



**T.C.  
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ**

**BİLİMSEL ARAŞTIRMA PROJELERİ KOORDİNASYON BİRİMİ**

**REZERVUAR SİMÜLASYON LABORATUVARI KURULUMU**

**Proje No:6628**

**Araştırma Destek Projesi**

**SONUÇ RAPORU**

**Proje Yürütücüsü:**

**Dr. Öğr. Üyesi. Özkan AÇIŞLI**

**Oltu Yer Bilimleri Fakültesi / Petrol ve Doğal Gaz Mühendisliği Bölümü**

**Araştırmacının Adı Soyadı**

**Dr. Öğr. Üyesi. İlker ACAR**

**Dr. Öğr. Üyesi. Özgür BİLİCİ**

**Arş. Gör. Ercan DOĞAN**

**Arş. Gör. Şerife BOĞAZKESEN**

**Arş. Gör. Tuğba BİLİCİ**

**Oltu Yer Bilimleri Fakültesi / Petrol ve Doğal Gaz Mühendisliği Bölümü**

**NİSAN 2019**

**ERZURUM**



## **ÖNSÖZ**

Bu projede, öğrencilerin derslerde gördükleri teorik bilgilerin akılda kalıcılığını arttırmak, rezervuar modelleme konusunda öğrencilere kapsamlı bilgiler sunmak ve Petrol ve Doğal Gaz Mühendisliği Bölümünün rezervuar modelleme araştırma alt yapısını oluşturmak amaçlanmıştır. Ayrıca bu proje ile bölümümüzün rezervuar modelleme araştırma alt yapısını oluşturmak için gerekli programların temini sağlanarak araştırma olanaklarının geliştirilmesi hedeflenmektedir. Çalışmamıza vermiş oldukları maddi desteklerden dolayı Atatürk Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi'ne teşekkür ederiz.

## İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR.....	I
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	III
TABLolar DİZİNİ.....	III
ÖZET.....	IV
ABSTRACT.....	V
1. GİRİŞ.....	1
2. KURULUM VE KURS SÜRECİ.....	3
2.1. Kurulum Süreci.....	3
2.2. Kurs Süreci.....	4
2.2.1.Eclipse Blackoil.....	4
2.2.2.Petrel.....	6
3.SONUÇ.....	9
KAYNAKÇA.....	10
EK 1.....	11
EK 2.....	15

## **ŞEKİLLER DİZİNİ**

<b>Şekil 1.</b> Farklı Gözeneklilik Değeri Atanmış Rezervuar Sistemi.....	7
<b>Şekil 2.</b> Su Doygunluğu ve Sistemdeki Fayların Yerleri.....	7
<b>Şekil 3.</b> Farklı Senaryolarda Tarihsel Çakıştırma ve İleriye Yönelik Tahmin.....	8

## **TABLolar DİZİNİ**

<b>Tablo 1.</b> Eclipse Kurs Programı.....	5
<b>Tablo 2</b> Petrel Kurs Programı.....	6

## **ÖZET**

Bu projede, öğrencilerin derslerde gördükleri teorik bilgilerin akılda kalıcılığını arttırmak, rezervuar modelleme konusunda öğrencilere kapsamlı bilgiler sunmak ve Petrol ve Doğal Gaz Mühendisliği Bölümünün rezervuar modelleme araştırma alt yapısını oluşturmak amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda, sektörün öncü firmalarından Kappa Engineering ve Schlumberger firmalarından rezervuar modellemede kullanılan programlar temin edilmiştir. Kappa Engineering firması Ecrin yazılımının kullanılacağı ders, bitirme projesi ve akademik çalışmaların rapor edilmesi karşılığında her yıl programı ücretsiz olarak vereceğini bildirmiştir. Schlumberger firmasıyla da Eclipse ve Petrel programlarının kiralanması ve kullanımlarıyla ilgili hizmet alımı gerçekleştirilmiştir. Söz konusu programların temin edilmesiyle, derslerde ve araştırmalarda kullanılmak üzere rezervuar simülasyon laboratuvarının temelleri atılmıştır.

## **ABSTRACT**

In this project, it is aimed to increase the persistence of the theoretical knowledge of the students in the courses, to provide comprehensive information to the students about reservoir modeling and to create a reservoir modeling research infrastructure of the Petroleum and Natural Gas Engineering Department. For this purpose, programs used in reservoir modeling were provided from Kappa Engineering and Schlumberger which are both of the leading companies of the sector. Kappa Engineering has announced that the Ecrin software will be used free of charge every year in exchange for reporting the course, graduation design project and academic studies. Schlumberger has also provided services for the rental and use of Eclipse and Petrel programs. The foundations of the reservoir simulation laboratory have been laid for use in the courses and researches through the provision of these programs.

