

TERMİK SANTRAL YAPIMINDA PROJE YÖNETİMİNE GENEL BİR BAKIŞ

Nilgün Ercan

Türkiye’de Termik Santraller Paneli

TMMOB-MMO

ODTÜ Mezunları Derneği

29 Nisan 2017

AMAÇ

- Türkiye’de **enerjideki dışa bağımlılık** genellikle enerji kaynaklarındaki dışa bağımlılık olarak anlaşılmakta, teknolojik, finansal ve teknik hizmetlerdeki dışa bağımlılık gözden kaçırılmaktadır.
- Dışa bağımlılığın azaltılması da gözönünde bulundurularak, termik santral projelerinin yaşama geçirilmesinde her türden kaynağın etkin şekilde kullanılabilmesi önemlidir. **Proje yönetimi** kaynakların etkin şekilde kullanılmasının önemli araçlarından biridir.
- Çalışmanın amacı termik santral projelerinin yönetiminde yaşanan sorunlara dikkat çekerek yönetim yetersizliğinin yol açtığı sorunların azaltılmasına katkıda bulunmaktır.
- Termik santrallerin yapım süreci burada ana hatlarıyla ve genel bir bakış açısıyla aktarılmaya çalışılacaktır.

Proje Yönetimi

- Projenin fizibilitesi ve ön tasarımından başlayıp ihaleye çıkılıp tekliflerin alınmasına; tasarımın detaylandırılmasına ve tesisin projelendirilmesine; yapımı ve işletmeye alma çalışmaları tamamlanan tesisin, sözleşmede/sözleşmelerde belirlenmiş olan garanti değerlerini karşılayıp karşılamadığını gösteren performans testlerinin yapılmasına ve sözleşmenin idari, mali ve teknik koşullarının tamamlanmasına kadar olan süreç ile tüm bu süreçte finans kaynakları dahil, tüm kaynakların etkin bir şekilde kullanılması proje yönetiminin kapsamına girmektedir.

Projenin safhaları

- **Kavramsal çalışmalar ve fizibilite çalışmaları**
- **Projenin Planlanması**
- **Teklif alma ve sözleşme**
- **Projenin uygulanması ve sonuçlanması**

Kavramsal alışmalar ve fizibilite alışmaları

- Projenin geliştirilmesine neden ihtiyaç duyuluyor?
- Enerji kaynağının durumu ve zellikleri
- Tesis kapasitesinin değerlendirilmesi
- Teknolojinin analiz edilmesi
- Sahanın/sahaların değerlendirilmesi
- Çevresel etkilerin değerlendirilmesi
- İzinlerin ve gerekli onayların alınması, istimlakların/kamulaştırmaların yapılması
- Projedeki görevlerin analiz edilmesi
- n tasarım seçeneklerinin belirlenmesi

Projenin Planlanması

- Projenin kavramsal tasarımının, temel teknik parametrelerinin belirlenmesi ve şartnamelerin hazırlanması
- İhale yönteminin belirlenmesi, ihale dokümanlarının ve teklif çağrılarının hazırlanması
- Ön yeterlilik için değerlendirme kriterlerinin oluşturulması

Teklif alma ve sözleşme

- Ön yeterlilik için teklif çağrısı, başvuruların toplanması ve ön yeterliliklerin değerlendirilmesi
- Teklif alma için ön yeterlilik alan firmaların listesinin oluşturulması
- Tekliflerin alınması ve değerlendirilmesi
- Sözleşme görüşmelerinin yapılması
- Yüklenicilerin belirlenmesi

Projenin uygulanması ve sonuçlanması

- Sözleşmenin yürürlüğe girmesi ve yürütülmesi
- Yüklenicilerin detay tasarımı geliştirmesi
- Tasarımın incelenmesi ve onayların verilmesi
- Alt yüklenicilerin onaylanması
- Yüklenicilerin yapım ve devreye alma çalışmalarını yürütmesi
- Sahada çalışmaların kontrol edilmesi
- Devreye alma çalışmaları
- İşletme personelinin eğitimi
- Tamamlanmış tesisin tasarıma ve sözleşmelere uygunluğunu kontrol için kabul testleri

Sözleşmelerin kapsamı

- Sahanın hazırlanması, kazı ve düzeltme işleri,
- Monte edilecek ekipman ve sistemlerin tasarım ve mühendislik hizmetleri,
- Resim, proje, plan, bakım talimatları vb. belgelerin zamanında temin edilmesi,
- Malzemenin imalatı, uygun şekilde sahaya sevki ve sahada depolanması,
- Ekipmanların imalat-fabrika testleri,
- İnşaat, montaj ve nezaret,
- Ekipmanların ve sahadaki gerekli yerlerin koruyucu kaplaması,
- Gerekli ayarların yapılması, fonksiyon testleri, yol verme, senkronizasyon, deneme işletmesi ve performans testleri,
- Güvenilir bir işletme için gerekli olan tüm alet-ekipman ve işletme-bakım talimatları, gerekli yedek parçalar vb.

Uyulması gereken şartlar

- Tüm personelin güvenliği ve sağlığına ilişkin dzenlemelere uyulması ve gerekli koşulların yerine getirilmesi ,
- Yangın sındırme, diğer acil durum unitelerinin bulunması,
- Atıklar ve gürültü gibi çevre kalitesine ilişkin faktörlerle ilgili olarak yapılmış dzenlemelere ve sınırlamalara uyulması,
- Standartlar ve kodlarla uyumlu olunması,
- Teçhizatın korunması, güvenilirliğine dikkat edilmesi,
- Malzemenin korozyona uğramaması için gerekli önlemlerin alınması,
- Prototip kullanılmaması

