

T.C.
DİCLE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**GÜNEYDOĞU ANADOLU BÖLGESİNDEKİ PETROL
KUYULARINDA YAPILAN ÇİMENTOLAMA OPERASYONLARI**

Bilal KURT

YÜKSEK LİSANS TEZİ
MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DİYARBAKIR
Haziran 2013

T.C.
DİCLE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ
DİYARBAKIR

Bilal KURT tarafından yapılan **Güneydoğu Anadolu Bölgesindeki Petrol Kuyularında Yapılan Çimentolama Operasyonları** konulu bu çalışma, jürimiz tarafından Maden Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Üye (Başkan) :

Üye (Danışman) :

Üye :

Üye (Yedek) :

Tez Savunma Sınavı Tarihi: 17/06/2013

Yukarıdaki bilgilerin doğruluğunu onaylarım.

.../.../.....

Prof. Dr.

Enstitü Müdürü

TEŞEKKÜR

İlk olarak Yüksek Lisans eğitimim süresince hep yanımda olan biricik eşim **Nazlı GÖRMELİ KURT**'a ve özlemle beklediğimiz, birkaç ay sonra aramızda olacak, daha gelmeden ailemize büyük neşe katan oğlumuz **Kuzey**'e bana olan tüm destekleri için çok teşekkür ediyorum.

Bu çalışmada desteğini ve zamanını hiç esirgemeyen Yrd. Doç. Dr. **Orhan KAVAK**'a, **10-MF-105** nolu Araştırma projesine paralel olarak yürüttüğü çalışma esnasında sağladığı destekle beraber bana Yüksek Lisans Tezi hazırlama fırsatı sunduğu için Dicle Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu'na ve Maden Mühendisliği Anabilim Dalı'na sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum.

Tezimin hazırlanmasında değerli zamanlarını benden esirgemeyen Doç. Dr. **Z. Fuat TOPRAK**'a, Doç. Dr. **Abdurrahman SAYDUT**'a, Yrd. Doç. Dr. **Şefik İMAMOĞLU**'na ve **Sadık ALASHAN**'a çok teşekkürler

Bu paragrafta özel bir teşekkür de mensubu olmaktan gurur duyduğum **TPAO** şirketine özellikle de **Batman Bölge Müdürlüğü Kuyu Tamamlama Hizmetleri Müdürlüğüne** gelmeli, onların desteği olmaksızın bu tezi tamamlamam olanaksızdı.

Son ama daha az olmayarak, 14 yıldır benden dostluklarını esirgemeyen **Hüseyin SARIGÜL** ve **Emre KALKAN**'ı Lisans tezim de olduğu gibi bu tezimde de anmak istiyorum, iyi ki varsınız.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
TEŞEKKÜR.....	I
İÇİNDEKİLER.....	II
ÖZET.....	VIII
ABSTRACT.....	IX
ÇİZELGE LİSTESİ.....	X
ŞEKİL LİSTESİ.....	XI
KISALTMA VE SİMGELER.....	XIV
1. GİRİŞ	1
1.1. Güneydoğu Anadolu Bölgesi.....	1
1.1.1. Fiziki Yapı.....	3
1.1.1.1. Akarsuları.....	4
1.1.1.2. İklim ve Bitki Örtüsü.....	5
1.1.2. Nüfus ve Yerleşme.....	5
1.1.3. Ekonomi.....	5
1.1.3.1. Hayvancılık.....	6
1.1.3.2. Madencilik.....	6
1.1.3.3. Sanayi.....	6
1.1.4. Ulaşım.....	6
1.2. Güneydoğu Anadolu Bölgesi Statigrafisi.....	7
1.2.1. Otokton Birimler.....	8
1.2.2. Paleozoyik Yaşlı Kayaçlar.....	8
1.2.2.1. Telbesmi Formasyonu.....	9
1.2.2.2. Sodan Formasyonu.....	9
1.2.2.3. Dolomit Formasyonu.....	9
1.2.2.4. Koruk Formasyonu.....	9
1.2.2.5. Sosink Formasyonu.....	9
1.2.2.6. Bedinan Formasyonu.....	10

1.2.2.7.	Dadaş Formasyonu.....	10
1.2.2.8.	Hazro Formasyonu.....	10
1.2.3.	Mesozoyik Yaşlı Kayaçlar.....	10
1.2.3.1.	Yoncalı Formasyonu.....	10
1.2.3.2.	Uludere Formasyonu.....	11
1.2.3.3.	Uzungeçit Formasyonu.....	11
1.2.3.4.	Areban Formasyonu.....	11
1.2.3.5.	Sabunsuyu Formasyonu.....	11
1.2.3.6.	Korudağ Formasyonu.....	11
1.2.3.7.	Derdere Formasyonu.....	12
1.2.3.8.	Karababa Formasyonu.....	12
1.2.3.9.	Karaboğaz Formasyonu.....	12
1.2.3.10.	Sayındere Formasyonu.....	12
1.2.3.11.	Kastel Formasyonu.....	12
1.2.3.12.	Germav Grubu.....	12
1.2.4.	Senozoik Yaşlı Kayaçlar.....	15
1.2.4.1.	Üst Germav.....	15
1.2.4.2.	Midyat Grubu.....	15
	- Gercüş Formasyonu.....	16
	- Hoya Formasyonu.....	16
	- Gaziantep Formasyonu.....	16
1.2.4.3.	Silvan Grubu.....	16
	- Fırat Formasyonu.....	15
	- Lice Formasyonu.....	17
1.2.5.	Allokton Birimler.....	18
1.2.5.1.	Pötürge Metamorfitleri.....	18
1.2.5.2.	Guleman Grubu.....	18
1.2.5.3.	Karadut Karmaşığı.....	18
1.2.5.4.	Çüngüş Formasyonu.....	19

1.2.5.5.	Koçali Karmaşığı.....	19
1.2.6.	Hezan Grubu.....	19
1.2.6.1.	Yüksekova Karmaşığı.....	19
1.2.6.2.	Maden Karmaşığı.....	20
1.2.7.	Petrol Sahaları.....	20
1.3.	Formasyon Yapısının Çimento ve Çimentolama Operasyonuna Etkisi	21
2.	ÇİMENTOYA GİRİŞ	23
2.1.	Çimento.....	25
2.1.1.	Çimento Nasıl Üretilir?.....	25
2.2.	Dünyada Çimento Üretimi.....	27
2.2.1.	Türkiyede Çimento Üretimi.....	28
2.3.	Çimento Türleri.....	29
2.3.1.	Torbalı Çimento.....	29
2.3.2.	Dökme Çimento.....	30
2.3.3.	Portland Çimentosu.....	30
2.3.4.	Yüksek Fırın Cüruf Çimentosu.....	30
2.3.5.	Traslı Çimento.....	31
2.3.6.	Katkılı Çimento.....	31
2.3.7.	Düşük Hidratasyon Isılı Çimento.....	31
2.4.	Çimento Hammaddeleri.....	32
2.4.1.	Kalker (Kireçtaşı).....	32
2.4.2.	Marn.....	32
2.4.3.	Kil.....	32
2.4.4.	Çimento Sanayinde Kullanılan Kimyasal Modüller.....	32
2.4.4.1.	Hidrolik Modül.....	33
2.4.4.2.	Silikat Modülü.....	33
2.4.4.3.	Alüminyum Modülü.....	33
2.4.4.4.	Kireç Standardı.....	33
2.4.4.5.	Kireç Doymuluk Faktörü.....	34

2.5.	Türkiye’de Çimento Standartları.....	34
2.5.1.	CEM Çimentosu – EN 197 Standartları.....	34
2.5.1.1.	CEM I.....	35
2.5.1.2.	CEM II.....	35
2.5.1.3.	CEM III.....	36
2.5.1.4.	CEM IV.....	36
2.5.1.5.	CEM V.....	36
2.5.2.	TS EN 197-1 Standartları.....	36
2.5.2.1	Sülfata Dayanıklı Çimento.....	36
2.5.2.2	Beyaz Portland Çimentosu.....	36
2.5.2.3	Harç Çimentosu.....	36
2.5.2.4	Çok Düşük Hidratasyon Isılı Özel Çimentolar.....	37
3.	PETROL KUYULARINDA ÇİMENTO.....	39
3.1.	Çimentolama Operasyonları.....	40
3.1.1.	Koruma Borusu (Casing) Çimentolaması.....	40
3.2.	Çimentolama Sırasında Meydana Gelebilecek Başlıca Sorunlar.....	42
3.2.1.	Casinglerde Çimentonun Erken Donması.....	42
3.2.2.	Tapa Sorunları.....	42
3.2.3.	Çimentonun Homojen Hazırlanamamasının Sonuçları.....	43
3.2.4.	Anülüse Gaz Girişi.....	44
3.2.5.	Kanallaşma.....	44
3.3.	Çimento Planlamasını Etkileyen Faktörler.....	44
3.4.	Çimento Operasyonlarını Etkileyen Faktörler.....	46
3.4.1.	Koruma Boruzu Merkezlenmesi.....	47
3.4.2.	Koruma Borusu Hareketlendirmesi.....	48
3.4.3.	Çamur Kazıyıcılar.....	49
3.4.4.	Çimento Şerbetinin Formasyon ve Çamur Tarafından Kirlenmesi.....	49
3.5.	Çimento Operasyon Öncesi Çamur Islahı.....	50
3.6.	Çimento Şerbeti ve Öteleme Sıvısı Akış Rejimleri.....	50

3.6.1.	Türbilans Akış.....	51
3.6.2.	Laminer Akış.....	52
3.6.3.	Tapa Akış.....	52
3.6.4.	Akış Rejim Seçimi.....	52
3.7.	Tapa Çimentolama.....	53
3.7.1.	Denge Metodu.....	54
3.7.2.	Dump-Bailer Metodu.....	55
3.7.3.	İki Tapa Metodu.....	55
3.8.	Squeeze Çimentolama.....	56
3.9.	Çimento Katkı Maddeleri.....	59
3.9.1.	Tuzlu Çimento.....	60
3.9.2.	Motorinli Çimento.....	61
3.10.	Çimento Tasarım.....	62
3.10.1.	Çimento Tasarımında Kuyu Özelliklerinin Etkisi.....	64
3.10.1.1.	Formasyon Datası.....	65
3.10.1.2.	Çamur Özellikler.....	66
3.11.	Derin Kuyu Çimentolaması.....	66
3.12.	Çimentolama Operasyonlarında Alternatif Madde Kullanımı	68
4.	GÜNEYDOĞU ANADOLU BÖLGESİNDEKİ PETROL KUYULARINDA YAPILAN ÇİMENTOLAMA OPERASYONLARI.....	71
4.1.	Raman, Güzeldere, Didan, Dinçer Petrol Sahaları Formasyon Yapıları.....	71
4.2.	Çimentolama Operasyon Örnekleri.....	76
4.2.1.	Batman Bölgesi Örnek Çimentolama Kuyusu – Raman#A.....	77
4.2.1.1.	Kuyu Bilgileri.....	77
4.2.1.2.	I. Kademe Çimento Kompozisyonu ve Özellikleri.....	78
4.2.1.3.	II. Kademe Çimento Kompozisyonu ve Özellikleri	78
4.2.1.4.	Raman#A Kuyusu Çimentolama Operasyonu Saha Uygulamaları.....	79
4.2.2.	Diyarbakır Bölgesi Örnek Çimentolama Kuyusu – Kuzey Didan#B	83
4.2.2.1.	Kuyu Bilgileri.....	83
4.2.2.2.	I. Kademe Çimento Kompozisyonu ve Özellikleri	84

4.2.2.3.	II. Kademe Çimento Kompozisyonu ve Özellikleri	84
4.2.2.4.	Kuzey Didan#B Kuyusu Çimentolama Operasyonu Saha Uygulaması	85
4.2.3.	Mardin Bölgesi Örnek Çimentolama Kuyusu – Güney Dinçer#C	90
4.2.3.1.	Kuyu Bilgileri.....	91
4.2.3.2.	Tail Çimento Kompozisyonu ve Özellikleri	92
4.2.3.3.	Lead Çimento Kompozisyonu ve Özellikleri	92
4.2.3.4.	Güney Dinçer#C Kuyusu Çimentolama Operasyonu Saha Uygulaması.....	93
4.2.4.	Siirt Bölgesi Örnek Çimentolama Kuyusu – Güzeldere#D	97
4.2.4.1.	Kuyu Bilgileri	99
4.2.4.2.	I. Kademe Çimento Kompozisyonu ve Özellikleri	98
4.2.4.3.	Güzeldere#D Kuyusu Çimentolama Operasyonu Saha Uygulaması.....	99
4.2.4.4.	II. Kademe Çimento Kompozisyonu ve Özellikleri	103
5.	SONUÇLAR VE ÖNERİLER	105
6.	KAYNAKLAR	109
	ÖZGEÇMİŞ.....	112

ÖZET

GÜNEYDOĞU ANADOLU BÖLGESİNDEKİ PETROL KUYULARINDA YAPILAN ÇİMENTOLAMA OPERASYONLARI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bilal KURT

DİCLE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

2013

Bu çalışmada ülkemizin petrol kaynakları bakımından en zengin bölgesi olan Güneydoğu Anadolu Bölgesindeki petrol kuyularında yapılan, kuyunun ömrü ve petrol üretebilme kapasitesi açısından çok önemli olan çimentolama operasyonları incelenmiştir. Çimentolama operasyonları, koruma borusu çimentolaması, tapa çimentolama, derin kuyu çimentolaması ve squeeze çimento tekniği ile çimentolama gibi farklı çimentolama tipleri etrafında işlenmiş ve saha uygulamalarına yer verilmiştir. Tez konusu, gerçek saha bilgileri ile laboratuvar koşullarında çalışılmış ve daha sonra tez içeriğinde gerçek kuyularda uygulanmış örnekler ihtiva edilmiştir.

İncelemeler bölgede petrol üretimine en çok destek veren Batman, Mardin, Siirt ve Diyarbakır gibi şehirlere bağlı üretim sahalarındaki operasyonlar üzerinde yoğunlaştırılmış ve çalışma alanları en güncel verilerle günümüz teknoloji ve uygulanabilirlik seviyesine ışık tutmuştur.

Sonuç olarak, seçilen illerde ve bu illerin bağlı bulunduğu bölgelerde yapılan çimentolama operasyonları güncel verilerle anlatılmış, söz konusu operasyonlar süresince karşılaşılabilecek sorunlara değinilmiş ve çözüm yolları anlatılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Çimento, Güney Doğu Anadolu, Çimentolama, Petrol, Kuyu, Casing (Koruma Borusu), Diyarbakır, Mardin, Batman, Siirt, Raman.

ABSTRACT

OIL WELL CEMENTING OPERATIONS HELD IN THE SOUTHEAST REGION OF TURKEY

Msc THESIS

Bilal KURT

DEPARTMENT OF MINING ENGINEERING
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
UNIVERSITY OF DICLE

2013

In this work, cementing operations made in oil wells located in the Southeast Anatolian Region are investigated. The region is the richest of oil sources in Turkey. These operations are critical not only for life duration but also for production capability of a well. Many kind of operation and their methods such as casing cementing, plug cementing, deep well cementing, and squeeze cementing are criticized in thesis. This paper includes real field as well as experimental data evaluated to apply at real oil wells.

Investigations are focused mostly in Batman, Mardin, Siirt, and Diyarbakır provinces. The mentioned provinces have oil producer fields. For a reliable investigation, the field data is updated and the application of latest technology is proved.

As a result, the cementing operations made at region are researched with up-to-date data and the possible problems are determined as well as several recommendations given for solving such problems.

Key Words: Cement, Cementing, Oil Well, Casing, Diyarbakır, Mardin, Batman, Raman, Dinçer, Siirt.

ÇİZELGE LİSTESİ

<u>Çizelge No</u>		<u>Sayfa</u>
Çizelge 1.1.	Güney Doğu Anadolu Bölgesi'nde yüzey koruma borularının indirildiği formasyonlar.....	22
Çizelge 2.1.	Türkiye'de üretilen ve tüketilen çimento miktarları.....	29
Çizelge 2.2.	Türk Çimento Standartları.....	35
Çizelge 4.1.	Raman#A kuyusu sondaj, çimento ve formasyon bilgileri.....	78
Çizelge 4.2.	Kuzey Didan#B kuyusu sondaj, çimento ve formasyon bilgileri.....	84
Çizelge 4.3.	Güney Dinçer#C kuyusu sondaj, çimento ve formasyon bilgileri.....	91
Çizelge 4.4.	Güzeldere#D kuyusu sondaj, çimento ve formasyon bilgileri.....	98

ŞEKİL LİSTESİ

<u>Sekil No</u>		<u>Sayfa</u>
Şekil 1.1.	Türkiye ve Bölgeler.....	2
Şekil 1.2.	Güneydoğu Anadolu Bölgesi.....	3
Şekil 1.3.	Güneydoğu Anadolu Bölgesi fiziki yapısı.....	4
Şekil 1.4.	Prekambriyen-Paleozoyik istifi güney korelasyonu.....	7
Şekil 1.5.	Prekambriyen-Paleozoyik istifi kuzey korelasyonu.....	8
Şekil 1.6.	Güneydoğu Anadolu Bölgesi otokton litostratigrafi birimleri.....	14
Şekil 1.7.	Güneydoğu Anadolu Bölgesi Baseni.....	15
Şekil 1.8.	Fırat Formasyonu'na ait masif kireçtaşları.....	17
Şekil 1.9.	Güneydoğu Anadolu Bölgesi petrol sahaları.....	21
Şekil 2.1.	İnşaat sektöründe çimento kullanımı.....	23
Şekil 2.2.	Çimento üretim fabrikası.....	26
Şekil 2.3.	Dünya da çimento üretim miktarları (2010).....	28
Şekil 2.4.	Torbalı çimento.....	30
Şekil 3.1.	Atbaşı pompa ile çalışan petrol kuyusu –Raman Petrol Sahası....	38
Şekil 3.2.	Petrol kuyusunda çimento operasyonu simülasyonu.....	39
Şekil 3.3.	Çimento ekipmanlarının koruma borusu çimentolaması öncesi sondaj kulesinde çevresinde yerleşimi.....	40
Şekil 3.4.	Çimentolama operasyonunda kullanılan tapa modelleri.....	42
Şekil 3.5.	Çamur kazıyıcılar.....	48
Şekil 3.6.	Laminar ve türbülans akış.....	50
Şekil 3.7.	Tapa çimentolama.....	53
Şekil 3.8.	Tapa çimentolaması sırasında unit ve ekipman yerleşimi.....	54
Şekil 3.9.	Tapa çimentolaması sırasında çimento hattının sondaj dizisine bağlanması.....	55
Şekil 3.10.	Hazırlanan kimyasalların çimento ile karıştırılması öncesi çimento unitine alınması.....	60

Şekil 3.11.	Üç boyutlu formasyon datası.....	65
Şekil 3.12.	Derin kuyu çimentolama operasyonunda karıştırıcı tanklarda su ve kimyasal karışımı.....	67
Şekil 4.1.	Kuzey Didan Petrol Sahası jeolojik haritası.....	70
Şekil 4.2.	Raman, Güzeldere, Güney Dinçer Petrol Sahaları jeolojik haritası....	71
Şekil 4.3.	Raman, Güzeldere, Güney Dinçer petrol sahaları jeolojik haritalarının kayaç tasvirleri.....	72
Şekil 4.4.	Sondaj kulesi – Güney Dinçer.....	73
Şekil 4.5.	Kule sondaj ekipmanları.....	74
Şekil 4.6.	Çimentolama operasyonu sırasında çimento silosundan çimento alımı.....	74
Şekil 4.7.	Raman#A Kuyusu coğrafi konumu.....	75
Şekil 4.8.	Raman#A Kuyusu ve civarının jeolojik haritası.....	77
Şekil 4.9.	Raman#A kuyusu 7" koruma borusu I. kademe çimento koyulaşma zamanı eğrisi.....	79
Şekil 4.10.	Raman#A kuyusu 7" koruma borusu II. kademe çimento koyulaşma zamanı eğrisi.....	80
Şekil 4.11.	Kuzey Didan#B kuyusu coğrafi konumu.....	81
Şekil 4.12.	Kuzey Didan#B kuyusu ve civarının jeolojik haritası.....	83
Şekil 4.13.	Kuzey Didan#B kuyusu 7" koruma borusu I. kademe çimento koyulaşma zamanı eğrisi.....	85
Şekil 4.14.	Kuzey Didan#B kuyusu 7" koruma borusu I. kademe basınç dayanımı-zaman eğrisi.....	86
Şekil 4.15.	Kuzey Didan#B kuyusu 7" koruma borusu II. kademe çimento koyulaşma zamanı eğrisi.....	87
Şekil 4.16.	Güney Dinçer#C kuyusu coğrafi konumu.....	88
Şekil 4.17.	Çimentolama ünitesi.....	89
Şekil 4.18.	Güney Dinçer#C kuyusu ve civarı jeolojik haritası.....	90
Şekil 4.19.	Güney Dinçer#C Kuyusu 7" Liner Tail Çimento Koyulaşma Zamanı Eğrisi.....	92
Şekil 4.20.	Güney Dinçer#C Kuyusu 7" Liner Tail Basınç Dayanımı-Zaman Eğrisi.....	93

Şekil 4.21.	Güney Dinçer#C Kuyusu 7" Liner Lead Çimento Koyulaşma Zamanı Eğrisi.....	94
Şekil 4.22.	Güzeldere#D kuyusu coğrafi konumu.....	95
Şekil 4.23.	Güzeldere#D kuyusu ve civarı jeolojik haritası.....	97
Şekil 4.24.	Güzeldere#D kuyusu 7" koruma borusu I. kademe çimento koyulaşma zamanı eğrisi.....	99
Şekil 4.25.	Güzeldere#D kuyusu 7" koruma borusu I. kademe basınç dayanımı-zaman eğrisi.....	100
Şekil 4.26.	Güzeldere#D kuyusu 7" koruma borusu II. kademe çimento koyulaşma zamanı eğrisi.....	103

KISALTMA VE SİMGELER

ALM	: Alüminyum Modül
BHST	: Kuyudibi Statik Sıcaklığı
BHCT	: Kuyudibi Sirkülasyon Sıcaklığı
BHP	: Kuyudibi Basıncı
DV	: Diverter Valve
GAP	: Güneydoğu Anadolu Projesi
HM	: Hidrolik Modül
KDF	: Kireç Doygunluk Faktörü
KST	: Kireç Standardı
SM	: Silikat Modülü

1. GİRİŞ

Güneydoğu Anadolu Bölgesi petrol rezervleri açısından Türkiye'nin en önemli bölgesidir. Her ne kadar güneyi ve doğusundaki zengin petrol yataklarına nazaran kısıtlı rezervuara sahip olsa da bu kısıtlı alan Türkiye'nin petrol ihtiyacının yaklaşık %10'luk bir kısmını tek başına karşılamaktadır.