**Keywords:** Earth sciences, reservoir, simulation, software

## 1. GİRİŞ

06.08.2008 tarihinde kurulmuş olan Oltu Yer Bilimleri Fakültesi bünyesindeki Petrol ve Doğalgaz Mühendisliği Bölümümüz 2014-2015 Eğitim-Öğretim yılı güz döneminden itibaren eğitim-öğretim faaliyetlerine başlamıştır. Öğrencilerimizin derslerde gördükleri teorik bilgileri laboratuvar ortamında pekiştirmeleri ve bölümümüzün laboratuvar destekli derslerinin eksiksiz bir şekilde yapılabilmesi için gerekli alt yapının oluşturulması gerekmektedir. Bu bağlamda gerek ilgili müfredat derslerimizin daha verimli bir şekilde yapılabilmesi gerekse de bitirme projesi ve çeşitli akademik çalışmaların gerçekleştirilebilmesi için bir rezervuar simülasyon laboratuvarına ihtiyaç duyulmaktadır.

Simülasyon, gerçek veya tasarlanan bir sistemi temsil edecek modeli oluşturma ve analiz yaklaşımıdır. Bu yaklaşım, sistemi değişik koşullar altında test etmemize olanak sağlamaktadır. Bu yüzden bir sistemin modelini yaptığımızda o sistemi değişik durumlar için test etmek çok daha kolay olmaktadır. Simülasyon yaklaşımının faydalarını aşağıdaki şekilde sıralayabiliriz:

- 1) Simülasyon, elde veri olmadığı durumlarda veya eldeki verilerin yetersiz kaldığı durumlarda gerçeğe daha yakın sonuçlar üretme konusunda daha iyi sonuç verir.
- 2) Simülasyon tekniği, analitik tekniklerin yetersiz kaldığı durumlarda, analitik tekniklerle çözümün çok uzun sürebileceği durumlar için iyi bir alternatiftir.
- 3) Simülasyon ile zamanı da etkin bir şekilde yönetebiliriz. Yıllar sürececek bir çalışmayı saatlere ve hatta dakikalara indirgeyebiliriz.

Kurulması düşünülen rezervuar simülasyon laboratuvarı ile aşağıdaki hedeflerin gerçekleştirilmesi planlanmaktadır:

1. Radyal ve lineer akışta karmaşık rezervuar geometrileri için rezervuar büyüklüğünün tahmini
2. Gözeneklilik, geçirgenlik, ortalama rezervuar basıncı ve zar faktörü gibi parametrelerin belirlenmesi
3. İlgili verileri kullanılarak rezervuarın modellenmesi, rezervuarın en etkili biçimde kullanımı ve üretim yöntemi ve tekniğinin belirlenmesi
4. Açılacak kuyuların yerlerinin ve sayısının belirlenmesi, kullanılacak koruma boruları ve tubinglerin seçimi ve üretim debisinin belirlenmesi
5. Rezerv hacmi ve kurtarım miktarının tahmini
6. Gözenekli ortamda sıkıştırılabilir ve sıkıştırılamaz akışın etkilerinin incelenmesi



Rezervuar Simülasyon Laboratuvarının kurulması, Petrol ve Doğalgaz Mühendisliği eğitimi alan öğrenciler ve bölümde görevli öğretim üyeleri/elemanları açısından oldukça önemlidir. Kurulması planlanan bu laboratuvar ile öğrencilerin derslerde gördükleri teorik bilgilerin akılda kalıcılığı artacak ve öğrenciler rezervuar modelleme konusunda çok kapsamlı bilgiler edinebileceklerdir. Ayrıca bu proje ile bölümümüzün rezervuar modelleme araştırma alt yapısını oluşturmak için gerekli programların temini sağlanarak araştırma olanaklarının geliştirilmesi hedeflenmektedir.

## **2. KURULUM VE KURS SÜRECİ**

Proje, kurulum ve kurs süreci olarak iki temel aşamadan oluşmaktadır. Kurulum aşaması, söz konusu programların temini için ilgili firmalarla görüşmeleri ve donanımsal alt yapının oluşturulmasını içermektedir. İkinci aşama ise Eclipse ve Petrel programlarının kullanımı için kurs hizmetinin alınmasıdır.

## **2.1. Kurulum Süreci**

Kurulum sürecinin de temel olarak iki aşamadan oluştuğu söylenebilir. İlk aşamada Kappa Engineering ve Schlumberger ile iletişime geçilmiş programların kullanımı ve ücretleriyle ilgili bilgiler alınmıştır. Daha sonrasında ise fakülte bünyesindeki bilgisayarların donanımsal olarak yeterli olup olmadığı üzerine yoğunlaşmıştır.

İlk olarak, sözü edilen konu ile ilgili kullanılabilecek programlar üniversitemiz altyapısında bulunmadığı tespit edilmiştir. Sektörde rezervuar modelleme uygulamalarının öncü firmalarından Kappa Engineering ve Schlumberger ile iletişime geçilmiş ve ilgili yazılımların kullanımı konusunda görüşmeler gerçekleştirilmiştir. Yapılan değerlendirmeler sonucunda Kappa Engineering firması, yazılımlarının kullanılacağı ders, bitirme projesi ve akademik çalışmaların rapor edilmesi karşılığında her yıl sözleşme yenilenerek ilgili programları bölümümüz kullanımına sunacağını taahhüt etmiştir. Schlumberger firması ise yıllık belirli bir ücret karşılığında Petrel ve Eclipse yazılımlarını sağlayabileceğini belirtmiştir. Schlumberger firması ile söz konusu programların 10 adet lisansının 5 yıllığına kiralanması ve programların kullanımı ile ilgili uzman bir kişi tarafından proje ekibine 10 günlük bir eğitim verilmesi konusunda firma ile anlaşmaya varılmıştır.

