



**Bu bir MMO
yayıdır**

MMO bu yayındaki ifadelerden, fikirlerden, toplantıda çıkan sonuçlardan, teknik bilgi ve basım hatalarından sorumlu değildir.

JEOTERMAL ELEKTRİK SANTRALLERİ BOP PROJELERİ

CİHAN ÇANAKÇI
POZİTİF ENERJİ

JEOTERMAL ELEKTRİK SANTRALLERİ BOP PROJELERİ

Cihan ÇANAKÇI

ÖZET

Jeotermal Elektrik Santrallerin dizaynı birçok mühendislik bilimini kapsayan multidisipliner bir konudur. Bu çalışmada;

1. Jeotermal rezervuar mühendislik çalışmaları,
2. ORC tasarımı ve mühendislik çalışmaları,
3. BOP sistemleri

olarak anılacak olan mühendislik aşamalarından 3. adım olan BOP çalışmalarının önemi, aşamaları ve karşılaşılan sorunlar irdelenecektir.

Jeotermal rezervuarın kapasite tesbitinin ardından karara bağlanan bir ORC (Organik Rankine Çevrimi) tedarikçisi santralin türbin, jeneratör, kondenser (hava veya su soğutmalı) gerekli kontrol sistemlerini tasarlar iken, santralin çalışmasına yardımcı olan tesislerin mekanik, elektrik & otomasyon ve inşaat projelerinin bütününe BOP (Balance of Plant) projeleri denilmektedir.

Makine Mühendisliği anlamında; jeotermal akışkanın tek, çift faz taşınma kararı ile kuyubaşı flanşından sonra kuyubaşı seperatör, akümülayon tankı, booster pompa, kontrol vanası, borulama ve enstrumantasyon ile başlayan çalışmalar, Taşıma hatları, santral girişi acil desaj ve güvenlik önlemlerini içermektedir. Ayrıca santralin çalışması için gerekli olan; basınçlı hava (IAS), çalışan akışkan (MF), Yangın söndürme (fire figthing) ve önleme sistemleri sistematik olarak anlatılacaktır.

Elektriksel ve otomasyon sistemleri anlamında; Jeotermal akışkanın taşınmasında kullanılan tüm alçak gerilim, orta gerilim ve iletilmesinde kullanılacak yüksek gerilim sistemlerinin; kablo kesiti hesapları ve optimizasyonu, pano ölçüleri yerleşim ve dizaynı ile sistemin kontrollü çalıştırılmasına ilişkin BOP kontrol felsefesi anlatılacaktır. Tüm sistemin emniyeti için kullanılan topraklama ve yıldırım koruma örnekleri örnek projeler üzerinden anlatılacaktır

İnşaat Mühendislik çalışmaları kapsamında; Kuyubaşı ekipmanlarının yörenin zemin etüd özelliklerine uygun, teknik ve ekonomik çözümleri ile boru hatlarının taşınmasında kullanılan tip supportlar avantaj ve dezavantajları ile birlikte değerlendirilecektir. Son olarak santral bölgesinde yapılan tüm inşari işler hafriyat, kırmızı kot belirleme, zemin iyileştirme, Türbin, Jeneratör, Kondenser, Eşanjörler, gerekli ibadi, kontrol, yangın, IAS ve depo binaları, MF tank temelleri, yağmur drenaj, toplama havuzu, silencer-savak, reenjeksiyon pompa, temellerinde uygulanan çözümler örneklerle anlatılacaktır.

Anahtar kelimeler: Jeotermal Santraller, Santral dizaynı, BOP projeleri

ABSTRACT

Geothermal power plants design is a multidisciplinary calculations including many engineering subjects. In this study,

1. Geothermal reservoir engineering studies,
2. ORC design and engineering work,
3. BOP systems

here inafter referred to as the engineering phase BOP importance of work, stages and problems will be discussed.

An ORC Power plant can be decided after the detection capacity of the geothermal reservoir (Organic Rankine Cycle). An ORC suppliers responsibility is consist of power plant turbine, generator, condenser (air or water cooled). BOP projects scope is designing the necessary control systems, mechanics of facilities that help to plant operation, electrical & automation and construction projects overall BOP (Balance of Plant) project is called.

Mechanical Engineering sense; The geothermal fluid only after the wellhead flange with the decision of dual-phase transport, wellhead separators, storage tank, booster pump, control valve, began working with piping and instrumentation, transportation lines, includes the central entrance of emergency discharge and security measures. Also compressed air (IAS), the working fluid (MF), fire fighting (fire fighting) and prevention systems will be discussed systematically.

In terms of electrical and automation systems; All low voltage, medium voltage and high voltage system used for the carry geothermal fluid is considered eBOP; cable cross-section calculations and optimization, MCC, Switchboard layout and dimensions of the controlled system will be explained with the design philosophy of the BOP control. Earthing and lightning protection of the samples used for the safety of the whole system will be explained through examples.

The scope of civil engineering works; Wellhead equipment appropriate to the region's ground survey characteristics, the type of support used in the transportation, technical and economic solutions for the pipeline will be assessed along with their advantages and disadvantages. Finally all çivil Works, excavation, identifying ground level, ground improvement, turbine, generator, condenser, Heat Exchangers, all necessary foundations, control building, fire, IAS and storage buildings, MF tank foundation, storm drainage, catch basin, silencer-weir ,re injection pumps will now be described with example solutions applied in the basic

Keywords: Geothermal power plants, GPP design, Balance of plant projects

1. GİRİŞ

Jeotermal elektrik santrallerinin çalışması için gerekli jeotermal akışkanın taşınması işi ile santralin güvenli ve emniyetli çalışması için gerekli mühendislik hizmetlerinin bütününe BOP (Balance of Plant). Birçok disiplini içinde barındıran yardımcı tesisler mühendislik hizmetlerinde birimler arası kesişim noktaları (interface points) ve tüm projelerin ve dökümanların bir sistematik altında toplanması, değerlendirilmesi ve sunulması önem kazanmaktadır.

Uluslararası birçok firmanın benimsemiş olduğu kendi projelendirme akış şemaları mevcuttur. Doküman takibini kolaylaştıran bu sistemler genellikle rakamsal bazlı kodlar içermektedir. Örnek bir proje sistematığı aşağıdaki gibidir.

