

# Binary Jeotermal Enerji Santrali Elektrik ve Otomasyon Sistemi Proje Yönetimi

Elk. Müh. Muammer Argün  
muammer.argun@emo.org.tr



## ÖZET

Sürdürülebilir enerji türü olarak jeotermal kaynaklardan elektrik üretimi Ülkemizde gün güne yaygınlaşmaktadır. 2006 yılından günümüze işletmeye giren 25 Jeotermal Elektrik Santrali (JES) kurulu gücü 713,61 MWe'a ulaşmıştır. Bunlardan 22 adedi, düşük ve orta entalpili jeotermal kaynaklar için uygun olan İki Akışkan Çevrimli (Binary) Santral tipinde tesis edilmiş ve böylece bu alanda bilgi birikimi oluşmuştur.

Bu bildiriye Binary Jeotermal Santral yatırımının her aşamasında elektrik ve otomasyon sistemlerinde özen gösterilmesi gereken hususlar irdelenmiştir.

Binary Enerji Santrali jeotermal akışkan ısısından Organik Rankin Çevrimi yardım ile elektrik üreten (ORC) bölümü ile akışkanın sağlandığı üretim kuyuları, isale hatları, terfi pompaları ve geribasım sistemi vb.. Yardımcı Servisler (BOP) olarak iki bölümden oluşur. ORC paket olarak dışalım ile temin edilmektedir. Dış alım görüşmelerinde Firma seçimi, paket kapsamı, seçilen ORC yapılandırılması, performans garantileri, yerli üretim oranı, generatör karakteristikleri, tek hat şeması ile kontrol ve otomasyon mimarisi, garanti döneminde bakım anlaşması vb.. hususlar ne kadar iyi tartışılırsa yatırımın başarısı artacaktır.

Yardımcı servisler (BOP) bölümünde Santralin sisteme erişimi, TEİAŞ ve/veya Elektrik Dağıtım firmaları ile Bağlantı Anlaşması, EİH'nin projelendirilmesi, ana ekipmanların (OG hücreler, trafolar, topraklama dirençleri vb.) satın alımı, İhale Dosyasının hazırlanması - Yüklenici seçimi, büyük güçlü AG motorların gerilim ve frekans sürücülerinin seçiminde harmonik etkilerin azaltılması, ETKB Proje dosyası, röle koordinasyonu, testler, geçici kabule hazırlık, işletme döneminde dikkat edilecek hususlar tartışılacaktır.

## 1 GİRİŞ

Ülkemiz tektonik bölgede yer aldığından zengin jeotermal enerji kaynaklarına sahiptir. Buna karşılık Haziran-2016 tarihi itibarıyla toplam üretim kurulu gücün ancak % 0.9'u jeotermal enerji kaynağı iken, toplam yıllık tüketimin % 1,7'i olan 2,266,961,809 kWh'ı jeotermalden karşılanmaktadır.

Yenilenen enerjiler kaynaklarının emre- amadelik oranı %30-40 kadar iken, jeotermal enerji santralının yıllık üretimi %98 ve üstünde gerçekleşmektedir. Bu nedenle JES'ler temel yük santrali niteliğindedir. Yıllık 60 saat bakım onarım çalışması dışında 8700 saat enerji üretim gözlenmiştir. RES ve GES santrallerinde üretilen enerjinin sistem stabilitesine olumsuz katkısına

karşılık, jeotermal enerji santrali kaliteli enerji üretilir.

Yakın dönemde jeotermal santral yatırımlarının artması beklenmektedir.

### 1.1 Jeotermal Enerji Santral Çeşitleri

Jeotermal rezervuarın akışkan sıcaklığına bağlı olarak JES tipi değişir. 180oC ve üstü sıcaklıklarda tek ve çift fazlı akışkanlı "flash" tipi santrallerde, sıvıdan ayrıştırılan buhar doğrudan buhar türbinine verilerek elektrik üretilir. Bu türe örnek 47.4 MW'lık Gürmat Germencik Santrali ile Zorlu Kızıldere JES'dir.