Petrol, günümüzde savaşların ve dünya siyasetinin en önemli unsurlarından biridir. Petrolün bu kadar değerli olmasında siyasi kararlar ve yaklaşımlar kadar tükenebilecek bir enerji kaynağı olması da büyük önem arz etmektedir. Petrol fiyatları ise bütün bu Dünya siyasetini belirleyen baş aktördür ve petrol fiyatlarının yüksek seyretmesinin en büyük nedeni petrolü yeryüzüne çıkarmanın çok pahalı bir operasyon olmasından kaynaklanmaktadır.

Kara sondajlarındaki bir petrol kuyusunun maliyeti 2 milyon dolardan başlamaktadır. Bu rakam deniz sondajlarında ise 20 milyon dolara çıkmakta ve çok daha yüksek maliyetlere ulaşabilmektedir. Bu denli pahalı petrol kuyularında, kuyunun ömrünü uzatmak ve kuyuda hedeflenen üretimi alabilmek adına petrol kuyularında çimentolama operasyonları yapılmaktadır.

Bu çalışmada Güneydoğu Anadolu Bölgesindeki 4 önemli petrol üretim şehri olan Batman, Diyarbakır, Siirt ve Mardin illerindeki petrol kuyuları incelenmiştir. Bu kuyulardaki derinlik bilgileri, uygulanan çimento programları ve çimento özellikleri gerçek saha verileridir. Ayrıca gerçek saha ve uygulama verileri ile işlenmiş ilk ve tek çalışmadır. Tezde geçen çimento bilgileri gerçek kuyularda kullanılmış ve gerçek laboratuvar test sonuçlarına göre hazırlanmıştır.

Çimentolama verileri öncesinde bölgenin konumu ve özellikleri hakkında bilgi sahibi olmakta fayda vardır.

1.1. Güney Doğu Anadolu Bölgesi

Türkiye'nin 7 coğrafi bölgesinden en küçük olanıdır. Irak ve Suriye'nin kuzeyinde, Doğu Anadolu Bölgesi'nin güneyinde, Akdeniz Bölgesi'nin doğusunda ve İran'ın batısında yer alır (Şekil 1.1.).

1. GİRİŞ

Doğu Anadolu ve Akdeniz bölgeleri ile komşu olan Güneydoğu Anadolu Bölgesi, yüzölçümü bakımından en küçük bölgedir. Yüzölçümü 57.000 km² olup, Türkiye'nin % 7.5'ini kaplamaktadır. Suriye ve Irak devletleriyle sınırı vardır. Doğu Anadolu Bölgesiyle olan sınırını, bir yay gibi uzanan Güneydoğu Toros dağlarının güney etekleri meydana getirir. Bölge, Akdeniz bölgesinden Gaziantep Platosu ile ayrılır. Suriye sınırı Kilis ilçesinin hemen güneydoğusundan başlayıp demiryolu hattı boyunca Dicle'ye kadar devam eder. Dicle'ye doğudan katılan Habur Suyu, Irak sınırını meydana getirir. Diğer bölgelerde olduğu gibi Güneydoğu Anadolu bölgesinde de il sınırları ile bölge sınırları üst üste gelmez (WIKIPEDIA-a 2013).



Şekil 1.1. Türkiye ve Coğrafi Bölgeleri (WIKIPEDIA-a 2013)

Mardin ilinin tamamı ile çok küçük bazı kesimi dışında Şanlıurfa ilinin tamamı bölge içinde kalır. Diyarbakır ilinin Doğu Anadolu Bölgesi'nde bulunan Kulp, Lice, Çermik ve Çüngüş ilçeleri dışındaki büyük kesimi, Siirt ilinin Eruh, Pervari ve Şirvan ilçeleri dışındaki büyük bölümü; Adıyaman ilinin Gerger ve Çelik ilçeleri dışındaki bölümü; Batman'ın Sason ilçesi dışındaki kesimi; Şırnak ilinin Beytüşşebap, Uludere ilçeleri dışındaki kesimi Güney Anadolu bölgesinde kalır. (Şekil 1.2.)

Gaziantep ilinin Kilis, Nurdağı ve İslahiye ilçeleri, Kahramanmaraş'ın Pazarcık ilçesinin bazı kesimleri Güneydoğu Anadolu bölgesinin sınırları içinde yer alır. Çermik ilçesinden başlayan, güneyde Mardin ile Şanlıurfa arasındaki il sınırını izleyerek Suriye sınırına varan çizgi Güneydoğu Anadolu Bölgesi'ni Dicle ve Orta Fırat Bölümleri'ne ayırır.



Şekil 1.2. Güney Doğu Anadolu Bölgesi (Mavi Cevap 2013)

1.1.1. Fiziki Yapı

Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin toprakları genelde düzlüklerden meydana gelir. Bölgeyi kuzeyde bir yay biçiminde uzanan Güneydoğu Toros dağları kuşatır. Güneydoğu Toros dağlarının eteklerinden Suriye sınırına doğru hafif bir eğimle inen Güneydoğu Anadolu düzlüklerinin kenarları, vadilerle yarılmış platolar halindedir. Orta bölümleri ise ova görünümündedir. Düz olan bölgeyi Kollubaba Doruğu'nda 1957 m yüksekliğe ulaşan Karacadağ ile 1500 metreyi aşan Midyat-Mardin eşiği engebeleridir. Karacadağ ile Mardin- Midyat eşiği Diyarbakır Havzası ile Şanlıurfa Platosunu

1. GİRİŞ

birbirinden ayırır. Şanlıurfa Platosu ile Suriye sınırı arasında Harran Ovası yer alır. Fırat Vadisinin batısında Gaziantep Platosu uzanır (Şekil 1.3.).



Şekil 1.3. Güney Doğu Anadolu Bölgesi fiziki yapısı (Bilgi Zenginleri 2013)

1.1.1.1. Akarsuları

Türkiye'nin büyük akarsularından olan Dicle ve Fırat Nehirleri bölge topraklarından geçer. Gaziantep Platosundan gelen suları Fırat Nehri, Güneydoğu Toros dağlarından kaynaklanan Batman, Garzan ve Botan çayları gibi akarsuları da Dicle Nehri toplar. İlkbaharda artan nehir suları, yaz sonunda azalır. Dicle ve Fırat Nehirleri bölgedeki havzaların sulanması ve enerji üretimi gayesiyle planlaması yapılan Güneydoğu Anadolu Projesi (GAP) uygulama çalışmaları devam etmektedir.

Bölgede doğal göl yoktur. Sulama ve enerji üretimi için yapılan barajlarda biriken sular, suni göller meydana getirmişlerdir. Bu baraj göllerinin başlıcaları; Atatürk Barajı, Develi Geçidi Barajı, Ilısu Barajı, Silvan Barajı, Birecik Barajı.

1.1.1.2. İklim ve Bitki Örtüsü

Güneydoğu Anadolu Bölgesi, karasal olarak Akdeniz iklimi tesiri altındadır. Uzun süren yazlar çok sıcak ve kurak, kışlarsa yağışlı ve Doğu Anadolu Bölgesi'ndeki

kadar olmasa da soğuk geçer. En soğuk ay ortalaması 1.5°C ile 6°C arasında değişir. En sıcak ay ortalaması ise 30°C civarındadır. En yüksek sıcaklık 48°C olarak 17 Temmuz 1978 tarihinde Cizre ilinde ölçülmüştür.

Yağışlar, Suriye sınırına doğru indikçe azalır. Senelik ortalama yağış miktarı kuzeyde 796 mm iken, Suriye sınırına yakın bölgelerde 331 mm'dir.

Bölgenin tabii bitki örtüsünü bozkır bitkileri meydana getirir. Orman yönünden Türkiye'nin en fakir bölgesidir. Ormanlar bölgenin onda birinden daha az yer tutar. Ormanlarda yaygın olan ağaç türü mazı meşesidir. Meşeler genelde bodur ağaç ve çalı görünümünde olmalarına rağmen, yer yer ormanları meydana getirirler (WIKIPEDIA 2013).

1.1.2. Nüfus ve Yerleşme

Türkiye nüfusunun % 11.5'i bölgede yaşamaktadır. 1990 nüfus sayımına göre bölge nüfusu yaklaşık 4.909.000 olup, km²'ye yaklaşık 86 kişi düşmektedir. Nüfus yoğunluğu Türkiye ortalamasından yüksektir. Bölge nüfusunun % 48'i kırsal kesimde, % 52'si ise 10.000 ve daha fazla nüfuslu şehirlerde yaşar. Yüzey şekilleri ile nüfus yoğunluğu arasındaki ilişki diğer bölgelerden biraz daha farklıdır. Meselâ engebeli olan Mardin-Midyat Eşiği çok kalabalıkken, Diyarbakır Havzasının orta kesimleri seyrek nüfusludur. Nüfusun en yoğun olduğu kesim Gaziantep ilidir.

1.1.3. Ekonomi

Güneydoğu Anadolu Bölgesi tarım yönünden genelde İç Anadolu bölgesine benzer. Gaziantep ili dışında tarım alanlarının büyük kesimine tahıl ekilir. Tahıl ürünleri arasında birinci sırayı buğday alır. Bunu sırasıyla arpa ve mercimek takip eder. Türkiye darı ve mercimek üretiminin yarısı bölgede gerçekleştirilir. Pirinç ekimi başta Diyarbakır olmak üzere sulama imkânı olan bölgelerde yapılır. Sanayi bitkileri bölgede fazla yetiştirilmez. Bölgenin sanayi bitkileri arasında yer alan tütün daha çok Adıyaman, Siirt ve Diyarbakır illerinde yetiştirilir.

Gaziantep, Diyarbakır illeriyle, Kilis, İslahiye ve Oğuzeli ilçelerinde üzüm bağları yaygındır. Gaziantep ili, Akdeniz iklimine sahip olduğundan, bölgede

antepfıstığı ve zeytin de yetişir. Son zamanlarda Siirt ilinde iri taneli antepfıstığı üretimi önem kazanmıştır.

1.1.3.1. Hayvancılık

Güneydoğu Anadolu bölgesinde genelde küçükbaş hayvan beslenir. Canlı hayvan ticaretinde koyun ilk sırayı alır. Şanlıurfa, Siverek ve Diyarbakır'ın yemeklik tereyağları, Türkiye çapında meşhurdur. Tiftik keçisi Siirt ve Mardin çevresinde beslenir. Keçi yününden yapılan Siirt battaniyesi çok meşhurdur. Bölgenin hatta Türkiye'nin en iyi atları Şanlıurfa ilinde yetiştirilir.

1.1.3.2. Madencilik

Bölgenin en önemli yeraltı kaynağı petroldür. Raman Dağından çıkarılan petrol, bölgenin en önemli sanayi kuruluşu olan Batman Rafinerisi'nde işlenir. Bölgenin diğer yeraltı kaynakları manganez, demir ve Mardin'in Mazıdağı ilçesinde bulunan fosfat yataklarıdır.

1.1.3.3. Sanayi

Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde sanayi gelişmemiştir. Sanayinin en fazla geliştiği il Gaziantep'tir. İlde çeşitli sanayi kuruluşları vardır. Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde geleneksel sanayi kollarının yanında çimento, gıda, dokuma, madeni eşya, tarım âletleri gibi sanayi kuruluşları gelişmeye başlamıştır.

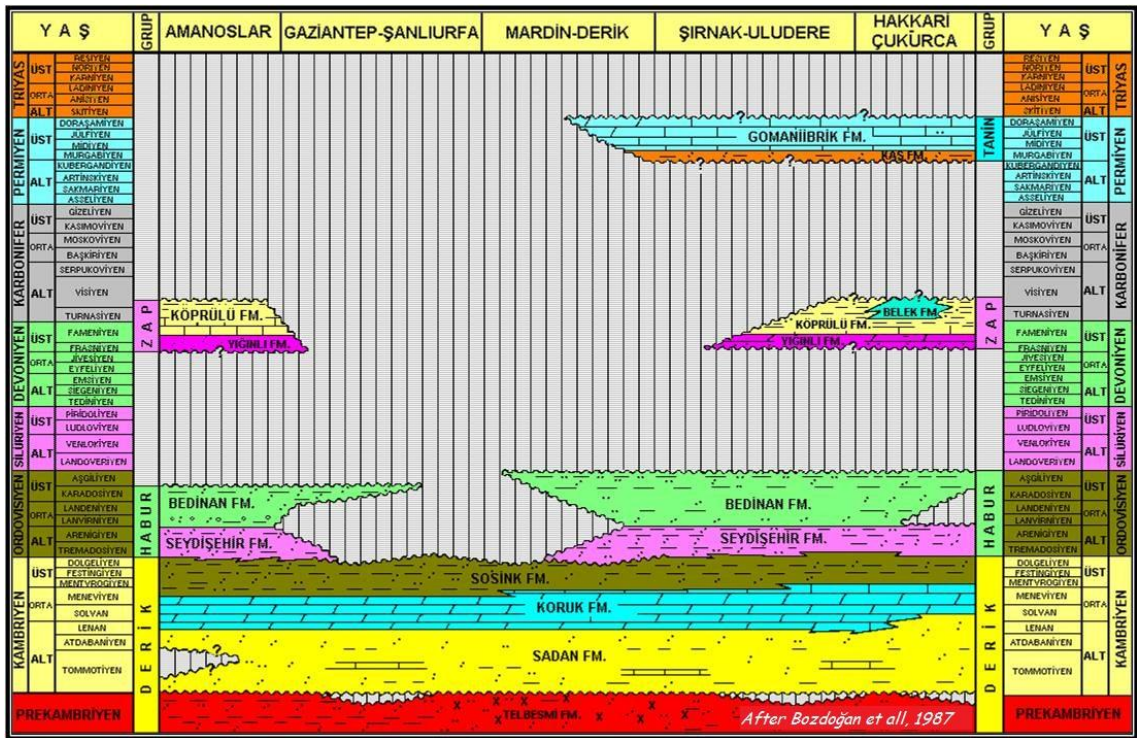
1.1.4. Ulaşım

Güneydoğu Anadolu Bölgesi dışında E-5 Karayoluna bağlanan E-24 Karayolu Gaziantep, Şanlıurfa, Kızıltepe ve Silopi üzerinden Habur Sınır Kapısına varır. Ülke ihracatının önemli bölümü bu sınır kapısından yapılır. Bölgede ulaşımı sağlayan demiryolları(Fevzipaşa, Malatya-Diyarbakır, Kurtalan hattı) Suriye sınırını takip ederek Nusaybin'den ülke sınırları dışına çıkar. Güney hattı üzerinde Şenyurt'tan ayrılan bir şube hattı Mardin'e gider. Diyarbakır, Gaziantep ve Batman illerinde hava ulaşımının

sağlandığı havaalanları vardır. Eskiden önemli olan Fırat ve Dicle Nehirleri üzerindeki nehir ulaşımı günümüzde önemini kaybetmiştir.

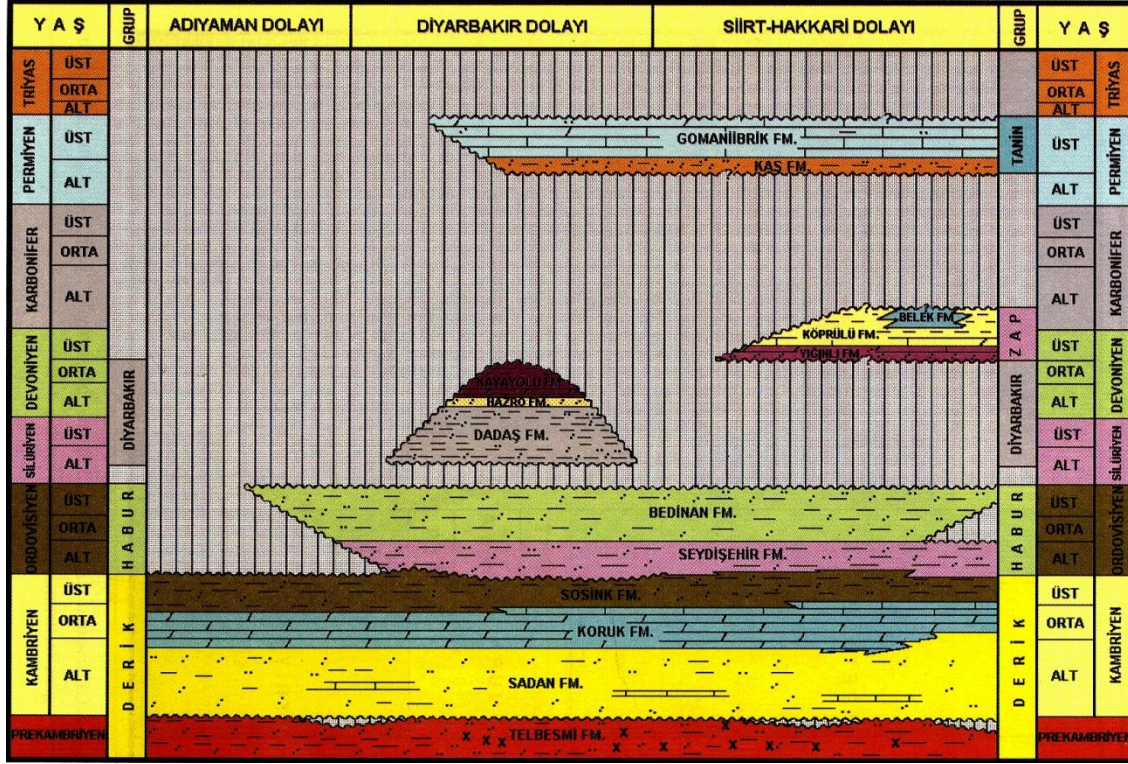
1.2. Güneydoğu Anadolu Bölgesi Stratigrafisi

Bölgenin stratigrafisi Otokton ve Allohton birimler olmak üzere iki ana bölümde incelenmiştir (Şekil 1.4. & 1.5). Bunları yaşlı birimlerden genç birimlere doğru şöyle tanımlamak mümkündür.



Şekil 1.4. Prekambriyen-Paleozoyik istifi güney korelasyonu (Kavak 2013)

1. GİRİŞ



Şekil 1.5. Prekambriyen-Paleozoyik istifi kuzey korelasyonu (Kavak 2013)

1.2.1. Otokton Birimler

Otokton birimler Paleozoyik, Mesozoyik ve Senozoyik kayalar olmak üzere üç kısımda incelenmiştir.

1.2.2. Paleozoyik Yaşlı Kayalar

Güneydoğu Anadolu'da en eski Paleozoyik kayaları Mardin'in Derik ilçesi civarında yüzeyde gözlenir. Bunlar yaşlıdan gence doğru Telbesmi Formasyonu, Sadan Formasyonu, Dolomit Formasyonu, Sosink Formasyonu, Bedinan Formasyonu, Dadaş Formasyonu, Hazro Gomanibrik Formasyonu'dur.

1.2.2.1. Telbesmi Formasyonu

Derik ilçe merkezi ile Tepebağ Köyü'nün üzerinde bulunduğu birimdir. Çoğunlukla tabakalı denizaltı lavlarından ve bunlar sırasında yer alan kırmızı alacalı

kumtaşı şeyllerden oluşan formasyonun yeryüzünde görülen kalınlığı 2000 m'dir. Yaş verebilecek fosile rastlanmamıştır. Fakat Eokambriyen olarak değerlendirilmiştir.

1.2.2.2. Sadan Formasyonu

Telbesmi formasyonu üzerine, konglomeratik tabakalarla açısız diskordansla gelir. Çoğunlukla kırmızı renkli, çapraz tabakalı kumtaşlarından oluşmaktadır. Formasyonun toplam kalınlığı 680 m'dir. Bunun 250-300m'lik bölümü iri ve orta taneli, çapraz tabakalı ve porozitesi yüksek kırmızı kumtaşlarından oluşmaktadır.

1.2.2.3. Dolomit Formasyonu

Sadan Formasyonu uyumlu olarak izleyen bu birim dolomitik kireçtaşları ve dolomitlerden meydana gelmiştir. Formasyonun toplam kalınlığı 260 m olup Sadan Formasyonu ve Dolomit Formasyonunda fosil içermeyip bu iki formasyonun da Alt Kambriyen yaşında olduğu kabul edilmiştir. Çünkü bunların üzerinde Koruk Formasyonu uyumlu olarak gelmekte ve Orta-Üst Kambriyen fosillerini içermektedir.

1.2.2.4. Koruk Formasyonu

Eski Koruk Köyü ile Değirmenli arasında tipik yüzeyleme gösterir. Formasyon kırmızı, pembe renkli ince tabakalı ve yumruk kireçtaşlarıyla başlar. Bunları gri, boz renkli şeyller ve kireçtaşları izler. Alt seviyelerinde bulunan şeyller içerisinde Orta Kambriyen yaşını veren Trilobit bulunmuştur.

1.2.2.5. Sosink Formasyonu

Koruk Formasyonu üzerinde uyumlu olarak yer almaktadır. Kuvarsit kumtaşlarıyla temsil edilir. Kalınlığı 250-300 metre civarındadır. Sosink Formasyonunun yaşı Üst Kambriyeni karşılar.