- 00- (PFD & HMBD) Akış şeması ve Isı ve Kütle denge diyagramı
- 01- (PID) Proses Enstruman diagramları
 - Keşif listeleri
 - Şartnameler
- 02- Yerleşim planları
- 03- Detay Projeler
- 04- Boru hatlarının plan ve en kesit projeleri
- 05- İnşaat projeleri
- 06- Elektrik Projeleri
- 07- Yangın ile mücadele sistemleri
- 08- Basıncılı Hava sistemleri



- 09- Çalışan akışkan doldurma boşaltma sistemleri
- 10- HVAC sistemleri
- 11- İnhibitör ve kimyasal dozaj sistemleri

Proje kodları önlerine ve sonrasına gelen yardımcı kodlar ile ilgili müşteri, detay ve revizyon kodlarını alarak projenin takibini kolaylaştırmaktadır. Örneğin xxx: Proje kodu, 00: ana kod, yy, alt kod, Revizyon numarası şeklinde detaylandırılabilir.

xxx.00.yy.Rev

2. MEKANİK TESİSAT PROJELERİ

Mekanik tesisatlar JES'leri için gerekli olan jeotermal akışkanın (Enerjinin) kuyulardan alınıp santral sahasına kadar getirilmesini içeren Boru, vana, seperatör, Pompa, kondensatör, genleşme ekipmanları, emniyet ekipmanları, yangınla mücadele sistemleri, basınçlı hava sistemleri, çalışan akışkan doldurma boşaltma sistemlerini içermektedir.

Burada ana bileşen akışkanın taşınmasında kullanılan borulardır.

2.1 BORULAR

2.1.1 Standartlar

Projesinde aksi belirtilmedikçe aşağıdaki kod ve standartların en son baskısına uygun olacaktır:

- ASME B31.1 POWER PIPING
- ASME B31.3 PROCESS PIPING
- ASME Bölüm VIII ve IX
- ASME B31.8

2.1.2 Boru Tasarım Parametreleri ve Boru Seçim Kriterleri

Borular aşağıdaki şartları yerine getirecek şartlarda dizayn edilmektedir:

1. İki fazlı akış boru hatlarında hızları, dağılmış (dispersed) veya halka (annular) üretmek için seçilecektir
2. Buhar boru hatlarında maksimum hızı 40 m/s maksimum olacaktır;
3. Su hatlarında hızları, 2,5 m/s maksimum, 0,5 m/s minimum olacaktır;
4. Acil çıkış buhar boru hatlarında hızları maksimum 100 m/s olacaktır.
5. İzin verilen tasarım basıncı veya basınca bağlı et kalınlığı ASME B31.1, para 104.1.2 gelen denklem kullanılarak hesaplanır.
6. Boru içinde vakum oluştuğunda, dış basınç, iç basınçtan daha büyüktür Buda boru da çöküş potansiyeli yaratmaktadır. Bunu önlemek için, boru hattının tasarlanmış gerekir. Yeterli kalınlık dış basınca dayanıklı. Boru kalınlığı (ASME BPVC 2004 Bölüm VIII Bölüm I UG-28 yeniden düzenlenmiştir) kullanılarak hesaplanır.
7. Borunun basınç kapasitesi, çapı, korozyon toleransı (1,6mm) ve imalat toleransı (t= %12.5)ve boru tipi bilindikten sonra et kalınlığı ASME 31.1 ve 31.3'te verilen aşağıdaki formülle hesaplanır:

$$t = \frac{P \cdot D}{2 \cdot (S \cdot E + P \cdot Y)} \quad E.1$$

Burada:

- t : Borunun et kalınlığı,
S : Müsade edilen tasarım gerilimi,
P : İç basınç,
E : Kaynak randımanı,

D : Borunun iç çapı
Y : Malzeme faktörü.

Pipe Flanges & Fittings

Flaşlar Class 150 veya 300 sınıfta, yükseltilmiş yüz, kaynak boyunlu (RF-WN) tercih edilmektedir. Slip on flaşlar daha ekonomik olmasına karşın iç ve dıştan çift kaynak gerektirmesi, röntgen kontrolünün zor olması sahada işçilikleri arttırması tercih edilmemesine sebep olmaktadır. Ortalama sıcaklıklar olan 130-170C arasında basınca bağlı flaş seçimlerinde

13 barg ve altı basınçlı sistemlerde sınıf150 flaş

İki-Faz: Sınıf 150 flaş
Buhar: Sınıf 150 flaş;
Brine: Sınıf 150 flaş.

13 barg ve 42.0 barg arasında basınçlı sistemlerde Sınıf 300

İki-Faz: Sınıf 300 flaş
Buhar: Sınıf 300 flaş;
Brine: Sınıf 300 flaş.

Flaşların imalat standartları

: 24 " boyutu ve küçük ANSI B16.5, ASTM 105;
: 24" üstü boyutlu flaşlarda ANSI B16.47, Seri A, ASTM A 105.

Contalar : Asbest free spiral çizgili çelik conta

Flaş civataları : Flaş civataları kaplamalı ksilen olacaktır.

Kaynak tertibatları: ANSI B16.9 ASTM A234 gereksinimlerini karşılamak zorundadır ve

Tüm dirsekler : LR uzun yarıçapı olacaktır.

Dişli Parçaları : 3000 psi

2.1.3 Akış Karakteri, Basınç kaybı hesapları, Su ,Buhar Koçu

Akış karakteri seçilen borunun çapı, işletme stratejisi ve mekanik birçok önlemlerini etkilemektedir. Genellikle jeotermal tek veya çift faz olarak iki farklı karakterde taşınabilmektedir. İki sistemin birbirine göre avantajlı olduğu noktalar vardır. Şekil 2.1 de bu hatlar SWOT analizi ile karşılaştırılmıştır. Tek faz hatlar gas fazındaki steam ve NCG nin bir borudan, sıvı fazındaki brinenin bir başka borudan kısaca çift borulu hatlardır. Çift faz hatlar ise gaz ve sıvı fazın tek bir boru sistemi ile taşındığı sistemlerdir.