Programların temini ve hizmet alımı ile ilgili konular üzerine anlaşıldıktan sonra donanımsal alt yapının oluşturulması üzerine yoğunlaşmıştır. Fakülte bünyesinde bulunan bilgisayarlar incelenmiş ve bilgisayar laboratuvarında bulunanların ilgili programları çalıştırmada yeterli olduğu görülmüştür. Daha sonraki süreçte, performans açısından en iyi 10 bilgisayar seçilmiş ve ilgili programlar bu bilgisayarlara yüklenmiştir. Böylece projenin ilk adımı olan kurulum süreci başarıyla tamamlanmıştır.

## **2.2. Kurs Süreci**

Programlarının kurulumu tamamlandıktan sonra kurs tarihleri için tekrardan Schlumberger firması ile iletişime geçilmiştir. Yapılan görüşmeler sonucunda belirlenen 21.01.2019 ile 30.01.2019 tarihleri arasında kursun yapılması konusunda anlaşılmıştır. Kurs süresince, eğitimi verilen Eclipse ve Petrel programlarının içerikleri ile ilgili bilgiler aşağıda kısaca anlatılmıştır.

### **2.2.1. Eclipse Blackoil**

Eclipse Blackoil simülatörü, kompleks yapılarda bulunabilen her türlü rezervuar tipi için rezervuarların statik ve dinamik davranışının hızlı ve doğru bir şekilde tahmin edilmesinde, ileriye yönelik performansının tahmin edilmesinde eksiksiz ve doğru olarak sayısal çözümler sunan bir programdır. Bu simülatör, petrol ve gaz fazlarının her birinin zaman içinde bir bileşen olarak temsil edilebileceğini varsayar. Bu bileşenin özellikleri basınç ve sıcaklıkla değişebilir, ancak bileşim değişmez.

Eclipse bir komut liste programıdır. Yazılımcı Eclipse için bir giriş veri dosyası oluşturur. Bu veri dosyası modelin tam bir tanımını içerir. Modelde akışkan ve kayaç özelliklerini, başlangıç koşullarını, kuyu bilgilerini, fazların akış hızlarının ve yüzey ekipmanlarının bilgileri bulunmalıdır. Giriş dosyası, kodlardan ve yorumlardan oluşabilen bir metin dosyasıdır. Birçok kod, benzer veya aynı sözdizimine sahip olmasına rağmen her kodun belirli bir sözdizimi vardır. Veri dosyası birkaç anahtar kelimelerle farklı bölümlere ayrılmıştır ve her bölümün belirli bir amacı vardır. Genel olarak, Eclipse anahtar kelimeleri veri dosyasının yalnızca belirli bölümlerinde kullanılabilir.

Program genellikle \*.DATA olarak belirtilen bir ASCII metin dosyası kullanmak için tasarlanmıştır. Bu dosyada tüm model bilgileri tanımlanmıştır. Genelde bir veri dosyası veya veri tabanı olarak adlandırılan \*.DATA dosyası sekiz bölüme ayrılır. Bunlar sırasıyla; RUNSPEC, GRID, EDIT, PROPS, REGIONS, SOLUTION, SUMMARY, SCHEDULE bölümleridir. Bu bölümlerde akışı etkileyen temel parametreler tanımlanmalıdır. Örneğin; rezervuar geometrisi ve özellikleri GRID, EDIT bölümlerinde tanımlanırken akışkana ait fiziksel özellikler ise PROP, REGIONS ve SOLUTION bölümlerinde tanımlanmak zorundadır. Kurs süresince yukarıda bahsedilen bölümlerde rezervuar, akışkan ve kuyu sistemi için parametrelerin nasıl girildiği, kodların kullanılması, kodların nasıl çalıştığı, grid tanımlamaları gibi temel konular üzerine durulmuştur. **Tablo 1** kurs sürecinde neler anlatıldığı ve hangi konulara değinildiği gün gün gösterilmiştir.

