6.6. Özgül Konvansiyonel Isı Üretimi Maliyeti (ÖKIÜM)

Özgül konvansiyonel ısı üretim maliyeti (ÖKIÜM) hesabı, \$/kWh cinsinden elde edilmektedir. Konvansiyonel ısı üretim maliyeti (ÖKIÜM, \$/kWh) hesabında konvansiyonel ısı üretiminde özgül personel maliyeti (KIÜÖPM), konvansiyonel ısı üretiminde özgül elektrik tüketimi maliyeti (KIÜÖEM), konvansiyonel ısı üretiminde özgül su şartlandırma maliyeti (KIÜÖŞM), konvansiyonel ısı üretiminde özgül su maliyeti (KIÜÖSUM), konvansiyonel ısı üretiminde özgül kuruluş maliyeti (KIÜÖKM), konvansiyonel ısı üretiminde özgül yakıt maliyeti (KIÜÖYM).

$$\text{ÖKIÜM} = \text{KIÜÖPM} + \text{KIÜÖEM} + \text{KIÜÖŞM} + \text{KIÜÖSUM} + \text{KIÜÖKM} + \text{KIÜÖYM} \quad (9)$$

6.7. Özgül Toplam Enerji Üretim Maliyeti (OTOPENÜM)

Özgül toplam enerji üretim maliyeti (OTOPENÜM) hesabı, \$/kWh, cinsinden elde edilmektedir. OTOPEÜM; ÖEÜM, KAIGKÖİM ve ÖKIÜM maliyetlerinin toplamına eşittir.

$$\text{OTOPENÜM} = \text{ÖEÜM} + \text{KAIGKÖİM} + \text{ÖKIÜM} \quad (10)$$

6.8. Bugünkü Net Değer (Net Present Value; NPV) Hesabı

B.E.I. sisteminin işletme 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 [3] [4].

$$\text{NPV} = \left\{ \sum_{t=1}^{\text{ÖS}} \left[\text{YSEM}(t) + \text{YKIÜM}(t) + \text{YSEBSAT}(t) \right] - \left[\text{YEÜMYENİ}(t) + \text{YAIÜM}(t) + \text{YKPBIUM}(t) \right] \times [1 + \text{FAOR}]^{-t} \right\} - \text{ÖZK} \quad (11)$$

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 (fazi oranını) kendisi belirler. Bu oran genelde %8 - %13 aralığındadır. Bu çalışmada NPV hesabı için FAOR = %10 alınmıştır.

6.9. 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 [3] [4].

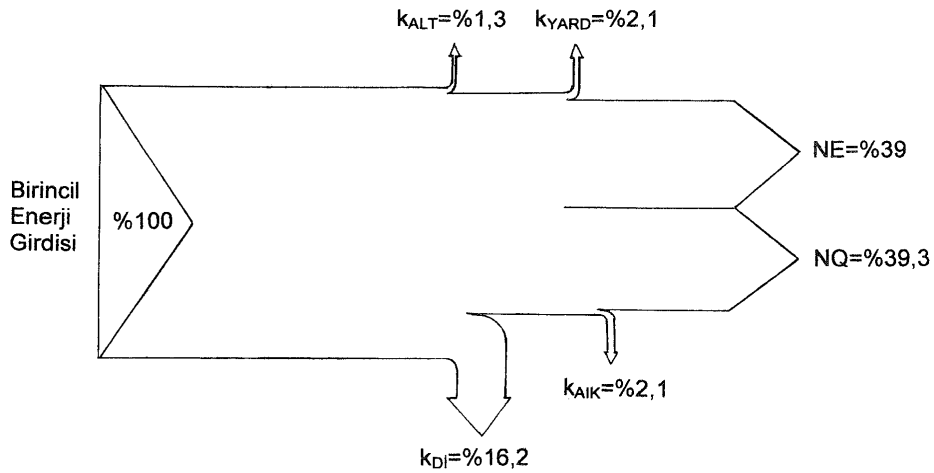
$$NPV = 0 = \left\{ \sum_{t=1}^{\text{ÖS}} \{ [YSEM(t) + YKIÜM(t) + YSEBSAT(t)] - [YEÜMYENİ(t) + YAIÜM(t) + YKPBIUM(t)] \} \times [1+r]^{-t} \right\} - \text{ÖZK} \quad (12)$$

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

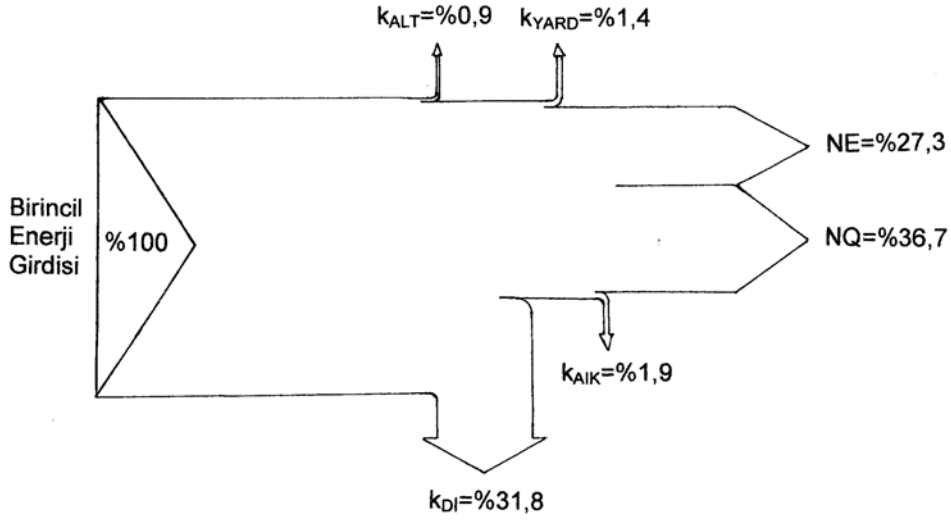
7. ENTEGRE TEKSTİL FABRİKASINA AİT ENERJİ TÜKETİMLERİNİ KARŞILAMAK ÜZERE TASARLANAN 10 ADET FARKLI B.E.I. SİSTEM SEÇENEKLERİ İÇİN YAPILAN SAYISAL UYGULAMALARIN SONUÇLARI

Bu kısımda entegre tekstil fabrikasına ait enerji tüketimini karşılamak üzere tasarlanan 10 adet farklı B.E.I.S. seçenekleri için yapılan sayısal uygulamaların sonuç bilgileri Sankey Diyagramlarında gösterilmiştir.

7.1. Sayısal Uygulamalara Ait Sankey Diyagramları



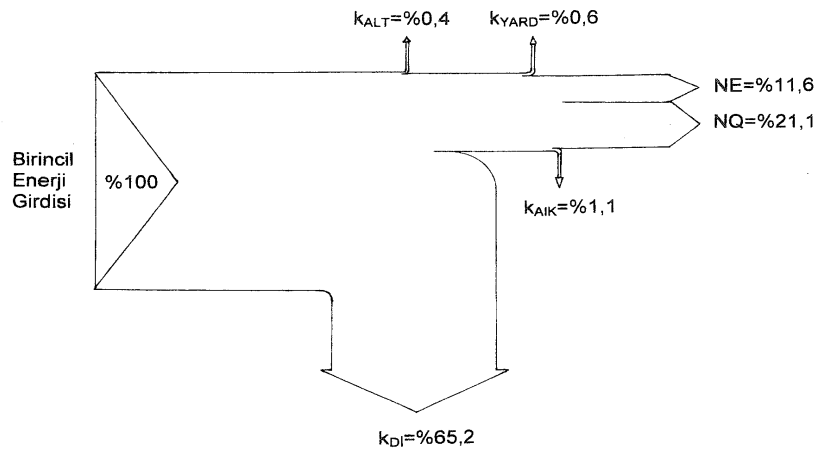
Şekil 7. Otto gaz motorunu içeren bileşik elektrik ve ısı sistemine ait Sankey Diyagramı [1].