Şekil 2.1 Tek faz ve çift faz hatlar karşılaştırma tablosu

Literatürde basınç kaybının belirlenmesi için sayısız çalışmalar ve hatta büyük tesisler için önemli bir çabanın gerektiği her bir hesaplama şekli için çeşitli hesaplama yöntemleri mevcuttur. Bazı

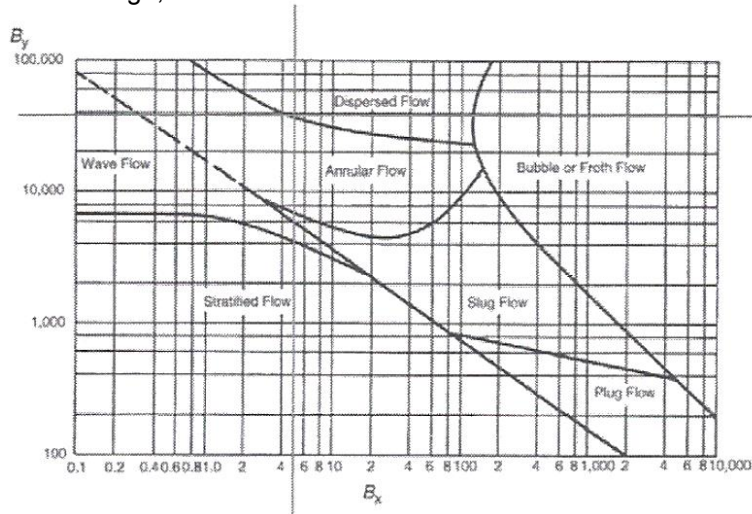
işletmelerde basınç kaybının bilinmesi durumunda boru çapı E 2 yardımıyla hesaplanabilir. Akışın Şekline bağlı olarak farklı akış formülleri kullanılır.

$$\Delta p = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g}$$

E 2.1

Burada:

- Δp : Basınç kaybı, (mSS)
- V : Akış hızı (m/s)
- D : Boru iç çapı (mm)
- g : Yer çekimi ivmesi (9,81 kg.m/s²)
- f : Sürtünme katsayısı
- L : Boru uzunluğu, m



Şekil 2.2 Yatay Çift faz hatlar akış karakterinin belirlenmesi

$$\text{Steam velocity} = \frac{\text{Volume flow (m}^3/\text{s)}}{\text{Cross sectional area of pipe (m}^2\text{)}} \text{ m/s}$$

$$\text{Steam velocity} = \frac{\text{Steam flowrate (kg/h)} \times v_g (\text{m}^3/\text{kg}) \times 4}{3600 \text{ s/h} \times \pi \times D^2 (\text{m}^2)}$$

Pressure drop formula 1

$$\frac{(P_1)^{1.9375} - (P_2)^{1.9375}}{L} = \frac{\dot{m}^{1.853}}{0.011 D^{4.987}}$$

Where;

P_1 = Upstream pressure (bar a)

P_2 = Downstream pressure (bar a)

L = Length of pipe (m)

\dot{m} = Mass flowrate (kg/h)

D = Pipe diameter (mm)

Pressure drop formula 2

$$\Delta P = \frac{L v_g \dot{m}^2}{0.08 D^5}$$

Where;

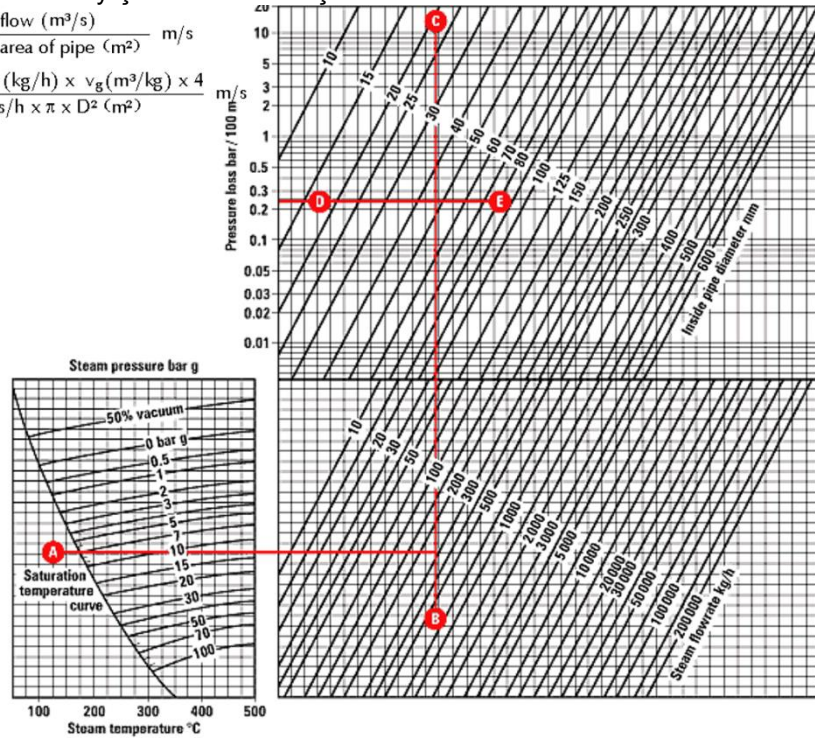
DP = Pressure drop (bar)

L = Length of pipe (m)

v_g = Specific volume of steam (m³/kg)

\dot{m} = Mass flowrate (kg/h)

D = Pipe diameter (mm)



Şekil 2.3 Buhar hatları Basınç kaybının belirlenmesi için diagram örneği

2.1.4 Boru Açıklığı

Boru destek ve askılarının statik halde ve işletme esnasında ortaya çıkabilecek bütün yük ve gerilmelere dayanabilecek şekilde tasarımının yapılması gereklidir. Boru hatlarında desteksiz olan açıklık ne kadar fazla olursa o kadar tasarruf yapılabilir. Bunu kontrol eden en önemli parametre, borunun periyodik yüklerle tepkisidir. Boru açıklığının doğal frekansı, sismik ve rüzgar yükünün rezonans frekansına karşı kontrol edilir. Bu frekans, büyük sorunları önlemek için sismik ve rüzgar frekanslarından büyük olmalıdır. Normal olarak olayı sismik kontrol eder ve tipik sismik periyod 0.1 sn'dir. Boru açıklığı, izin verilen eğilme gerilmesi ve sapmaya karşı da kontrol edilmelidir. İçinden su geçen borular için boru açıklığına bağlı oluşan gerilmeler literatürde çeşitli diyagramlar halinde bulunabilir.