1.2.2.6. Bedinan Formasyonu

Tipik litolojisi siyah Graptolitli şeyllerdir. Sosink Formasyonu üzerine uyumlu olarak gelmektedir. Ordovisyen- Siluriyen yaşındadır.

1.2.2.7. Dadaş Formasyonu

Hazro antiklinalinin çekirdeğinde Dadaş Köyü çevresinde yüzeyleyen siyah şeyller ve ince kireçtaşı tabakaları Siluriyen yaşlıdır. Şeyllerin üzerindeki killi-marnlı ve çörtlü kireçtaşlarında bulunan fosillerden de Devoniyen yaşı alınmıştır. Formasyonun toplam kalınlığı 350 metre kadardır.

1.2.2.8. Hazro Formasyonu

Dadaş Formasyonu üzerine diskordanslı olarak gelmekte, Permilen yaşında olup laküstrin fasiyeste kumlu-killi ve kömürlü tabakalarla denizel fasiyeste kireçtaşı ve marnlarda bunların ardışıklı olarak sıralanmasından meydana gelmiştir. Kalınlığı 400 metredir. Triyas yaşlı şeyl ve kumtaşları tarafından uyumlu olarak örtülürler.

1.2.3. Mesozoyik Yaşlı Kayaçlar

Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde Mesozoyik Triyas'la başlayıp Kretase sonuna kadar uzanan sığ deniz ortamında çökelmiş sürekli bir sediman istifi ile temsil edilir. Triyas oluşukları Hazro bölgesinde Goyan ve Çığlı Grubu olarak alttan üste doğru şöyle sıralanır.

1.2.3.1. Yoncalı Formasyonu

Kalınlığı 70 m. olup alacalı şeyl-kireçtaşı ve kumtaşlarından oluşur. Alt seviyedeki kireçtaşı eolitik karakter gösterir.

1.2.3.2. Uludere Formasyonu

Yoncalı Formasyonu üzerine uyumlu olarak gelmekte olup, alacalı şeyl, kireçtaşı, kumtaşı litolojisindedir. Kalınlığı 70 metre kadardır.

1.2.3.3. Uzungeçit Formasyonu

Marn ve kireçtaşları ardalanmasından meydana gelmiştir. İçerisinde Vesfeniyen yaşı veren fosillere rastlanmıştır. Bunların üzerine diskordanslı olarak Jura-Alt Kretase yaşı Mardin Grubu çökelleri gelmektedir. Bu grubun formasyonları alttan üste doğru şöyle sıralanır. ?nasıl

1.2.3.4. Areban Formasyonu

Hazro ve Derik bölgelerinde görülmekte olup Hazro bölgesinde 40 metre kalınlıktadır ve kumlu kireçtaşlarından oluşur. Uzungeçit Formasyonu üzerine uyumsuzlukla gelir.

1.2.3.5. Sabunsuyu Formasyonu

En iyi olarak Kilis-Hassa arasında Sabunsuyu deresi mevkiinde görülür. Hazro bölgesinde 138 metre kalınlık arzietmekte olup kumlu-dolomitik kireçtaşı ve dolomitlerden oluşur. Üst seviyelerinde gri renkli muntazam tabakalı, bol kavkılı fosilli kireçtaşları yer alır. Abtiyen-Albiyen yaşındadır.

1.2.3.6. Korudağ Formasyonu

Fırat'ın yukarı kesimlerinde Korudağ mevkiinde Zeynalan-Derdere Köyleri arasındaki ekaylarda geniş mostralalar verir. Açık gri, gri renkli, incekrstalli, sert-gevrek, keskin kenarlı ve dağılgandır. Yaklaşık kalınlığı 400 metredir. Yaşı Aptiyen-Albiyen'dir.

1.2.3.7. Derdere Formasyonu

Formasyon ismini Korudağ kuzeyinde Derdere Köyü'nden almaktadır. Dolomitik ve kireçtaşı üyelerinden oluşmaktadır. Korudağ-Derdere arasındaki kalınlığı 60 metredir. Yaşı Senomaniyen'dir.

1.2.3.8. Karababa Formasyonu

Fırat Nehri kenarında Karababa yakınındaki afl ormanlarından adlandırılmıştır. Üç öğeden oluşur. Kireçtaşlarıyla temsil edilir. Senomaniyen-Alt Turoniyen yaşındadır.

1.2.3.9. Karaboğaz Formasyonu

Karababa Formasyonu üzerine uyumlu olarak gelmekte olup, krem kirli beyaz renkleriyle tanınır. Killi marnlı kireçtaşı karakterlerindedir. Alt Kampaniyen yaşındadır.

1.2.3.10. Sayındere Formasyonu

Mardin Grubunun üzerine diskordansla gelmektedir. İnce orta tabakalı killi kireçtaşı litolojisindedir. Kalınlığı 100 m. civarındadır. Kampaniyen yaşı alınmıştır.

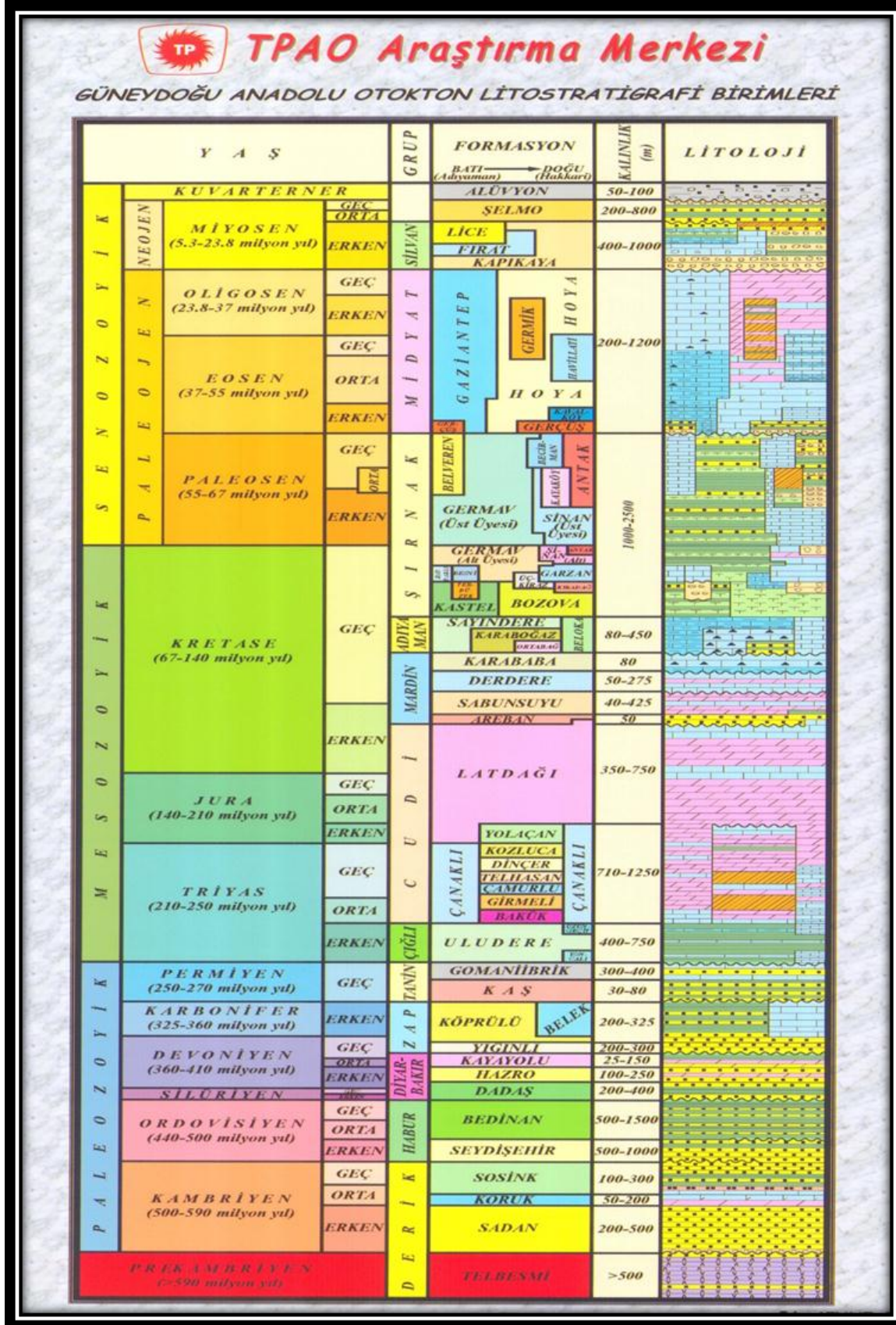
1.2.3.11. Kastel Formasyonu

Sayındere Formasyonu üzerinde uyumlu olarak bulunmaktadır. Yeşil renkli kum taşlarıyla temsil edilir. Üst Kampaniyen-Maestrihtiyen yaşındadır. Üzerine Karadut ve Koçali Karmaşığı tektonik dokanakla örter.

1.2.3.12. Germav Grubu

Germav Grubu alttan üstte doğru şu formasyonlardan oluşur. Raman Kalkerleri, Resifal Neritik Kireçtaşlarından oluşur. 60 metre kalınlık gösterir. Kırdagşeylleri, siltaşı

ve şeylerden oluşur. 30-60 metre kalınlık gösterir. Garzan Kalkeri, resifal niteliktedir. 80-180 metre kalınlık arzeder.



Şekil 1.6. Güneydoğu Anadolu Bölgesi otokton litostratigrafi birimleri (Kavak 2013)

1.2.4. Senozoik Yaşlı Kayaçlar

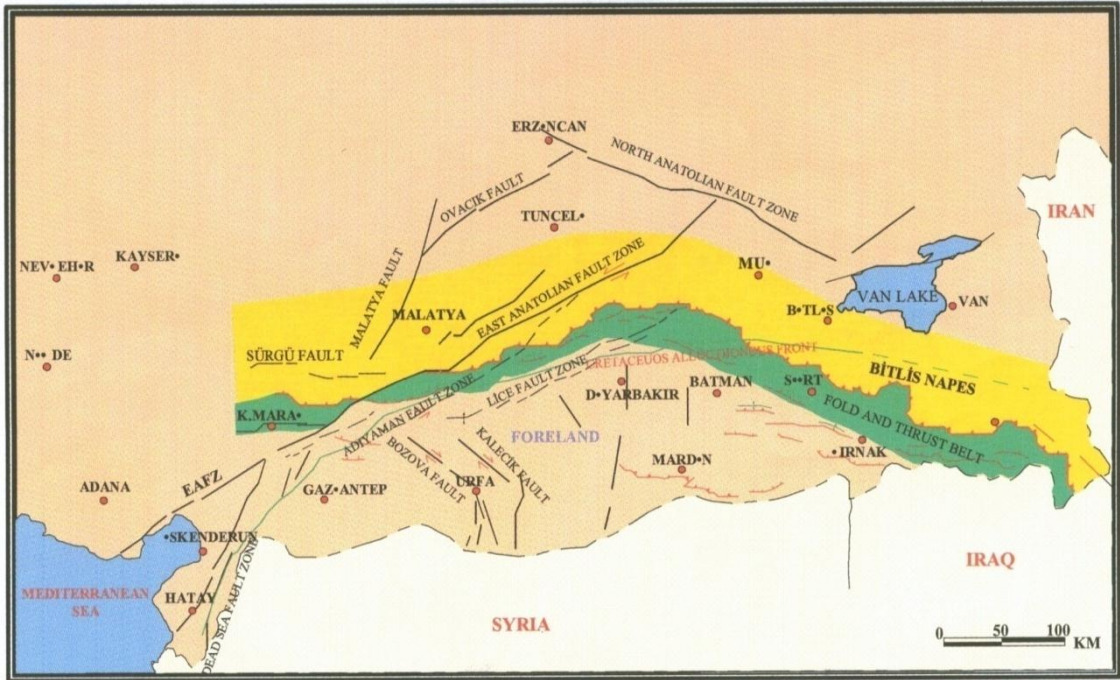
Marn-şeyl litolojisindedir. Gri, pembe ve kahve renklerinde görülür, yumuşak ve dağılındır. Üst Maestrihtiyen Paleosen yaşındadır.

1.2.4.1. Üst Germav

Kumtaşı, marn, kireçtaşı ve konglomera ardalanması şeklindedir. Paleosen yaşlıdır.

1.2.4.2. Midyat Grubu

Bu adı Mardin ilinin Midyat İlçesinde alan grup Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde oldukça geniş alanlarda yüzeyleir. Grubun yaşı Alt Eosen ile Alt Miyosen'i kapsar. Grubu oluşturan formasyonlar alttan üstte doğru Gercüş, Hoya, Gaziantep formasyonlarıdır. Bölgenin basen yapısı ise örnekteki şekil gibidir (Şekil 1.7.).



Şekil 1.7. Güneydoğu Anadolu Bölgesi Baseni

1.2.4.2.1. Gercüş Formasyonu

Alt Eosen yaşındadır. Kırmızı polijenik konglomera, kumtaşı ardalanmasıyla temsil edilir. Kalınlığı değişken olan birim Üst Kretase yaşlı birimler üzerine uyumsuzlukla gelir. Üzerine gelen Hoya Formasyonuna tedrici geçiş gösterir.

1.2.4.2.2. Hoya Formasyonu

Alt-Orta Eosen yaşlı olup tabanda killi-kumlu kireçtaşlarıyla başlayan birim üste doğru dolomitize kireçtaşlarına geçmektedir. Alt ve üst ilişkisi uyumludur.

1.2.4.2.3. Gaziantep Formasyonu

Killi-siltli ve çörtlü tebeşirimsi kireçtaşlarıyla karakterize edilen birim, Hoya formasyonunu uyumlu olarak örterler. Eosen yaşındadır. Kalınlığı değişkendir.

1.2.4.3. Silvan Grubu

Midyat grubu üzerine yer yer diskordansla gelmektedir. Fırat ve Dicle Formasyonları'ndan oluşmaktadır.

1.2.4.3.1. Fırat Formasyonu

Resifal kireçtaşı özelliğinde olup alttaki Midyat Grubuyla bölgesel diskordanslı olduğu tespit edilmiştir. Yaşı Oligosen Alt Miyosen'dir (Şekil 1.8.).



Şekil 1.8. Fırat Formasyonu'na ait masif kireçtaşları (MTA 2013)

1.2.4.3.2. Lice Formasyonu

Kiltaşı-kumtaşı ardalanmasından oluşan birimin tipik mevkii Lice ilçesi civarındadır. Tabandaki Fırat Formasyonu ile uyumludur. Alt Miyosen yaşındadır.

1.2.5. Allohton Birimler

Yoncalı Formasyonu üzerine uyumlu olarak gelmekte olup, alacalı şeyl, kireçtaşı, kumtaşı litolojisindedir. Kalınlığı 70 metre kadardır.

Güneydoğu Anadolu Kuzeyi Toros Orojenik kuşağı ile sınırlıdır. Toros ve Kenar Kıvrımları Kuşaklarının stratigrafisine kısaca baktığımızda dikkati çeken metamorfik kütleler, ofiyolitik gruplar, yay mağmatikleri, tortul ve ofiyolitik karmaşıklardır. Bunları örten çeşitli tortul birimler ile Orta Eosen açılmasını simgeleyen magmatikler yer almaktadır. Bu birimleri kısaca tanımlayacak olursak:

1.2.5.1. Pötürge Metamorfitleri

Doğu Toros Orojenik Kuşağının en yaşlı kayaçlarını oluşturan Bitlis-Pötürge Metamorfitleri, kuşak boyunca geniş alanlarda yüzeylenir. Pötürge Metamorfitleri Çüngüş civarından tektonik bir dokanakla Eosen-Miyosen yaşlı Çüngüş Formasyonu üzerine yine aynı yörede orta Eosen yaşlı Maden Karmaşığı üzerine bindirir. Pötürge Metamorfitleri çekirdekten itibaren esas olarak gnayslar, gözlü gnays, amfibolit, fillit, mikaşist, kalkışist, granatlı mikaşist bunların içinde kuvarsit mercikleri, kristalize kireçtaşları ve mermerlerden oluşmaktadır.

1.2.5.2. Guleman Grubu

Tipik istifli Elazığ'ın Guleman ilçesi civarındadır. Birimin temel kayacını serpantinler oluşturur. Guleman yöresinde ofiyolit istifinin tüm birimlerini içerirken üstteki Levha Dayk Kompleksi ve bazaltik yastık lavlar mevcut değildir. Tetis okyanusunun kabuğunu temsil eden Guleman Ofiyolitleri içerdiği yüksek kaliteli kromitlerle dikkat çeker.

Güneydoğu Anadolu'nun kuzeyini sınırlayan Toros orojenik kuşağının güney cephesinde yüzeylenen diğer bir ofiyolit karmaşığı Koçali Karmaşığı olarak adlandırılmıştır. Bu karmaşık Guleman Grubu'ndan kaynaklanan ofiyolitik blokların Üst Kretase'de güneyde oluşan Kastel Havzası'na kuzeyden gravite yoluyla taşınmasıyla oluşmuştur.

1.2.5.3. Karadut Karmaşığı

Karmaşığın yayılım alanı, bindirme cephesinin güneyinde, doğu-batı istikametinde paralellik gösterir. En güzel yüzeylemelerini Adıyaman'dan başlayarak Çermik civarında verir. Birim Koçali-Hezan Grupları'yla iç içe bulunur. Karadut Karmaşığının esas olarak litolojisi konglomera, kumtaşı, kıltaşı-silttaşı, silisifiye kireçtaş ve, kireçtaşından oluşmaktadır. Birimin üzerinde çakışma yapan tüm araştırmacılar biriminin yaşını elde ettikleri fosillere dayanarak Üst Kretase (Senomaniyen-Alt Turoniyen) vermişlerdir.

1.2.5.4. Çüngüş Formasyonu

Birimin yaşı Eosen-Alt Miyosen'dir. Tortul litolojisinden oluşan birim, kıltaşı, kumtaşı ile bunların içerisinde bloklar şeklinde Guleman Grubuna ve Maden Karmaşığına ait bloklardan meydana gelmiştir. Birim içerisindeki kumtaşları yeşilimsi renkte, sert ince tabakalardan oluşur. Şeyllerden daha yumuşaktır.

Çüngüş Formasyonu Alt Miyosen yaşlı Lice Formasyonunu tektonik olarak örterken yine tektonik dokanakla Pötürge Metamorfikleri tarafından örtülür.

1.2.5.5. Koçali Karmaşığı

Birimin litolojisi ofiyolitik istife benzerlik gösterir. Birim serpantin, gabro, piroksenit diyabaz daykları, bazaltik yastık lavlar ve pelajik çökellerden oluşmaktadır. Birimin sınırları Karadut Karmaşığı-Hezan Ünitesi ile karışıklık gösterirken Midyat Grubu tarafından uyumsuz olarak örtülmektedir.

Koçali Karmaşığı üzerinde çalışma yapan pek çok araştırmacı birimi Guleman Gurubu'ndan kopan bloklar olarak değerlendirilip, Üst Jura-Alt Kretase kabul etmişlerdir. Kastel Çukuru'nun yerleşim yaşını da Üst Kretase olarak vermişlerdir.

1.2.6. Hezan Grubu

Hazro civarında geniş yayılım sunan birim, ismini bu civardan alır. Değişik araştırmacılar birimi Koçali Karmaşıkları ile birlikte allakton olarak yorumlamışlardır. Birim Hazro civarında Hacı-Kuran ve Lice Formasyonlarına ayrılmıştır. Birimin litolojisi genelde kireçtaşlarından oluşmakta ve Alt Triyas'tan-Alt Kretase'ye kadar geniş bir yaş aralığına sahiptir.

1.2.6.1. Yüksekova Karmaşığı

Elbistan Ensimatik Ada Yayılıştığı olarak tanımlanan Yüksekova Karmaşığı bu yörede bazaltik, bazaltik andezit konglomera ve derin deniz çökellerinden oluşmaktadır. Birim, bazı araştırmacılar tarafından Elazığ yöresinde Baskil Mağmatikleri olarak

adlandırılmıştır. Burada derinlik kayaçlardan diyorit, monzonit, granadiyorit, granit, gabro tonalit ve bunların türevlerinden oluşturulmuştur.

Yüksekova Karmaşığı son yıllarda yapılan çalışmalarda kısmen kıtasal kabuk, kısmen de okyanusal kabuk üzerinde gelişmiş adayi ürenleridir.