Dokümanların temin edilmesi

- **ETPY’de belirtilen dokümanlar:**

EK-2.A’da“Elektrik Tesisleri Proje Kapsamı”: Santralin genel yerleşim planı, inşaat projeleri, tek hat şeması, tesis bilgi formu, tesis yeri uygunluk belgesi, yetki yazısı ve ekleri, lisans, sistem bağlantısına ait görüş ve anlaşma, ÇED belgesi, jeolojik etüd/zemin etüd raporu, standartlar listesi, elektromekanik teçhizat için sözleşme ve ekleri, uygunluk belgesi, inşaat tasarım hesapları, santral ünitelerinin performans eğrileri, kısa devre hesapları, primer teçhizat seçim hesabı, röle koordinasyon ve selektivite hesabı, iletken/kablo seçim hesapları, topraklama ve yıldırımdan korunma hesabı gibi belgeler,

EK-4’de elektrik üretim tesisleri için gereken ön proje ve belgeler arasında genel yerleşim planı, tek-hat şeması, tesis bilgi formu, kısa devre hesapları, fizibilite raporu, kısa devre hesapları, yetki yazısı ve ekleri, ön lisans/lisans belgeleri, sistem bağlantı görüşü, ÇED belgesi ve elektromekanik teçhizat teknik şartnamesi,

EK-5’teprojelendirme sürecinde uyulacak, elektromekanik teçhizat, buhar türbini, gaz türbini, kazan, soğutma kulesi gibi santral bölümlerine ait standartların listeleri yer almaktadır.

Dokümanların temin edilmesi (devamı)...

- Santralın kodlama sistemine ve bir programa uygun olarak, genel akış şeması ve alt sistemlerin akış şemaları, minimum, normal ve maksimum yük şartlarında madde denklik şemaları, sıcaklık, basınç gibi su-buhar parametreleri, temel resimleri, ağırlıklar, yükler, genişleme kuvvetleri, dinamik kuvvetleri vb. gösteren şema, resim ve statik hesaplar, donanımın boyut ve kesit resimleri, montaj resimleri, mimari resimler, boru tesisat resimleri, prosesin akış şemalarından üretilen borulama ve enstrümantasyon diyagramları (P&ID's), imalat, fabrika testlerine ait dokümanlar, sevk programları, sevk evrakları, kaplama resimleri, test prosedürleri, projelerin uygulama resimleri, İşletme ve Bakım Talimatları gibi dokümanların ve işin ilerleme durumunu gösteren aylık ilerleme raporlarının temin edilmesi istenir.

Proje Grubu

- Teknoloji yoğun projeler olan termik santraller mühendislik hizmetleri ağırlıklı olup, termik santral projelerinde çeşitli mühendislik disiplinleri yer alır.

İş sahibi, gerekli gördüğü takdirde temel tasarımdan başlayarak, sistem ve ekipman spesifikasyonları, detay tasarım, resimler, sahada nezaret, testler ve devreye alma çalışmaları için **danışmanlık/mühendislik firması** ile çalışır.

Proje Grubu (devamı)...

- Büyük projeler, uzmanlıkları farklı, çalışma gruplarından oluşan kompleks sistemler olarak ele alınabilir.
- Projelerin yürütülmesi sırasında, mühendislik faaliyetleri, sözleşme koşullarının idari ve mali takibi, sahadaki yapım ve montaj işleri ve bunların denetlenmesi, kalite güvencesinin sağlanması gibi kompleks ve çok yönlü faaliyetlerden ve bu süreçte üst yönetim ile saha yönetimi arasındaki ilişki, saha yönetiminde farklı mühendislik gruplarının kendi arasındaki ve kontrol grupları ile olan koordinasyonu önemlidir.

Projenin kompleksliğinin fonksiyonel entegrasyona olan ihtiyacı arttırdığı belirtilmektedir.

Projenin takibi

- Projenin planlanması, programlanması ve ilerleme durumunun takibinde ve darboğazların görülmesinde yaygın olarak kullanılan yönetim araçlarından biri **CPM (critical path method/kritik yol yöntemi)** olarak adlandırılan tekniktir.
- Bir proje birbirine bağlı ve birbiriyle ilişkili çok sayıda faaliyetten oluşmaktadır. Bu faaliyetler belirli sürelerde tamamlanabilmektedir. CPM tekniğinin kullanılması için öncelikle belirlenmesi gereken hususlar vardır:
 - a) Proje için gerekli olan faaliyetleri belirlemek
 - b) Faaliyetlerin öncelik bağlantılarını belirlemek;
- Bu bağlantılar belirlendikten sonra öncelik sıralamasını ve bağlantısını gösteren ağ tamamlanabilir.
- Bundan sonra proje için bir zaman çizelgesi oluşturmak amacıyla faaliyetlerin süresi belirlenir. Buradan kritik yol bulunur; kritik yol çizilen şemada en uzun süren yol, ama proje için en erken bitirme süresidir. Ayrıca en erken ve en geç başlama zamanları; en erken ve en geç bitiş zamanları ve esneklik süreleri hesaplanabilir

Projenin takibi (devamı) ...

Kritik Yol Metodunun yararları:

- Projenin grafik bir gösterimini sunar.
- Projedeki faaliyetlerin birbiriyle bağlantısını görünür hale getirir.
- Projenin planlama, programlanma ve kontrol edilmesine katkıda bulunur.
- Kritik yolu göstererek kritik faaliyetlere özel dikkat gösterilmesine yardım eder.
- Hangi faaliyetlerde esneklik olabileceğini gösterir.

Kritik Yol Metodunun zayıflıkları:

- Metod, kaynakların her zaman emre amade olduğunu varsayar; kaynaklara bağlı olduğunu dikkate almaz;
- Daha ziyade kritik faaliyetler üzerine yoğunlaşılır, kimi zaman kritik gibi görünmeyen faaliyetler gecikmelere neden olabilir

Santralın İşletmeye Alınması, Deneme İşletmesi ve Kabul Süreci

- Fonksiyon testleri, kazanı ilk ateşleme, kimyasal temizleme, buharla üfleme, türbine yol verme ve ulusal elektrik şebekesine bağlanma, santralın yük almaya başlaması...
- Deneme işletmesinin amacı santral ünitelerinin tüm alt sistemleriyle birlikte güvenilir şekilde çalıştığının gösterilmesidir.
- Deneme işletmesinin başarılı sayılması için, bu süre içinde ünitelerin kapasitesine göre belirli bir üretim yapma zorunluluğu, yüklenicinin hatası nedeniyle ünitelerin uzun süreli ve sıklıkla durdurulmaması için belirli kısıtlar getirilebilir. Deneme işletmesi alt sistemlerde ve teçhizatta ortaya çıkan sorunları saptama ve düzeltme olanağını sağlar.