Jeotermal akışkan sıcaklığı 100-180oC aralığındaki düşük ve orta entalpili jeotermal kaynaklar için uygun olan "İki Akışkan Çevrimli (Binary) Santral" tipidir. Ülkemizde tesis edilen santrallerin çoğunluğu (14 adedi) bu türdür. Binary Enerji Santralında jeotermal akışkan ısı, ısı değiştiricilerde pentan, izo-pentan, izo-bütan gibi sıvılaştırma ısı düşük ikinci bir akışkana yüklenir. Basınç altında türbinde genişleyen ikinci akışkanın (motive fluid) enerjisi türbin kanatlarını iterek dönme momentine dönüşür. Türbin çıkışından yeniden çevrime girmek üzere yoğunlaştırıcıda (kondenserde) sıvılaştırılarak Rankin çevrimi kapalı devre tekrarlanır, enerji üretimi sürdürülür.

### 1.2 Binary Santral Yapısı

Binary Enerji Santrali iki bölümden oluşur.

\* Elektrik üretim bölümü: Akışkan ısıdan Organik Rankin Çevrimiyle elektrik üreten bölüm (ORC –Organik Rankin Çevrimi) ile,

\*Yardımcı Servisler Bölümü: Akışkanın sağlandığı üretim kuyuları, isale hatları, terfi pompaları ve geribesim (reenjeksiyon) sisteminden oluşan (BOP–Blance of Plant) bölümü.

## 2. Elektrik Üretim Bölümü (ORC) Temini

ORC paket olarak dışalımla temin edilmektedir.

### 2.1 Satıcı Firma Seçimi

Bu güne kadar tesis edilen Binary santral elektrik üretim bölümü ORMAT (İsrail), Atlas Copco (AB-D), EXERGY (İtalyan) vb.. firmalardan temin edilmiştir. Turboden (İtalyan) firmasının da katılımı ile teklif veren firmalar arasındaki rekabet artmıştır. Firma seçimi, paket kapsamı, seçilen ORC yapılandırılması, performans garantileri, yerli üretim oranı, generatör karakteristikleri, tek hat şeması ile kontrol ve otomasyon mimarisi, garanti döneminde bakım anlaşması vb.. hususlar ne kadar iyi tartışılır ve Sözleşme' de yer alırsa, yatırımın başarısı o oranda artacaktır.

Yatırımcı Firmalar Sözleşme metnini hukuksal olarak yoğun inceledikleri halde, teknik koşullar genellikle Satıcı Firma tarafından tanımlanmak-

ta, gözden kaçan hususlar, uygulama döneminde sorun yaratabilmektedir. Bu nedenle Satıcı Firma seçiminde sağlam bir Teknik Şartname ile işe başlanılmalıdır.

### 2.2 ORC Paket Kapsamı

ORC kapsamındaki temel ekipmanlar;

- \* Gaz türbini,
- \* Generatör,
- \* Isı değiştiricileri (Vaporizer, preheater, recuperator, reboiler vb..)
- \* Kondenser (Hava, su veya hibrit tipinde)
- \* Pentan ve pentan terfi pompaları,
- \* Elektrik ve Otomasyon Panelleri,
- \* Otomasyon sistemi donanımlarıdır.

ORC kapsamındaki mühendislik hizmetleri;

- \*ORC bölümünün detaylı mühendislik hizmetleri ve projeler ile,
- \* BOP bölümüne ait Kavramsal Tasarımdan (Conceptual design) oluşmaktadır.

Temel ekipmanlardan Elektrik ve Otomasyon Panelleri, hava soğutmalı kondenserde çelik donanım projeler satıcı Firmadan sağlanarak, yurt içinde üretilebilir.