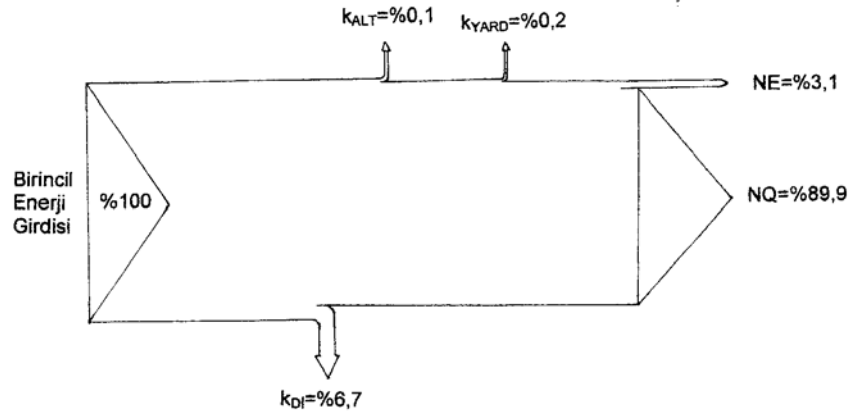
Şekil 8. Brayton gaz türbinini içeren bileşik elektrik ve ısı sistemine ait Sankey Diyagramı [1].

8. TEKSTİL FABRİKASI İÇİN YAPILAN SAYISAL PROGRAM SONUÇLARININ YORUMLANMASI

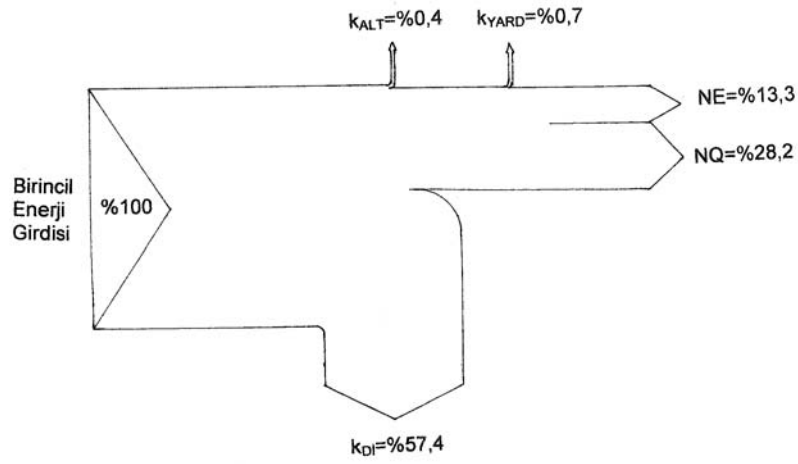
Burada elektriksel gücü 5679 kWel. , ısı üretim 11983 kWth. olan entegre tekstil fabrikası için en uygun B.E.I.S.'in belirlenmesine çalışılacaktır.



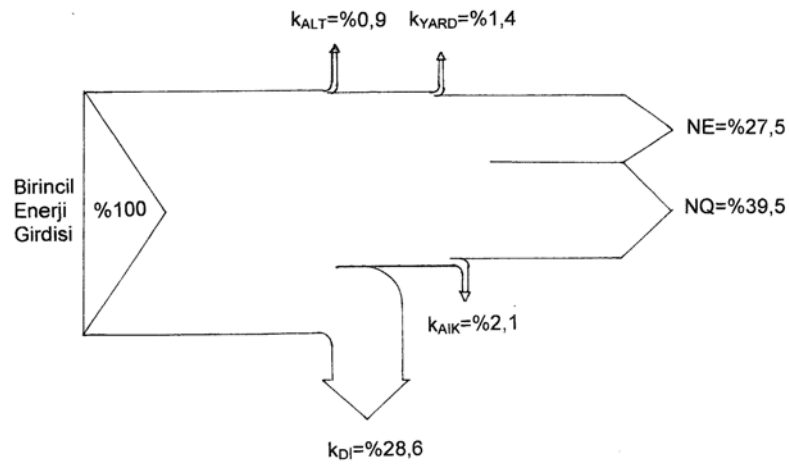
Şekil 9. Rankine buhar türbini çevrimiyle elektrik üretimi ve ayrı konvansiyonel buhar kazanıyla ısı üretimine ait Sankey Diyagramı [1].



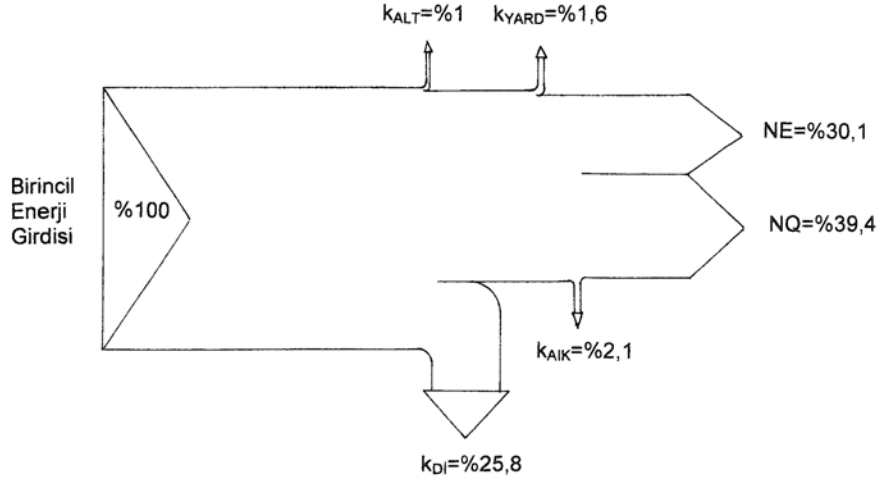
Şekil 10. Karşı basınçlı buhar türbini içeren bileşik elektrik ve ısı sistemine ait Sankey Diyagramı [1].



Şekil 11. Ara buhar almanlı buhar türbini içeren bileşik elektrik ve ısı sistemine ait Sankey Diyagramı[1]



Şekil 12. Kombine gaz türbini ve karşı basınçlı buhar türbini içeren bileşik elektrik ve ısı sistemine ait Sankey Diyagramı [1].



Şekil 13. Kombine gaz türbini ve ara buhar almalı buhar türbini içeren bileşik elektrik ve ısı sistemine ait Sankey Diyagramı [1].

8.1. Tekstil Fabrikası İçin Elektrik ve Konvansiyonel Buhar Kazanından Buhar Temini Koşullarındaki Teknik ve Ekonomik Uygunluk.

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\$'lık bir giderle karşı karşıyadır. NPV değeri negatif çıkınca doğal olarak IRR hesaplanamamakta ve IRR değeri için zararı gösteren -%1 sonucu çıkmaktadır. Yatırımcı, elbette bu yatırım zararını, tekstil ürünleri üzerinden maliyete dahil edip kara dönüştürecektir. Ancak, yenilenmiş ve doğru seçilmiş B.E.I.S. teknolojileri sayesinde, yatırımcı, bir yandan enerji tüketirken, diğer yandan konvansiyonel sisteme göre, ekonomik açıdan kara, teknik açıdan ise kaliteye (enerji sürekliliği, gerilim sabitliği, frekans sabitliğine) erişme imkanına sahip olacaktır.