Performans testleri

- **Gaz-türbini:** ASME PTC 22, ISO 2314 (ASME: The American Society of Mechanical Engineers, Amerikan Makina Mühendisleri Derneği)
- **Buhar türbini:**ASME PTC 6, DIN 1943/IEC 953
- **Buhar üretici(kazan):**ASMEPTC 4-2013 “Fired Steam Generators”,DIN EN 12952-15
- **Kondenser:**ASME PTC 12.2
- **Soğutma kulesi:**BS 4485 , DIN 1947, ASME PTC 30
- **Tüm tesis performansı:**ASME PTC 46
- **Kompresör:**ASME PTC 10, VDI 2045
- **Test belirsizlikleri:** ASME PTC 19
- **Yoğunlaştırılmış termal güneş enerjisi santralleri:**ASME PTC 52 (geliştirilme aşamasında)

Kaynak: Performance Testing Presented by Dipl. -Ing. Florian Michl TÜV SÜD Industrie Service GmbH Munich / Germany, Ekim 2014,

- Bunların yanı sıra, baca gazı arıtma tesisi performans testleri, su hazırlama ve atık su arıtma sistemlerinin performans testleri, santral iç sarfiyatının ölçümleri, titreşim –gürültü- diğer emisyon ölçümleri vb.

Testlerin yürütülmesi

- Testlerin sağlıklı şekilde yürütülmesi için de önceden başlatılan bir organizasyona ihtiyaç duyulur. Performans testlerinin tarafları test öncesinde ilgili kodlarda belirtilmeyen hususlarda mutabakata varmalı, test süresi ve planı taraflarca onaylanmalı ve tarafların/temsilcilerinin test ekiplerinin sorumlulukları belli olmalıdır.
- Garanti değerleri, referans koşullara göre verildiğinden, testin yapıldığı koşullar için düzeltme eğrileri test dokümanlarının bir parçası olmalıdır. Testler sırasında kullanılacak kalibre edilmiş test cihazlarının nerelere yerleştirileceği belli olmalıdır.
- Esas testler öncesinde her şeyin test programına uygun olarak gitmesini sağlamak, enstrümanların çalışma durumunu, çevrimin izolasyonunu, tarafların sorumluluklarını kontrol amacıyla tarafların hazır bulunacağı ön test yapılması, testler öncesinde tesisin işletme koşullarının kararlı (stabil) hale getirilmesi gerekir.

Verim

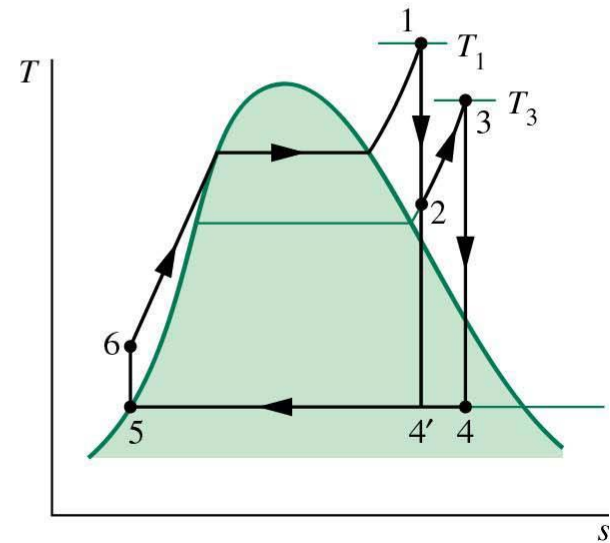
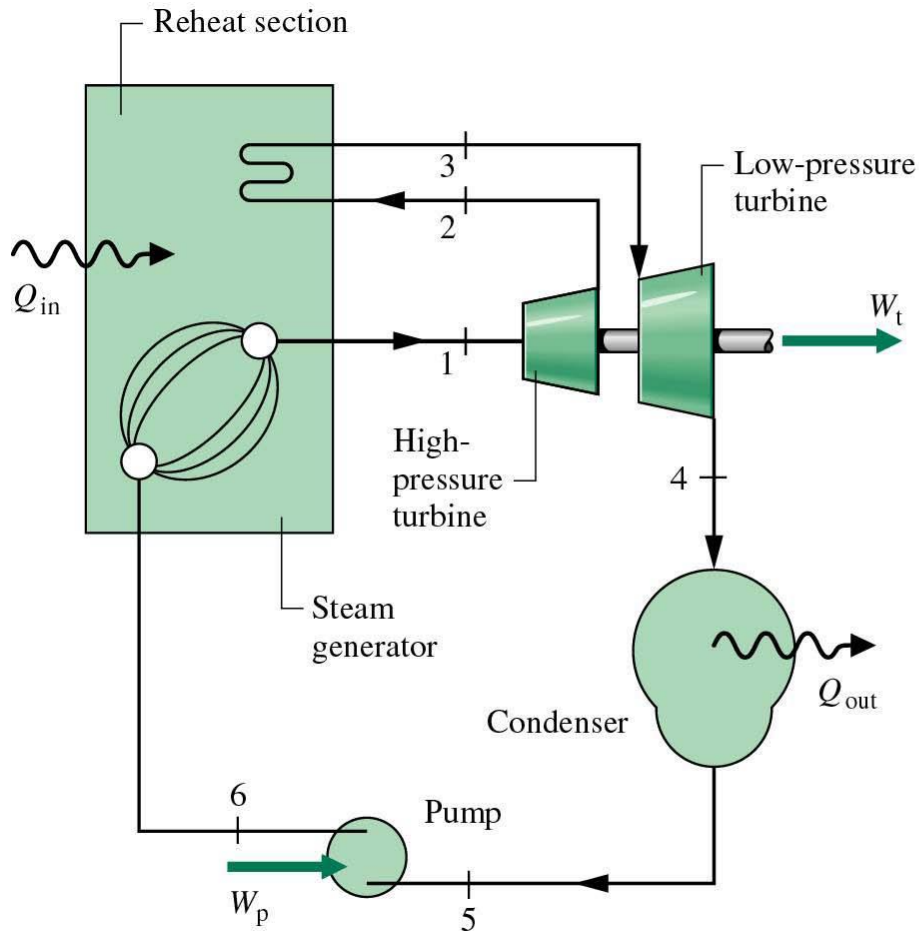
- Verim