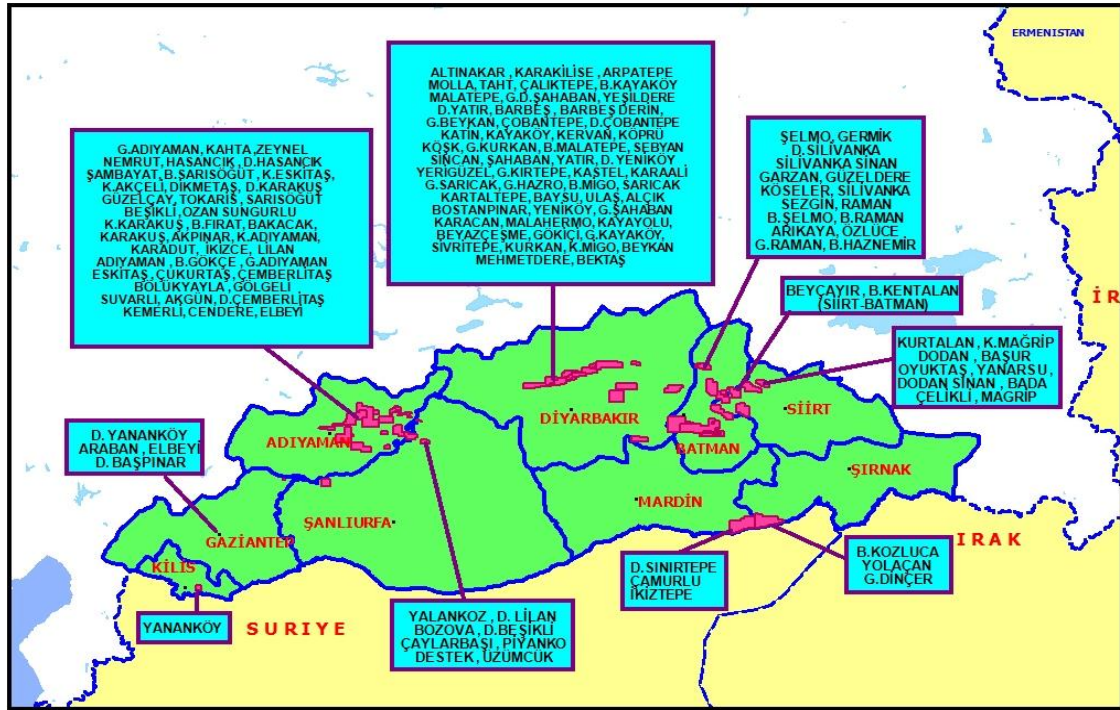
1.2.6.2. Maden Karmaşığı

Birim en iyi mostrasını Ergani-Maden arasında verir. Birim bu alanda tortullardan (konglomera, kumtaşı, radyolarit, kireçtaşı, çamurtaşı v.s.) ve magmatiklerden (bazalt, bazaltik yastıklar, piroklastik depolardan) oluşur. Karmaşık genelde taban ve tavanla tektonik ilişkilidir. Birim Çermik, Çüngüş yöresinde Eosen-Alt Miyosen yaşlı Çüngüş Formasyonu üzerine tektonik dokanakla otururken, Üst Jura-Alt Kratese yaşlı Guleman Grubu ve Paleozoyik-Alt Mesozoyik yaşlı Pötürge Metamorfikleri tarafından tektonik dokanakla örtülür.

1.2.7. Petrol Sahaları

Bölgede irili ufaklı birçok petrol sahası bulunmaktadır. Bu petrol sahalari bölgenin doğusundaki ve güneyindeki asıl sahalari ufalanmış ve kısıtlı kalmış halleri olarak görülmektedir (Şekil 1.9).

Bölgedeki petrol sahalari genelde kısıtlı rezervuarlara sahip ve geniş bir alana yayılmış şekilde bulunmaktadır. Çalışma sahalari seçilirken en çok üretim yapabilme kapasiteleri yanında, gerçek saha uygulamalarına erişilebilecek koşullar da dikkate alınmıştır. Bu kapsam neticesinde Diyarbakır, Batman, Mardin ve Siirt illerinde çalışmalar yoğunlaştırılmıştır.



Şekil 1.9. Güneydoğu Anadolu Bölgesi petrol sahaları (Kavak 2013)

1.3. Formasyon Yapısının Çimento ve Çimentolama Operasyonuna Etkisi

Formasyon yapısının koruma borusu indirmede önemi büyüktür, petrol kuyuları kazılırken sondajın devam edebilmesi ve hedeflenen derinliğe ulaşabilmesi adına yıkıntı ve şişme meydana gelen kayaçlarda, üretim zonuna ulaşıldığında ise üretim formasyonuna koruma borusu indirilmektedir.

Sığ derinliklere indirilen koruma borularında yıkıntı yapabilecek kayaçlar dikkate alınır, koruma borusu bu tip kayaçlarda indirilmeden önce zaman kaybetmeden inişe geçilmelidir, kuyunun desteksiz kaldığı süre yıkıntıya sebep olacağı gibi hedeflenen derinliğede koruma borusu inmek mümkün olmayacaktır. Sığ derinliklerde yapılan çimentolama operasyonları öncesinde, saha hakkında daha önceden bir bilgi yoksa, formasyon sıcaklığı ve basıncı tespit edilmelidir. Yüksek sıcaklık ve basınç değerlerinin beklenmediği durumlarda A-Sınıf çimento herhangi bir kimyasal katılmadan kullanılabilir. Düşük sıcaklık ve basınç çimentonun yapısını bozmayacağından operasyonel riskler de azaltılmış olacaktır.

Derinlik artan kuyularda formasyon litolojisi çok büyük önem arz etmektedir, kireçtaşından oluşan bir üretim zonunda koruma borusunu inmek, yıkıntı pek mümkün

olmayacağından genelde başarı ile gerçekleştirilebilmektedir. Bu zonların çimentolamasında çimento ağırlığına çok dikkat edilmelidir, keza üretim zonları gözenekli bir yapıya sahip olduklarından çimentonun yapacağı hidrostatik basınç gözenekli formasyonlar tarafından taşınmayıp var olan petrolün üretilebilmesini engelleyebilir. Çimento ve katkı maddesi seçimi gözenekli formasyonlardaki operasyonlarda çok önemlidir ve G Class çimento kullanılmalıdır. Katkı maddelerinin tür ve oranları ise laboratuvar çalışmaları neticesinde belirlenmelidir.

Ülkemizde Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde yapılan sondaj çalışmalarında yüzey koruma borularının (sığ derinliğe sahip) indirildiği formasyon litolojisi genelde kumtaşlarından oluşmaktadır ve koruma boruları genellikle şişme-yıkıntı yapabilecek formasyonların sonuna indirilirler. Bunlar genelde yüzeyden derine doğru; Gercüş, Antak, Batman taraflarında Germav, Diyarbakır sahalarında Kastel, Karadut, Dadaş gibi şeyller kil tiplerinden oluşmaktadır (Çizelge 1.1.).

Çizelge 1.1. Güney Doğu Anadolu Bölgesi'nde yüzey koruma borularının indirildiği formasyonlar

Formasyon	Formasyon Litolojisi
Şelmo	Kumtaşı, Jips, Kıltaşı
Alt Germav	Şeyl, Marn
Gercüş	Şeyl, Kumtaşı, Jips
Karababa	Kireçtaşı, Çört
Antak	Şeyl, Kumtaşı, Jips, Çakıltaşı
Bozova	Şeyl, Marn
Yolaçan	Dolomit, Şeyl, Marn, Jips

Üretim formasyonlarına indirilen koruma borularıda genel olarak Mardin Grubuna (Kireçtaşı) indirilmekte ve bu gruptan petrol üretimi yapılabilmektedir.

2. ÇİMENTOYA GİRİŞ

Çimento, harç ve beton gibi ürünler insanoğlunun geçmişte en fazla kullandığı ve gelecekte en fazla kullanacağı yapı malzemesi olmakla beraber özellikleri en az bilinen malzemelerdir. Çimento uzun yıllardır özellikle inşaat sektörünün vazgeçilmez bir unsuru olmuştur, öyle ki günümüzde çimento üzerine mühendislik dalları gelişmiş ve çimento konulu tezler üniversitelerin doktora çalışmalarında baş aktör olmuştur (sanayi.gov.tr 2012).

Çimento, kendini hissettirmese de dikkat edildiğinde yaşantımızın her alanında çok büyük bir yer kaplamaktadır. Çoğumuz çimentoyu ilk elden kullanmıyor olsak da çimentonun kullanıldığı alanlarında yaşıyor ve çalışıyoruz (Şekil 2.1). Çimento, kalker, kil, marn ve demir cevheri gibi hammaddelerin belirli oranlarda karıştırılarak sinterleşme sıcaklığına kadar pişirilmesiyle oluşan klinkerin, alçıtaşı veya katkı maddelerinin ilavesiyle elde edilen hidrolik bağlayıcılar olarak tanımlanmaktadır.



Şekil 2.1. İnşaat sektöründe çimentonun kullanımı (Project Monitor)

Çimento üretiminde kullanılan ana hammaddeler jeolojide sedimenter kayalar olarak bilinen kireçtaşı, kil ve marndır. Klinker üretiminin ana bileşenleri olan CaO için

kalker (kireçtaşı); SiO_2 , Al_2O_3 , ve Fe_2O_3 için de kil mineralleri temel kaynaklardır. Marn gibi bu dört oksiti bünyesinde bulunduran diğer malzemeler de çimento hammaddesi olarak kullanılmaktadır. Çimento üretiminde kullanılacak hammaddelerin uygunluk dereceleri onların kimyasal bileşimleri ile orantılıdır. Kireçtaşı bileşeni için kireç standardı bir kriter olarak kullanılmaktadır. Bu değer SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 gibi bileşenler hakkında bilgi verir ve aynı zamanda CaO içeriği konusunda da aydınlatıcıdır. Kil minerali olarak kullanılacak kayalarda silikat ve alümina oranı dikkate alınarak değerlendirilmektedir.

Ana hammaddeler dışında, klinker üretimi için gerekli katkı maddeleri ise, ham karışımın kimyasal bileşimini düzeltici yönde etkiye sahip olan Fe, SiO_2 ya da Al_2O_3 içerikli materyallerdir. Bunlara örnek olarak fırınlanmış pirit, düşük tenörlü demir cevheri, laterit, kuvarslı kum ya da metamorfik kayaların bozulmasıyla oluşan kuvarslı materyaller ve boksitler verilebilir.

Ülkemizde beyaz çimento üretimi için büyük miktarlarda kaolin kullanılmaktadır. Sert ve alümitli kaolinler de bu amaçlarla kullanılabilirdiği gibi önemli ölçüde çimento kaolini de ihraç edilmektedir. Ayrıca klinkerin öğütülmesi esnasında alçı taşı, yapay ve doğal puzolanik maddeler, yüksek fırın cürufu, silisli ve kalkerli uçucu küller, silika fume ve son yıllarda belirli oranlarda kalker de değişik tip çimento üretimlerinde katkı maddesi olarak kullanılmaktadır.

Petrol sektöründe çimento ve çimentolama operasyonları petrol kuyularının varlığını ve emniyetini korumak adına birincil derecede öneme sahiptir. Nitekim Dünyada meydana gelen kontrolsüz petrol akışlarında çimentonun doğru zaman da doğru oranda kullanılmamasının etkisi büyüktür. Gulf of Mexico da BP'nin aylarca uğraştığı, milyarlarca dolar ve güven kaybettiği petrol kuyusunun sızıntısında, kuyu daha sonra yatay olarak delinebilen bir kuyudan, sızıntı yapan kuyuya çimento basarak susturulabilmiştir.

Yukarıda anlatılan nedenlerden dolayı çimentonun önemi aşikârdır, bunun için petrol kuyularındaki uygulama örneklerinden önce çimentoyu biraz detaylı incelemek gereklidir.

2.1. Çimento

Çimento, kireçtaşı (CaCO_3) ile kil veya marnın (SiO_2) belirli miktarlarda karıştırılmasından sonra öğütülür ve pişirilmesi için döner fırınlardan çıkan “klinker” adı verilen karışımın %3-5 alçıtaşı ile öğütülmesi sureti ile elde edilir.

Çimento(İtalyanca "cemento" kelimesinden alınmıştır.) esas olarak, doğal kalker taşları ve kil karışımının yüksek sıcaklıkta ısıtıldıktan sonra öğütülmesi ile elde edilen hidrolik bir bağlayıcı malzeme olarak tanımlanır. Çimento tanelerinin göz açıklığı 5 ila 90 mikron arasındadır. (NUH ÇİMENTO 2013)

Diğer bağlayıcı maddeler gibi çimentolar da, CaO, MgO gibi alkalın öğeler ve SiO_2 , Al_2O_3 ve Fe_2O_3 gibi hidrolik öğelerden oluşur. Çimento bağlayıcılık görevini su ile tepkimeye girdikten sonra kazandığı için hidrolik bağlayıcı olarak adlandırılır. Alkalın ve hidrolik öğelerin oranları bağlayıcı maddenin niteliğini belirler.

Çimento, su ile karıştırılıp plastik hamur durumuna geldikten bir süre sonra havada ya da su içinde yavaş yavaş katılaşır, bu katılaşma olayına priz adı verilir. Normal şartlar altında (28°C sıcaklık ve yağmursuz havada) bu katılaşma olayı ilk on dakikada başlar ve adına yalancı priz denir, bir saat civarında ise donma ve mukavemet artar. Ancak bu olay içinde bulunulan koşullara bağlı olarak değişiklik gösterebilir, herhangi bir kimyasal priz geciktirici kullanılmadıysa ve hava sıcaklığı çok düşük değilse yaklaşık 10 saat gibi bir süreçte donma gerçekleşir.

2.1.1 Çimento Nasıl Üretilir?

Kalker, kil ve marn hammadde olarak ocak bölgesinde taşıyıcı araçlara yüklenir. Ocaktan getirilen hammaddelerin boyutları tozsuzlaştırma ünitesi ile donatılmış bir çeneli kırıcıda, 25x25 milimetreye düşürülür. Kırılan hammaddeler çeşitlerine göre stoklanır. Tozlar transfer noktalarındaki torbalı filtrelerle geri kazanılır. Alınan hammaddeler değirmende öğütülerek farin haline getirilir (Şekil 2.2.).



Şekil 2.2. Çimento üretim fabrikası (Enerji Enstitüsü 2013)

Çimento hammaddelerinin dikkatle orantılanmış bir karışımı olan farinin ana bileşenleri kireç ve silistir. Kireç daha ziyade kalker veya marn gibi kalsiyum karbonat içeren kayalardan ortama girer. Silis için ise başlıca kaynak kildir. Bunları alümin ve demir oksit takip eder. Daha az miktarda magnezyum ve alkali oksitler gibi diğer maddeler de bulunur.

Farin silosunda tartılarak alınan farin, siklonlardan oluşan bir ön ısıtıcı kuleye beslenir. Farin 30°C 'den 1000°C 'ye kadar ısıtılarak %90 oranında kalsine olur. Tamamen kapalı bir sistem olup çevreyi etkileyici hiç bir madde yaymaz.

Farin, fırında pişerken hammadde içerisindeki oksitler önce serbest hale gelirler ve sonra sıcaklık yükseldikçe aralarında yeni bileşikler oluştururlar. Ön ısıtıcıdan gelen farin döner fırında 1500°C 'de pişirilerek kalsine edilebilmesi için granüle hale getirilir ve bu işlem düşey değirmenlerde veya bilyeli değirmenlerde gerçekleştirilir. Çıkan ürüne ise klinker denir. 1300°C 'de fırından çıkan klinker soğutularak sıcaklığı 100°C 'ye düşürülür ve öğütme sırasında değirmen içine basınçlı su verilerek sıcaklığın artması önlenmiş olur. Daha sonra bu klinker, klinker stokholünde toplanır.

Soğutucudan çıkan klinker çimento üretiminde bir ara ürün sayılır ve çimento klinkerin bir miktar kalsiyum sülfat ile öğütülmesi sonucu elde edilir. Klinker ve alçımın

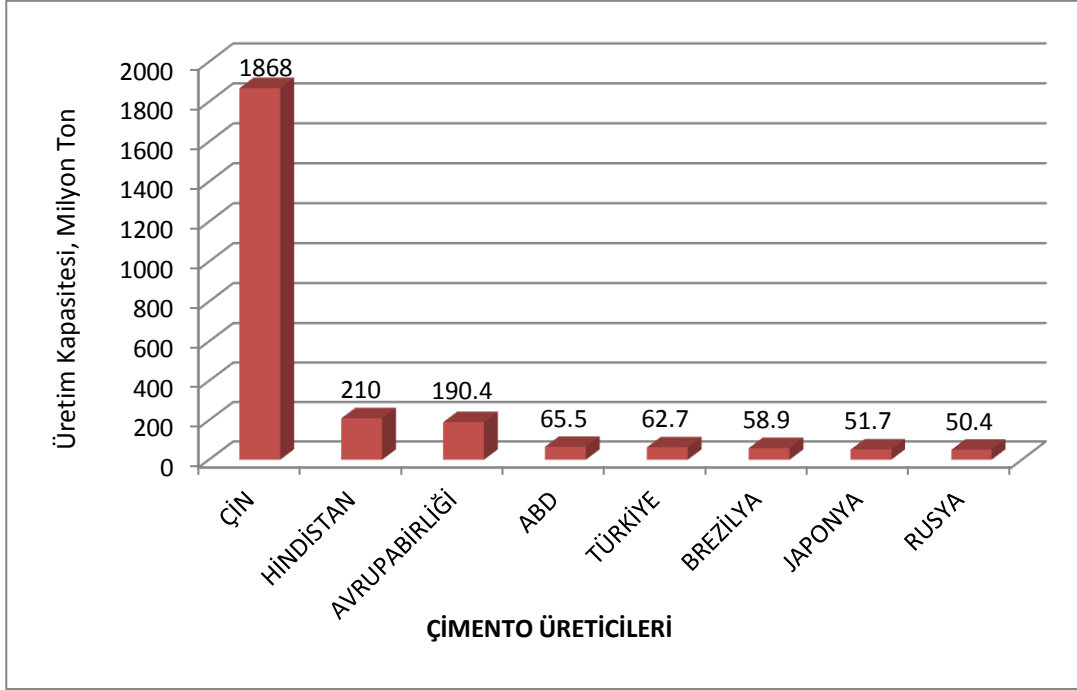
öğütülmesinde daha çok bilyeli değirmenler kullanılır. Yaklaşık 3m çapındaki çelik silindir şeklindeki değirmenlerde hacimlerinin üçte birine kadar çelik ezici bilyelerle doldurulmuş bölmeler bulunur. Silindir dönerken bilyeler klinker tanelerine çarparak onları ufalarlar.

Son bölmede istenilen incelik elde edilmiş olur. Klinkere öğütme sırasında ağırlıkça %3-5 arası kalsiyum sülfat katılır. Bu işlem çimentonun su ile karıştırıldığında kimyasal reaksiyonların ve katılma sürecinin kontrolü bakımından zorunludur ve bu ürün silolara gönderilir.

2.2. Dünyada Çimento Üretimi

Dünya da çimento üretimini kısaca özetleyecek olursak (Şekil 2.3.);

- (a) Dünya çimento üretim kapasitesi Çin'in eskimiş kapasitesi hariç 3.5 milyar tondur.
- (b) 2010 yılında Global üretim 3.3 milyar tona ulaşmıştır.
- (c) 149 ülkede çimento üretimi yapılırken, 17 ülkede hiç çimento üretilmemektedir.
- (d) 1.000 modern Çin çimento fabrikası dahil olmak üzere toplam 2360 entegre çimento fabrikası bulunmaktadır.
- (e) Son 2 yıl içinde 140 yeni çimento fabrikası faaliyete geçmiştir.
- (f) 35 tanesi Çin'de olmak üzere 750 bağımsız öğütme tesisi bulunmaktadır.



Şekil 2.3. Dünyada çimento üretim miktarları (2010)

2.2.1. Türkiyede Çimento Üretimi

Türkiye’de üretilen çimento miktarı yıllara bakıldığında sürekli artış eğilimindedir, 2000’li yılların başındaki üretim ihtiyaç fazlasını büyük oranda geçerek ihracat değeri oluşturmuş, artan iç talep çimento üretim ve tüketiminde bir denge sağlamıştır. (Çizelge 2.1.).

Çizelge 2.1. Türkiye’de üretilen ve tüketilen çimento miktarları

Yıllar	Üretim (milyon ton)	Tüketim (milyon ton)
1960	2.04	1.97
1970	6.37	6.07
1980	12.98	12.08
1990	24.42	22.65
2000	35.95	31.51
2001	29,96	25.08
2002	32,76	26.81
2003	35,1	28.11
2004	38.8	30.67
2005	42.79	35.08
2006	47.4	41.61
2007	49.26	42.46
2008	51.43	40.57
2009	58	39.96
2010	62	62.53
2011	63.4	62.9
2012	60.3	62.3

2.3. Çimento Türleri

Çimento kullanım amaçları ve içeriklerine göre sınıflandırılmaktadır. Sanayi sektörü ihtiyaçlarına göre ise çimento içerikleri değiştirilip genişletilerek, taleplere cevap verilmektedir.

2.3.1. Torbalı Çimento

Çimento, üç katlı özel kraft kâğıttan torbalara konur. Bu torbalar ülkemizde ve diğer pek çok ülkede 50 kg’lıktır. Ancak bazı ülkelere 25 kg’lık torba kullanıldığı da bilinmektedir (Şekil 2.4.).



Şekil 2.4. Torbalı çimento

2.3.2. Dökme Çimento

Çimento silodan doğrudan özel tankerlere (silobas) yüklenecek şekilde hazır beton tesislerindeki veya inşaat mahalindeki beton santrallere sevk edilir.

2.3.3. Portland Çimentosu

Betonarme yapılarda kullanımı en yaygın çimento türüdür. Portland çimentosu belirli oranda kalktaşı (CaCO_3) ve kilin (SiO_2 ve Al_2O_3) karıştırılıp klinkerde pişirilmesinden sonra bilyeli değirmende öğütülmesiyle elde edilir. Çimentonun sertleşmesini geciktirmek üzere klinkere bir miktar alçı taşı da eklenir.

2.3.4. Yüksek Fırın Cüruf Çimentosu

Granüle yakın fırın cürufu ile Portland çimentosu klinkeri karışımının az miktarda alçıtaşı ile öğütülmesiyle elde edilir. Genelde, bu tür çimentolar deniz suyu ve diğer sülfatlı ortamlarda portland çimentosuna kıyasla daha yavaş dayanım kazanırlar ve daha yüksek bir dayanıma sahip olurlar. Ancak geçirimsizlikleri daha düşüktür.

2.3.5. Traslı Çimentolar

Traslar silisli ve alüminli maddeler içeren volkanik tüflerdir. Kendi başlarına bağlayıcılık özellikleri olmamasına rağmen, çimentoda mevcut kireçle bu özelliği kazanırlar. Bu tür çimentolar imalat aşamasında portland çimentosu klinkerine aktif volkanik tüfler veya benzeri traslar katılamaması ve bunların öğütülmesiyle elde edilir. Karışımındaki tras oranı %20-40 düzeyinde tutulur. Bu tür çimentoların geçirimsizliği az hidrasyon ısıları düşük olduğundan genellikle su yapılarında kullanılırlar.