8.2. Tekstil Fabrikası İçin Gaz Motoru (1) B.E.I. Sisteminden Enerji Temini Koşullarındaki Teknik ve Ekonomik Uygunluk.

Gaz motoru (1) B.E.I.S.'de net elektrik üretim gücü 6911 kWe hesaplanmıştır. Bu güç, tekstil fabrikasının elektrik ihtiyacını karşılamak için yeterlidir. Gaz motoru ünitesinden elde edilen yararlı ısı, sadece 7237 kW'ter dir. Dolayısıyla bu B.E.I.S. türünde üretilen ısı miktarı, örnek fabrikanın ısı ihtiyacının tümünü karşılayacak durumda değildir. Bunun sonucunda; tekstil fabrikasının ısı ihtiyacının tümünü karşılayabilmek için "ek yanma" gerekmektedir. Bu gibi durumlarda gaz motorlarının egzoz çıkış kanallarına "kanal yakıcı brülör" konulmakta ve ek doğal gaz yakılması yöntemiyle, tekstil fabrikasının proses ısı ihtiyacı (11.983 kW'ter) karşılanabilmektedir. Ancak, ek yanma, ek doğal gaz tüketimi gerektirdiğinden, sistemin net elektrik verimi %30,4 ve net yararlı ısı üretimi %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 olduğundan; 1232kW elektrik üretim fazlası dikkat çekmekte, 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; +2.640.655US\$'lık 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.

8.3. Tekstil Fabrikası İçin Gaz Türbini (1) B.E.I. Sisteminden Enerji Temini Koşullarındaki Teknik ve Ekonomik Uygunluk.

Gaz türbini (1) B.E.I.S.'de net elektrik üretim gücü 5864 kWe hesaplanmıştır. Bu güç, tekstil fabrikasının elektrik ihtiyacını karşılamak için yeterlidir. Gaz türbini ünitesinden elde edilen yararlı ısı, sadece 8632 kWter dir. Dolayısıyla bu B.E.I.S. türünde üretilen ısı miktarı, örnek fabrikanın ısı ihtiyacının tümünü karşılayacak durumda değildir. Bunun sonucunda; tekstil fabrikasının ısı ihtiyacının tümünü karşılayabilmek için "ek yanma" gerekmektedir. Bu gibi durumlarda gaz türbini egzoz çıkış kanallarına "kanal yakıcı brülör" konulmakta ve ek doğal gaz yakılması yöntemiyle, tekstil fabrikasının proses ısı ihtiyacı (11.983 kWter) karşılanabilmektedir. Ancak, ek yanma, ek doğal gaz tüketimi gerektirdiğinden, sistemin net elektrik verimi %24,6 ve net yararlı ısı üretimi %50,3 olmaktadır. Dolayısıyla toplam yararlı enerji üretim verimi; birincil enerjinin %74,9 düzeyinde gerçekleşmektedir.

E, tanıma sayıları irdelendiğinde; tekstil prosesi için E proses = 0,47 iken, B.E.I.S. için E = 0,49 olduğundan; 184kW'lık 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; +2.081.651US\$'lık bir getiri sağlanmaktadır. IRR hesap yöntemine göre ise, 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.

8.4. Tekstil Fabrikası İçin Gaz Motoru (2) B.E.I. Sisteminden Enerji Temini Koşullarındaki Teknik ve Ekonomik Uygunluk.

Gaz motoru (2) B.E.I.S. üzerinden tekstil prosesinin ısı tüketiminin ($PQ = 11.983 \text{ kWter}$), Q_{KOJEN} üzerinden, ek yanma olmadan karşılayacak şekilde tasarlanmıştır. Buna göre, net elektrik üretim gücü 15.550 kWe hesaplanmıştır. Bu güç, tekstil fabrikasının elektrik ihtiyacını ($PE = 5679 \text{ kWe}$) karşılamak için yeterlidir. Hatta bunun çok üzerindedir.

Bu koşullarda sistemin net elektrik üretim verimi %38,9 ve net yararlı ısı üretimi %30 olmaktadır. Dolayısıyla toplam yararlı enerji üretim verimi; birincil enerjinin %68,9'u düzeyinde gerçekleşmektedir.

E, tanıma sayıları irdelendiğinde; tekstil prosesi için E proses = 0,47 iken, B.E.I.S. için E = 1,3 olduğundan; 9871kW elektrik üretim fazlası dikkat çekmekte, elektrik şebekesine elektrik enerjisi satışı 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 satılabilmektedir. Çünkü yeni kanun, elektrik şebekesine, üretim fazlası elektrik enerjisi satışını, yıllık enerji üretiminin en fazla %20 siyle sınırlandırmaktadır. Bu husus sistem seçicisi açısından elektrik üretim fazlası enerjinin 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; +8.852.690US\$'lık 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.

8.5. Tekstil Fabrikası İçin Gaz Türbini (2) B.E.I. Sisteminden Enerji Temini Koşullarındaki Teknik ve Ekonomik Uygunluk.

Gaz türbini (2) B.E.I.S. üzerinden tekstil prosesinin ısı tüketiminin ($PQ = 11.983 \text{ kWter}$), Q_{KOJEN} üzerinden, ek yanma olmadan karşılayacak şekilde tasarlanmıştır. Buna göre, net elektrik üretim gücü 7.129 kWe hesaplanmıştır. Bu güç, tekstil fabrikasının elektrik ihtiyacını ($PE = 5679 \text{ kWe}$) karşılamak için yeterlidir. Hatta bunun çok üzerindedir.

Bu koşullarda sistemin net elektrik üretim verimi %26,8 ve net yararlı ısı üretimi %45,1 olmaktadır. Dolayısıyla toplam yararlı enerji üretim verimi; birincil enerjinin %71,9'u düzeyinde gerçekleşmektedir.

E, tanıma sayıları irdelendiğinde; tekstil prosesi için E proses = 0,47 iken, B.E.I.S. için E = 0,59 olduğundan; 1450 kW elektrik üretim fazlası dikkat çekmekte ve elektrik şebekesine elektrik enerjisi satışı 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 satılabilmektedir. Çünkü yeni kanun, elektrik şebekesine, üretim fazlası elektrik enerjisi satışını, yıllık enerji üretiminin en fazla %20 ile sınırlandırmaktadır. 1450 kWe'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 seçici için elektrik enerjisi üretim fazlasının satış garantisine ilgili olarak 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; $+5.504.040 \text{ US\$'lık}$ bir getiri sağlanmaktadır. IRR hesap yöntemine göre ise, IRR = %75,4'lük 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.

8.6. Tekstil Fabrikası İçin Rankine Buhar Türbini ve Konvansiyonel Isı Kazanından Isı Temini Yöntemine Göre Çalışan B.E.I. Sisteminden Enerji Temini Koşullarındaki Teknik ve Ekonomik Uygunluk.

Rankine buhar türbini ve konvansiyonel ısı kazanı B.E.I.S.'de net elektrik üretim gücü 5680 kWe 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 kule üzerinden) yoğunlaştırılmaktadır. Yani reel anlamda ana tahrik makinesinin atık ısı geri kazanımının kullanımı söz konusu değildir. Bu özellik sebebiyle Rankine BT; B.E.I. üretimi felsefesine de tam uymamaktadır. Fabrikanın ısı gereksinimi, konvansiyonel ısı (buhar) kazanı üzerinden ayrıca üretilmektedir. Yani ek bir ısı üretim maliyeti oluşmaktadır.