Tablo 2.1 Çelik Borularda Destekler Arası Maks. Yatay Açıklık (mm)

DN	15	20	25	32
Su dolu boru	2150	2150	2150	2750
DN	50	65	80	100
Su dolu boru	3000	3350	3650	4250
DN	150	200	250	300
Su dolu boru	5150	5750	6700	7000
DN	350	400	450	500
Su dolu boru	7600	8200	8500	9150

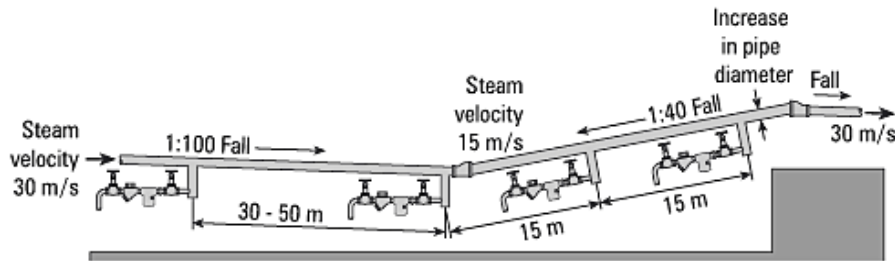
ASME B31.1-1995 Edition

TABLE 121.5
SUGGESTED PIPE SUPPORT SPACING

Nominal Pipe Size, NPS	Suggested Maximum Span			
	Water Service		Steam, Gas, or Air Service	
	ft	m	ft	m
1	7	2.1	9	2.7
2	10	3.0	13	4.0
3	12	3.7	15	4.6
4	14	4.3	17	5.2
6	17	5.2	21	6.4
8	19	5.8	24	7.3
12	23	7.0	30	9.1
16	27	8.2	35	10.7
20	30	9.1	39	11.9
24	32	9.8	42	12.8

2.1.5 Boru hatlarında eğim

Buhar hatlarında oluşan kondensin atılması yaklaşık her 30-50 m'de bir yapılan tuzaklar ve bu tuzaklarda bulunan kondensstoplar aracılığıyla yapılır. Boru hattının eğimi kondensin toplanmasında önemlidir. Düz eğimli hatlarda (boru ve güzergah eğimi aynı yönde) 1:100 eğim uygulanırken ters eğimli hatlarda eğim 1:40 olarak uygulanmaktadır.



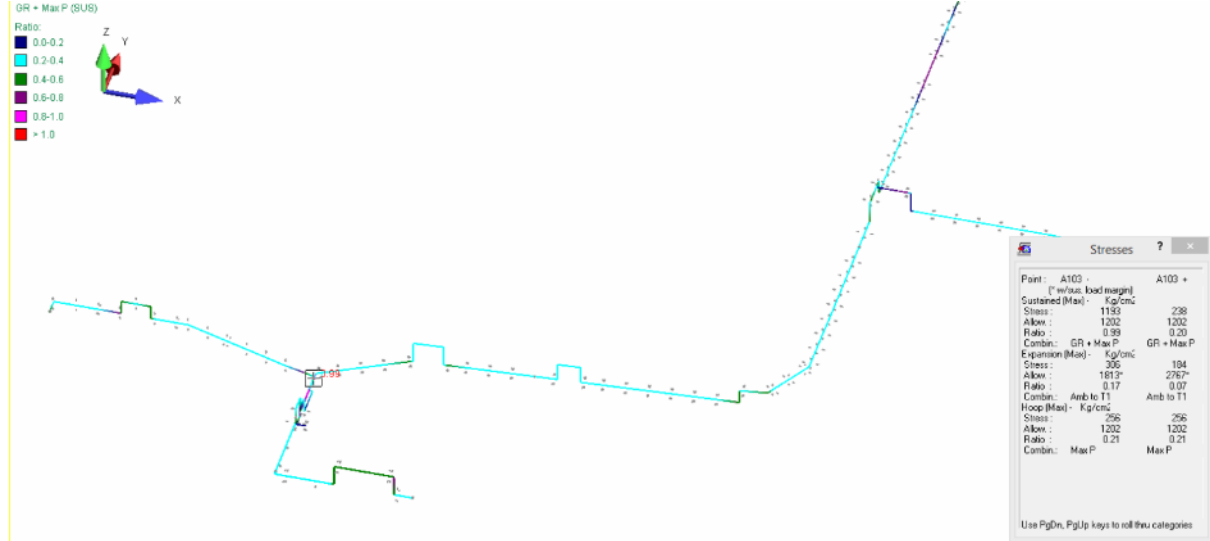
Şekil 2.4 Boru eğimi ve kondens tuzaklarının yerleşimi

2.1.6 Boru hatlarında Genleşme ve ısı gerilme alma yöntemleri

Fiziğin temel kurallarından biride maddelerin sıcaklık değişimleri sonucu genleşmesi ve büzüşmesidir. Bu genleşme ve büzüşmeler maddenin cinsine, iç yapısına ve sıcaklık farkına bağlıdır. Büyük sıcaklık farklarının söz konusu olduğu uygulamalarda sistemi tehlikeye sokacak boyutlara ulaşabilirler. Bu yüzden daha planlama aşamasında hesaplanmaları ve önlemlerinin alınması gereklidir. Boruların

uzunluk genişlemeleri, sıcaklıkla doğru orantılıdır. Örneğin; akma çeliği için 100 °C'lik sıcaklık farkında her m'lik boru için takriben 1.2 mm 'dir.

Isıl gerilme analizleri her bir hattı iki sabit arası bir omega olacak şekilde süperpoze edilerek çözülebileceği gibi günümüzde bu hesaplar toplam boru hattı için özel yazılımlar ile daha kolay yapılmaktadır.



3. ELEKTRİK TESİSAT PROJELERİ

Elektrik ekipmanları Türbin tarafından döndürülen jeneratörden sonra üretilen elektrikliğin kontrollü bir şekilde yardımcı tesislere yönlendirilerek iç ihtiyaçların sağlanması ve ölçüm noktalarından geçerek de gride satılması amacıyla hizmet eden; trafo, pano, MCC, kesiciler, gç hücreleri, kablo tesisatları ve otomasyon işlerini kapsamaktadır. Tesislerdeki tüm sistemlerin kumanda ve kontrolü PLC tabanlı Scada destekli otomasyon sistemi aracılığı ile fiber optik kablo üzerinden yapılmaktadır. Tesislerin hem kuyubaşı hemde santral sahası güvenliği hareketli ve alan tarayıcı speed done kameralar ile uzaktan kontrolü yapılabilir.