**Tablo 1. Eclipse Kurs Programı**

1.GÜN	2.GÜN	3.GÜN	4.GÜN	5.GÜN
Modül 1- Rezervuar simülasyonuna genel bakış	Modül 4- GRID / EDIT bölümleri	Modül 6- REGION bölümü	Modül 8 - SUMMARY bölümü	Modül 9 - SCHEDULE bölümü
- Rezervuar simülasyonu nedir?	-Grid türleri	-REGION bölüm kurulumu	-SUMMARY bölüm kurulumu	-İleriye yönelik tahminler
-ECLIPSE'ye giriş	-Grid hücresinin özelliklerinin tanımlanması	-Rezervuar özelliklerindeki değişikliklere dayanarak rezervuarın bölünmesi	-İstenebilecek çıktıların belirlenmesi	-Tarihsel çakıştırmadan ileriye yönelik tahmine geçiş
-ECLIPSE ile etkileşim	-Lokal Grid tanımlama	-Rapor amaçlı rezervuarın bölünmesi	Modül 9 - SCHEDULE bölümü	-Ekonomik limit tanımlama
Modül 2- Sonişlemci olarak Petrel RE	-İletilebilirlik hesaplamaları	Modül 7 - SOLUTION bölümü	-SCHEDULE bölüm modları ve içeriği	-Otomatik workover işlemleri
-RUNSPEC bölüm kurulumu	-Komşu olmayan bağlantılar	-Denge durumu için kurulum	-Tarihsel çakıştırmaya ve eşleştirme	-Yeniden başlatma
-Simülasyonun başlangıç tarihi	-Pinchouts ve uyumsuzluk gibi jeolojik özelliklerin modellenmesi	-Yeniden başlatma ve numaralandırma	-Kuyu tanımı ve grid bağlantıları	-Kurtarım miktarı optimizasyon stratejileri
-Modelin temel karakteri	Modül 5 - PROPS bölümü	-Akifer modelleme yaklaşımları	-VFP eğrisi özellikleri	-Ana senaryonun çalıştırılması
-Bellek ayırma	-PVT'ye giriş ve uygulamalar	-Sayısal akiferler	-Tarihsel olarak kuyu kontrolü	-Su enjeksiyonlu senaryo
-RUNSPEC anahtar kelimeleri	-ECLIPSE Black-oil de akışkan özellikleri	-Fetkovich akiferleri		-Voidage senaryosu
	-Tek fazlı simülasyonlar	-Carter-Tracy akiferler		-Gazın yeniden enjeksiyon edilme stratejisi
	-İki fazlı simülasyonlar	-Akı akiferleri		Modül 10 - Yakınsama
	-Üç fazlı simülasyonlar	-Grid hücre akiferleri		-Yakınsama sorunları ve sorun giderme
	-Petrol / Gaz / Su Dengesi			-Yakınsama raporları
	-İlgili anahtar kelimeleri kullanarak PVT veri girişi			-ECLIPSE'yi hızlandırmak
	-Ek konular			-Zaman adım kontrolü
	-EXTRAPMS anahtar sözcüğü			-Doğrusal olmayan ve doğrusal iterasyonlar
	-Çoklu PVT türleri			-Simülatör kontrolü
	-API izleme uygulaması			-Yaygın sorunların sebepleri
	-Kaya özellikleri: Doygunluk fonksiyonları			-Yakınsama kontrol listesi
	-Kayaç sıkıştırılabilirliği			
	-Doygunluk fonksiyonu tanımı, bitiş noktası, anahtar kelimeler.			

Kurs süresince tabloda gösterilenleri uygulamak adına Snark adında hayali bir saha oluşturulmuş (dosya) ve bütün çalışmalar bu dosya üzerinde detaylıca yapılmıştır. Oluşturulan bu dosyanın içeriği **Ek1** de verilmiştir.

## 2.2.2. Petrel

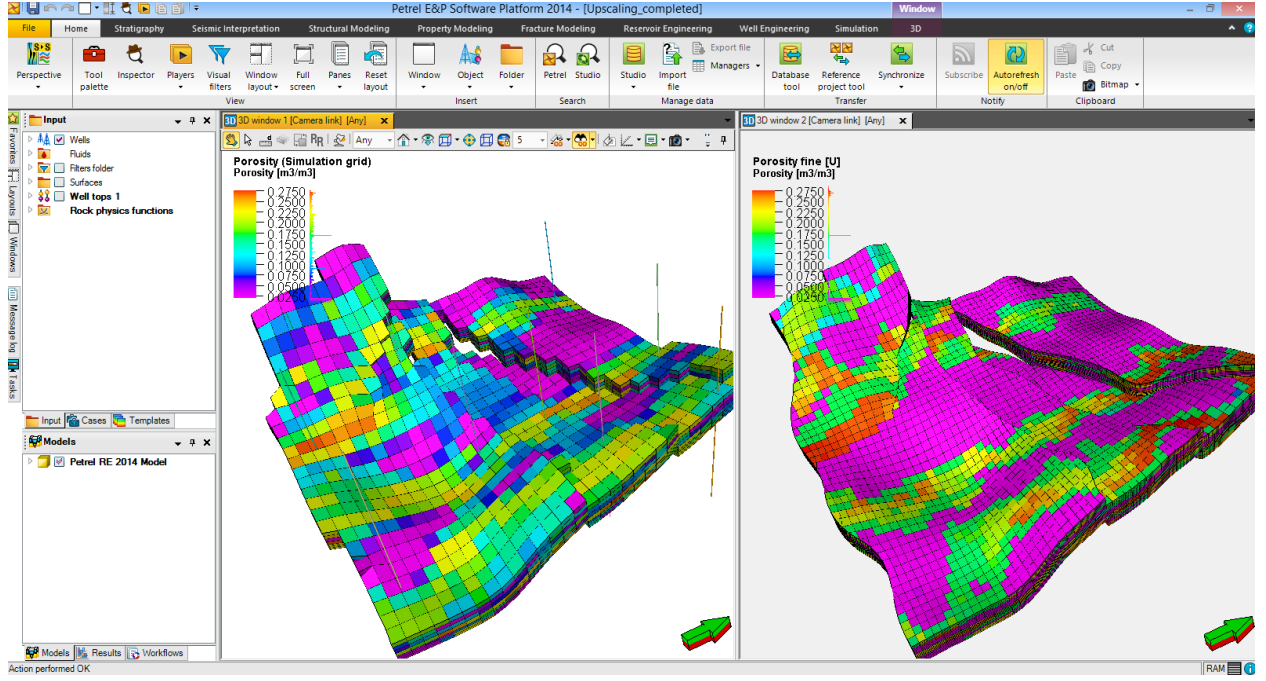
Petrel programı rezervuar simülasyonunda kullanılan oldukça gelişmiş bir programdır. Programın kullandığı kodlar Eclipse kodlarıdır. En önemli özelliği, birlikte çalışan bir ekibin çalışmasını kolaylaştıran ve böylece rezervuar performansının artmaya yardımcı olabilecek bir program olmasıdır. Jeofizikçiler, jeologlar ve rezervuar mühendislerinin ayrı ayrı iş bölümleri vardır. Petrel programı, farklı disiplinlerin yapmış olduğu işleri bir arada entegre ederek iş akışını kolaylaştırmakta ve sonuçları hem görsel hem de sayısal olarak görüntülemeyi sağlamaktadır.