Sistemin net elektrik verimi %14,8 ve net yararlı ısı üretimi %25,5 olmaktadır. Dolayısıyla toplam yararlı enerji üretim 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 herhangi bir 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; $-17.017.082 \text{ US\$'lık}$ bir gider (yani zarar) oluşmaktadır. NPV değeri negatif olunca, doğal olarak IRR hesaplanamadığından, IRR için zarar gösteren %1 sonucu çıkmaktadır. Bu koşullar altında Rankine BT ve konvansiyonel ısı kazanımı B.E.I.S.'in, örnek tekstil fabrikası için uygun çözüm olamayacağı sonucuna varılmaktadır. Rankine BT ve konvansiyonel ısı kazanımı B.E.I.S.'ler genelde 500 MWe'nin üzerinde ve daha ucuz bir yakıt türü olan kömürle

ekonomik olmakta, veya çöp yakma, biomas yakma (zeytin çekirdeği, ay çiçeği çekirdeği) gibi katı atık yok etme tesislerinde üretilen buharla, 50 – 300MWe'lik elektrik üretim kapasitelerinde uygun ekonomik çözüm olarak karşımıza çıkabilmektedir.

8.7. Tekstil Fabrikası İçin Kombine Gaz Türbini ve Rankine Buhar Türbini ve Konvansiyonel Isı Kazanından Isı Temini Yöntemine Göre Çalışan B.E.I. Sisteminden Enerji Temini Koşullarındaki Teknik ve Ekonomik Uygunluk.

Kombine gaz türbini ve Rankine BT ve konvansiyonel ısı kazanı B.E.I.S.'de net elektrik üretim gücü 6182 kWe 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 kule üzerinden) yoğunlaştırılmaktadır. Yani reel anlamda ana tahrik makinesinin atık ısı geri kazanımının kullanımı söz konusu değildir. Bu özellik sebebiyle Rankine BT; B.E.I. üretimi felsefesine de tam uymamaktadır. Fabrikanın ısı gereksinimi, konvansiyonel ısı (buhar) kazanı üzerinden ayrıca üretilmektedir. Yani ek bir ısı üretim maliyeti oluşmaktadır.

Sistemin net elektrik verimi %21,9 ve net yararlı ısı üretimi %42,4 olmaktadır. Dolayısıyla toplam yararlı enerji üretim verimi; birincil enerjinin %64,6 düzeyinde gerçekleşmektedir.

E, tanıma sayıları irdelendiğinde; tekstil prosesi için E proses = 0,47 iken, B.E.I.S. için E = 0,52 olduğundan 503 kW'lık elektrik üretim fazlası dikkat çekmektedir ve dolayısıyla elektrik şebekesine enerji 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; -11.642.595US\$'lık bir gider (yani zarar) oluşmaktadır. NPV değeri negatif olunca, doğal olarak IRR hesaplanamadığından, IRR için zarar gösteren -%1 sonucu çıkmaktadır. Bu koşullar altında Kombine gaz türbini ve Rankine BT ve konvansiyonel ısı kazanımı B.E.I.S.'in, örnek tekstil fabrikası için uygun çözüm olamayacağı sonucuna varılmaktadır.

8.8. Tekstil Fabrikası İçin Karşı Basıncılı Buhar Türbini B.E.I. Sisteminden Enerji Temini Koşullarındaki Teknik ve Ekonomik Uygunluk.

Karşı basınçlı buhar türbini B.E.I.S.'de net elektrik üretim gücü sadece 412kWe olurken, ısı üretim gücü 11.983 kW'lık olmaktadır. Bu sistemde buhar, bir kazanda önce 2,5MPa ve 300°C şartlarına kızdırılmakta, sonra buhar türbinine gönderilmektedir. Türbine giren buhar miktarı, ısı prosesinin buhar miktarıyla ve prosese ait karşı buhar basıncıyla (1,1 MPa) sınırlı olmasından ötürü, elektrik üretim gücü de buna bağlı olarak kısıtlı olmaktadır. Bu güç, tekstil fabrikasının elektrik ihtiyacını karşılamak için yeterli değildir. Elektrik şebekesinden ilave enerji çekilmesi gerekmektedir. Aynı husus E tanıma sayılarına bakılarak ta anlaşılabilir. Buna göre tekstil prosesi için E proses = 0,47 iken, B.E.I.S. için E = 0,02 olduğundan; elektrik şebekesinden 5267 kW 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 (893.495US\$) ve çevrimdeki toplam net yararlı enerji üretim verimi %95,2 gibi yüksek bir değerde olmasıdır. Karşı basınçlı buhar türbini B.E.I.S.'in elektrik üretim verimi sadece %3,2 dir. Ancak buna karşılık yararlı ısı üretimi verimi %92 dir. Bu çözümünün ekonomik fizibilitesine baktığımızda; NPV (bugünkü net değer) hesap yöntemine göre; +522.106US\$'lık bir getiri sağlanmaktadır. IRR hesap yöntemine göre ise, IRR = %47,0'lık bir iç getiri oranı karşımıza çıkmaktadır. Teknik açıdan bu seçenek tekstil fabrikasının elektrik ihtiyacını karşılamasa da, ısı ihtiyacını karşılamakta, düşük toplam kuruluş maliyeti ve yüksek toplam verimi sayesinde, uygun çözümlerden biri sınıfına girmektedir. 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

basıncılı B.E.I.S. seçeneği, sistem seçicisi açısından, bu örnek tekstil fabrikası için, aslında en uygun B.E.I.S. yöntemi olma özelliğine sahiptir.

8.9. Tekstil Fabrikası İçin Ara Buhar Almalı Buhar Türbini B.E.I. Sisteminden Enerji Temini Koşullarındaki Teknik ve Ekonomik Uygunluk

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 basıncılı 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_{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.

8.10. Tekstil Fabrikası İçin Kombine Gaz Türbini ve Karşı Basıncılı Buhar Türbini B.E.I. Sisteminden Enerji Temini Koşullarındaki Teknik ve Ekonomik Uygunluk

Kombine Gaz Türbini ve Karşı Basıncılı Buhar Türbini B.E.I.S.' de net elektrik üretim gücü 7.569 kW_e' dir. Bu kapasite, ihtiyacın (P_E = 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 basıncılı buhar türbinine gönderilmektedir. Karşı basıncılı buhar türbininde genleşen buhar, prosese 1,1 MPa basınç şartlarında verilmekte, prosteşte yoğunlaşarak, kapalı buhar çevrimi tamamlanmaktadır. Burada yoğunlaşma, tekstil fabrikasının prosesinde gerçekleşmektedir. Gaz türbininin elektrik veriminin üzerine, karşı basıncılı 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_{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 basıncılı 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 MW_e), gaz motoru veya gaz türbini B.E.I.S. seçenekleri ön plana çıkmaktadır.

8.11. Tekstil Fabrikası İçin Kombine Gaz Türbini ve Ara Buhar Almalı Buhar Türbini B.E.I. Sisteminden Enerji Temini Koşullarındaki Teknik ve Ekonomik Uygunluk

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 kW_e) üzerinde olduğundan, elektrik enerjisi fazlasının (2027 kW_e) elektrik şebekesine enerji satışı gerekmektedir. Sistemde, gaz türbini atık ısı kazanı üzerinden 2,5 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 ($11983kW_{ter}$) 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 $E_{Proses} = 0,47$ 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 MW_e), gaz motoru veya gaz türbini B.E.I.S. seçenekleri, burada da ön plana çıkmaktadır.

8.12. 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; fizibiliteelerde 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 alınırsa, 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:

Tablo 5 : Örnek tekstil fabrikasının enerji ihtiyacına göre tasarlanan yedi farklı B.E.I.S.' nin IRR cinsinden sıralaması [1].

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 olduğu 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 BOTAŞ' ın doğal gaz fiyat ortalaması 0,015\$/kWh_{yakıt} (BOTAŞ, 2000) dir. 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.