Tesisler yıldırıma karşı, hesaplanan yarıçaplı koruma alanına sahip aktif paratonerler ile korunmaktadır. Koruma topraklaması olarak yeraltında 2 x50 mm² örgülü çıplak bakır iletken ile ring şebeke oluşturulması ve tüm gövde ve mesnetler ile irtibatlandırılmalıdır.

SANTRAL SAHASI-ÖRNEK Trafo listesi

Ana Trafolar ; 2 adet 11/154kVA, xxxx MVA (TR1, TR2),

İç ihtiyaç trafoları ; 2adet 3600kVA (ORC ve BOP için)

Varsa Şalt sahasını besleyen; 1 adet 160kVA (TR4.1),

Reenjeksiyon pompaları için; 1 adet 1600kVA TR3.1

Kuyuları besleyen trafolar 7 adet 250 kVA

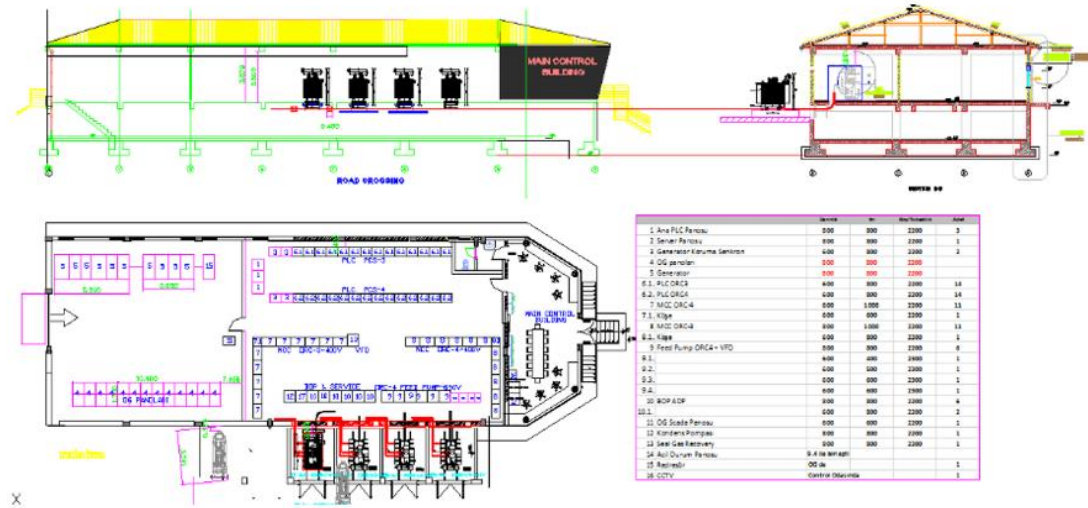
Sistemin acil enerji ihtiyacı için 2 adet 600kVA Dizel Generatör ve kuyulardaki yardımcı ekipmanlarını besleyen 7 adet 35 kVA lık Dizel Generatör tesis edilmiştir. 11kV 16 adet metal clad hücreler bulunmaktadır ve kompanzasyon tesisi de yapılmıştır.

Ölçü Noktası

Ulusal elektrik sistemine verilen enerjinin ölçümü Trafo Merkezin de tahsis edilen 154kV 1272MCM kV fiderde yapılacaktır. Ölçü sisteminde yer alacak sayaçlar, ana sayaç gurubu ve kontrol sayaç gurubu olmak üzere aynı karakteristiğe sahip iki sayaçtan oluşacaktır ve EPDK yönetmeliklerine uygun olacaktır.

Ana Dağıtım Merkezi

Tesis içindeki tüm ekipmanları elektrik ihtiyaçlarının sağlandığı trafo, pano, MCC, kesiciler, güç hücreleri, kablo tesisatlarının bulunduğu ve bir kontrol odası ile mekanik ve elektriksel kontrollerin gerçekleştirildiği bir binadır. Genellikle Jeneratör ve ekipmanlara yakın tasarlanır. Bu sayede hem kablolu maliyeti düşer hem de operatörlerin bir arıza durumunda sahaya müdahalesi kolay olur



Şekil 3.1 ADM binası Plan ve Kesit görüntüleri MCC ve pano yerleşim tablosu

Kablo kanalları elektrik projelerinde en zayıf interface noktasıdır. ORC bölgesinde expooof özellikle olması gereken kablo ve sonlandırmalar ORC bölgesine gömülü, galeride veya açıktan köptüler ile taşınmaktadır.

Gömülmesi arıza yaşanması halinde ulaşılabilirlik açısından sıkıntılı bir çözüm olmasına karşın kablodaki ısınmaları homojen bir şekilde toprağa aktarılması açısından doğru bir çözümdür.

Galeriler; birçok ORC sisteminde kullanılan hidrokarbonlar sebebiyle güvenli bulunmayıp çeşitli sızdırmazlık problemlerini beraberinde getirmektedir.

Dışardan çelik kontrüksiyonda taşımak yine ısınma ve güneşten etkilenmesi sorunlarını beraberinde getirmektedir.



Şekil 3.2 Kablo Güzergahı a) Kontrüksiyon b) Galeri c) Gömülü



Şekil 3.3 Kablo güzergahı çıkış noktası Galeri tip

İNŞAAT PROJELERİ

İnşaat projeleri bölüm 2 de anlatılan mekanik be bölüm 2 anlatılan elektrik tesisatlarının sabitlenmesi ve korunması için yapılan hesap ve projeler bütünüdür. Prosedür olarak Üretim lisansını alan her firmanın aşağıdaki sıralamada gerekli inşai faaliyetlerini projelendirme ve faaliyete geçirme zorunluluğu vardır.

- 1- ÇED
- 2- ZEMİN ETUDU
- 3- İMAR PLANI
- 4- İNŞAAT RUHSATI
- 5- İNŞAAT
- 6- YAPI KULLANIM İZİN
- 7- ETKB ONAY

Zemin etüdüleri o bölgenin özellikle ağır yük taşıyacak temellerin toprak ile olan ilişkisini belirlemek için yapılan ön çalışmadır.