$\eta = \text{üretilen elektrik enerjisi} / \text{giren toplam enerji}$

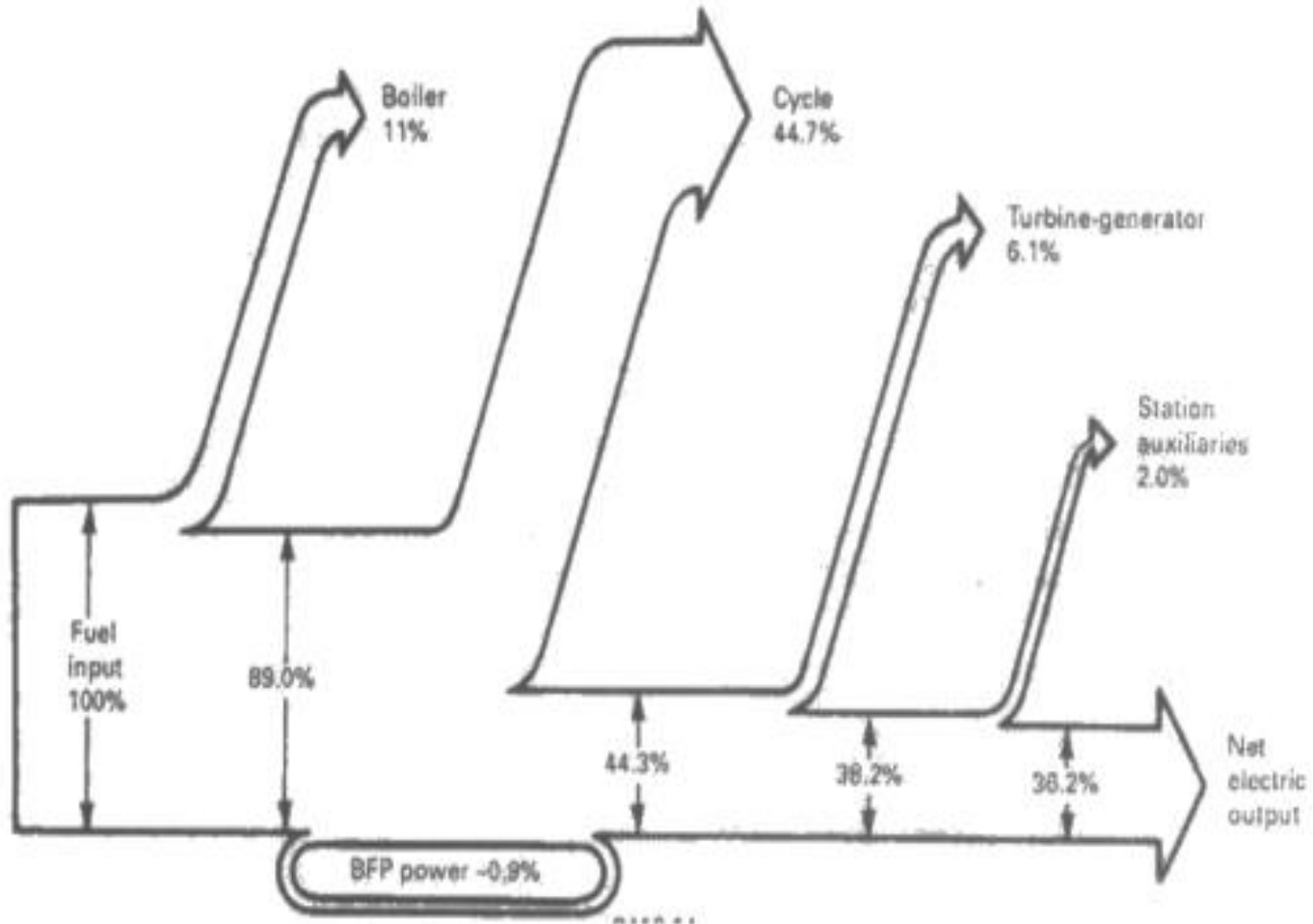
olarak tanımlanmaktadır.

Ünitenin özgül ısı tüketimi de termik santral veriminin bir ölçütüdür. Özgül ısı tüketimi, ünitenin bir kWh (kilowattsaat) üretmek için kullandığı enerjiyi kJ/kWh veya kcal/kWh olarak gösterir. Buradan verimi hesaplamak için bir kWh'ın karşılığı olan 3600 kJ veya 860 kcal değerini özgül ısı tüketimine bölmek gerekir.