Tablo 5' 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 handicap; 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:

Tablo 6. Örnek tekstil fabrikasının enerji ihtiyacına göre tasarlanan yedi farklı B.E.I.S.'nin NPV cinsinden sıralaması [1].

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\$

Tablo 6'daki 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.

Tablo 7. Örnek tekstil fabrikasının enerji ihtiyacına göre tasarlanan yedi farklı B.E.I.S.'nin kuruluş maliyeti (KM) cinsinden sıralaması [1].

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 seçici, 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.

9. TEKSTİL FABRİKASINA VE B.E.I. SİSTEMLERİNE AİT ÖNEMLİ PARAMETRELERİN DEĞİŞKEN SEÇİLEREK YENİ SONUÇLARIN ELDE EDİLMESİ VE YORUMLANMASI

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.

9.1. 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 işleme oranlarını (PDDO ve SDDO) 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.

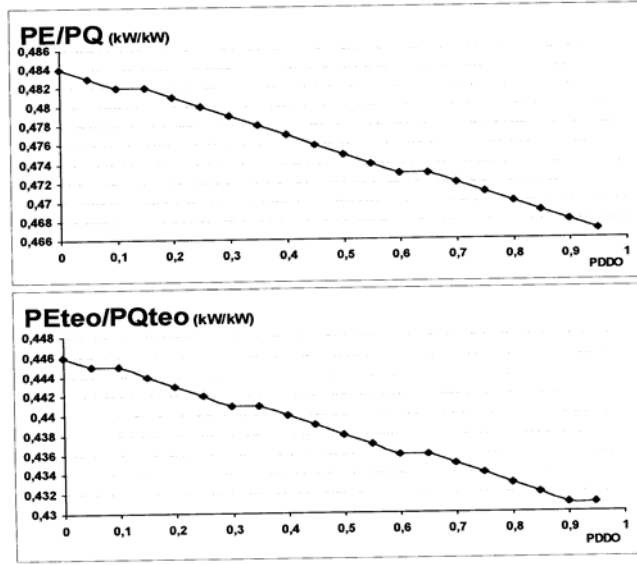
Sayısal hesaplamalara ait sonuçlar ilişikteki grafiklerde gösterilmiştir.

9.1.1. Senaryo 1' de baz alınan sayısal kıstaslar

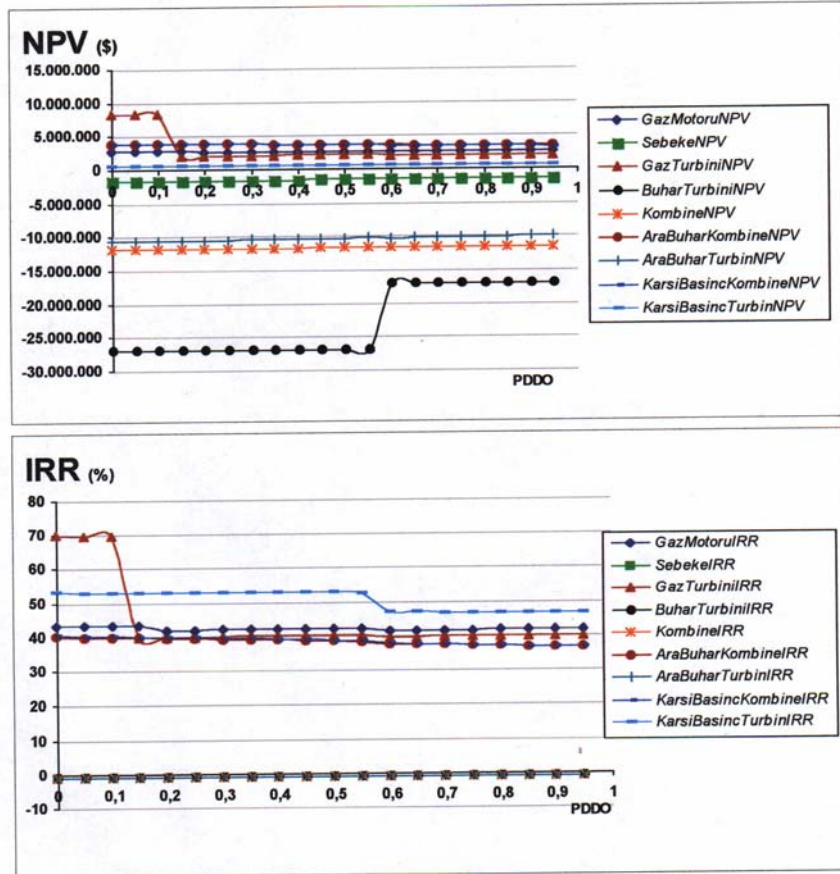
Programaya girilen sabitler: IBPI = 0,092 kg/s, IBSI = 0,139 kg/s, ATÜMSDDO = 0,75

Programda atanan değişkenler: PDDO : % 0 –100, SDDO : % 100 – 0

Yukarıdaki kıstaslara göre elde edilen sonuçlar ilişikteki grafiklerde gösterilmiştir.



Şekil 14. Değişen PDDO'ya göre $E = P_E / P_Q$ oranının değişimi [1].



Şekil 15. Değişen PDDO'ya göre NPV ve IRR sonuçlarının değişimi [1].

9.1.2. 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 etkilenmemesindedir.

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 etkilenmemesindedir.

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 uyuşmasıdır. 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.

9.2. Senaryo 2

Burada amaç; sabit olarak belirlenmiş olan, pamuklu elyaf (IBPI) ve sentetik elyaf (IBSI) üretim miktarlarını, pamuklu ve sentetik ipliklerin dokuma bölümündeki işleme 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;

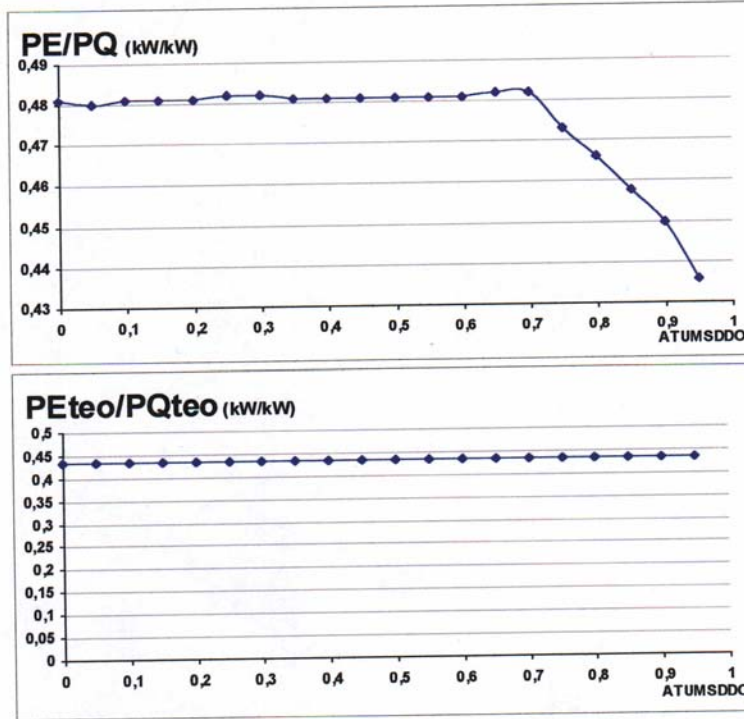
- Fabrikanın elektrik tüketimine etkisini (P_E)
- Fabrikanın ısı tüketimine etkisini (P_Q)
- Gaz motoru, gaz türbini, buhar türbini, kombine gaz ve buhar türbini kojenerasyon seçeneklerindeki,
 - Yatırımların bugünkü net değer (NPV) cinsinden kârlılığına etkisi,
 - Yatırımların iç getiri oranına (IRR) olan etkisini, incelemektir.