- Sahanın genel jeoteknik davranışı belirlenecek ve jeoteknik profilleri çıkartılacaktır.
- Her zemin katmanının;
 - Rijitlik modülü E_s
 - Dinamik durumda rijitlik modülü E_{sd}
 - Kesme modülü G
 - Elastiklik modülü E
 - Dinamik durum için elastiklik modülü E_d
 - Poisson oranı belirlenmelidir.



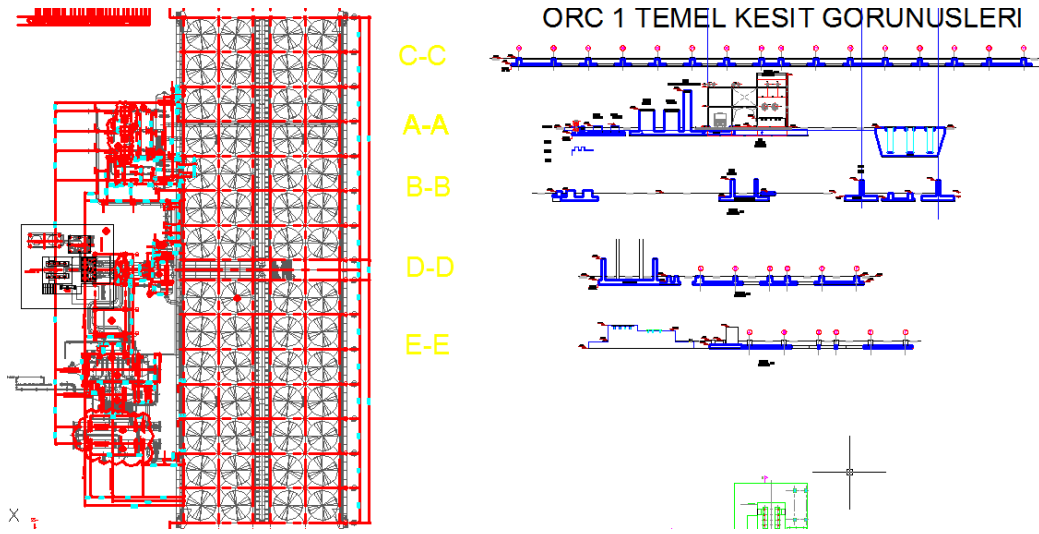
- Her zemin katmanının oturması belirlenmelidir. Farklı zemin oturmaları, Konsolidasyon oturmaları belirlenmelidir ve bu oturmaların hesaplanmasında kullanılan tüm veriler zemin raporunda belirtilmelidir.
- Zemin taşıma kapasitesi belirlenmelidir.
- Zeminin 20 yıllık periyodik operasyon yükleri altındaki bozunması araştırılmalıdır.
- SPT ya da kaya örneklerin alınma aralıkları en fazla 1.50 metre olmalıdır.
- İşverence belirtilen kuyularda her azami 2 metrede bir örselenmemiş karot numunesi alınacaktır.
- Her sondaj için yeraltı su seviyesi derinliği belirlenmelidir.
- Zeminin kimyasal içeriği belirlenmelidir. Zeminin asitlik derecesi, zemin içerisindeki suda çözünebilir sülfat miktarı, yeraltı suyundaki sülfat içeriği, yeraltı suyu içerisindeki klor miktarı tespit edilmelidir.
- Zemin katmanlarının düşey yatak katsayıları belirlenmelidir.
- Zemin katmanlarının yanıl yatak katsayıları belirlenmelidir.
- Zemin katmanlarının içsel sürtünme açıları belirlenmelidir.
- Zemin katmanlarının suya doymuş zemin birim hacim ağırlıkları, normal birim hacim ağırlıkları belirlenmelidir.
- Zemin katmanlarının zemin boşluk oranları belirlenmelidir.
- Zeminin elektriksel özellikleri tespit etmelidir. Rezistivite (özdirenç) ölçümleri yapılarak, zemini oluşturan tabakaların (farklı kalınlık ve derinliklerde) özdirenç değerleri tespit edilmeli, koroziflik derecesi belirlenmelidir.
- Sahada kazı yapıldığında çıkan zeminin tekrardan dolgu maddesi olarak kullanılıp kullanamayacağı ya da iyileştirilerek kullanılıp kullanılmayacağı zemin raporunda belirtilmelidir.
- Zemin iyileştirmesine ihtiyaç olması durumunda, oluşan zemin gerilmelerini karşılayabilecek, dolgu malzemesinin cinsi ve özellikleri belirtilmelidir.
- Kazı, dolgu, hendek için dikkate alınması gereken zemin eğimi belirtilmelidir.
- Temelin alt seviyesi olması beklenen zeminin sürtünme katsayısı belirtilmelidir.
- Kaymaya karşı, zemin ile beton arasındaki sürtünme katsayısı belirtilmelidir.
- Zeminin sıvılaşma potansiyeli belirlenmelidir.

Jeotermal Elektrik santrali genel temel projeleri aşağıda 19 kalem olarak listelenmiştir

1. Soğutma Kuleleleri ACC Veya WCC
2. Türbin, Jeneratör, Eşanjör Grupları ORC-1
3. Ana Dağıtım Merkezi ADM (Ana)
4. Yardımcı Dağıtım Merkezi YDM (Feed Pump Or Reenj)
5. Reenj Pompa Temelleri
6. Toplama Havuzu (Coll Pit)
7. Yangın Sistemi
8. Reenj Bölgesi Temelleri
9. Muffler Temelleri
10. Pentan Tank Temelleri
11. Kablo Kanalları
12. İstinadlar
13. İdari Bina

14. Güvenlik Binası
15. Üretim Hattı PLP Boru Hattı Temelleri
16. Reenjeksiyon hattı PLR Boru Hattı Temelleri
17. Boru Köprüsü Pıperack Temelleri
18. Kuyubaşı WHP Tip
19. Reenjeksiyon Kuyubaşı WHR Tip

Öncelikler ORC tasarımcısından 1 ve 2 kalem ACC ve ORC gruplarının temel yükleri temin edilir. Bu yükler mekanik ve inşaat projeleri superpoze edilerek kontrol edilir.