Rankine çevrimi



Kayıplar



Kazan Kayıpları

$$\eta_k = 1 - (Q_{\text{losses}} / Q_{\text{input}})$$

- Baca gazının sıcaklığına bağlı olan ısı kaybı
- Baca gazında yanmamış yakıttan kaynaklanan kayıplar
- Kül-cürufta yanmamış yakıttan(karbon) kaynaklanan kayıp
- Kül-cürufun duyulur ısısından kaynaklanan kayıp
- Radyasyon ve konveksiyon ile kayıp

Büyük Projelerde Sorunlar ve Nedenleri*

Planlama safhasında performans eksikliğinin nedenleri

- **Maliyet ve zaman açısından gerçekçi olmayan planlama** (sıkıştırılmış bir program ve rekabetçi düşük fiyatlar gibi)
- **İşin yürütülmesi safhasına ait gereksinimlerin eksik değerlendirilmesi**
- **Projenin kompleksliğinin eksik öngörülmesi** (bu türden bir kompleks işi yönetmek için gerekli olan yeterlilik düzeyinin kavranmasında eksiklik)
- **Boyut ve malzeme gereksinimlerinin eksik tahmin edilmesi** (bu büyüklükteki kaynakları temin etmek ve yönetmek konusunda gerekli olan yeterlilik düzeyine yüzeysel yaklaşım)

*Kaynak: Adnan Haidar and Ralph D. Ellis Jr. "Analysis and Improvement of Megaprojects Performance", Working Paper Proceeding, Engineering Project Organizations Conference South Lake Tahoe, CA November 4-7, 2010,

Büyük Projelerde Sorunlar ve Nedenleri

Planlama safhasında performans eksikliğinin nedenleri (devamı)

- **Risklerin eksik değerlendirilmesi** (Teknik, işletmeye ilişkin ve ticari riskler için düşük fonlar)
- **Uzun vadeli planlama yapmanın zorluğu**
- Özellikle yenilikçi tasarımlarda **yetersiz tasarım sorunu**,
- Resmi prosedürler ve düzenlemeler, çevre ve diğer **izin ve onaylarla ilgili faktörlerin etkisi**

Büyük Projelerde Sorunlar ve Nedenleri

İşin yürütülmesi safhasında performans eksikliğinin nedenleri

- Uygun olmayan planlama, işin yürütülmesi safhasına ait gereksinimlerin eksik olması ve tam olmayan tasarım dokümanları nedeniyle yapılan değişiklikler ve yanlışlar
- Üretkenlik kaybına neden olan **zayıf proje kültürü**
- **Projenin boyutu ve kompleksliği karşısında yetersiz kalan, eksik proje organizasyonu**
- **Zayıf ekip çalışması ve yetersiz iletişim**

Büyük Projelerde Sorunlar ve Nedenleri

İşin yürütülmesi safhasında performans eksikliğinin nedenleri (devamı)

- Çalışma ekiplerinin zayıf koordinasyonu ve entegrasyonu, kritik pozisyonlarda deneyimsiz personelin yer alması
- Taraflar arasında çekişmeli ilişkiler ve anlaşmazlıklar
- İdari müdahaleler ve paralize olmuş durumdaki kamu/özel işbirliği işletmesi sonucunda, **iş sahibinin karar verme yapısında ortaya çıkan verimsizlik**

Türkiye'deki geçmiş pratiğin gösterdiği önemli bir teknik mesele de, linyite dayalı termik santrallarda projelendirme safhasında tasarımın dayandırıldığı yakıt özelliklerinin işletme safhasında temin edilen kömürün özellikleri ile uyumlu olmaması ve bunun tesis bileşenleri ve işletmede yarattığı sorunlardır.

Elektrik Tesisleri Proje Yönetmeliği

- **Elektrik Tesisleri Proje Yönetmeliği (ETPY)** ETKB tarafından 30 Aralık 2014 tarihli, 29221 sayılı Resmi Gazete (Mükerrer)'de yayımlanmıştır. ETKB, 7 Kasım 2015 tarihli Resmi Gazete'de bu Yönetmeliğin ekinde yer alan "EK-2.A Elektrik Üretim Tesisi Proje Kapsamı"nı değiştirmiştir.
- Bu Yönetmelik'te, ön lisans, ön proje, proje onay birimi (POB), proje uzmanlık sertifikası (PUS) gibi tanımlamalar yer almaktadır.
- ETKB'nin 26.07.2016 (daha sonra 29.12.2016 tarihli) Elektrik Tesislerinin Proje Onay ve Kabul Yetkilendirmeleri ile ilgili duyurusunda, kamu kuruluğu olan EÜAŞ tarafından yapılan elektrik üretim tesislerinin proje onay, kabul ve tutanak onay işlemlerinin yine aynı kurum tarafından yapılması haricinde, lisanslı termik santraller için yetkilendirilen herhangi bir kuruluş bulunmadığı görölmektedir.

Elektrik Üretim Tesisleri Kabul Yönetmeliği

- ETKB tarafından, tesisin senkronizasyonu ve kabul sürecine ilişkin olarak 6 Kasım 2015 tarih ve 29524 sayılı Resmi Gazete’de **Elektrik Üretim Tesisleri Kabul Yönetmeliği** yayımlanmıştır.
- Bakanlık, söz konusu Yönetmeliğin Geçici 1.maddesine dayanarak, bu Yönetmeliğin yayımlanma tarihinden itibaren,önce ilk altı ay, sonrasında ikinci altı ay daha elektrik üretim tesislerinin kabul işlemlerinin, 07.05.1995 tarihli ve 22280 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan eski Elektrik Tesisleri Kabul Yönetmeliği hükümlerine göre yürütüleceğini duyurmuştur.
- Bu sürenin bitiminden yaklaşık bir ay sonra, ETKB tarafından 3 Aralık 2016 tarih ve 29907 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan “**Elektrik Üretim Tesisleri Kabul Yönetmeliği’nde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik**” ile Elektrik Üretim Tesisleri Kabul Yönetmeliği’nin Geçici 1’inci maddesinde yapılan değişiklikle 6/11/2016 tarihinden itibaren geçerli olmak üzere, elektrik üretim tesislerine ilişkin kabul işlemlerinin 31/3/2017tarihine kadar, yukarıda belirtilen eski Elektrik Tesisleri Kabul Yönetmeliği hükümlerine göre yürütülebileceği belirtilmiştir.
- ETKB tarafından 14 Nisan 2017 tarih, 30038 sayılı Resmi Gazete’de, bir kez daha “**Elektrik Üretim Tesisleri Kabul Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik**” yayımlanmış, bu değişiklikle ağırlıklı olarak, kabul sürecinde teknik sorumluluğun yüklendiği **kontrol firmalarının** uyması gereken şartlar ve yeterliliklerine ilişkin yeni düzenleme yapılmıştır.