Sayısal hesaplamalara ait sonuçlar ilişikteki grafiklerde gösterilmiştir.

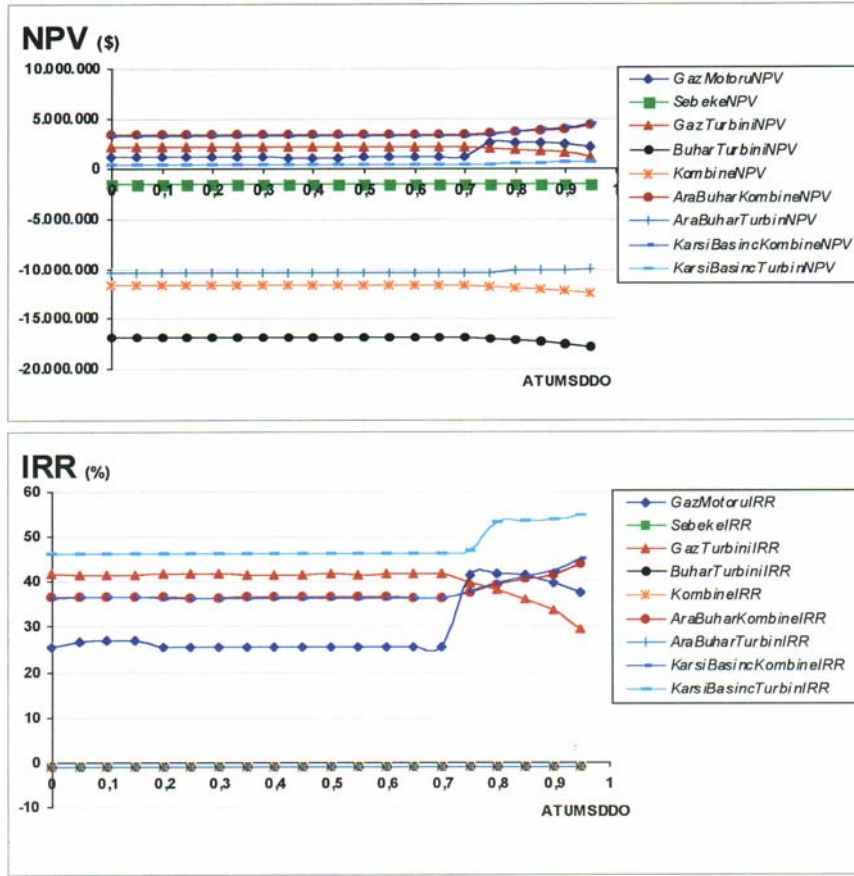
9.2.1. Senaryo 2' de baz alınan sayısal kıstaslar

Programaya 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 16. Değişen ATÜMSDDO'ya göre $E = P_E / P_Q$ oranının değişimi[1].



Şekil 17. Değişen ATÜMSDDO'ya göre NPV ve IRR sonuçlarının değişimi[1].

9.2.2. Senaryo 2' nin yorumlanması

ATÜMSDDO' nun bire yaklaşması, atık tüm sıcak sularından ısı geri kazanımında yararlanma oranının %0' a yaklaşması demektir. ATÜMSDDO' nun sifıra 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):

ATÜMSDDO < 0,85' te NPV = 5.500.000\$ ve IRR = %74 düzeyinde sabit kalmaktadır. Ancak ATÜMSDDO > 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):

ATÜMSDDO < 0,7' de NPV = 5.800.000\$ ve IRR = %39 düzeyinde sabit kalmaktadır. ATÜMSDDO > 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):

ATÜMSDDO > 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\$ mertebesinde 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\$ mertebesinde 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\$ mertebesinde 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:

ATUMSDDO > 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.

9.3. Senaryo 3

Burada amaç; sabit olarak belirlenmiş olan, pamuklu ve sentetik ipliklerin dokuma bölümündeki işleme 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.

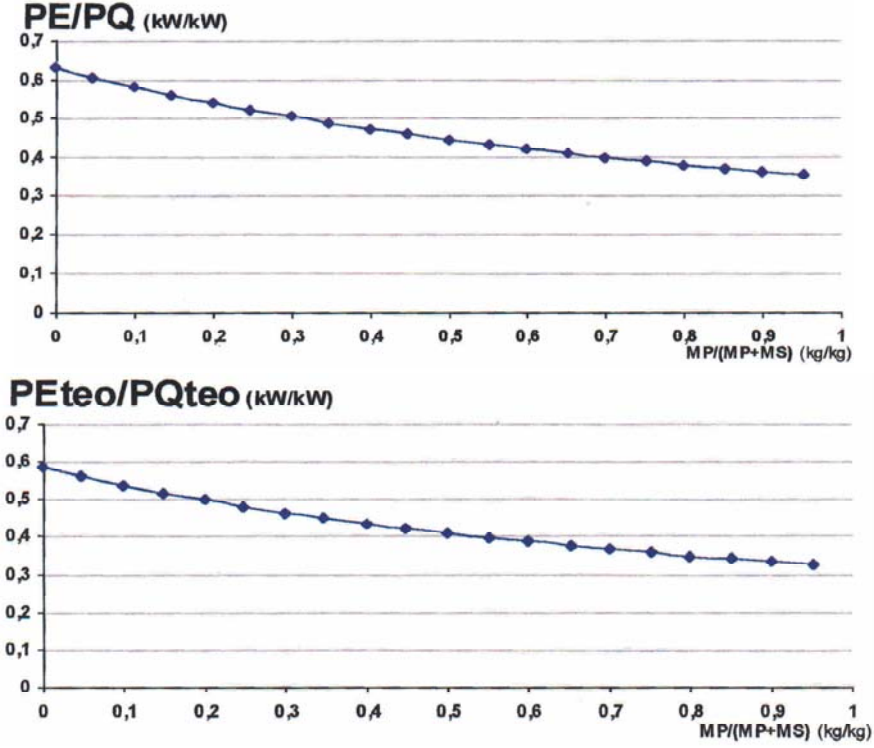
Sayısal hesaplamalara ait sonuçlar ilişikteki grafiklerde gösterilmiştir.

6.8.3.1. Senaryo 3' de baz alınan sayısal kıstaslar

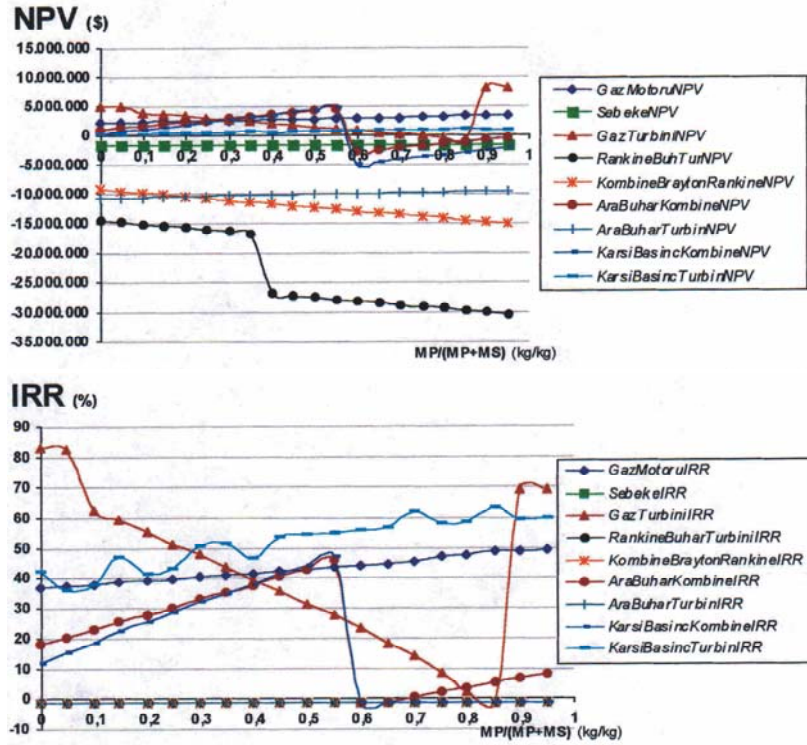
Programaya girilen sabitler: ATÜMSDDO = 0,75, PDDO : % 60, SDDO : % 40

Programda atanan değişken: $MP/(MP+MS) = 0 \dots 1$

Yukarıdaki kıstaslara göre elde edilen sonuçlar ilişikteki grafiklerde gösterilmiştir.