### 2.3 ORC Yapılandırılması (Konfigurasyon)

Rankine çevriminde temel olay, türbin çıkışından yeniden çevrime girmek üzere kondensere gönderilen pentanın mümkün olduğunca düşük

sıcaklıkta yoğunlaştırılmasıdır. Bir başka deyişle kondenser tasarımı hayati önemdedir. Yaz döneminde ortam sıcaklığının artması sonucu oluşan ve %30'u aşan "Yaz Çökmesi" de göz önüne alındığında, kondenser tipi (hava, su, hibrit) olabilir. Kondenser yerleşimi uygun yapılandırılmalı; santral alanı buna uygun seçilmelidir. Hava soğutmalı kondenserlerde Satıcı Firmanın pentan difüzörü maliyet optimizasyonu için başvurduğu sırt-sırta kondenser yerleşim yerine, yan yana yerleşim tercih edilmelidir.

### 2.4 Performans Garantileri

Satıcı Firma generatör terminallerinden elde edilecek brüt güç ile, ORC bölümünde tüketilen enerji düşülerek, taahhüt ettiği net enerji miktarını belirtecektir.

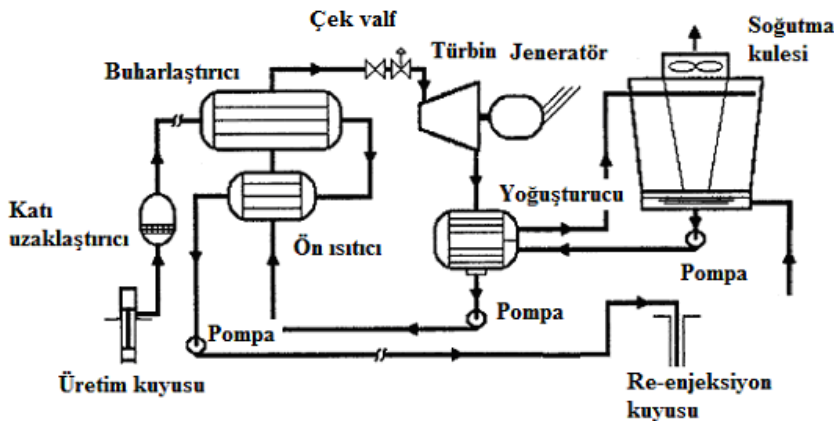
Binary santralde yaz çökmesi de dikkate alındığında, herhangi bir (t) anında taahhüt edilen performans yanında, mutlaka bir yıllık üretim (kWh) bazında Performans Garantisi de sağlanmalıdır. Böylece yaz çökmesinin ne kadar dikkate alındığı ortaya çıkabilecektir.

Performans ölçümünde kullanılacak düzeltme eğrilerinin de (correction curves) titizlikle incelenmesi gereklidir. Performans Garantisinin sağlanamadığı durumlarda uygulanacak cezai şartlar ve yükümlülükler Sözleşmede belirtilmelidir.

### 2.5 Yerli Üretim Oranı

Önceleri bütün ORC bölümü yurt dışından temin edilirken, YEKDEM Yerli Katkı teşvikinin çok yüksek tespiti sonucu, bazı Satıcı Firmalar Türkiye'de gaz türbini imalatına başlamıştır. Yerli türbin yapımı tamamen montaj sanayi niteliğindedir. Yerli proje, ar-ge vb.. çalışmaları yapılmamaktadır. Jeneratör güç elektroniği konusunda da teşvik almak için çalışmaktadırlar.

Ancak Yerli Katkı İlave Fiyatı örneğin türbin için 1,3 cent/kWh olarak



belirlenmiştir. Beş yıllık destekleme döneminde saadece türbin için ilave ödenecek yerli katkı tutarı, türbin bedelini aşmaktadır. Bu nedenle firma seçiminde Yerli Katkı İlave Fiyatları gerçekçi değerlendirilmelidir. Artan döviz kurları ve gelişen enerji üretim yatırımları sonucu YEKDEM' in yeniden şekillenmesi muhtemeldir.