Sonuç Yerine...

- Ticarileştirme ve özelleştirme politikalarına uygun bir “**piyasa inşası**” nın birçok toplumsal, ekonomik ve çevresel maliyetlerinin olduğu görülmekte, tüm toplumun gereksinmesine yönelik kamu hizmetinin temini ile özel sektörün kâr etme beklentisi arasındaki uyumsuzluğun giderilmesine ihtiyaç duyulduğu anlaşılmaktadır.
- Kamu kuruluşu EÜAŞ’ın elektrik üretimi faaliyetinden çekilmesi sonrasında teknik hizmetlerde boşluklar ortaya çıkmış olup, ETKB’nin sistemin güvenilirliğini sağlamak amacıyla, piyasadaki özel sektör girişimlerinin teknik açıdan kontrol altına alınmasının gerekli olduğunun farkına vardığı ve bu amaçla bazı düzenlemeler yaptığı izlenmektedir.
- ETKB’nin proje onayı, tesislerin kabulü gibi süreçlerde teknik sorumluluğu devretmeye çalıştığı yapıların (**proje onay birimleri, “kontrol firmaları” vb.**) mevcut durumdaki kurumsal örgütlenmede karşılığının bulunup bulunmadığı tartışmalı olup, teknik açıdan sağlıklı bir altyapı ve işleyişin oluşturulamadığı görülmektedir.

Ekler:

Yakıta göre termik santral verimleri

- Kömür santralleri: %27 Hindistan % 43 Fransa
 - Gaz yakıtlı santraller: % 34 Fransa % 53 İngiltere ve İrlanda
 - Sıvı yakıtlı santraller : % 20% Hindistan % 46 Güney Kore
 - Fosil yakıtlı santraller: %29 Hindistan %45 İngiltere ve İrlanda
-
- 2011 yılında tüm ülkelerin ağırlıklı ortalaması: Kömür için % 35%, doğal gaz için % 48, sıvı yakıt için % 40 ve genel olarak fosil yakıtlar için % 38.

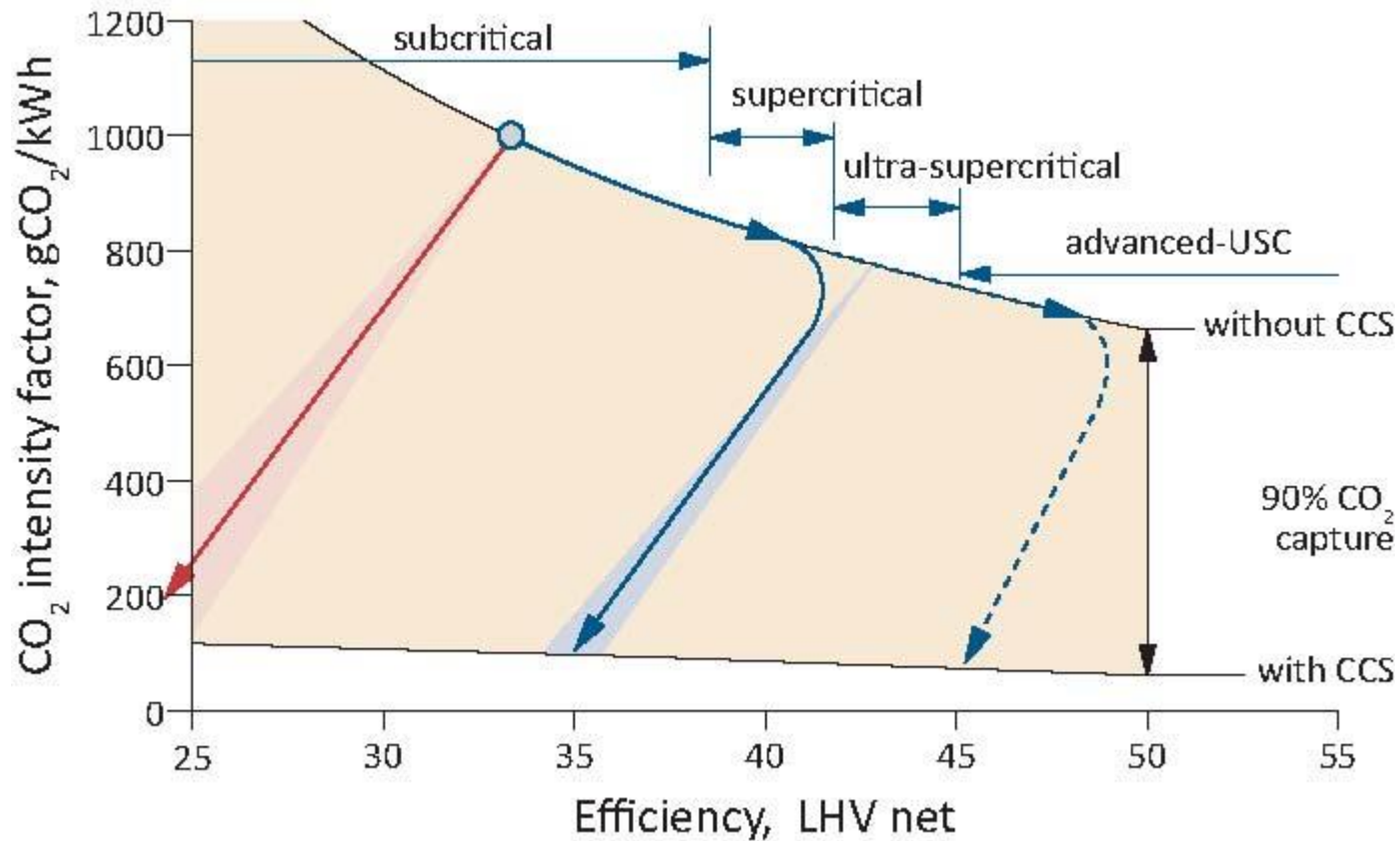
Kaynak: ECOFYS, 2014, 2009-2011 yıllarına ait verilerle yapılmış çalışma,
<http://www.ecofys.com/files/files/ecofys-2014-international-comparison-fossil-power-efficiency.pdf>