Şekil 18. Değişen $MP/(MP+MS)$ oranına göre $E = P_E / P_Q$ oranının değişimi[1].



Şekil 19. Değişen $MP/(MP+MS)$ oranına bağlı olarak NPV ve IRR sonuçlarının değişimi[1].

9.3.2. 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 Basıncılı 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.

9.4. 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 kârlılığına etkisi,
- ii. Yatırımların iç getiri oranına (IRR) olan etkisini, incelemektir.

Sayısal hesaplamalara ait sonuçlar ilişikteki grafiklerde gösterilmiştir.

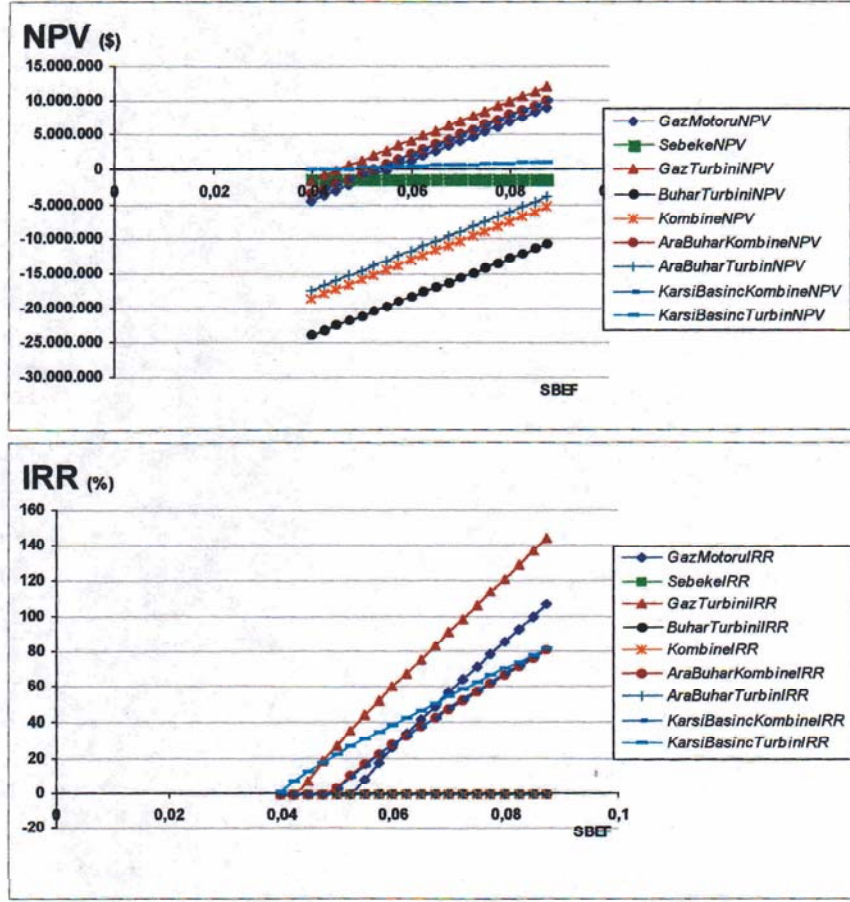
9.4.1. Senaryo 4' de baz alınan sayısal kıstaslar

Programaya 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, $P_{E_{teo}} / P_{Q_{teo}} = 0.437$ '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 20. Değişen SBEF'ye bağlı olarak NPV ve IRR sonuçlarının değişimi[1].

9.4.2. 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, $-5.000.000\text{\$}$ seviyesinden $+9.000.000\text{\$}$ seviyesine yükselmektedir. Buna karşılık IRR değeri %0- %113 değerine yükselmektedir. IRR cinsinden makul bir kârlılığa $SBEF = 0.055 \text{\$/kWh}$ 'den itibaren ulaşılmaktadır. NPV cinsinden de yine aynı seviyede, yani $SBEF = 0.055 \text{\$/kWh}$ '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, YF'nin $0.015\text{\$/kWh}$ olduğu koşullarda, ancak $SBEF > 0.055\text{\$/kWh}$ olduğu işletme koşullarında kârlı olmaktadır.

c) Gaz Türbini (1) :

Gaz türbini (1)'e ait NPV değeri; $SBEF = 0.04 - 0.09$ aralığında, $-5.000.000\text{\$}$ seviyesinden $+8.000.000\text{\$}$ seviyesine yükselmektedir. Buna karşılık IRR değeri %0- %120 değerine yükselmektedir. IRR cinsinden makul bir kârlılığa $SBEF = 0.06 \text{\$/kWh}$ 'den itibaren ulaşılmaktadır. NPV cinsinden de yine aynı seviyede, yani $SBEF = 0.06 \text{\$/kWh}$ '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, YF'nin $0.015\text{\$/kWh}$ olduğu koşullarda, ancak $SBEF > 0.06 \text{\$/kWh}$ olduğu işletme koşullarında kârlı olmaktadır.

d) Gaz Motoru (1) :

Gaz motoru (1)'e ait NPV değeri; $SBEF = 0.04 - 0.09$ aralığında, $-5.000.000\text{\$}$ seviyesinden $+8.000.000\text{\$}$ seviyesine yükselmektedir. Buna karşılık IRR değeri %0- %120 değerine yükselmektedir. IRR cinsinden makul bir kârlılığa $SBEF = 0.06 \text{\$/kWh}$ 'den itibaren ulaşılmaktadır. NPV cinsinden de yine aynı seviyede, yani $SBEF = 0.06 \text{\$/kWh}$ '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 $0.015\text{\$/kWh}$ olduğu koşullarda, ancak $SBEF > 0.06 \text{\$/kWh}$ olduğu işletme koşullarında kârlı olmaktadır.

e) Kombine Gaz Türbini ve Karşı Basıncılı Buhar Türbini:

Bu sisteme ait NPV değeri; $SBEF = 0.04 - 0.09$ aralığında, $-4.000.000\text{\$}$ seviyesinden $+10.000.000\text{\$}$ seviyesine yükselmektedir. Buna karşılık IRR değeri %0- %80 değerine yükselmektedir. IRR cinsinden makul bir kârlılığa $SBEF = 0.067 \text{\$/kWh}$ 'den itibaren ulaşılmaktadır. NPV cinsinden de yine aynı seviyede, yani $SBEF = 0.067 \text{\$/kWh}$ '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 $0.015\text{\$/kWh}$ olduğu koşullarda, ancak $SBEF > 0.067 \text{\$/kWh}$ 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, $-4.000.000\text{\$}$ seviyesinden $+10.000.000\text{\$}$ seviyesine yükselmektedir. Buna karşılık IRR değeri %0- %80 değerine yükselmektedir. IRR cinsinden makul bir kârlılığa $SBEF = 0.067 \text{\$/kWh}$ 'den itibaren ulaşılmaktadır. NPV cinsinden de yine aynı seviyede, yani $SBEF = 0.067 \text{\$/kWh}$ '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 $0.015\text{\$/kWh}$ olduğu koşullarda, ancak $SBEF > 0.067 \text{\$/kWh}$ olduğu işletme koşullarında kârlı olmaktadır.