2.3.6. Katkılı Çimentolar

Portland çimentosu klinkerinin ağırlıkça en fazla %19'unun puzolanik malzeme ile değiştirilmesi ve alçı taşı eklenmesiyle elde edilir. Katkılı çimento traslı çimento için belirtilen özelliklere sahiptir fakat traslı çimentodan farkı puzolan oranının daha fazla olmasıdır.

2.3.7. Düşük Hidrasyon Isılı Çimento

%28 (C_3S), %49 (C_2S), %4 (C_3A), %12 (C_4AF), %1.8 MgO ve %1.9 (SO_3) birleşiminden oluşur. (C_2S) ve (C_4AF) oranları yüksek, (C_3S) ve (C_3A) oranları oldukça düşüktür.

C_3A için üst sınır %7 ve C_3S için üst sınır %35 dir. Düşük hidrasyon ısısının sağladığı avantajlar sayesinde baraj inşaatlarında kullanılır. Yazın yüksek sıcaklıklı günlerde karışım sıcaklığını düşürmekte önemli bir katkısı yoktur. Günümüzde yerini puzolan (granüle yakın fırın cürufu) katkısı ile sunulan normal çimentoya bırakmaktadır. Son dayanım değeri açısından normal çimentodan güçlüdür.

Diğer Çimento Türleri:

- (a) Uçucu Küllü Çimento
- (b) Süper Sülfat Çimentosu
- (c) Sülfata Dayanıklı Çimento
- (d) Erken Dayanımı Yüksek Çimento

2.4. Çimento Hammaddeleri

Çimentonun ihtiyaçlara daha olumlu cevap verebilmesi adına, içindeki hammaddelerin bilinmesi ve bu hammaddelerin karışım oranların sağlayacağı avantaj ve dezavantajlar dikkatlice incelenmelidir.

2.4.1. Kalker (Kireçtaşı)

Oldukça geniş bir kullanım alanı bulunan kalker (kireçtaşı) sedimanter bir kayaç olup, çimento üretiminde çok büyük bir önem teşkil etmektedir.

Kimyasal bileşiminde en az %90 CaCO₃ vardır. Kalkerin sertlik derecesi, mohs sertlik skalası'na göre 3, özgül ağırlığı ise 2.5-2.7 gr/cm³tür (WIKIPEDIA-b, 2013).

2.4.2. Marn

Kil ve kalker karışımı bir maddedir. Özgül ağırlığı 2.0-2.9 gr/cm³tür. Çimento sanayi için, kalker ve kilin beraber bulunduğu tek doğal hammaddedir.

%50-70 kalker ve %30-50 kilden oluşmuş kayaca marn denir. Klinker, kil ve kalker içeren hammaddenin öğütüldükten sonra pişirilmesiyle elde edilir. Marn ise bu ikisini doğal olarak içerdiğinden ve kalkere kıyasla daha kolay öğütülmesinden dolayı, uygun bir hammaddedir.

2.4.3. Kil

Killerin ana maddesi alüminyum silikat hidratlardır. Çimentodaki alkalilerin ana kaynağı da kil bileşenleridir. Kil minerallerinin temel özelliği kimyasal bileşiminde Al₂O₃ bulunması ve sulu alüminyum silikattan oluşmasıdır.

2.4.4. Çimento Sanayinde Kullanılan Kimyasal Modüller

Çimento standartları gereği bazı test değerlerini sağlaması gerekmektedir. Çimentonun beklenen özelliklerinin çeşitli modüllerde kabul aralıkları mevcuttur.

2.4.4.1. Hidrolik Modül (HM)

$$HM = \frac{CaO}{SiO_2 + Al_2O_3 + Fe_2O_3}$$

HM değerinin 1.7 ile 2.3 arasında olması beklenir.

HM < 1.7 ise çimentonun dayanımı genelde yetersizdir.

2.4.4.2. Silikat Modülü (SM)

$$SM = \frac{SiO_2}{Al_2O_3 + Fe_2O_3}$$

SM değeri 1.2 ile 4 arasında olmalıdır.

SM > 4 ise pişme zorlaşır.

2.4.4.3. Alüminyum Modülü (ALM)

$$ALM = \frac{Al_2O}{Fe_2O_3}$$

ALM değeri 1.3 ile 1.6 arasında olmalıdır.

ALM < 1.3 ise öğütmede sorunlara sebep olur.

2.4.4.4. Kireç Standardı (KST)

$$KST = \frac{CaO}{2.8SiO_2 + 1.18Al_2O_3 + 0.65Fe_2O_3}$$

KST değeri 90-95 arasında olmalı

2.4.4.5. Kireç Doygunluk Faktörü (KDF)

$$KDF = \frac{CaO - 0.7SO_3}{2.8SiO_2 + 1.2Al_2O_3 + 0.65Fe_2O_3} \times 100$$

KDF = 1 (%100) olduğunda silisin en fazla miktarı C₂S şeklindedir. KDF < 1 olduğu durumlarda ise silisin C₂S olarak bulunma oranı azalır.

2.5. Türkiye'de Çimento Standartları

Türkiye'de çimento üretimine ilişkin ilk geliştirilen standart 1959 yılının 6/640 numaralı standardıdır. Bu standardın içinde değişik portland çimento, yüksek fırın cüruf çimentosu gibi çimento türlerine ilişkin üretim standartları belirlenmiştir. 1975 ve 1985 yılları arasında eski standartları iptal eden ve çimento çeşitlerini 6'dan 11'e çıkaran 6 farklı standart geliştiren Türkiye, 2000 yılında Avrupa standartlarını norm haline getirmiş ve EN 197 standardını benimsemiştir. Bu standart çerçevesinde CEM I, CEM II, CEM III, CEM IV ve CEM V tipleri tanımlanmıştır. Ayrıca yeni katkı maddelerinin standartları ile yeni kimyasal, fiziksel, mekanik test metot ve uygulamaları da EN 197 kapsamındadır.

2.5.1. CEM Çimentosu – EN 197 Standartları

Hidrolik sertleşme öncelikle kalsiyum silikatların hidrasyonu sonucu meydana gelen ve içindeki reaktif CaO ve reaktif SiO₂ toplamının kütlece en az %50 olması gereken çimentodur. Bileşimi portland çimentosu klinkeri, kalsiyum sülfat ve çeşitli mineral katkılarıdır.

Standartta göre CEM Çimentoları 27 alt çeşidi kapsayan 5 ana tiptir (Çizelge 2.2.)

Çizelge 2.2. Türk Çimento Standartları

Çimento Cinsi	TS NUMARASI	Basınç Dayanımları (kg/cm ²)			KULLANIM ALANI
		2 GÜN	7 GÜN	28 GÜN	
Portland Çimentosu (PÇ 325)	TS EN 197-1	100	210	325	Genel Kullanım Amaçlı, Yüksek Dayanım Gerektiren Yerlerde, Çok katlı binalarda
Portland Çimentosu (PÇ 425)		200	315	425	
Portland Çimentosu (PÇ 525)		250	355	525	
Beyaz Portland Çimentosu (BPÇ 325)	TS EN 197-1	100	210	325	Mimari Dekoratif ve vitriye amaçlı
Beyaz Portland Çimentosu (BPÇ 425)		200	315	425	
Sülfata Dayanıklı Çimento (SDÇ 325)	TS 10157	100	210	325	Zararlı sularla temasta olan yerlerde

2.5.1.1. CEM I

Bu grupta klinkerin sadece kalsiyum sülfat ve minör bileşen olarak ağırlıkça en fazla % 0-5 arası mineral katkı ile öğütülmesi sonucunda Portland Çimentosu elde edilir.

2.5.1.2. CEM II

Bu grupta mineral katkı miktarı % 6-35 arasındadır. Katkı türüne bağlı olarak bu gruptaki çimentolar Portland Cürüflu, Portland Puzolanlı gibi isimler de almaktadır.

2.5.1.3. CEM III

Bu grupta Yüksek Fırın Cürüflu Çimentolar bulunur. Katkı miktarı % 36-95 arasındadır.

2.5.1.4. CEM IV

Bu grupta Puzolanik Çimentolar yer alır. Bunlarda cüruf veya kalker katkı maddesi olarak kullanılmaz. Katkı madde oranı puzolan ve uçucu kül katkıları ile birlikte % 11-55 arasında değişmektedir.

2.5.1.5. CEM V

Bu grupta Kompoze Çimentolar bulunur. Bunlara hem cüruf (%18-50) ve hem de puzolan ve uçucu kül (%18- 50) miktarı belirlenen sınırlar içerisinde değiştirilerek birlikte katılır, miktarları klinker oranı %20- 64 arasında kalacak şekilde ayarlanır.

2.5.2. TS EN 197-1 Standartları

Yukarıda anlatılan çimento gruplarının haricinde gerek klinker üretimi sırasında, gerekse sonradan ilave edilen mineral katkıları sayesinde özel kullanım amaçlı olarak üretilmiş, TS EN 197-1 standardının kapsadığı 5 çeşit daha çimento bulunmaktadır. Bunlardan en önemli 4 tanesi şu şekildedir:

2.5.2.1. Sülfatlara Dayanıklı Çimentolar

Trakalsiyum alüminat miktarı sınırlanmış (max %5) olarak üretilen klinkerin kalsiyum sülfat ile birlikte öğütülmesi ile elde edilir.

2.5.2.2. Beyaz Portland Çimentosu

Özel nitelikli kil ile kireçtaşının birlikte pişirilmesiyle elde edilen beyaza yakın klinkerin bir miktar kalsiyum sülfat ile birlikte öğütülmesiyle elde edilir.

2.5.2.3. Harç Çimentosu

Dayanım gelişmesi için gerekli Portland Çimentosu Klinkeri içeren ince öğütülmüş hidrolik bağlayıcıdır. İlave bileşene ihtiyaç duyulmadan sadece kum ve su karıştırılarak duvar, sıva ve kaplama işleri için kullanıma uygun harç yapımını sağlar.

Yüksek Fırın Cürufu Katkılı, Düşük Erken Dayanımlı Çimentolar: Sınırlandırılmış hidrasyon ısısına sahip, yüksek fırın cürufu katkı ve erken dayanımı düşük olan çimentodur.

2.5.2.4. Çok Düşük Hidratasyon Isılı Özel Çimentolar

Su ile karıştırıldığında hidrasyon reaksiyonları ve prosesler nedeniyle priz alan ve sertleşen bir hamur oluşturan, sertleşme sonrası suyun altında bile dayanımı ve kararlılığını koruyan ve geliştiren, genel çimentoların hidrasyon reaksiyonlarına sahip bir çimentodur.

3. PETROL KUYULARINDA ÇİMENTO KULLANIMI

Petrol kuyularında çimento kullanımı, sondajdan üretime bir kuyunun ömrü boyunca gerçekleştirdiği bütün safhalarda çok önemli rol oynamaktadır.

Sondaj sırasında matkap yardımıyla açılan kuyularda gerek kazılan formasyonların yıkılmasını önlemek gerek hedeflenen sondaj derinliğine inilmek için kuyu içinde “casing” adı verilen çelik koruma boruları indirilir, bu boruların dış çeperi ile formasyon arasındaki bağlantıyı koruyacak olan madde ise çimentodur. Çimentonun bu noktada sağlamlığı koruma borusunun ömrünü uzatacağı gibi, kazılan farklı formasyonların da birbiri ile irtibatını kesme açısından önemi büyüktür.



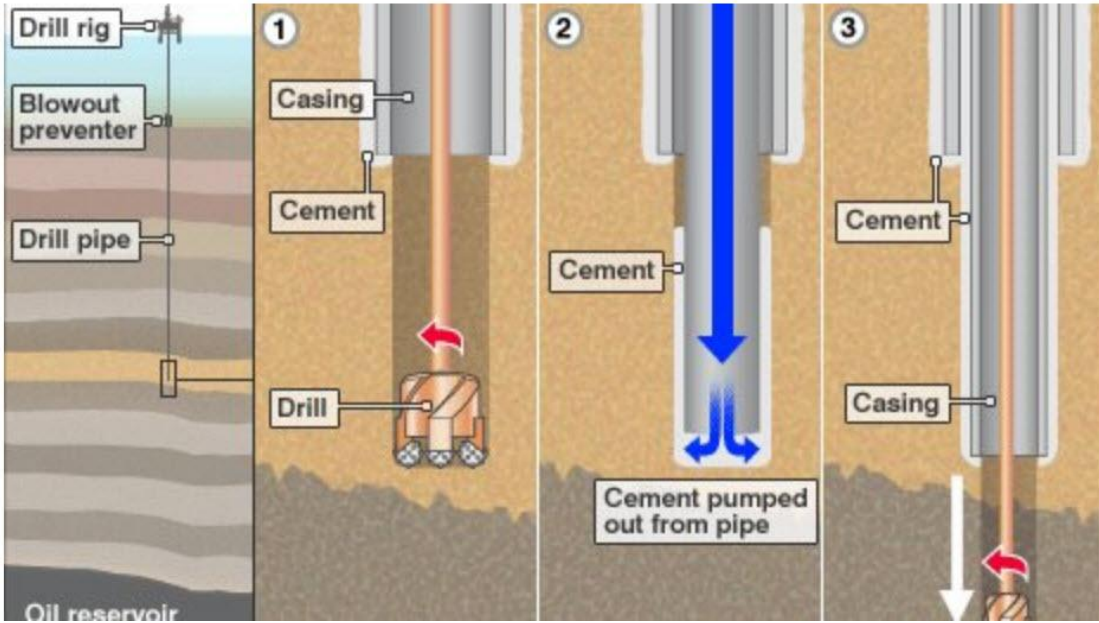
Şekil 3.1. Atbaşı pompa ile çalışan petrol kuyusu –Raman Petrol Sahası

Casing çimentolama ile yüzey sularına karışabilecek olası sondaj çamuru kimyasallarının önüne geçilerek, çevreye hassasiyet konusunda önemli bir değer korunmuş olur. Yüzey sularından olabileceği gibi farklı derinlikteki formasyonlardan da kazılan kuyulara su girişi olabilmekte ve bunlar sondaj çamurunun yapısını

bozabileceği gibi koruma borusu indirildikten sonra ise koruma borusunda korozyona neden olabilmektedir. Çimento sayesinde koruma borusu ve formasyon arasında yaratılan bu izolasyon, gerek çamur stabilitesini korumada gerekse koruma borusu dayanımını sağlamada birincil derecede önem teşkil eder (Knapp ve ark 1996).

3.1. Çimentolama Operasyonları

Çimentolama operasyonları tasarım ve uygulama alanında her bir dalda uzmanlık isteyen ve yapılacak olan operasyon çeşidine göre farklı yaklaşımlar sergilenmesi gereken operasyonlardır. Bu kısımda farklı tip operasyonlar ve tasarım öncelikleri anlatılacaktır (Şekil 3.2.).



Şekil 3.2. Petrol kuyusunda çimento operasyonu simülasyonu

3.1.1. Koruma Borusu (Casing) Çimentolaması

Casing çimentolaması, kuyuya casing indirildikten sonra casing dış duvarı ile formasyon arasında kalan hacmi izole etmek için yapılan bir operasyondur. Operasyon öncesi çimentolama ünitesi ve ekipmanları sondaj kulesinin bulunduğu lokasyonda yerleşimlerini tamamlar ve operasyon hazırlıkları başlatılır (Şekil 3.3.). Koruma borusu

çimentolamasının başarılı olması sondajın hedefine ulaşması ve maliyet açısından büyük önem arz etmektedir. Kuyu şartlarında testi yapılmayan ve anülüste istenen özellikte çimento elde edilmeyen koruma borusu çimentolarının hatalarını düzeltmenin maliyeti çok yüksektir (Nelson 1990).



Şekil 3.3. Çimento ekipmanlarının koruma borusu çimentolaması öncesi sondaj kulesi çevresinde yerleşimi

Çimento kuyuya basıldıktan sonra neredeyse geri dönüşü olmayan bir operasyon başlamış olacaktır, bu sebeple operasyon öncesi testlerin mümkün oldukça gerçek kuyu şartlarına uygun ortamlarda yapılması gerekmektedir. Yetersiz planlanmış koruma borusu çimentolama operasyonu, kuyunun tamamlaması sırasında asitleme operasyonlarının başarısızlığına, söz konusu kuyunun rezerv testlerinin yanlış yorumlanmasına, üretilmek istenen formasyon sıvısının üretilmemesine ve kuyunun ömrü için çok önemli olan korozyon sorununa neden olabilmektedir.

Casing inişi sonrası iyi bir çimentolama operasyonu için iki tam devir sirkülasyon tercih edilmelidir. İyi bir çimentolama operasyonu için anülüsün çimento ile

iyi bir şekilde süpürülmüş olması gerekir. Çimentolamanın başarısı çimentonun koruma borusu ile formasyon arasına uygun yerleştirilmesi ile belirlenmektedir. Bu yerleştirme sırasında anülüsdeki çamurun çok iyi şekilde süpürülmesi gerekmektedir, iyi süpürülmeyen çamur tamamlama operasyonunun da petrol ve gazın kaybolmasına, formasyon sıvılarının üretilmemesine ve kuyunun istenilen şekilde desteklenemeyip yıkılmasına sebep olabilir.

3.2. Çimentolama Sırasında Meydana Gelebilecek Başlıca Sorunlar

Çimentolama operasyonlarında meydana gelebilecek aksilikleri önceden bilmek alınacak tedbirler açısından önemlidir, bu sorunları genel olarak 5 başlık altında toplayabiliriz.

3.2.1. Casinglerde Çimentonun Erken Donması

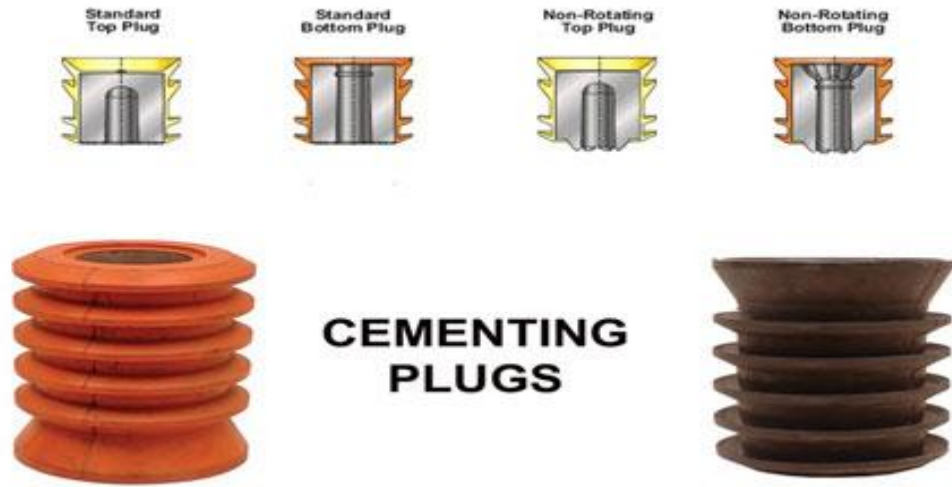
Çimento operasyonlarında meydana gelebilecek en büyük sorunların başında çimentonun erken donması gelmektedir, bu duruma sebep olabilecek başlıca sebepler ise şunlardır:

- (a) Çimento suyunda istenmeyen bulaşımalar
- (b) Kuyu sıcaklığının doğru bilinmemesi ya da tahmin edilememesi
- (c) Operasyon sırasında çimentonun ani su kayıpları
- (d) Analiz ya da bilgi eksikliği neticesi doğru çimento türünün seçilememesi
- (e) Çimentonun geç donmasını sağlayan geciktiricinin gereğinden az kullanılması

3.2.2. Tapa Sorunları

Casing çimentolama operasyonlarında tapa kullanımı, yapılan çimentonun kalitesinin homojen olarak anülüste dağılmasını sağlamaktadır. Bu yüzden tapa sorunları, başarılı bir çimentonun en önemli engellerinden biridir, bu sorunların nedenlerini şöyle sıralayabiliriz:

- (a) Tapanın kuyu dibine gönderilmesi sırasında kullanılan “cementing head” içerisinde tapanın takılması
- (b) Kuyuya atılan tapaların sıralarının değiştirilmesi
- (c) Tapanın imalat ya da benzeri kaynaklı basınç dayanımı olmaması
- (d) Tapa öteleme debisinin yanlış hesaplanması



Şekil 3.4. Çimentolama operasyonunda kullanılan tapa modelleri

3.2.3. Çimentonun Homojen Hazırlanamamasının Sonuçları

Homojen karışım her zaman daha kaliteli bir çimento sağlamaktadır, bazı koşullarda bu karışım sağlanamamaktadır.

- (a) Karıştırıcı unite vb. elemanlardaki mekanik arızalar
- (b) Suyun veya basıncın yetersizliği
- (c) Bulk sistemindeki hata

3.2.4. Anülüse Gaz Girişi

Çimento operasyonu sırasında anülüse gaz girişi istenmeyen bir durumdur, engellenememesi durumunda başarısız bir çimento kaçınılmaz olur. Aşağıdaki sebeplerle anülüse gaz girişi önlenemez (Bannister ve ark 1983).

- (a)Çamur ağırlığı azlığı dolayısıyla yetersiz hidrostatik basınç
- (b)Çimento-Çamur ana yüzeyindeki jelleşme
- (c)Gazlı kumlu formasyonları çimentolamadaki hata
- (d)Çimentonun suyunu kaybetmesi

3.2.5. Kanallaşma

Operasyon sırasında kanallaşma olması durumunda basınç ve debi farklı noktalarda farklı değerler alarak çimentonun yüzeye erken gelmesi operasyonun erkenden kesilmesine ve tam bir çimento süpürülmesini engelleyecektir.