Petrel kursu süresince Eclipse kursunda yapılan grid ve kuyu tanımlama, tarihsel çakıştırma gibi uygulamaların benzerleri yapılmıştır. Petrel’ de Eclipse kursunda yapılanlar görsel olarak görülmüş ve daha kompleks rezervuar modelleme çalışmaları yapılmıştır. **Tablo 2** kurs süresince yapılan çalışmaları göstermektedir.

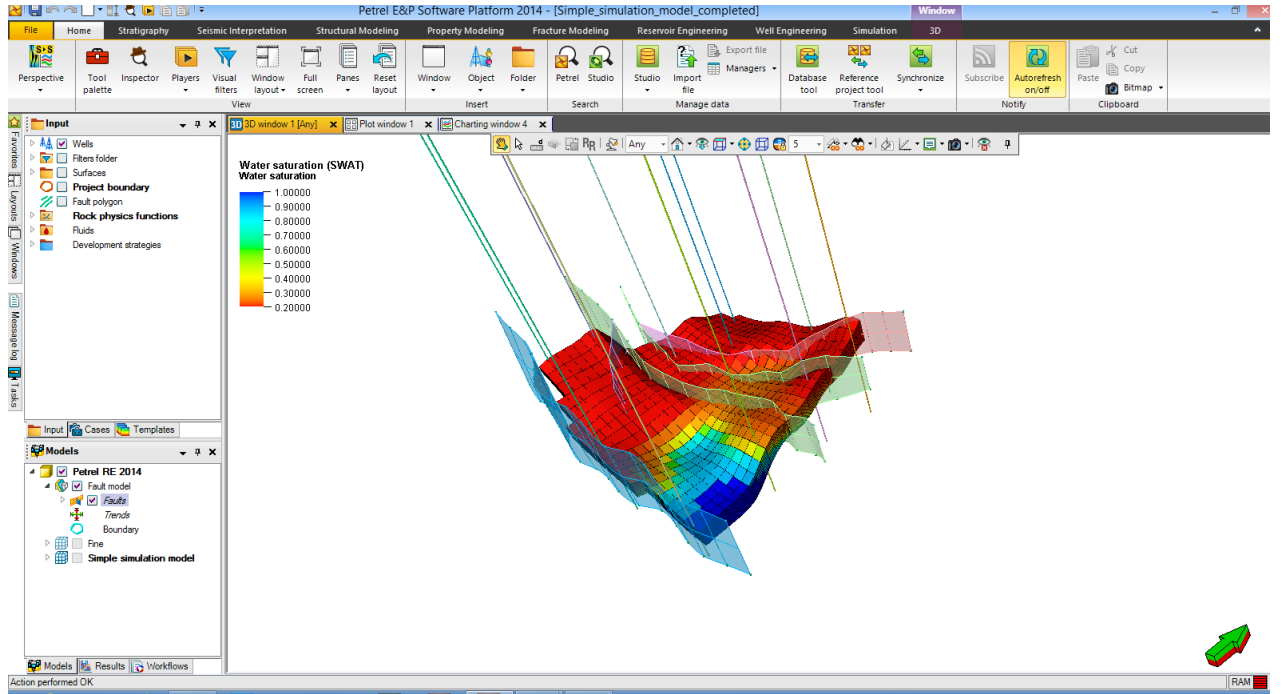
**Tablo 2** Petrel Kurs Programı

1.GÜN	2.GÜN	3.GÜN	4.GÜN	5.GÜN
Petrel'de Reservoir Mühendisliği iş akışına giriş	Bir simülasyon senaryosunun hazırlanması	Petrel'deki tarihi çakıştırma ve ileriye yönelik tahminde bulunma, farklı stratejiler oluşturma	Petrel'de Kuyu mühendisli iş akışına giriş	Petrel'de akifer modellemeye giriş ve yerel grid tanımlama
Petrel kullanıcı arayüzüne genel bakış	Simülasyon modelinde iş akışının başlatılması ve rezerv hesaplanması	OFM projesi ve elde edilen verilerin alınması	İnteraktif yaklaşımı kullanarak bir kuyunun tasarımı	ECLIPSE simülasyonunun Petrel iş akışına dönüştürülmesi
Petrel'de farklı grid oluşturma tekniklerini kullanarak basit bir simülasyon gridi oluşturma	Petrel'deki mevcut araçları kullanarak simülasyon sonuçlarını görme ve analiz etme	Hata analizi ve fay oluşturma araçları kullanılarak fay özelliklerinin tanımlanması	Dikey akış performansı (VFP) tabloları içeren bir Petrel projesine veri aktarma ve oluşturma	Petrel'de anahtar sözcük tanımlama
Petrel'deki mevcut araçları kullanarak kayaç ve akışkanın fiziksel davranışlarını modelleme			Otomatik ve manuel kuyu tamamlama tasarım araçlarını kullanarak kuyuların tamamlanması	Farklı simülasyon çalışmaları için egzersizler
			Petrel'de kuyu yönetimi ve kuyu raporlarının kontrol edilmesi	

**Şekil 1** Petrel programında oluşturulmuş basit bir rezervuar sistemi göstermektedir. Rezervuar sistemine bakıldığında 4 ü enjeksiyon 6 sı üretim kuyusu olmak üzere toplam 10 tane kuyunun olduğu görülmektedir. Gridlerin farklı renklerde olmasının nedeni ise her bir gridin gözeneklilik özelliğinin farklı olmasındandır. Yine şekle bakıldığında birbiri ile bağlantılı olmayan hücrelerin olduğu görülmektedir.