g) Karşı Basıncılı Buhar Türbini:

Bu sisteme ait NPV değeri; $SBEF = 0.04 - 0.09$ aralığında, $0\text{\$}$ seviyesinden $+1.000.000\text{\$}$ seviyesine yükselmektedir. Buna karşılık IRR değeri %0- %80 değerine yükselmektedir. IRR cinsinden makul bir kârlılığa $SBEF = 0.047 \text{\$/kWh}$ 'den itibaren ulaşılmaktadır. NPV cinsinden de yine aynı seviyede, yani $SBEF = 0.047 \text{\$/kWh}$ '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 $0.015\text{\$/kWh}$ olduğu koşullarda, ancak $SBEF > 0.047 \text{\$/kWh}$ olduğu işletme koşullarında kârlı olmaktadır.

9.5. 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:

- 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,
- Yatırımların bugünkü net değer (NPV) cinsinden kârlılığın etkisi,
 - Yatırımların iç getiri oranına (IRR)'ye olan etkisini, incelemektir.

Sayısal hesaplamalara ait sonuçlar ilişikteki grafiklerde gösterilmiştir.

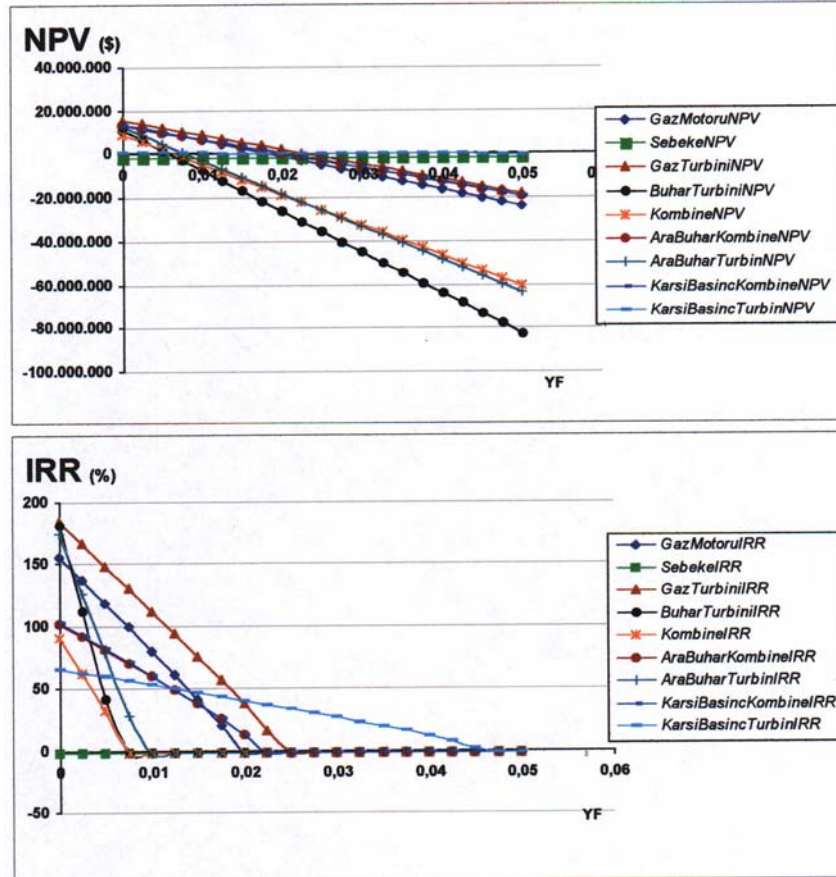
9.5.1. Senaryo 5' de baz alınan sayısal kıstaslar

Programda 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 sebeple bununla ilgili grafiğin gösterilmesinde yarar görülmemiştir.

Yukarıdaki kıstaslara göre elde edilen diğer sonuçlar ilişikteki grafiklerde gösterilmiştir.



Şekil 21. Değişen YF'ye bağlı olarak NPV ve IRR sonuçlarının değişimi[1].

9.5.2. 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 Basıncılı 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 Basıncılı Buhar Türbini:

Bu sisteme ait NPV değeri; $YF = 0.0 - 0.05$ aralığında, +1.000.000\$ seviyesinden - 1.000.000\$ seviyesine düşmektedir. Buna karşılık 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 basıncılı 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.

10. 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 çözümlenmesini 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 sürece

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 basıncılı buhar türbini, kombine gaz türbini ve ara buhar almalı buhar türbini, karşı basıncılı buhar türbidir. 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 basıncılı buhar türbini

4. Gaz motoru (1)

5. Gaz türbini (2)

6. Kombine gaz türbini ve karşı basıncılı buhar türbini,
ile Kombine gaz türbini ve ara buhar almalı buhar türbini

(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 arasında 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.

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 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 sebeple, 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} ' in 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

- [1] TURNA, T., "Entegre Tekstil Prosesleri İçin Uygun Bileşik Elektrik ve Isı Sistemlerinin Belirlenmesi", Yıldız Teknik Üniversitesi F.B.E. Makina Mühendisliği Anabilim Dalı Isı Proses Programı Doktora Tezi, 2002.
- [2] Tarakçıoğlu, I., Tekstil Terbiye İşletmelerinde Enerji Tüketimi ve Tasarrufu, Uludağ Üniv. Basımevi - 1984, Yayın No. belirtilmemiş, 1984.
- [3] Pamukçu, B., "İşletme Finansı", Der Yayınevi, Yayın No: 62, 1989.
- [4] Aybers, N., Şahin, B., "Enerji Maliyeti", YTÜ Yayını, İstanbul, Yayın No:299, 1995.

ÖZGEÇMİŞ

Tamer TURNA

1967 yılı Stuttgart/Almanya doğumludur. 1990 yılında YTÜ Mühendislik Fakültesi Makina Bölümünü bitirmiştir. Aynı Üniversiteden 1992 yılında Yüksek Mühendis ve YTÜ F.B.E.'den 2002 yılında Doktor Mühendis ünvanını almıştır. 1982 – 1994 Yılları arasında Turna Soğutma Ltd. Şirketi, 1994-1996 Yılları arasında Borusan Güç Sistemleri A.Ş. de Enerji Bölüm Yöneticisi, 1997-1998 Yıllarında SEAB GmbH'da Genel Müdür Yardımcısı, 1998-2000 Yıllarında Aksa Enerji Üretim A.Ş.'de Genel Müdür Yrd., 2000 – 2001 Yıllarında MVV Energie AG'de Türkiye'deki Enerji Yatırımlarından Sorumlu Genel Müdür ve 2002'den bu tarafa Caterpillar Power Ventures Inc./USA için Türkiye'deki Enerji Projeleri Geliştirme Temsilcisi olarak çalışmaktadır.

Dr. Tamer Turna 1993'den bu tarafa yurt içinde ve yurt dışında olmak üzere toplam 400MW_{el.}'ye yakın bir kapasiteye sahip enerji santralı ve bileşik elektrik ve ısı sistemlerinin proje geliştirme, ön ve detay mühendislik, proje ve taahhüt, proje finansmanı, ithalat ve ihracat, izin ve ruhsat alma işlerinin yürütülmesinde ve yönetilmesinde çalışmış ve deneyimlerini geliştirmiştir.