Şekil 4.1 ACC ve ORC grubu temel projelerinin mekanik projeler ile kontrol edilmesi

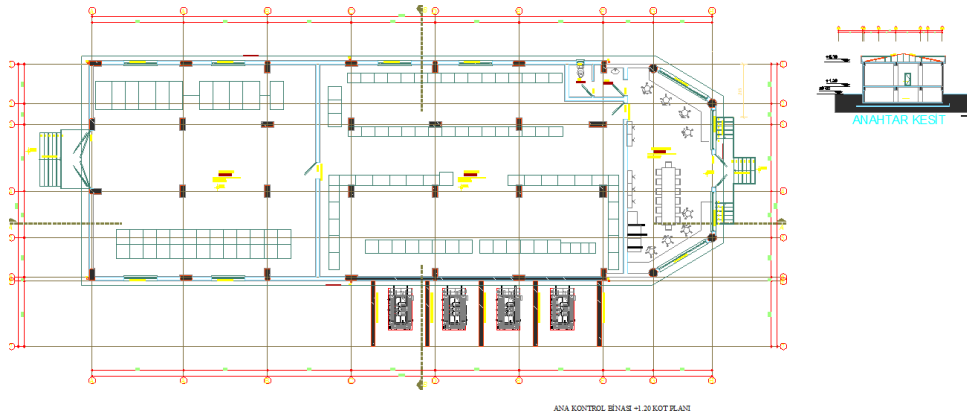
Menderes grabenindeki uygulamalarda 5ton/m² ile 35 ton/m² arasında farklı zeminlerde çalışmak mümkündür. Özellikle dere kenarlarındaki yumuşak zeminler inşai faaliyetler açısından sakıncalı olup 15 ton/m² değerine kadar zemin iyileştirme istemektedir.

Yapılan tüm temeller radya temel olup ekipmanlar arasındaki özellikle eşanjör borulama, türbin jeneratör ve ACC arası çökme riskleri minimize edilmektedir.



Şekil 4.2 ACC ve ORC grubu radya temel projelerininine ait bir fotoğraf

Ana Dağıtım merkezi sahadaki tüm alçak, orta, yüksek, zayıf akım kablolarının toplandığı, kontrol merkezinin, panoları ve trafoların olduğu bir merkezdir.



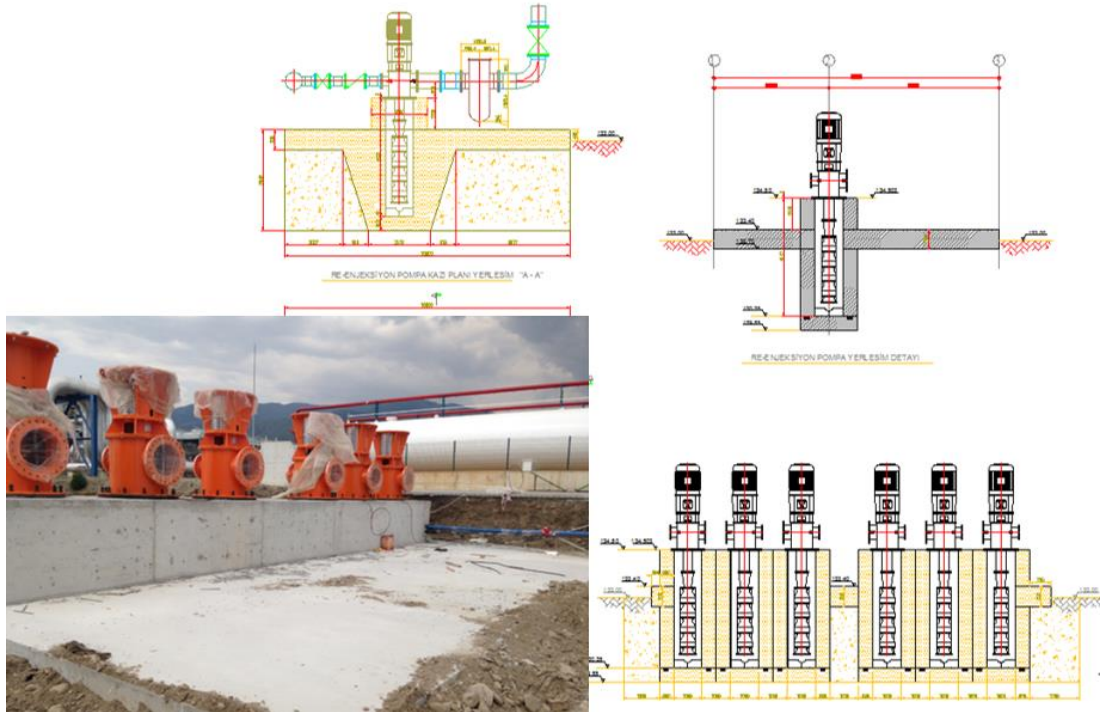
Şekil 4.3 Ana Dağıtım Merkezi Bina yerleşim projelerine ait bir örnek

Kesit görüntüsünden görüleceği üzere mutlaka zemin kat kablo giriş çıkışlarına müsaade edecek şekilde yükseltilmiş olmalıdır.



Şekil 4.4 Ana Dağıtım Merkezi Bina ait bir örnek.

Reenjeksiyon pompaları yüksek güçte ağır ekipmanlar olup temel yapıları ayrıca önemlidir. Değişik reenjeksiyon basınçlarına uygun dizayn edilmeleri gerekmektedir.



Şekil 4.5 Reenjeksiyon pompa temel kesit projelerine ait bir örnek.

Toplama havuzu; sıcak veya soğuk başlangıç olarak anılan santralin ORC grubunun enterkonnekte sisteme elektrik veremediği dönemlerde kuyulardan üretilen akışkanın kontrollü bir şekilde atmosfere açılma yöntemiyle bir havuzda toplanması işlemidir. Basıncı ve sıcaklığı düşen ve havuzda toplanan 98C de akışkan daha sonra bir havuz pompası aracılığıyla reenjeksiyon kuyularına geri basılmaktadır.

Uygulamada 15dk ile 220dk arasındaki sürelerle göre dizayn edilmiş bir çok toplama havuz örneği mevcuttur. Tek faz hatlarda min 60-90dk arasında bir rezerve tutulması önerilir. Bu kapasitenin altındaki çözümlerde ya kuyuların kapatılması, kuyubaşlarından drene edilmesi yada santral sahasında drene edilmesi gerekmektedir. Çift faz hatların soğuk başlangıç süreleri nispeten daha uzun olduğu için 3 -6 saat arasında bir tasarım önerilmektedir.