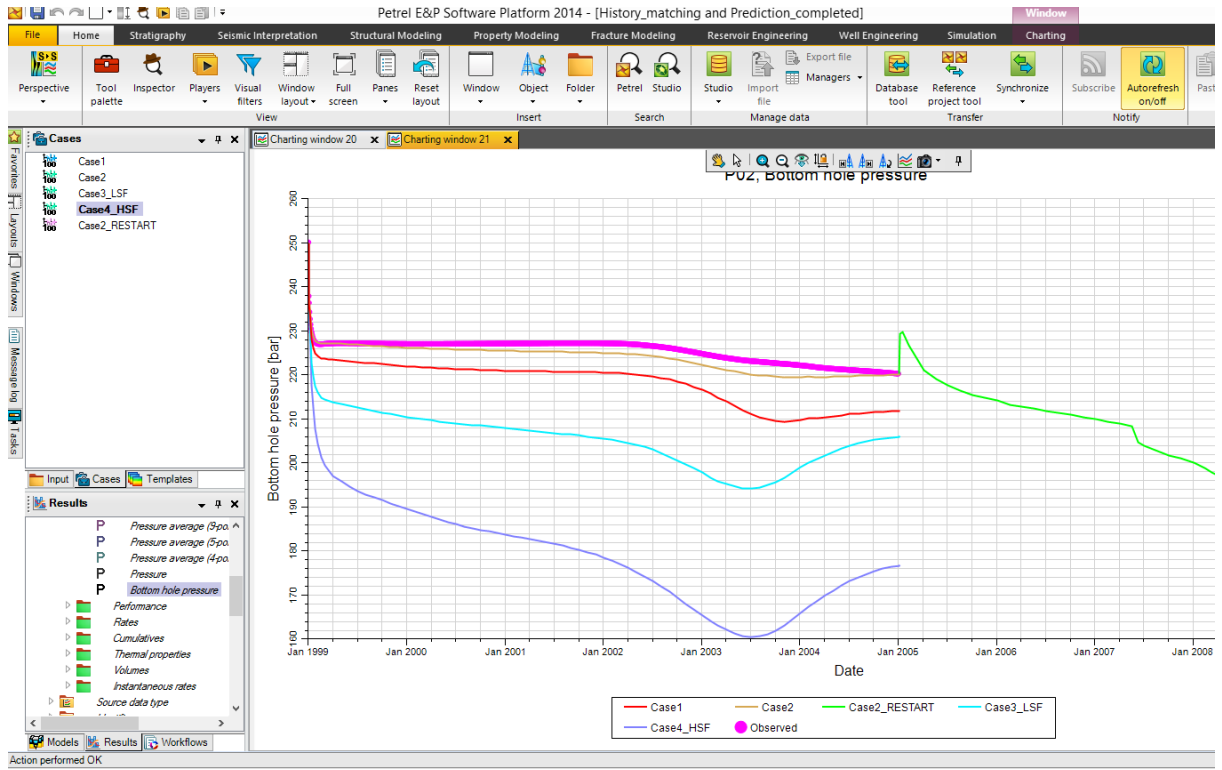


Şekil 1. Farklı Gözeneklilik Değeri Atanmış Rezervuar Sistemi



Şekil 2. Su Saturasyonu ve Sistemdeki Fayların Yerleri

Şekil 2 ye bakıldığında ise rezervuar sisteminde bulunan fayları görebilmekteyiz. Hücrelerin farklı renkte olmasının nedeni ise görüntülenmek istenen parametrenin su saturasyonu olmasıdır. Su saturasyonun yoğun olduğu yerler mavi renkte gösterilirken az olduğu ya da olmadığı yerler ise kırmızı olarak ifade edilmektedir.



**Şekil 3.** Farklı Senaryolarda Tarihsel Çakıştırma ve İleriye Yönelik Tahmin

Şekil 3 e bakıldığında ise Petrel programında kuyu dibi akış basıncı için yapılmış tarihsel çakıştırma ve ileriye yönelik tahmini gösteren bir grafik görülmektedir. PO2 kuyusunun geçmişte göstermiş olduğu kuyu dibi akış basıncı verileri, farklı senaryolar ve rezervuar özellikleri için doğrulanmaya çalışılmıştır. Farklı senaryolar arasında Case2 de oluşturulan modelin gerçeğe daha yakın sonuçlar verdiği görülmektedir. Doğru modelin bu kabul edildiği varsayımı üzerine de ileriye yönelik bir tahmin oluşturulmuştur. Grafikte yeşil olarak görünen kısım, PO2 kuyusunda kuyu dibi akış basıncının ileride nasıl değişeceğini göstermektedir.

Kurs süresince tabloda gösterilenler Petrel programında uygulanmıştır. Şekillerde gösterilenler ise eğitim sürecinde yapılan çalışmaların küçük bir kısmını oluşturmaktadır.

### 3.SONUÇ

Bu projede, öğrencilerin derslerde gördükleri teorik bilgilerin akılda kalıcılığını arttırmak, rezervuar modelleme konusunda öğrencilere kapsamlı bilgiler sunmak ve Petrol ve Doğal Gaz Mühendisliği Bölümünün rezervuar modelleme araştırma alt yapısını oluşturmak amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda, sektörün öncü firmalarından Kappa Engineering ve