Ünite tiplerine göre basınç, sıcaklık ve verim aralıkları

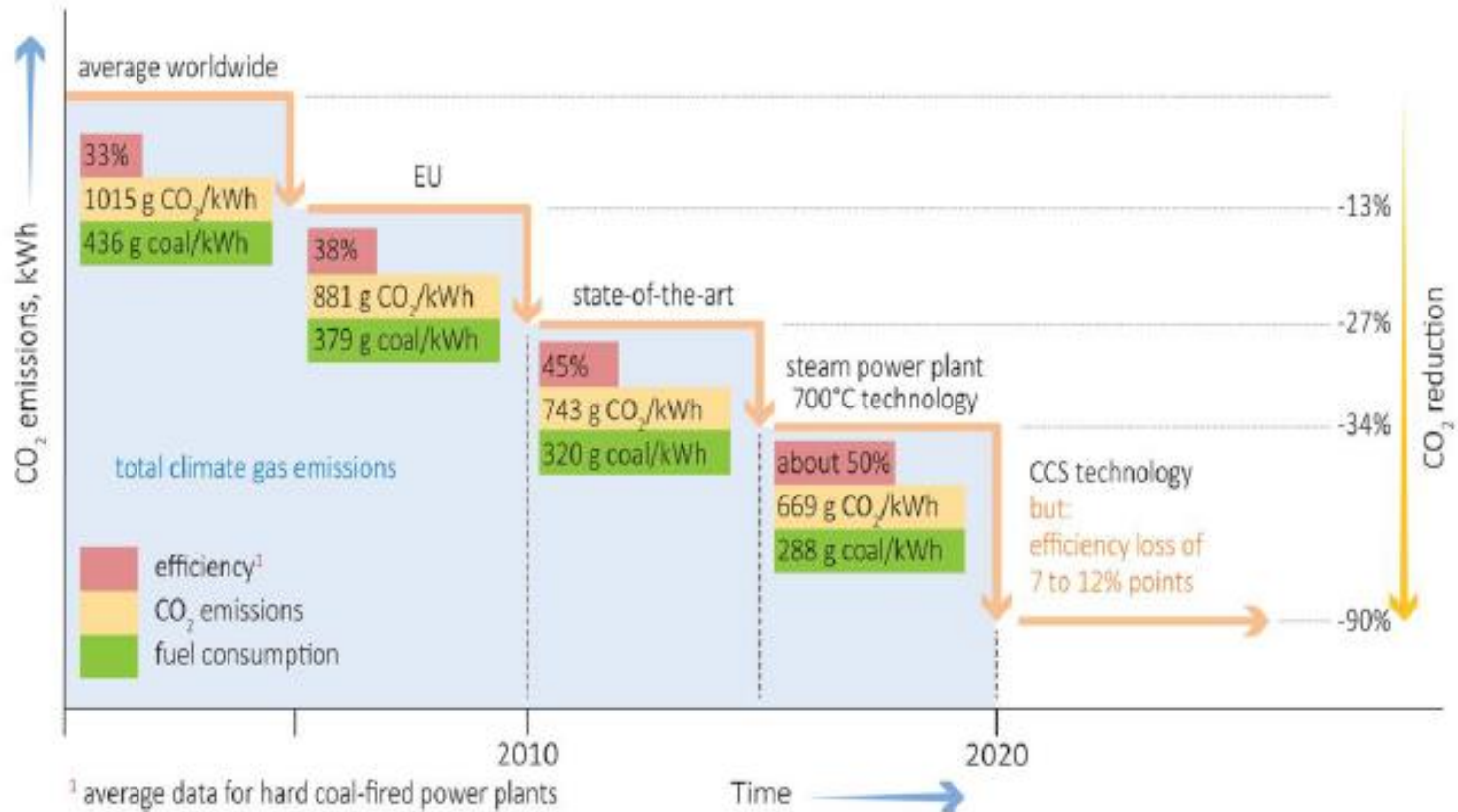
Kritik altı, süper kritik ve ultra süper kritik kömür santralleri için yaklaşık basınç ve sıcaklık aralıkları (Nalbandian, 2008)

Pulverize kömür santrali	Ana buhar basıncı, MPa	Ana buhar sıcaklığı, ° C	Tekrar kızdırıcı buhar sıcaklığı, ° C	Verim %, HHV bazında
Kritik altı	< 22.1	565'e kadar	565'e kadar	33-39
Süper kritik	22.1 -25	540-580	540-580	38-42
Ultra süper kritik	> 25	> 580	> 580	> 42

IEA, Upgrading the efficiency of the world's coal fleet to reduce CO2 emissions, Temmuz 2014