				ÖNERİMİZ					
				LENGTH	WIDTH	HEIGHT	VOLUME	HOLD Up TIME	
COLD STARTUP TIME	HOUR		0,5	50	30	1,5	2250	95	minutes
TOTAL FLOW	T/H FOR TWO ORC		2750						
COLLECTION PIT CAPACITY	M3		1375						
Discharge control valves	Pipe	C Valve	Max Flow(t/h)						
Brine Emergency Discharge	16		1375						
Steam + NCG Emergency Discharge	24		4						
Experiences	YEAR OF	TOTAL ORC MW	TOTAL FLOW	LENGTH	WIDTH	HEIGHT	VOLUME	HOLD Up TIME	

Şekil 4.6 Toplama Havuzu projelerine ait bir örnek.

Boru hatları zemine bağlı olarak direk tip (stanchion) ve beton temeller ile projelendirilebilir. Burada öneli nokta güzergahta zemin etüd sonuçlarının hangisine uygun olduğunun tesbiti ve özellikle direk tip supportta foraj makinelerinin sahaya girip giremeyeceğidir.

Direk tip supportlar bayrak direği yönetmi olarak anılan “UBC Section 1806.8.2.1 – Non-Constrained Footings Employing Lateral Bearing. Formula 6-1”; uç taşıma kapasitesi ve foraj borusunun çevre sürtünmesi ile gerekli kuvvetleri karşılarlar.

Betonarme supportlar zemin emniyet gerilmesi tarafından belirlenen bir alana sahip toprak altı temel genellikle 50cm kalınlığında olup üstünde sleeper adı verilen çelik kontrstürksiyonun monte edildiği üst temelden oluşur.



Şekil 4.7 Direk tip ve Betonarme tip support detayları



4. SONUÇLAR

Jeotermal Elektrik Santrallerinin (JES), yardımcı tesisler olarak adlandırılan (BOP) projelerinin sistematiği, mekanik, elektrik ve inşaat aşamaları örnekler ve kullanılan genel standartlar ile bu çalışmada anılmıştır. Çok disiplinli bir proje aşaması olan BOP projeleri disiplinler arası iletişimin iyi olmaması durumunda bir karmaşaya dönüşebilmekte, projeler ciddi revizyonlar ve sahada yapılan palyatif düzeltmeler ile bitirilmektedir.

BOP projelerinin yatırımcılar tarafından Santral projeleri kadar önemsenmemesi de maalesef duruşların yaşanmasına sebep olmakta veya duruşların gerçek sebebinin belli olmadığı bir kaotik görüntü çıkmasına sebep olmaktadır. Bazı durumlarda Santral ve BOP projelerinin arasındaki keşişim noktalarının belirsizliği satın almadan başlayarak, inşaat ve işletmeye alma aşamalarında bu konuların açık kalmasına sebep olmakta ve santral yatırımlarının gecikmesine sebep olmaktadır.

Çok kapsamlı olduğu anlatılan BOP Projelerinin yönetimi yatırımcı tarafından yapılabileceği gibi Owners engineer olarak anılan bir mühendis gurubu veya sektörde deneyimli, genel projeye ORC, Elektrik mekanik inşaat olarak hakim firmalar ile yapılabilmektedir. Tek bir yönetim proje firmaları arasındaki iletişimi ve oluşabilecek revizyon sayısını azalttığı için tercih edilmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] ASME BS31.1 Power piping standarts
- [2] ASHRAE (American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers) Applications Handbook (SI), U.S.: ASHRAE Books & Store, (1991),
- [3] TOKSOY, M., SERPEN, U. "Institutional, Technical and Economic Problems in Direct Use Geothermal Applications in Turkey", Geothermal Resource Council 2001 Annual Meeting, San Diego
- [4] Di Pippo, R. Small geothermal power plants: Design, performance and economics, GHC Bulletin 1999, 1 – 8.
- [5] DESIDERI, U., BIDINI, G. "Study of possible optimization criteria for geothermal power plants". Energy Convers. Mgmt. (30), (1997),
- [6] SERPEN, U., 2001 "Jeotermal Enerjinin Doğası" Doğrudan Isıtma Sistemleri; Temelleri ve Tasarımı Seminer Kitabı, MMO yayın No:2001/270
- [7] CANAKCI, C., "Jeotermal Bölge Isıtma Sistemleri: Balçova Orneği" Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yüksek Lisans Tezi, 2003.
- [8] SOYLEM A. "Jeotermal elektrik santrali proses kontrol ve otomasyon sistemi esasları Doğrudan Isıtma Sistemleri; Temelleri ve Tasarımı Seminer Kitabı, MMO yayın No:2007/18

ÖZGEÇMİŞ

Cihan ÇANAKÇI

29.01.1977 tarihinde Bursa'da doğdu. 2000 yılında Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü'nden mezun oldu. 2003 yılında Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Enerji Bölümünde Yüksek Lisans çalışmalarını tamamladı. 2000-2003 tarihleri arasında Balçova Jeotermal Enerji San. Ve Tic Ltd. Şti'nde proje müdürlüğü, 2004 yılında özel bir mühendislik şirketinde proje mühendisliği, 2005 yılında GC Jeotermal Müh. Ltd. Şti. kurucu ortağı olarak çalıştı. 2006 yılında SFM&Hochtief FM şirketinde Proje Geliştirme ve Marketing Departman Müdürlüğü yaptı. Halen Nisan 2006'da kurduğu ve Asıl iş tanımlanması Jeotermal Elektrik Santralleri, Bölge Isıtma



Sistemleri tasarımı, Jeotermal Seralar, Termal Otel&SPA yatırımları ve Kurutma prosesleri olan Pozitif Enerji Müh. Ltd. Şti ile enerji sektörüne proje, danışmanlık ve taahhüt hizmetleri vermektedir.

2005 yılında Jeotermal MEGE AŞ Dora1 JES, 2009 yılında Tuzla JES, Dora 2 JES, 2012 yılında Gümüşköy JES, 2013 yılında Guriş EFELER3 JES, Çelikler Pamukören 1,2,3,4 JES, Sultanhisar 1,2 JES, 2014 yılında MEGE AŞ DORA3U2 JES, KARKEY Umurlu JES, GREENECO Sarayköy JES, ENERJEO Kemaliye JES, 2015 yılında SİS Enerji ÖZMEN JES, MTN Tuzla JES, mekanik, elektrik ve inşaat BOP, proje ve dizaynı ve uygulamalarında yer almıştır.