Schlumberger firmalarından rezervuar modellemede kullanılan programlar temin edilmiştir. Söz konusu programların temin edilmesiyle, derslerde ve araştırmalarda kullanılmak üzere rezervuar simülasyon laboratuvarının temelleri atılmıştır.

Schlumberger firmasının sağlamış olduğu programlar için kullanımlarıyla ilgili bir de kurs eğitimi alınmıştır. Sektöre yetkin mühendisler kazandırmak adına, öğrencilerin de kursa katılımları sağlanmıştır. Proje ekibi dışında, AGNO başarısına göre beş öğrencimiz seçilmiş ve kursa katılan herkes sertifikalandırılmıştır.

Ecrin yazılımı rezervuar mühendisliği ile ilgili derslerde kullanılmış ve öğrencilerimizin bir kısmının da bitirme tasarım projesinde kullanılmıştır. Yapılan tasarım projesinin özeti ise **EK2** de verilmiştir.

## KAYNAKÇA

Schlumberger.(2014). *Petrel Reservoir Engineering Training and Exercise Guide*, Retrieved from <https://schlumberger.vitalsource.com/#/books/0127220140101/cfi/1!/4/4@0.00:55.4>

Schlumberger.(2014). *Blackoil Reservoir Simulation Training and Exercise Guide*. Retrieved from <https://schlumberger.vitalsource.com/#/books/0109020140101/cfi/0>



**EK 1**

**SNARK SAHASI SİMÜLASYON PROGRAMI**

-- General model characteristics & memory allocation  
RUNSPEC

TITLE

SNARK Dataset

-- Start date of simulation

START

1 JAN 1998 /

-- Unit system

FIELD

-- Phases present

OIL

DISGAS

GAS

WATER

-- Grid dimensions

DIMENS

24 25 12 /

-- Well & completion dimensions

WELLDIMS

7 12 1 7 /

-- Aquifer dimensions

AQUODIMS

4\* 1 288 /

-- Table dimensions

TABDIMS

1 1 10 50 1\* 20 /

-- Region dimensions

REGDIMS

16 2 /

FAULTDIM

150 /

-- Request unified input & output files

UNIFIN

UNIFOUT

-- Define grid geometry and properties

GRID

-- Request initial file (.INIT)

INIT

-- Request grid file (.EGRID)