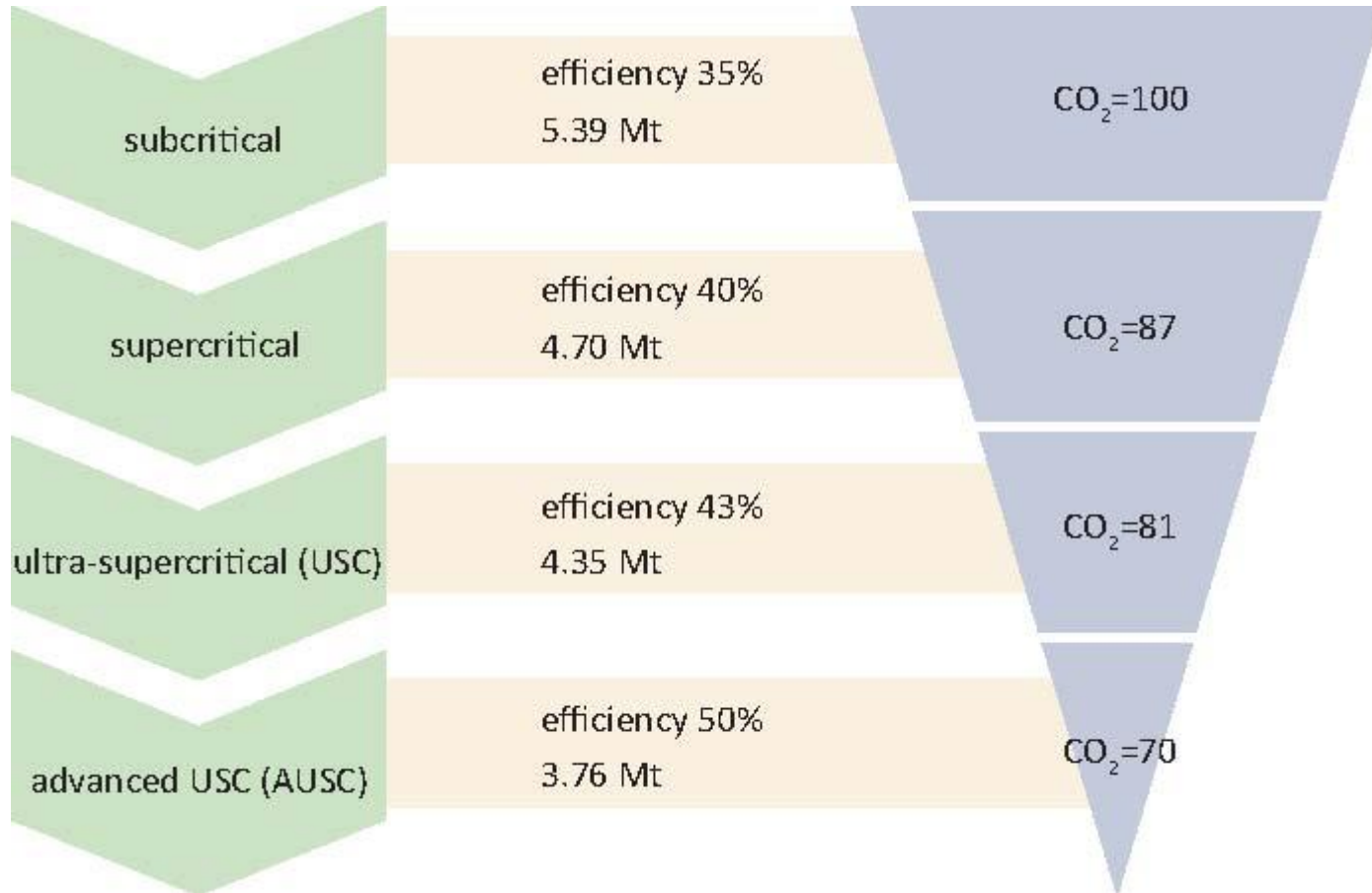


HELE (High efficiency, low emission) Teknolojileri ve CO2 azaltımı



Kaynak: China – policies, HELE technologies and CO2 reductions , Ağustos 2016

Buhar koşullarının CO2 emisyonlarına etkisi



Ünite tiplerine göre verim ve emisyon karşılaştırması (EPRI tarafından yapılan bir çalışmanın sonuçları)

	Sub-critical	Supercritical	Current USC	A-USC
Thermal efficiency, %(HHV)	36.2	38.5	39.2	42.7
Net heat rate, Btu/kWh (HHV)	9,430	8,860	8,700	7,990
Coal feed rate, kg/hr	384,000	361,000	355,000	326,000
Flue gas mass flow, kg/hr	3,420,000	3,151,000	3,098,000	2,827,000
Volume at boiler outlet, actual m ³ /min	66,700	61,400	60,400	55,100
NO _x and SO ₂ , kg/MWh	0.127	0.121	0.118	0.109
PM ₁₀ , kg//MWh	0.0422	0.0399	0.0395	0.0363
PM _{2.5} , kg/MWh	0.0535	0.0508	0.0499	0.0458
CO ₂ , kg/MWh	900	851	836	763

Economic Analysis of Advanced Ultra-Supercritical Pulverized Coal Power Plants: A Cost-Effective CO₂ Emission Reduction Option? <http://www.asminternational.org/documents/10192/3298473/cp2010epri0053.pdf/49316295-9452-45fd-a428-6eaad5d7ab91>

Ünite maliyetleri

Ünite tipi	Basınç	Verim	Maliyet
Kritik altı	≤ 22.1 MPa	% 38'e kadar (LHV)	600-1980 USD/kW
Süper kritik (SC)	> 22.1 MPa	% 42-43	700-2310 USD /kW
Ultra süper kritik (USC)	25-29 MPa, ~ 600°C	% 45	800-2530 USD /kW
Geliştirilmiş (advanced) USC	30-35 MPa, 700 °C	% 50	

IEA Technology Roadmap ,
High-Efficiency, Low-Emissions Coal Fired Power Generation, 2012

Çin'de santrallara getirilen kısıtlar

- 2015'ten itibaren yeni kömür santralları en az 600 MW USC veya tercihen 1000 MW USC olmalı, kömür sarfiyatı sırasıyla 285 gm/kWh ve 282 gm/kWh olmalıdır.
- 2020'ye kadar mevcut kömür santrallarında kömür sarfiyatı 310 gm/kWh'in altında, tüm üniteler 600 MW ve üzeri, ve kömür sarfiyatı 300 gm/kWh'in altında olmalıdır.

Çin'den bazı veriler...

	Yatırım maliyeti (USD/KW)	Buhar parametreleri	Tasarım verimi (% LHV bazında)
Kritik altı 2x 600 Mwe	495,88	16,7 MPa/ 538 /538 ° C	41 .0
Süper kritik (SC) 2x 600 Mwe	551,47	24.5 Mpa/ 566/566 ° C	43.6
USC 2x 1000 Mwe	514,26	27. 5 Mpa / 600/ 600 ° C	45