### 2.6 **Generatör Karakteristikleri**

Generatör ORC ekipmanları içinde ikinci önemli kalemdir. Generatör mutlaka tanınmış bir imalatçı ürünü olmalıdır. Güç faktörü 0.8 lag-L ve 0.9 lead-C seçilmesi faydalı olacaktır.

### 2.7 **Tek Hat Şeması**

Sözleşme aşamasında temel belgelerden biri Tek Hat Şemasıdır (THŞ). Satıcı Firmalar başlangıç aşamasını gerekçe yaparak, detaylı THŞ vermemektedir. Oysa bu aşamada THŞ üzerinde;

- \* ORC MCC Panosunun çekmeceli tip olup olmadığı,
- \* Pano girişinin busbar'a uygunluğu,
- \* Bütün ORC yükleri ve bunlara ait fişerlerin değerleri,
- \* Panonun kısadevre dayanımı,
- \* Pentan pompalarını süren frekans konverterlerinde harmonik bozulmayı sınırlayıcı "line side" ve "motor end side" reaktörlerin kullanılıp, kullanılmadığı,
- \* Pentan pompaları büyük güçlü ise besleme geriliminin 690 V olarak seçilip, seçilemeyeceği vb.. hususlar etüt edilmeli ve Sözleşmeye girmelidir.

### 2.8 **Kontrol ve Otomasyon Mimarisi**

Tek Hat Şeması kadar önemli diğer Sözleşme dokümanı "Kontrol ve Otomasyon Mimarisi" dir (KOM). Binary Santral, Satıcı Firmanın geliştirdiği bir Yazılım yardımı ile otomatik olarak çalışır. Yazılım ne kadar gelişmiş, "fine tuning" imkanına sahip ve kullanıcı dostu ise Santral verimi oranda artacak, işletme sorunları az-

lacaktır. Ayrıca Yazılım'ın güvenli bir firewall'a sahip olması, içinde çalıştığı programın gelişmiş ve güncellenebilir özellikte olması gereklidir.

Otomasyon sisteminin sıcak yedekli (hot redundant) özellikte ve güvenilir markalardan oluşmuş bir donanımına sahip olması ikinci bir zorunluluktur.

ORC bölümünde atex alanı içinde kalan türbin, generatör, ısı değiştiricileri vb.. enstrüman I/O'ları, exproof remote I/O PLC panellerinde toplanıp, bir Ethernet bus ile sıcak yedekli olarak Kontrol Odasına taşınmalıdır.

### 2.9 **Garanti Döneminde Bakım Anlaşması**

Satıcı Firma ile yıllık toplam üretim (kWh) bazında Performans Garantisi anlaşması yapıldığında, aynı döneme ait Bakım Anlaşması yapılması faydalı olacaktır. Bakım Anlaşmasında karşılıklı sorumluluklar, yedek parça temini, satın alınacak hizmetler ve bedelleri vb.. hususların net olarak tanımlanması gereklidir.

## 3. **Yardımcı Servisler Bölümü (BOP)**

Bu bölüm jeotermal akışkanın sağlandığı üretim kuyuları, isale hatları, terfi pompaları ve geribasım (renjeksiyon) sistemi ile üretilen enerjinin sisteme iletimini sağlayan Orta Gerilim şalt hücreleri ve BOP SCADA sisteminden oluşur. Bu bölümde saadece elektrik otomasyon konuları irdelenecektir.

### 3.1 **Santralin Enterkonnekte Sisteme Erişimi**

JES yatırımında fizibilitiyeyi etkileyecek bileşenlerden biri üretilen enerjinin sisteme erişimi için yapılacak yatırımdır. 1÷15 MW gücündeki santraller en yakın 3/0 (pigeon) iletkenli ulusal dağıtım sistemine bağlanmalıdır. Bağlantı noktasında tesis edilecek kesici-ölçü kabinine (KÖK) ENH'ı

girdi/çıkı yapılarak, Santralin hattın uç bölümünden gelebilecek arızalardan etkilenmesi önlenir.