- (a) Borunun formasyonla teması
- (b) Kötü çamur özellikleri (yüksek plastik viskozite ve yield point)
- (c) Boru hareketlendirmesindeki hata
- (d) Düşük öteleme debisi
- (e) Kuyu genişlemesi

3.3. Çimentolama Planlamasını Etkileyen Faktörler

A- KUYU

- (a) Çapı – Çimento hacmi ve akış rejimlerini etkiler.
- (b) Derinliği – Uygulanacak metodu ve katkı maddelerini etkiler.
- (c) Sıcaklığı – Katkı maddelerini etkiler.
- (d) Eğimi – Metot ve Casing dizaynını etkiler.
- (e) Formasyon özellikleri – Çimento kompozisyonunu ve katkı maddelerini etkiler.

B- SONDAJ SIVISI

- (a) Tipi – Uygulanacak olan çimento türünü belirler.
- (b) Özellikleri – Kullanılacak olan ayıraç seçimini belirler.
- (c) Ağırlığı – Ayıraç seçimini etkiler.
- (d) Çimentoya uyumluluğu – Çimento ile sondaj sıvısının karışımını etkiler.

C- CASING

- (a) Dizayn – Çimento kompozisyonunu etkiler.
- (b) Diş Tipi – Basınç dayanımını dolaylı olarak çimento ağırlığını etkiler.
- (c) Set Derinliği – Çimento miktarını etkiler.
- (d) Merkezleyiciler – Çimentonun akış rejimini etkiler.
- (e) Kazıyıcılar – Formasyon ile casing arasındaki bağı etkiler.
- (f) Kademeli çimentolama aletleri – Üretim zonunun kirlenmesini engeller.

D- KULE OPERASYONLARI

- (a) Casing set etme hızı ve zamanı – Yıkıntıyı etkiler.
- (b) Çimento öncesi sirkülasyon zamanı – Kuyunun temizliğini etkiler.

E- ÇİMENTO KOMPOZİSYONU

- (a) Tipi – Çimento kalitesini etkiler.
- (b) Hacmi – Kullanılacak içeriği etkiler.
- (c) Ağırlığı – Oluşturacağı basıncı ve özelliklerini etkiler.
- (d) Reolojik Özellikler – Akış özelliklerini etkiler.
- (e) Katkı Maddeleri – Çimento özelliklerini etkiler.
- (f) Homojen Karışımı – Formasyon casing arasında homojen dağılım için önemlidir.
- (g) Saha suyu ile önceden yapılan çimento testi – Laboratuvar ortamında yapılan test olası aksiliklerin önceden haber edilmesini sağlar.

F- KARIŞTIRMA VE POMPALAMA ÜNİTELERİ

- (a) Karıştırıcı tipi
- (b) Çimentolama Kafası
- (c) Tapalar
- (d) Ara sıvıları
- (e) Casing hareketlendirilmesi
- (f) Öteleme sıvıları

Çimentolama operasyonlarında çimentonun hazırlanması için gerekli su muhakkak hazırda bulunmalı ve bu suyun analizlerinin önceden yapılması gerekmektedir. Bu su arzu edilen çimento miktarının hazırlanmasında, hat testi ve pompa temizliği sırasında kullanılacak miktarı da içermelidir. Çimento karıştırılma hızı prizlenme süresine kadar geçen süreyi etkileyeceğinden, gerekli su miktarından emin olunduktan sonra çimento hazırlığına başlamada büyük fayda vardır. Sondaj sahalarında kullanılan suyun temiz ve kimyasal maddelerden arınmış olması gerekmektedir. Sıcak havada karışım suyunun ısısı önemlidir. Genellikle 38 °C üzerindeki su, çimento şerbetini viskoz hale getirebilir. Bu çimento şerbetinin bir an önce pompalanması gerekmektedir. Aynı şekilde çok soğuk havalarda çimento çok geç donabilmektedir.

3.4. Çimentolama Operasyonlarını Etkileyen Faktörler

Çimentolama operasyonu ile ulaşılmak istenen, anülüsü çimento ile tamamen doldurabilmek ve casing ile formasyon arasında iyi bir bağ sağlamaktır. Bunu başarabilmenin tek yolu da anülüsteki çamuru çimento şerbeti ile tamamen süpürebilmektir. Çimentolanacak kısımdan çamurun süpürülmesindeki bir hata anülüste çimentolanmamış diziler halinde malzeme bırakabilir (TPAO KTH Teknik Yayın Grubu 1986).

Çamur süpürülme verimini çeşitli sebepler etkiler. Kötü kazılmış bir kuyuda yüksek öteleme debisiyle bile zor temizlenebilen çeşitli mağaramsı bölümler oluşabilir. Ayrıca bu bölümler çimentoyu kontamine eder ve çimento şerbetiyle devamlı uzayan

jelleşmiş çamuru da hapsederler. Eğimli kuyularda casing merkezlenmesini sağlamak zordur ve anülüsün dar bölümlerinde çamurun süpürülmesini güçleştirir.

İyi ıslah edilmemiş sondaj çamurları, mağaramsı bölümler veya tersine sürtünme basıncını artıran ve anülüs alanını daraltan kalın çamur keki yaratabilirler. İyi sondaj başarılı çimentolamaya kesin söz vermez ama olabilecek bir hatayı önleyebilir.

Çimento şerbetleri ve sıvıları, belli karakterlere sahip çamuru süpürmek üzere dizayn edilirler. Sert filtre keki ise bu sıvılarla uzaklaştırılmaz. Kazıyıcılar gibi mekanik aletler bile belki de filtre kekini süpürmeyecektir. Fakat eğer uygun yerlere yerleştirilirse fazla jelli filtre keki ile temaslı düşük sıvı içeren çamur filmini, hareketliliğini artırarak karıştıracaktır.

Çimento şerbetinin by-pass yaptığı, jelli çamur formasyon sıvılarının arasından geçebileceği, kanallar oluşabilir. Böyle bir durumda ise, hem zaman hem de para kaybına yol açabilen squeeze gibi tamir çimentolarına başvurmak zorunda kalınılabılır (Nelson 1990).

3.4.1. Koruma Borusu Merkezlenmesi

Koruma borusu (casing) merkezlenmediğinden meydana gelen çekme kuvvetlerinin etkisi akış alanı boyunca farklı olacaktır. Bu fark, merkezden uzaklaşma ile ve çamurun anülüsün dar kısmından geniş kısmına hareketi ile artar. Eğer boyu iyi merkezlenmiş veya kuyu duvarına oldukça yaklaşmış ise akmaya karşı mukavemet anülüsün bu dar kısımlarında daha fazla olacaktır. Yani, çimento anülüsün daha geniş kısımlarından çok daha çabuk akacak ve çamur bu şekilde daha kolaylıkla süpürülecektir. Bu olayı yönlü kuyularda çoğu zaman izlemek mümkündür. Dizi merkezleyiciler ile çok iyi askıya alınmamış ise, kuyunun daha düşük olan tarafına doğru yatma eğilimi gösterecektir (Knapp ve ark 1996).

Koruma borusunun merkezden uzaklaşmasının derecesi stand-off yüzdesi olarak ifade edilir ve araştırmalar anülüsün dar tarafında çamur akışını boşaltabilmek için gerekli hızın stand-off ile arttığını göstermiştir.

Dizinin iyi merkezlenmesi için saha tecrübelerinden de faydalanılır.

(a) Kuyu tabanından itibaren her üç casinge birer tane

- (b) Üretim zonunun karşısındaki her casinge bir tane ve en azından 200ft yukarısına ve altına
- (c) Kalan casinglerin her üç tanesine bir tane olmak üzere merkezleyiciler kullanılır.

3.4.2. Koruma Borusunun Hareketlendirilmesi

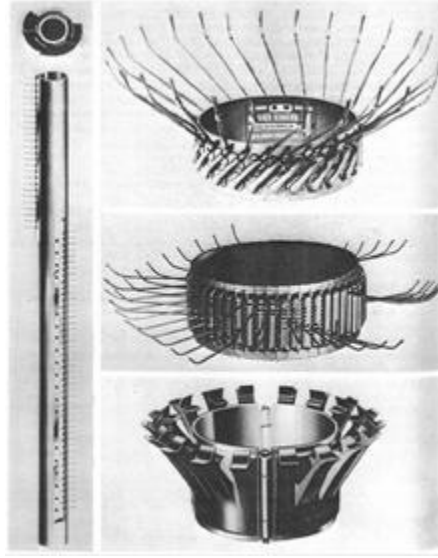
Çimento ötelenirken, çamur ile muhafaza borusu arasındaki çekme kuvveti muhafaza borusu döndürülerek olumlu bir çamur öteleme kuvvetine dönüştürülebilir. İki türlü hareketlendirme yapılır. Döndürme ve dikey hareketlendirme.

Makara ile askıya alınan casing çok özel bir alet gerektirmeyen dikey hareketlendirmede sondör, casingleri drawworks yardımıyla yukarıya ve aşağıya hareket ettirebilir. Rotasyonu sağlamak için sabit çimento kafası ile rotary masası yardımıyla döndürülen casingler arasına bir casing swivel koymak gerekir. Bu durumda dahi merkezleyiciler kullanılabilir. Casing, kuyu cidarına sabit olarak kalan merkezleyiciler içinde rahatlıkla dönebilir. Casing swivele ihtiyaç sebebiyle, dikey hareketlendirme pratikte daha fazla kullanılır. Ancak döndürme şu sebeplerle daha etkindir:

- (a) Model çalışmaları, özellikle öteleme tapa akışı ile yapıldığı zaman döndürmenin daha etkili olduğunu gösterir.
- (b) 15-25 RPM döndürme 20ft/dak'lık dikey hareketten çok daha etkili sıvı süpürmesi sağlar.
- (c) Dikey hareketlendirme, formasyon çatlamasına yol açabilen basınç ve hız dengesizliği yaratır.
- (d) Öteleme plug akış ile yapılıyorsa dikey hareketlendirmenin kullanılmaması gerekir. Çünkü aşağı hareket sırasında hız artacak ve akış plug akıştan laminar akışa kolaylıkla geçecektir.
- (e) Yukarı hareket sırasında koruma borusunun sıkıştığı yer muhakkak bilinmelidir. Bu casing indirme sırasında problemlere sebep olabilir.

3.4.3. Çamur Kazıyıcılar

Statik durumdaki jelli çamuru dağıtır. Türbülanslı akışın oluşumuna yardım edebilir ve çamur kekinin yumuşak kısımlarını kolayca kazıyabilir (Şekil 3.5.).



Şekil 3.5. Çamur kazıyıcılar

3.4.4. Çimento Şerbetinin Formasyon veya Çamur Tarafından Kirletilmesi

Çimento şerbetinin formasyon sıvılarınca ya da sondaj çamuru ile karışması çimentonun özelliğini bozacağı gibi, operasyonun istenilen sonucu vermesini engelleyecektir.

Çamur bulaşımının muhtemel etkileri şunlardır:

- (a) Çimentonun prizlenmesini geciktirip, hızlandırabilir.
- (b) Prizlenmiş çimentonun basınç dayanımını azaltır.
- (c) Su kaybını artırır.
- (d) Karışım özellikle petrol bazlı çamurda pompalanmaz bir kütle oluşturabilir.

Çamur ile çimento kuyuda kendi özel işlevlerini yaparlar ve operasyon birbirinden bağımsız olarak dizayn edilir. Çamur bulaşımına karşılık çimento karışımın da herhangi bir düzeltme yapılamaz, çamur ile çimentoyu fiziksel ayırma tek çözümdür.

Bu casing içerisinde tapalar yardımıyla çok kolaydır. Yıkayıcılar ve/veya ara sıvıları anülüste çamur ile çimentoyu fiziksel olarak ayırmak için kullanılır.

3.5. Çimento Operasyonu Öncesi Çamur Islahı

Casing inişi öncesi genellikle hem kuyuyu temizlemek hem de tüm kesintileri sirkülasyon ile dışarıya atabilmek için bir manevra yapılır. Eğer tüm katı maddeler dışarıya atılmaz ise, casing indirilirken meydana gelen statik bekleme esnasında çökme olacaktır. Bu takdirde casingler tamamen dibe kadar indirilmeyecektir.

Casingler kuyuya indirildikten sonra çamur aşağıdaki fonksiyonları yapabilmelidir:

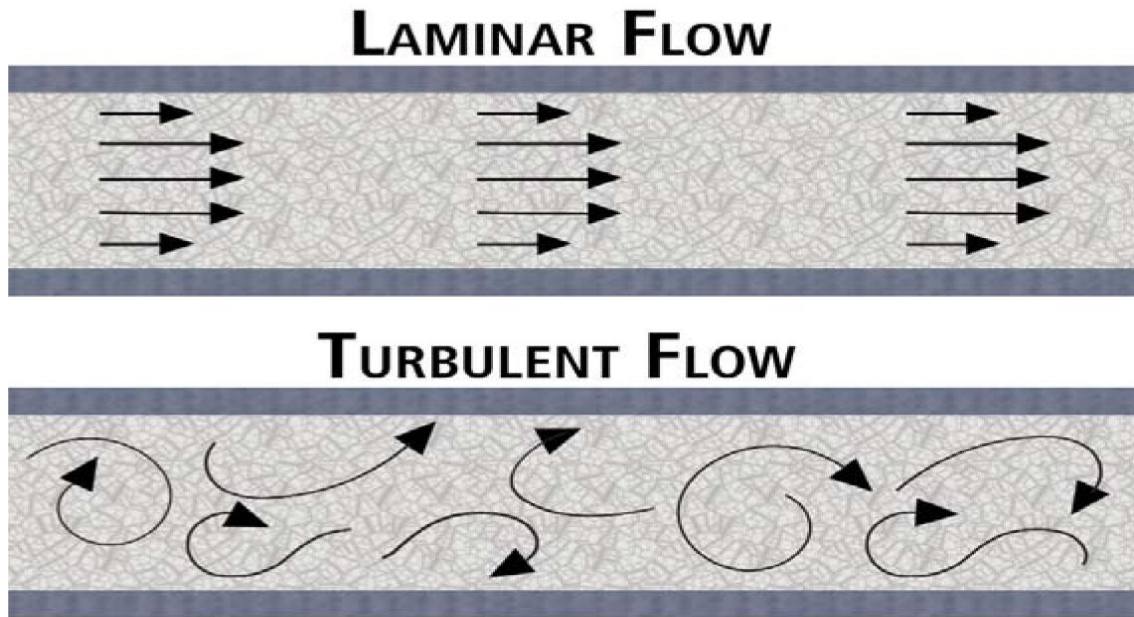
- (a) Kuyu dibini etkileyen basınçları kontrol altında tutmalıdır.
- (b) Az su kaybı karakterini korumalı ve başarısız çamur ötelemesine neden olan jelli, kalın çamur kekinden ziyade ince geçirimsiz bir çamur kekine sahip olmalıdır.
- (c) Casing ağırlığını desteklemeye yardım etmelidir.
- (d) Üzerindeki açık kuyuyu desteklemeli ve formasyondan gelebilecek olumsuz etkiyi de minimumda tutmalıdır.

Çimentolamadan önce yapılan sirkülasyonda tek amaç çamurun kesintileri yüzeye getirebilmesi değildir. Casinglerin çapı tijlerden daha geniş olduğu için sirkülasyon esnasındaki anülüs hızı sondaj esnasındaki hızdan daha yüksektir. Bundan dolayı çimentolamadan önce çamurun viskozitesi ve gel mukavemeti önemli ölçüde azaltılmalıdır. Bu sayede çimentolama da çamur çimentonun üzerinde kalacaktır.

Çamurun yoğunluğunun kontrolü basınç kontrolü nedeniyle her zaman mümkün değildir. Viskozitenin ve gel mukavemetinin imkân dâhilinde azaltılması çamur ötelemesi ve böylece iyi bir çimento bağının elde edilebilmesi için şarttır

3.6. Çimento Şerbeti ve Öteleme Sıvısı Akış Rejimleri

Çimento karışımı ve öteleme sıvısı için 3 farklı akış rejimi geçerlidir.



Şekil 3.6. Laminar ve türbülanslı akış

3.6.1. Türbülanslı Akış

Çimento şerbeti veya öteleme sıvısı anülüste bir girdap yaratacak kadar hızlı hareket ederler yani diğer bir deyişle parçacıklar düz bir hat boyunca hareket etmezler. Hız profili düzdür ve sonuçta iyi bir çamur ötelemesine yardımcı olur. Gerçekte türbülanslı akış en iyi çamur süpürülmesini sağlayan akış rejimi olarak düşünülür (Alap 1982).

Türbülanslı akışı etkileyen şartlar; hız, çimento türbülanslı akışı yaratabilmek için çok hızlı bir şekilde anülüste yükselir. Hız düşerse akış laminar akış bölgesine düşebilecektir. Pompalama sabit olduğu takdirde, karışım anülüsün dar kısımlarında, geniş kısımlarıyla kıyaslandığı zaman çok daha hızlı hareket edecektir. Bu nedenle türbülanslı akış rejimi düşünülürken, daima kuyunun çimentolanacak seviyelerindeki en geniş çap alınmalıdır

Anülüs çapı, sabit hızla hareket eden çimento türbülanslı akışı büyük ihtimalle daha geniş anülüste dahi sağlayacaktır. Bununla birlikte daha geniş çaplı anülüste akış türbülanslı akıştan laminar akışa geçecektir.

Ağır sıvılar çok daha kolay türbülanslı akışa geçebilir. Daha az viskoz sıvılar ise çok daha kolaylıkla türbülanslı akış rejimine pompalanabilir.

3.6.2. Laminer Akış

Türbülanslı akışta daha düşük debide sıvı parçacıkları düz bir hat boyunca hareket ederler. Sürtünme sebebiyle, anülüsteki boru ve kuyu duvarında hız profilinin merkezinden çok yavaş hareket ederler. Duvar ile temaslarının hemen hemen statik olduğu düşünülür. Hız profili mermi şeklindedir. Özellikle iyi bir casing ortalaması yapılmadığı durumlarda kolaylıkla izlenilebileceği gibi bu rejimde çimento karışımı kolaylıkla çamur içerisine nüfuz edecektir.

3.6.3. Tapa Akış

Düşük hızda tapa akışı bütün sıvı parçacıkları ile düz hat boyunca hareket eden düz hız profili çizer. Tapa akış jel mukavemetine bağlıdır, jel mukavemeti sıvıyı ilk harekete geçiren basınç olarak düşünülebilir. Borunun içerisinde veya anülüste yüksek jel mukavemetli bir sıvı çok yavaş olarak hareket ediyorsa, sıvı parçacıkları diğerine göre kolaylıkla hareket edemez. Bu nedenle aynı debide ve piston etkisi yaparak hareket ederler ki, bu sayede çok daha iyi çamur süpürülmesi sağlanır. Bu akış dizayn kriterleri aşağıdaki gibidir:

- (a) Çimentonun ağırlığı çamur ağırlığından en az 2 lb/gal fazla olacak.
- (b) Çimentonun jel mukavemeti çamurun jel mukavemetinden en az 20lb/100 ft² yüksek olacak
- (c) Anülüsteki öteleme debisi 90ft/min'den az olacak.

3.6.4. Akış Rejimi Seçimi

Türbülanslı akış çamur süpürülmesine başvuracağımız en iyi akış rejimidir. Fakat aşağıdaki sebepler nedeniyle, daima kullanılamayabilir. Çok geniş kuyularda türbülanslı akışı sağlamak için gerekli debi, kuledeki pompanın sağlayacağı debiden çok daha fazladır. Birçok yüzey ve ara casing dizisi isteyerek ve kendiliğinden tapa akışı ile ötelenir. Genellikle 5 ½" veya daha küçük casing, eğer aşırı derecede genişleme yok ise, pratikte türbülanslı akışın sağlanacağı kadar küçük kuyuya indirilir. 7" casing 8 ½" kuyuya indirildikten sonra türbülanslı veya tapa akışa karar vermek oldukça kritiktir. Herhangi bir türbülanslı akış dizaynında, bir kere karışıma karar verilirse ve reolojik

özellikler tespit edilirse türbülansa geçiş için gerekli olan debinin mutlaka hesaplanması gerekir. Türbülanslı akış için pompalama esnasında sürtünme basıncını yenmek için yüksek basınç değerlerine çıkılabilir. Bu yüksek basınç aşırı kuyu dibi basıncına, formasyonun çatlamasına ve kaçağa sebep olabilir. Bu sebeple birçok yerde liner'in kullanımı türbülanslı akış sağlamak için ideal çözüm olarak görülebilir (TPAO KTH Teknik Yayın Grubu 1986).

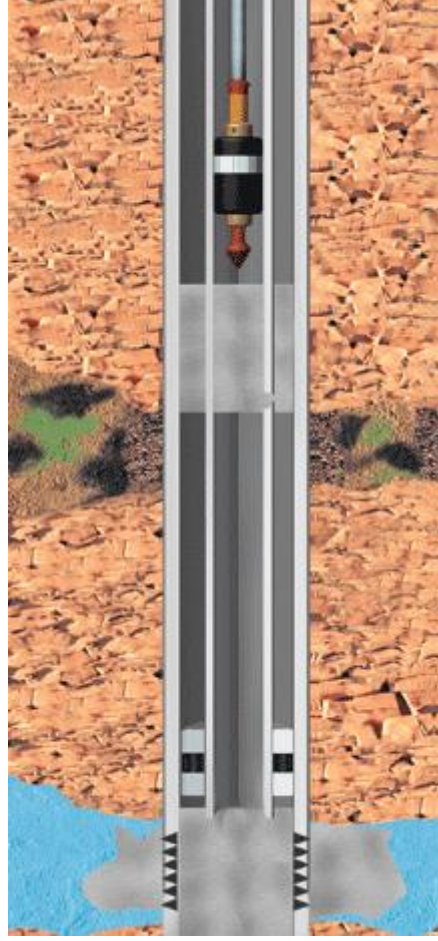
3.7. Tapa Çimentolama

Önceden belirlenen bir kuyudaki çıplak kısmın veya casinglerin herhangi bir nedenle çimento ile doldurulması işlemidir. Bir kuyuda tapa çimentolama değişik nedenlerle yapılabilir.