GRIDFILE

0 1 /

```

RPTGRID
'ALLNNC' 'TRANX' /

INCLUDE
SNARK.GRDECL /

-- INCLUDE
-- '..\Dataset\Student Folder\snark\Includes\SNARK.GRDECL' /

INCLUDE
FAULTS.INC /

PERMX
600*231 600*244 600*29 600*250
600*257 600*191 600*333 600*334
600*291 600*335 600*287 600*262 /

PORO
1200*0.17 600*0.06 1800*0.17
1200*0.19 1800*0.18 600*0.17 /

-- EQUALS
-- 'PORO' 0.17 /
-- 'PORO' 0.06 1 24 1 25 3 3 /
-- 'PORO' 0.19 1 24 1 25 7 8 /
-- 'PORO' 0.18 1 24 1 25 9 11 /
-- 'PERMX' 231 1 24 1 25 1 1 /
-- 'PERMX' 244 1 24 1 25 2 2 /
-- 'PERMX' 29 1 24 1 25 3 3 /
-- 'PERMX' 250 1 24 1 25 4 4 /
-- 'PERMX' 257 1 24 1 25 5 5 /
-- 'PERMX' 191 1 24 1 25 6 6 /
-- 'PERMX' 333 1 24 1 25 7 7 /
-- 'PERMX' 334 1 24 1 25 8 8 /
-- 'PERMX' 291 1 24 1 25 9 9 /
-- 'PERMX' 335 1 24 1 25 10 10 /
-- 'PERMX' 287 1 24 1 25 11 11 /
-- 'PERMX' 262 1 24 1 25 12 12 /
-- /

COPY
'PERMX' 'PERMY' /
'PERMX' 'PERMZ' /
/

MULTIPLY
'PERMZ' 0.1 /
/

-- Modify processed grid data (Optional)

```

EDIT

-- PVT & SCAL  
PROPS

INCLUDE  
PROPS.INC /

-- Define regions (Optional)  
REGIONS

INCLUDE  
FIPNUM.GRDECL /

FIPLAYER

600\*1  
600\*2  
600\*3  
600\*4  
600\*5  
600\*6  
600\*7  
600\*8  
600\*9  
600\*10  
600\*11  
600\*12 /

-- Initialization (define the initial conditions)  
SOLUTION

-- Request report for all sets of fluid-in-place regions  
-- Request initial restart file (.X000)

RPTSOL  
'FIP=3' 'RESTART=2' /

-- Equilibration data

EQUIL

-- Datum Pres    WOC   Pcow   GOC   Pcog   RSVD/PBVD   RVVD/PDVD  
7000 3035.7 8200 1\* 0 1\* 1 0 /

-- Datum not equal to GOC. RSVD or PBVD needs to be specified.  
-- Rs constant as  $P_i > P_b$ .

RSVD

-- Depth Rs  
7000 0.973  
8000 0.973 /

-- PBVD

-- -- Depth Pb

```

-- 7000 1062.2
-- 8000 1062.2 /

-- Analytic aquifer definition (Fetkovich)
AQUFETP
-- ID Datum Pres Vol. caq PI
  1 8200 1* 1E7 1E-5 5 /
/

-- Aquifer connection
AQUANCON
-- ID i1 i2 j1 j2 k1 k2 Face
  1 1 24 25 25 1 12 'J+' /
/

-- Request output for line plots
SUMMARY

INCLUDE
  SUMMARY.INC /
-- Request field in place for oil, gas & water
FOIP
FGIP
FWIP

-- Define wells, completions, field operations
SCHEDULE

-- Restart files are created at every report time
RPTSCHED
'RESTART=2' /

TSTEP
10*30 /

END

```

## **EK 2**

### **TÜKENMİŞ BİR DOĞAL GAZ REZERVUARININ YERALTI DOĞAL GAZ DEPOLAMA TESİSİ OLARAK MODELLENMESİ**

#### **ÖZET**

Bu çalışmada tükenmiş bir X gaz sahasındaki yeraltı doğal gaz depolama tesisinin modellenmesi incelenmiştir. Modelleme işlemi Ecrin yazılımının bir alt programı olan Rubis simülatörü kullanılarak yapılmıştır.

X gaz sahasında yapılan depolama işlemi için dikey ve yatay kuyu açılması planlanmıştır. Kuyuların açılması için dört farklı senaryo gz önünde bulundurulmuştur. Depolama süreci bir yıllık periyot kapsamında, ilk 150 gün enjeksiyon yapılması, sonrasında 30 gün üretime/enjeksiyona kapatılması, daha sonra 150 gün üretim yapılması, son olarak da 35 gün üretim/enjeksiyona kapatılması şeklinde planlanmıştır. Üretimde 290 psia sabit kuyu başı akış basıncı ve enjeksiyon aşamasında da 2200 psia sabit kuyu dibi akış basıncı olacak şekilde kısıtlamalar yapılmıştır.

Tüm senaryolar için rezervuar basıncı, yüzey akış debisi ve işletilen gazın kapasitesi incelenmiştir. Her bir senaryo için bir ft<sup>3</sup> gazın depolama maliyeti ayrı ayrı hesaplanmıştır. Sonuç olarak; maliyet açısından bir numaralı, kapasite açısından ise iki numaralı senaryonun en iyi sonucu sağladığı grlmştir.