15÷25 MW Santral gücü diliminde, TEİAŞ 154/33 kV Trafo Merkezine (TM) bağlanmak uygun olacaktır. Bu halde de bağlantı hattı çok uzun ise, yatırım bedeli ile 154 / 33 kV TM yatırım bedeli mukayese edilmelidir.

Son dönemde EPDK tarafından yapılan bir düzenleme ile "kullanıcı tarafından tesis edilen bağlantı hatları, dağıtım varlığı sayılmış ve TEDAŞ tarafından devir alınarak bedeli yatırım programına uygun olarak, 12 eşit taksitle 1 yıl içinde yatırımcıya geri ödenmesi" karara bağlanmıştır. Böylece uzun hat yatırım bedelleri ile hat kayıpları da elektrik tarifesi içinde enerji kullanan aboneler üzerine aktarılmıştır.

### 3.2 **TEİAŞ / TEDAŞ İle Bağlantı Anlaşması**

Önlisans alındığında Bağlantı Anlaşması için ilgili kuruluşa başvurmak gereklidir. 154 kV TM'ye ait 33kV bara, Dağıtım Şirketine verildiğinden OG' den bağlantı yapılacak Santraller için, Dağıtım Firması ile "Dağıtım Sistemine Bağlantı Anlaşması" yapılacaktır. Bu anlaşmada ;

- \*Anlaşma Gücü,
- \*Tahsis Edilen Güç (Santral çalışmıyorken, İç tüketimde kullanılacak güç) ve
- \*Bağlantı Gücü belirtilir.

### 3.3 **EİH Projesi**

Üretim tesisleri EİH Projeleri, TEDAŞ Genel Müdürlüğü tarafından onaylanmaktadır. Ancak (3.1) maddesinde belirtildiği şekilde Santralin Sisteme erişimi için "kullanıcı tarafından tesis edilen bağlantı hatları, dağıtım varlığı sayıldığından" ve TEDAŞ tarafından devir alınarak bedeli, Dağıtım Şirketi eliyle geri ödeneceğinden, bağlantı hattı projesinde önce Dağıtım Şirketi'nin ön inceleme

keyfiyeti doğmuştur.

Santralin Bağlantı Noktası hakkında Lisans başvuru sürecinde EPDK tarafından görüşü sorulan Dağıtım Şirketi, her Santral için aynı ve kalıplaşmış olan "TM ile Santral arasında 2x(3x477 MCM) iletkenli ve/veya eşdeğeri yeraltı kablosu ile ENH'nin tesis edilmesi" ifadesine sadık kalarak, iletim hattının yaklaşık 70 MW kapasitesiteli, çift devre 2x477MCM olmasını talep edebilmektedir. O havzada gerekli jeotermal rezervuar potansiyeli yok ise ve Dağıtım Şirketi tevsi alanı içinde değilse, çift devre hat tesisinden kaçınmak gereklidir. Bu tür talepler EİH tesisinde yeni güçlüklerin doğmasına neden olabilecektir.

### 3.3 Ana ekipmanların Temini

Yardımcı Servisler bölümünde yer alan ve üretim süreci uzun olan, aşğıdaki ekipmanlar

- \* Yükseltici trafo ve servis trafoları,
- \* 11kV ve 33kV Hücreler,
- \* Frekans konvertörleri,
- \* Trafo ve generatör nötr dirençleri,
- \* Bazı hallerde AG-OG enerji kabloları,

Yatırımcı tarafından temin edilebilir. Bu amaçla ilgili kalemler için detaylı Proje, Teknik Şartname ve satın alma Dosyaları hazırlanarak, alımına geçilir. Teklifler aynı baza getirilerek satın alma gerçekleştirilir.

### 3.3 İhale Dosyasının Hazırlanması

ORC ve BOP bölümlerine ait Elektrik ve Otomasyon İşlerinin yapımı için Yüklenici seçimi yapmak üzere İhale Dosyası hazırlanmalıdır. Dosyada yapılacak işler, tesis Teknik Şartnamesi, Projeler, Keşif Listesi, Teklif Birim Fiyat listesi ile Termin Programı yer almalıdır.