Bunlar:

- (a) Terk edilmiş kuyularda yapılan tapa çimentolama
- (b) Sapma amacı ile yapılan tapa çimentolama
- (c) Kaçak kapama amacı ile yapılan tapa çimentolama
- (d) Su girişini önlemek için yapılan tapa çimentolama

Tapa çimentolama operasyonunda tapa çimentolama nedeni ne olursa olsun en önemli faktörlerden biri sondaj çamurunun özelliğidir. Çamurun homojen veya sirkülasyondan sonra kuyunun statik bir halde olması gerekmektedir. Çamura katılan birçok katkı maddeleri çimentonun priz alma zamanı ve basınç dayanıklılığı üzerine etkisi büyüktür. Bu nedenle çamurun özelliklerinin de bilinmesi gerekmektedir. Genellikle çamurun huni viskozitesinin 45-80 sn, plastik viskozitesinin 12-20cp, yield point değerinin 5 lbs/100 Sp Ft' den az olması ve su kaybının düşük olması gerekir (Parsons 1935).



Şekil 3.7. Tapa çimentolama

Tapa çimentolama operasyonu üç değişik metotla yapılabilir.

3.7.1. Denge Metodu

En sık kullanılan metottur. Bu metotta boş sondaj boruları ile tapa çimento tabanının olması istenilen derinliğe inilir ve sirkülasyonla kuyu ıslahı yapılır. Daha sonra çimento sütunu takımın içinde ve dışında aynı yüksekliğe çıkıncaya kadar öteleme yapılır. Daha sonra çimento üstüne çıkılarak ters sirkülasyon yapılarak takım içi temizlenir.



Şekil 3.8. Tapa çimentolaması sırasında unite ve ekipman yerleşimi

3.7.2. Dump-Bailer Metodu

Düşük basınçlı ve sığ kuyularda kullanılır. Buna ilave olarak çimento ağırlığının, çamur ağırlığı ile gravite yolu yer değişmesi yapacak şekildeki operasyonlarda bu yöntem uygulanır. Çimento dump-bailer ile istenilen derinliğe indirilir ve mekanik veya elektrikli bir sistem ile dump-bailer açılır ve içindeki çimento buraya bırakılır.

3.7.3. İki Tapa Metodu

Bu metot derin kuyularda ve çimento miktarı çok az olan operasyonlarda kullanılır. Denge metodu ile sistem aynıdır. Fakat tek değişiklik takımın altına bir catcher konur. Catcher evvelden atılan çimentonun geçmesine izin verir. Fakat çimento yapıldıktan sonra atılan tapanın geçmesine izin vermez.

Tapa çimentolama operasyonlarında çimentonun basınç dayanımını arttırmak için genelde kum kullanılır. Fakat çimentolama yapılan kuyu sıcaklığı 110°C geçmediği müddetçe kum çimento ile reaksiyona girmeyecek ve kum oranı arttıkça yapılan çimentonun basınç dayanımı azalacaktır. Kum çamur kekini temizlemeye yardım edecek ve böylece çimentonlamanın daha iyi olması sağlanacaktır.

Tapu çimento kazılırken de kesintileri incelemek bize kazdığımız çimento tapası ile ilgili bilgi vermektedir. Yuvarlak kesintiler çimento tapasının tam donmadığını, keskin kenarlı kesintiler ise çimentonun donduğunu göstergesidir.



Şekil 3.9. Tapu çimentolaması sırasında çimento hattının sondaj dizisine bağlanması

3.8. Squeeze Çimentolama

Çimento şerbetinin ihtiyaç sebebiyle değişen basınç aralıklarıyla kuyunun farklı bölgelerine basılması işlemidir, squeeze çimentolama işlemi başlıca şu noktalara uygulanabilmektedir:

- (a) Formasyona
- (b) Casing arkasındaki bir çatlağa

(c) Casinglerde yırtılmış olan yerlere

Squeeze çimentolama işlemi sondaj veya kuyu tamamlama operasyonlarında aşağıdaki nedenlerle yapılır:

- (a) Sondaj sırasında çamur kaçakları meydana gelen formasyonları kapatmak için
- (b) Daha önce yapılan çimentolama hatalarını düzeltmek için
- (c) Su- petrol, su-gaz veya gaz-petrol oranlarını azaltmak için
- (d) Üretken olmayan formasyonları kapatmak için
- (e) Perforeden evvel başka bir yeri kapatmak için
- (f) Casinglerde oluşabilecek yırtılma, delinme gibi hataları düzeltmek için
- (g) Casing çimentolamasında çimento istenen yüksekliğe çıkmazsa tekrar çimento yapabilmek için

Bu operasyonlarda basınç, çimento şerbetine uygulandığı zaman ve bu anda da eğer çimento gözenekli bir yapının karşısında ise çimento şerbeti içindeki katı maddeler gözenekli yapının önünde kalacak fakat şerbetin suyu gözenekli yapıya filtre olacak, böylece de bir çimento keki oluşacaktır. Çimentonun bu şekilde katı fakat pompalanabilir duruma gelmesine “dehydration” denir. Bu nedenle squeeze çimentolama operasyonlarında çimento şerbetinin su kaybı önemli rol oynar (Shyrock 1958)

Çimento şerbetinin su kaybı özelliği ilk önce çimento anülüste iken gözlenir. Öteleme devam ettiği sürece bu noktadan geçen çimento devamlı olarak suyunu kaybedecek ve kek büyüyecektir. Bu nedenle ya squeeze basıncını arttırmamız ya da debiyi azaltmamız gerekecektir. En sonunda ise gittikçe büyüyen bu kek anülüsü tıkayacaktır. Anülüs tıkanmadan önce formasyona giden filtre suyunun miktarı anülüs büyüklüğüne bağlıdır. Su miktarı arttıkça birim kek daha çabuk artacak ve anülüsü daha çabuk tıkayacaktır. Filtre miktarını tespit etmek için “kontakt zamanını da” bilmemiz gerekir. Çimento şerbeti filtresini kaybettiği zaman, çimentolama aralığındaki gözenekli yapının yerine, anülüs hacmine ve öteleme hızına bağlıdır. Zaman ve birim alan için filtre miktarı anülüsün bu noktasında maksimum filtre noktalarını hesaplama da yardımcı olan faktörlerdir (Alap 1982).

Bir squeeze operasyonunda çimento miktarı değişik faktörlere bağlıdır. Bu miktar için bazı kurallar şunlardır:

- (a) Her perforasyon aralığı için en az 50 torba olmalıdır.
- (b) Eğer squeeze işleminde enjeksiyon hızı en az 2 bbl/dk ise en az 100 torba olmalıdır.
- (c) Toplam çimento hacmi dizinin hacmini geçmemelidir.
- (d) Toplam çimento hacmi ters sirkülasyonla atılamayacak kadar çok olmamalıdır.

Squeeze edilen çimento hacmi;

- (a) Pompalama hızına
- (b) Başlangıçta çıkılacak en yüksek basınca
- (c) Çimento şerbetinin su kaybına
- (d) Squeeze edilecek kısmın uzunluğuna
- (e) İlk yapılan birincil çimentonun durumuna bağlıdır.

Squeeze çimentolama işlemi;

- (a) Yüksek basınçta squeeze
- (b) Düşük basınçta squeeze olmak üzere iki şekilde yapılabilir.

Yüksek basınçlı squeeze işlemi, formasyon çatlatma basıncından daha yüksek basınçlara çıkarak çimentoyu formasyona squeeze etmektir. Bu tip squeeze operasyonu genellikle az geçirgen formasyonlarda veya işlemi sondaj çamuru ile tamamlamak gerektiğinden uygulanır. Formasyon çatlatıldıktan sonra çimento yüksek basınçta ötelenir ve çatlaklar arasında çimentonun katılaşması sağlanır. Bu tip operasyonlarda çatlağın nerede ve nasıl olacağı kestirilemez ama eğer çatlatma basıncından daha az basınç uygulandı ise hiçbir zaman yatay çatlaklar oluşmayacaktır.

Düşük basınçlı squeeze işlemi ise çimentolamanın formasyon çatlatma basıncından daha düşük basınçla yapıldığı operasyondur. Bu tip operasyonda daha az miktarda düşük su kayıplı ve düşük debili çimento şerbeti anülüsün tıkanmasını önler.

Squeeze çimentolama işlemi yukarıda bahsedildiği gibi iki şekilde fakat değişik metotlarla yapılabilir. Bunlar:

- (a) Aralıklı metot
- (b) Bredanhead metot
- (c) Packer metot

Aralıklı metotta aralıklarla yüksek ve düşük basınçlar uygulanır ve zaman zaman pompa durdurulur. Basınç grafiği dalgalanmalı olur. Bu şekilde yapılan operasyonda çimento kekinin oluşması için zaman ayrılmış olur.

Bredanhead metodu ise genellikle düşük basınçlı veya tabana yakın formasyonlarda kullanılır. Çimento tupa şeklinde bırakılır. Çimentonun üstüne çıkılır ve emniyet vanaları kapatılır. Daha sonra basınç verilerek çimento squeeze edilmeye çalışılır. Bu işlemde basınç, casing ve kuyu başı çalışma basınçları ile sınırlı olduğundan daha düşük basınçlı squeeze işleminde uygulanır.

Packer metot da ise squeeze operasyonu uygulanacak formasyon bir packer ile ayrılır. Böylece birçok basınç sınırlandırılmasında kullanılır ve çamur-çimento karışımı olarak çimentonun bozulması önlenebilir.

3.9. Çimento Katkı Maddeleri

Katkı maddeleri, kuyu şartlarının ve yapılması istenen çimento özelliklerinin çok değişken olması durumunda iyi bir çimentolama yapabilmek için çimento özelliklerinin değiştirilmesi gerektiğinden değişik miktarlarda kullanmak gerekir, bu katkı maddelerinin ana görevleri:

- (a) Donmayı hızlandırıcılar
- (b) Donmayı geciktiriciler
- (c) Ağırlık düşürücüler
- (d) Ağırlık yükselticiler
- (e) Su kaybını kontrol edenler
- (f) Kaçak önleyiciler
- (g) İncelticiler

3.9.1. Tuzlu Çimento

Tuz genel olarak çimentonun donma süresini çok kısaltacağından kullanım miktarlarına çok dikkat edilmesi gereken bir kimyasaldır. Tuz genelde konsantrasyonuna bağlı olarak çimentonun donmasına zıt iki tip etki yapar. Düşük konsantrasyonlarda prizlenme zamanını azaltır ve çimento ilk donduktan sonraki ilk basınç dayanımını artırır ve donmuş çimentonun basınç dayanımı kazanmasını geciktirir. Tuzun temel faydası çimentonun donmasını hızlandırması veya geciktirmesi değil kil mineralleri üzerinde olan etkisidir.

Bu tip minerallerin bulunduğu ortamlara tuzlu olmayan bir suyun girmesi, kil minerallerinin şişmesini ve dağılmalarını sağlar. Killerin bu şekilde şişmesi ve dağılması formasyonların geçirgenliğinin azalmasına neden olur. Çimento şerbeti suya doymuş kireç taşır. Az eriyebilen bu karışımda az iyon oluşmasına neden olur. Eğer biz çimentoya tuz katarsak hem pH'ı kontrol etmiş hem de iyon miktarını arttırmış olacağız. İnorganik diğer tuzların da aynı etkiyi yaptığı gözlenmiştir. Fakat tuzlar (NaCl vb.) ekonomik olmadıkları gibi, çimento ile karışıklarında diğer problemleri de yaratabilirler.

Tuzlu çimentonun faydaları:

- (a) Akışkanlık artar.
- (b) Dağıtııcıdır.
- (c) Diğer katkı maddeleri ile kullanılabilir.
- (d) Killer de daha iyi bağ sağlarlar.
- (e) Yüksek konsantrasyonlar da hızlandırıcıdır.
- (f) Düşük konsantrasyonlar da geciktiricidir.

Tuzu çimentoda kullanırken genel olarak iki özelliğine dikkat etmek gerekir. Bunların birincisi inceliği, diğeri ise tuzun içindeki erimeyen yabancı maddelerdir. Çok büyük tuz parçacıklarının erimesi uzun zaman alacaktır. Çok küçük tanecikler ise tuzu karıştırmada toplu olarak bulunabilir. Genelde 20-100 mesh boyutundaki tuz tanecikleri çimentoda kullanmak için yeterlidir. Yabancı ve erimeyen maddeler mümkün olduğu kadar az olmalı ve içinde sülfatlar bulunmalıdır.



Şekil 3.10. Hazırlanan kimyasalların çimento ile karıştırılması öncesi çimento ünitesine alınması

3.9.2. Motorinli Çimento

Motorinli Çimento, motorin ve dağıtıcıdan oluşan bir çimento tipidir. Kullanma amacı istenmeyen su girişlerini önlemek ve kaçakları kapamaktır. Bu çimento için her torba çimentoyu 4.7 galon motorin ile karıştırmak gerekir. Bu karışıma DOC-3 dağıtıcı katmanın büyük yararı vardır. Bu karışım hiç su kullanmadan hazırlanır. Karışım su ile temasa geçince donar, Bu özelliğinden faydalanarak su girişi olan formasyonların kapatılmasında kullanılır. Motorin miktarı arttıkça karışımın ağırlığı düşer fakat pompalanabilirliği zorlaşır.

Motorinli çimentonun faydaları:

- (a) Özel bir çimento gerektirmez
- (b) Genel çimentodan daha az çimento kullanılır.
- (c) Seçilmiş bir formasyonda yapılabilir.
- (d) Su kaybı artık mazot kaybı olarak adlandırılır.

- (e) Düşük mazot kayıplıdır.
- (f) İyi bir kaçak kapayıcıdır.

Motorinli çimentonun hazırlanışı:

- (a) Pompalardan ve tanklardan bütün suyu temizleyin.
- (b) Hatlara bir miktar mazot basılmalı, hatlar mazotla yıkanmış olmalı
- (c) Karışımı hazırlayarak kuyuya bas.
- (d) Öteleme mayıısı ile karışım arasında mutlaka yeterli motorin kullanın.

3.10. Çimento Tasarım

Çimento hacminin ne kadar olacağı ve hangi özellikler kazandırılacağıının laboratuvar çalışması ile belirlenmesi, bu belirlenen karışımın laboratuvar da testlerinin yapılıp istenen özellikleri içerdiğinin saptanması ve kuyuda bu özellikteki karışımın basılıp ana amaç olan o kuyuya uygun çimentonun elde edilmesini etkileyen kuyu, formasyon, çamur, koruma borusu, çimento ve operasyon faktörleri şunlardır: (TPAO KTH Teknik Yayın Grubu 1986)

A. KUYU

- (a) Kuyunun açılış amacı
- (b) Türü
- (c) Derinliği
- (d) Çapı
- (e) Yüzey Isısı
- (f) Sapma açısı

B. FORMASYON

- (a) Formasyon türleri
- (b) Formasyon ısısı ve basıncı
- (c) Kayaç özellikleri

(d) Sıvı ve gaz içeriği

C. ÇAMUR ÖZELLİKLERİ

- (a) Çamur Türü
- (b) Ağırlığı
- (c) Viskozitesi
- (d) Yield Pointi
- (e) Su kaybı
- (f) Katkı maddeleri

D. KORUMA BORUSU

- (a) Tipi
- (b) Çapı
- (c) Grade'i
- (d) Derinliği
- (e) DP çap ve Grade'i
- (f) Yüzdürme ekipmanı yeri ve özellikleri

E. ÇİMENTO VE KATKI MADDELERİ

- (a) Çimento tipi
- (b) Özgül ağırlığı
- (c) Katkı madde cins ve oranları
- (d) Su gereksinimi
- (e) Karışım ağırlığı
- (f) Viskozitesi
- (g) Pompalama zamanı
- (h) Basınç Dayanımı
- (i) Akışkanlığı

- (j) Su kaybı
- (k) Geçirgenliği
- (l) Prizlenme sıvısı
- (m) Formasyon sıvılarına dayanımı

F. UYGULAMA

- (a) Çimentolama türü
- (b) Çimentolama seviyesi
- (c) Karışım hacmi
- (d) Çimento ve katkı miktarları
- (e) Su hacmi
- (f) Pompa gücü
- (g) Uygulama süresi
- (h) Uygulama basıncı
- (i) Uygulama maliyeti

3.10.1. Çimentolama Tasarımında Kuyu Özelliklerinin Etkisi

Açılan kuyunun amacının ne olduğu, yani arama veya üretim kuyusu olup olmadığının bilinmesi, çimento seviyesinin belirlenmesi ve karışımla, donmuş çimento özelliklerinin saptanması gereklidir. Kuyu türü, yani sondajın gaz veya petrol sondajı olması, çimento karışımının ağırlığı, su kaybı, basınç dayanımı, sıvı ve gaz geçirgenliği, su kaybı kontrolü gibi özelliklerini belirleme bakımından göz önüne alınması gereken bir faktördür. Kuyu derinliği, pompalama süresi ve çimento karışımının karşılaşıacağı ortam basınç ve sıcaklık bakımından bilinmelidir. Derinlik ve çap ayrıca verimli bir öteleme, çimento hacmi ve miktarı dolayısıyla yüzey ekipman kapasitesini de etkiler (Funkhouser 2001).

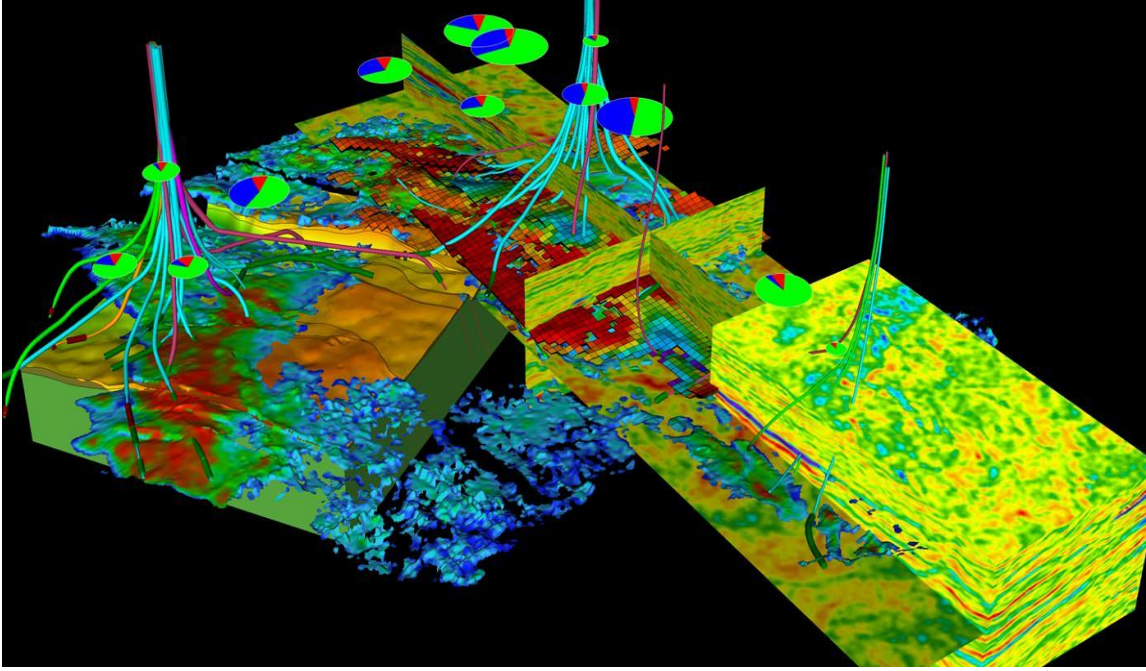
Çimento ve karışım sıvısının hazırlandığı ortam sıcaklığı da, kimyasal maddelerin eriyebilirliğine, karışımın hidratasyon ısısına ve prizlenme zamanına etki eden faktördür. Kuyunun sapma açısı özellikle öteleme verimliliğinde, merkezleyicilerin boruya bağlanacağı seviyelerin belirlenmesinde ve çimentolama

sırasında borunun hareket ettirilmesine gerek olup olmadığının belirlenmesinde önemli bir veridir.

3.10.1.1. Formasyon Datası

Çimento tasarımı yapılırken formasyon yapısı(kireçtaşı, şeyl, kumtaşı, tuz vs. olması) çap genişlemeleri olup olmadığını, çimentoyu kirletecek maddelerin bulunup bulunmadığının belirlenmesinde kullanılan bir faktördür. Bu tespitin yapılmasında 3 boyutlu çalışmalar da yapılmaktadır (Şekil 3.11.). Formasyonun durgun ve çamur sirkülasyonu sırasındaki sıcaklıkları, çimentolamada karışımı etkileyen en önemli faktördür. Formasyon basıncının da çimento karışımının prizlenmesi üzerinde etkisi varsa da sıcaklık kadar değildir. Basıncın yüksek veya düşük olduğu kuyuda, sondaj çamurunun hafif veya ağır olması durumuna göre çimento karışımı oranlı olarak ağır veya hafif hazırlanmalıdır.

Formasyon kayaç özelliklerinden gözeneklilik, geçirgenlik, kil içeriği çimento tasarımını hazırlarken göz önüne alınmalıdır. Kilin şişmesini önlemek için kil stabilizatörü kullanılmalı, su kaybı düşük tutulmalıdır. Geçirgenliği yüksek seviyelerde su kaybı önemli bir husustur, şöyle ki çimento karışımı o seviyeye yükseldiğinde sıvı fazını verip kalınlaşabilir ve hatta orada prizlenip kalabilir. Tabakaların su, gaz ve petrol içeriğinin de tasarımdan önce bilinmesinde fayda vardır. Akışkanın cinsine göre çimento karışımı ayarlanmalı, sülfatlı sıvı varsa çimento buna dayanıklı türden seçilmelidir. Gaz söz konusu ise, gazın çimento içerisine girmesini önleyici tedbirler alınmalıdır.