Yüklenici seçiminde Tekliflerin aynı baza getirilmesi gereklidir. Jeotermal Santral tesisinde OG-AG güç tesisatı kapsam ve bedel olarak daha büyük paya sahip olsa da, Yüklenici seçiminde Otomasyon firmasının lider olması daha uygun olacaktır. Çünkü ORC ve BOP bölümleri tamamen otomatik çalışacaktır.

### 3.4 Büyük Güçlü AG Motorların Sürülmesi ve Harmonik Etkilerin Sınırlandırılması

Santral kurulu gücüne bağlı olarak, pentan pompaları ile geribasım pompaları gücü 400-800 kW mertebelerinde olabilmektedir. Bu motorların beslenmesinde enerji verimliliği de dikkate alındığında, frekans konvertörleri ile sürülmesi gerekli olmaktadır.

Bu tür büyük güçlü motorlar için öncelikle 400V yerine 690V gerilim kademesi seçilmeli ve akım değerleri düşürülmelidir.

Ayrıca harmonik etkilerin azaltılması için, düşük harmonikli sürücüler çok pahalı olduğundan, standart sürücülerin giriş tarafına ve konvertör çıkışına (motor tarafına) %5L değerinde reaktör montajı faydalı olacaktır. Motor tarafındaki kablo uzunluğu fazla olduğunda, reaktör ve kablo empedansının yansıyan dalgaya neden olup olmadığı tahkik edilmelidir.

### 3.5 Kısadevre Hesapları ve Röle Koordinasyonu

Enerji santralının güvenli şekilde çalışabilmesi için mutlaka sağlıklı bir kısadevre etüdü yapılması gereklidir. Bu etüde bağlı olarak ana teçhizatın seçimi yapılmalıdır.

Bir arıza halinde sadece ilgili fiderin açılarak, arızanın izole edilmesi, verimli bir Santral işletmesi için hayati önemdedir. Bu da ancak korumada seçicilik ile sağlanabilir. Korumada seçicilik iyi bir Röle Koordinasyonu ile sağlanabilir.

ETKB Geçici Kabul Öncesinde tesis edilen ana teçhizatın Fabrika Test Raporları (Türbin, genertör, yükseltici trafolar vb.) hazır olmalıdır. Ayrıca akredite kuruluşlar eliyle enerji santralının Topraklama Direnci, Akustik (gürültü) ölçümü, izolasyon ölçümleri vb.. ölçümler yapılmalıdır.



İletişim:

TMMOB Teoman Öztürk Öğrenci Evi ve Sosyal Tesisi

Mehmet Akif Ersoy Mah. 295. Sokak No: 6 Yenimahalle/Ankara

Tel: 0312 386 10 38

<http://ogrencievi.tmmob.org.tr/>

## TMMOB Teoman Öztürk Öğrenci Evi için Kayıt Başvuruları Başladı

TMMOB Teoman Öztürk Öğrenci Evi ve Sosyal Tesisi'ne 2016-2017 öğrenim dönemi için başvuru ve kayıtlar başladı. Tesiste, üniversitelerin mühendislik, mimarlık ve şehir plancılığı bölümlerinde lisans ya da yüksek lisans eğitimi alan öğrenciler ile TMMOB üyelerinin yükseköğrenim gören çocukları konaklayabiliyor.

TMMOB Teoman Öztürk Öğrenci Evi ve Sosyal Tesisi'ne 2016-2017 öğrenim dönemi için başvuru ve kayıtlar başladı. Kahvaltı dahil 2 kişilik odalarda kişi başı 1 aylık oda katkı payı 500 TL olarak belirlenen tesis için, 23 Eylül 2016 tarihine kadar başvuru yapılabilecek. Başvurular web sayfası üzerinden gerçekleştirilecek. Başvuruları kabul edilenlerin yerleştirme işlemleri de 5 Eylül 2016 tarihinden itibaren yapılacak.