Şekil 3.11. Üç boyutlu formasyon datası

3.10.1.2. Çamur Özellikleri

Kuyudaki çamurun özellikleri, çimento tasarımında önemli rol oynar. Çimento karışımı, her özelliği ile çamurla uyumlu olmalıdır. Son yıllarda sıklıkla kullanılan ara sıvıların kullanımı ile çamurun yan etkileri azaltılıyor ise de, bu defa da ara sıvısı hazırlığı için çamur özellikleri bilinmelidir. Çamurun türü, yani su bazlı, tuzlu su, petrol bazlı olmasına göre çimentolamanın su fazı da benzer olmalıdır. Verimli bir öteleme yapmak için çimento karışım ağırlığı çamurunkinden yüksek olmalıdır. Aynı şekilde çimentonun viskozitesi ve yield' i çamurunkinden fazla olmalıdır ki iyi bir süpürme yapıp çimento istenen seviyeye temiz olarak basılabilsin.

3.11. Derin Kuyu Çimentolaması

Kuyuların 4000 m'den daha derin kazılmaya başlanması, kuyu dibi sıcaklıklarının 200°F geçmesi, bu kuyularda çimentolamanın özel bir ilgi ile yapılmasını gerektirmektedir. Yüksek sıcaklık ve basınç dar bir anülüste uzun bir çimento sütunu elde etme zorluğu nedeniyle, derin kuyu için karışım belirlenmesi ve çimentolama

operasyonu önemli, kritik bir işlem olmuştur. Çeşitli kimyasallar su ile karıştırılarak çimentonun istenilen özelliklere gelmesi hedeflenir (Şekil 3.12.).

Derin kuyu şartları:

- (a) Yüksek sıcaklık, anormal basınçlı tabakalar
- (b) Derin kuyu, dar anülüs, koruma borusunu hareket ettirme güçlüğü
- (c) Boru dizisi ve kulede mekanik yük artışı
- (d) Çimentolama öncesi koruma borusu indirme süresi uzunluğu
- (e) Ağır çamur sistemi

Derin kuyu için çimento karışım tasarımında;

- (a) Çimento pompalanabilme süresi 3-4 saat olmalıdır. Kuledeki su, çimento ve katkı maddeleri ile uygulama öncesi kesinlikle test yapılmalıdır.
- (b) Derin kuyularda kullanılacak kazıyıcılar dikey hareketli tipten seçilmeli, iniş sırasında kazıyıcıların görev yapamaz hale gelebileceği unutulmamalıdır. Yeterli anülüs açıklığı varsa ortalayıcı kullanılmalıdır. Kazıyıcı aşındırdığı çamur sıvasının artıklarının jelli çamurla birleştiğinde oluşan viskoz yapısı ile akışın zorlanmasına neden olmayacak yapıda olmalıdır.
- (c) Maksimum çamur ötelemesi için en uygun akış rejimi ve akış değerleri seçilmelidir. Çamur düşük YP ve PV'de olmalıdır. Uzun ve dar bir anülüste çamur ötelemesi başlı başına bir sorundur ve çimentonun kanallaşma yapma olasılığı yüksektir. Çamur bunun için inceltmeli ve türbülanslı veya plug akışta basılmalıdır. Derin kuyuda yüksek basıncı yenmek için çamur ağırlığı genellikle yüksek olduğundan, ağır çamur koruma borusunu çamur sıvasına iter ki bu durumda borunun sıkışma olasılığı artar. Ayrıca çamur hacminin büyüklüğünden çamur şartlandırma uzun zaman alır ki uzun hareketsizlik dönemi koruma borusu için diğer bir sıkışma ortamıdır.
- (d) Çimento karışımı önünden basılacak ara sıvasının, çamur ve çimento karışımıyla uyumluluk testleri yapılmalıdır.
- (e) Operasyonda çimento özellikleri, laboratuvar değerlerine en yakın değerde olmalıdır.

(f) Çimentolama öncesi sirkülasyon en az koruma borusu hacmi kadar yapılmalıdır. Normal sirkülasyon hacmi, gelen çamur viskozitesi sabitleşene kadar sirkülasyona yeterli olmalıdır. Gazlı kuyularda sirkülasyon, çamur ve anülüs gazdan tamamen arınana kadar yapılmalıdır.



Şekil 3.12. Derin kuyu çimentolama operasyonunda karıştırıcı tanklarda su ve kimyasal karışımı

3.12. Çimentolama Operasyonlarında Alternatif Madde Kullanımı

Petrol kuyularının kazılmasındaki en büyük risklerden biri de çimentolama operasyonları sırasında çimentonun istenenden önce donarak kuyuyu kaybetme riski göstermesidir. Petrol sektörü uzun yıllar boyunca çimentonun yerini alabilecek çalışmalar yaptysalar da günümüzde henüz bir alternatif bulunamamıştır.

Çimentolama, koruma borusunun bazı durumlarda 200 ton büyüklüğünde bir kuvvete karşı korumasını sağlamaktadır. Bunun nedeni çimentonun priz aldıktan sonra çok sert katı bir cisme dönüşmesidir. Ayrıca petrol kuyularında sıcaklıklar yer yer 150 °C ye ulaşmaktadır. Çimento bu büyüklükteki sıcaklıklara karşı belli katkıların da

kullanımı ile dayanım gösterebilmektedir. Çimentolamada çimento yerine kullanılabilen alternatif maddelerin bu denli yüksek sıcaklıklarda bozulmaması gerekmektedir. Bu yüzden koruma borusunu yeterince koruyabilecek ve çimentonun diğer özelliklerini de ihtiva edecek bir malzemelerin bulunması güçtür. Günümüzde yeryüzünde kullanılan birçok dayanım maddesi ~200 ton ağırlıkta ve ~150 °C sıcaklıkta işlev görememektedir.

O halde çimento yerine neden alternatif malzemeler hala aranmaktadır sorusu akla gelebilir. Çimento gevrek bir malzemedir. Bu nedenle sismik hareketler ve petrol, kaya gazı veya kaya petrolü üretimi için belli derinliklerde yapılan patlatmalardan etkilenmesi söz konusudur. Alternatif olarak aranan malzeme, çimentonun sahip olduğu mekanik ve ısı mukavemeti gibi avantajlarının yanı sıra koruma borusunu anılan yer hareketlerine karşı da koruyabilecek süneklığe sahip olmalıdır. Çimento, dayanım değerleri açısından çok başarılı olmasının yanında alternatif düşünülecek maddeler arasında en ucuz olanıdır. Bu nedenle aranan malzeme çimentoya göre daha ekonomik olması gerekir.

Çimentoya alternatif olarak düşünülen maddeler arasında, poliüretan köpük, kauçuk, silikon gibi maddeler sıralanabilir. Bu maddelerin her biri kendi içerisinde yalıtım ve dayanıklılık açısından işlev görse de petrol kuyularında mevcut halleri ile başarı oranları pek mümkün gözükmemektedir. Ancak bu maddelerin çimento ile belirli oranlarda karıştırılması, elde edilebilecek sonuçlar neticesinde teknoloji çalışmalarının yapılması, gelecekte amaca uygun yeni çimento türleri ve uygulama tekniklerinin geliştirilmesini sağlayabilir. Böylece operasyon maliyetlerini düşürebileceği gibi yüksek dayanımı nedeniyle bazı operasyonel ve/veya doğal riskleri de ortadan kaldıracaktır.

Çimento yerine alternatif malzeme konusu kadar, alternatif katkı maddelerinin araştırılması da petrol üretim sektörünü fazlasıyla meşgul etmektedir. Özellikle Türkiye’de çıkarılan Bor’un çimento sektöründe kullanımı şu an birçok araştırmacının üzerinde çalıştığı çok yeni bir konu olup çok yakında bu çalışmalardan çıkacak sonuçlar gerek inşaat gerek petrol sektöründe çimentolama tekniğini bambaşka bir noktaya getirmesi beklenmektedir.

4. GÜNEYDOĞU ANADOLU BÖLGESİNDEKİ PETROL KUYULARINDA YAPILAN ÇİMENTOLAMA OPERASYONLARI

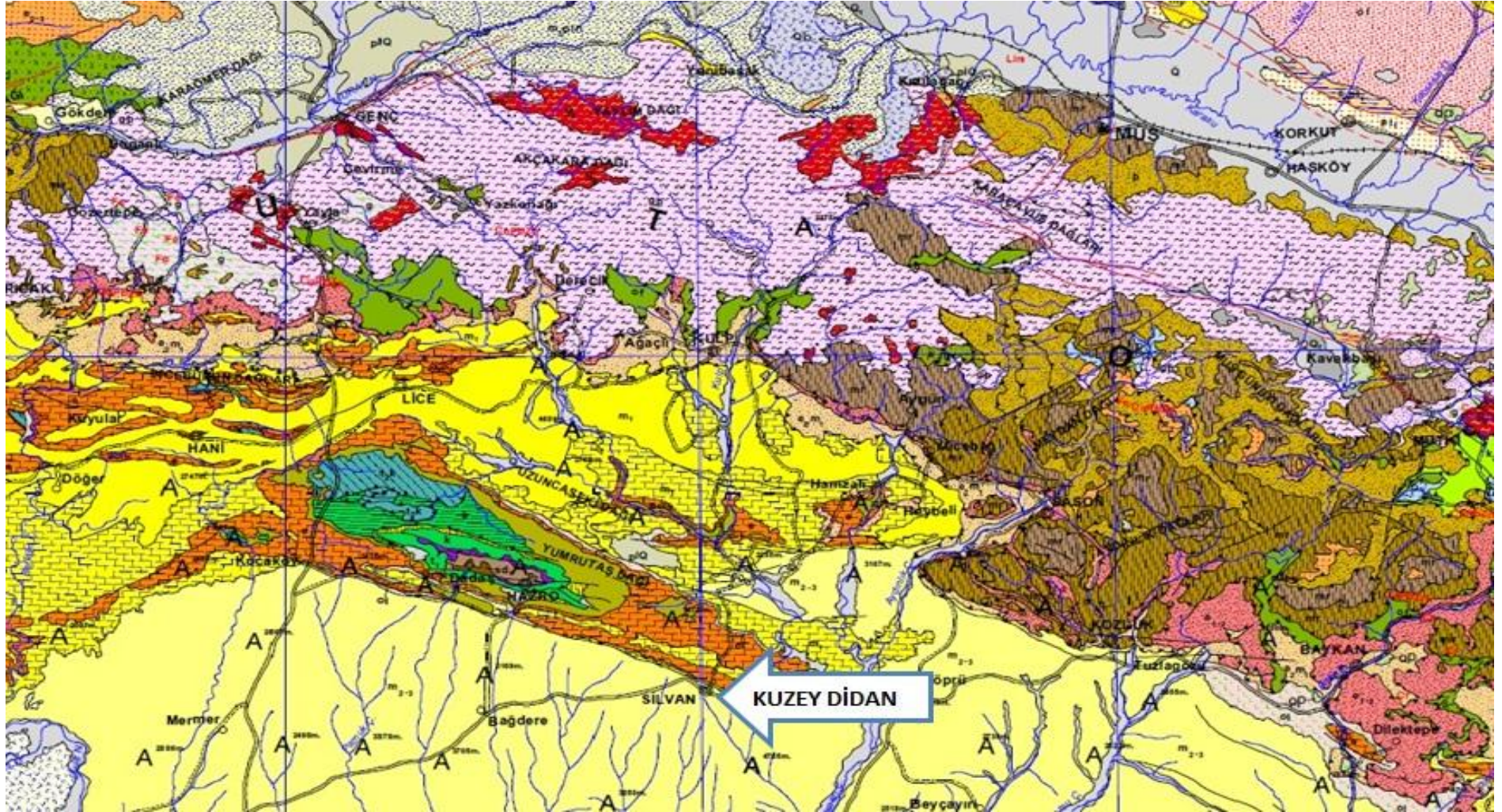
Güneydoğu Anadolu Bölgesi petrol üretimi açısından Türkiye'nin en önemli bölgesidir. Türkiye de üretilen petrolün tamamına yakını bu bölgeden temin edilmektedir. Bölgenin petrol üretimi açısından en önemli kenti Batman'dır. Batman' ı ise Adıyaman, Diyarbakır, Mardin ve Siirt illeri takip etmektedir. Bu çalışmada, bölgenin petrol üretimi açısından öne çıkan bu 5 ilin 4' ünde (Adıyaman hariç) yapılan çimentolama operasyonları hakkında detaylı bilgi verilecektir.

Tez sırasında Batman bölgesinden Raman, Diyarbakır bölgesinden Kuzey Didan, Mardin bölgesinden Güney Dinçer ve Siirt bölgesinden Güzeldere petrol sahaları seçilmiş, bu sahalarda kazılan petrol kuyularında yapılan çimentolama işlemleri incelenmiştir.

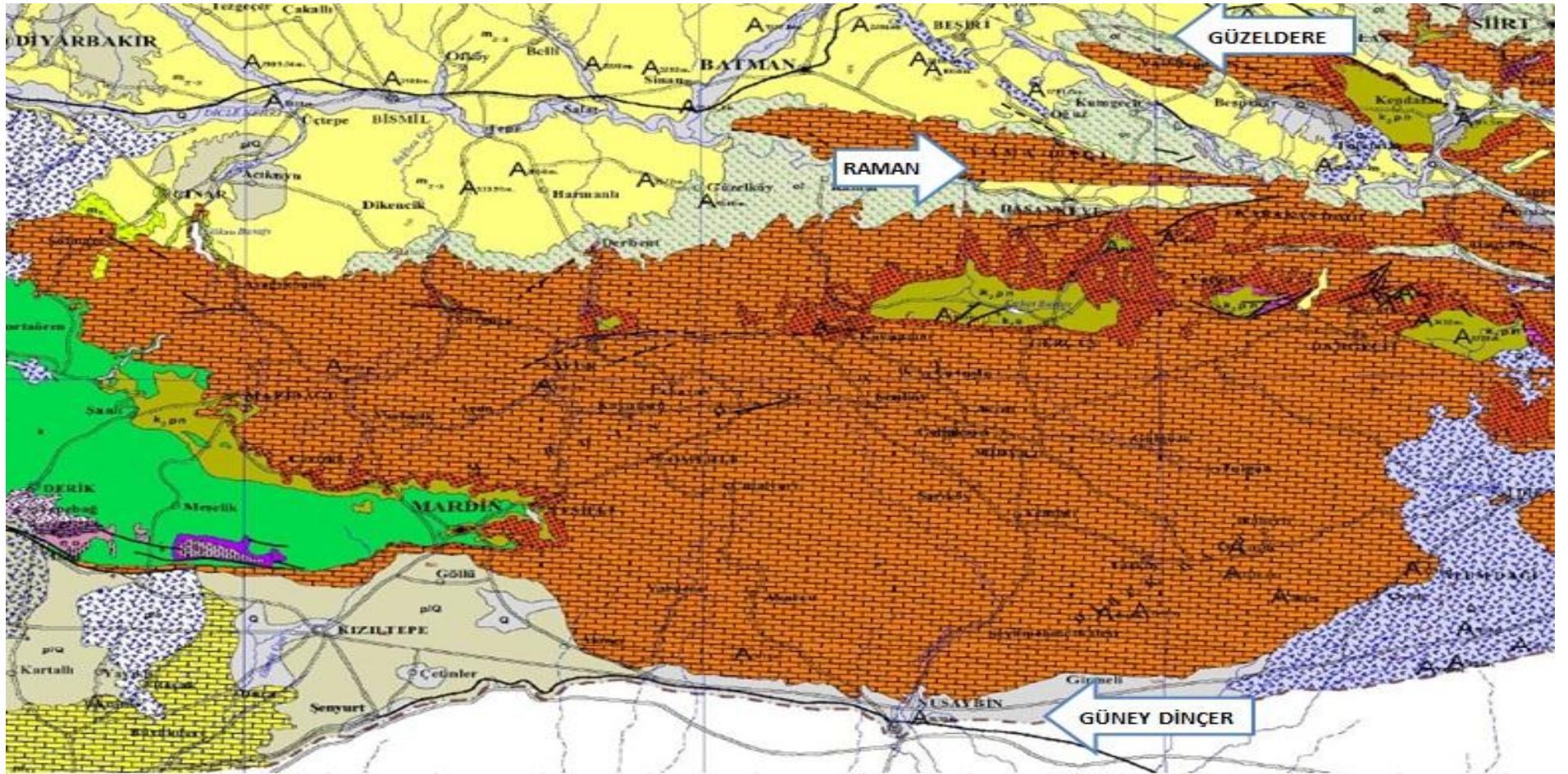
4.1. Raman, Güzeldere, Didan, Dinçer Petrol Sahaları Formasyon Yapıları

Çimentolama operasyonları farklı formasyon yapılarında farklı özellikler gerektirmektedir. Çimento planlaması yapılırken bu formasyon bilgilerine ihtiyaç duyulur. Bu konuda daha önceden hazırlanmış jeolojik haritalar ön planlama durumlarında büyük önem taşır. (Şekil 4.1. & 4.2.).

4. GÜNEYDOĞU ANADOLU BÖLGESİNDEKİ PETROL KUYULARINDA YAPILAN ÇİMENTOLAMA OPERASYONLARI



Şekil 4.1. Kuzey Didan Petrol Sahası jeolojik haritası
















Şekil 4.2. Raman, Güzeldere, Güney Dinçer Petrol Sahaları jeolojik haritası

4. GÜNEYDOĞU ANADOLU BÖLGESİNDEKİ PETROL KUYULARINDA YAPILAN ÇİMENTOLAMA OPERASYONLARI

AÇIKLAMALAR / GEOLOGICAL EXPLANATIONS

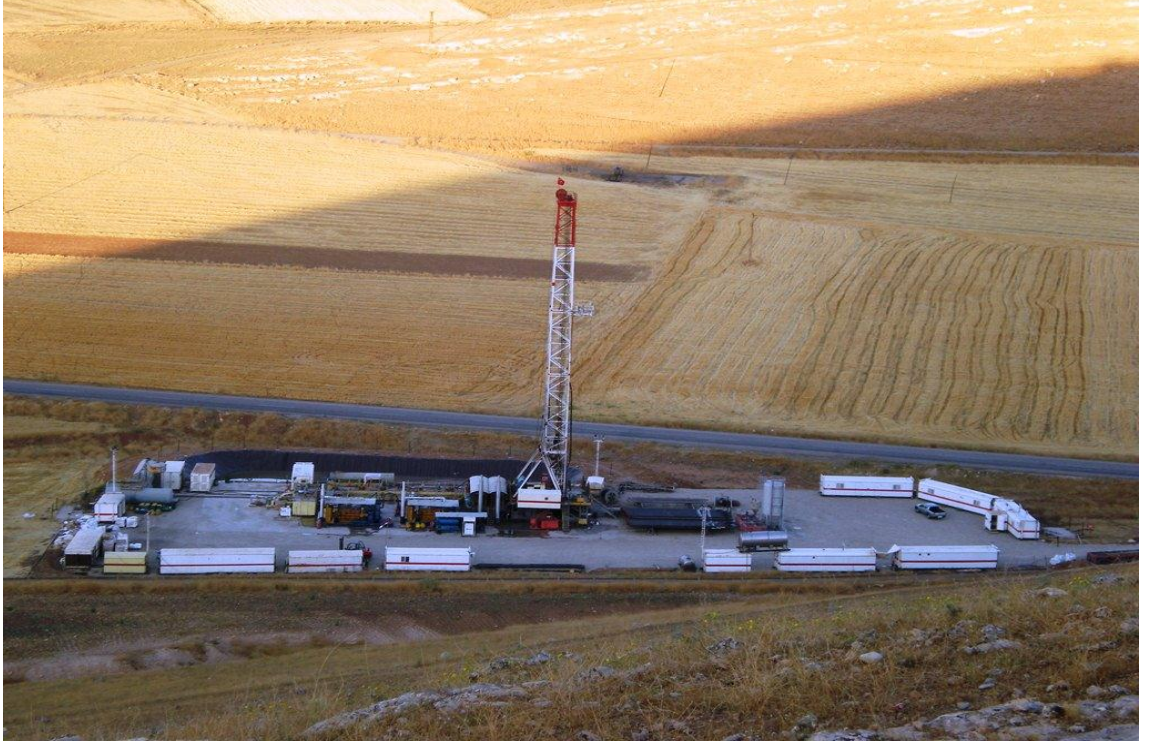
SEDİMENTER KAYALAR / SEDIMENTARY ROCKS

KUVATERNER QUATERNARY		Ayrılmamış Kuvaterner Undifferentiated Quaternary
PLEYİSTOSEN PLEISTOCENE		Ayrılmamış karasal kıvrıntılılar Undifferentiated continental clastic rocks
PLİYO - KUVATERNER PLIO - QUATERNARY		Ayrılmamış karasal kıvrıntılılar Undifferentiated continental clastic rocks
ORTA - ÜST MİYOSEN MIDDLE - UPPER MIOCENE		Ayrılmamış karasal kıvrıntılılar Undifferentiated continental clastic rocks
ORTA MİYOSEN MIDDLE MIOCENE		Ayrılmamış karasal kıvrıntılılar Undifferentiated continental clastic rocks
ALT MİYOSEN LOWER MIOCENE		Neritik kireçtaşı Neritic limestone
ALT MİYOSEN LOWER MIOCENE		Kıvrıntılılar ve karbonatlar Clastic and carbonate rocks
ALT MİYOSEN LOWER MIOCENE		Evaporitli sedimenter kayalar Evaporite sedimentary rocks
OLİGOSEN OLIGOCENE		Evaporitli sedimenter kayalar (bazen Üst Eosen ve Alt Miyosen dahil) Evaporite sedimentary rocks (locally Upper Eocene and Lower Miocene)
EOSEN EOCENE		Neritik kireçtaşı Neritic limestone

ALT EOSEN LOWER EOCENE		Karasal kıvrıntılılar Continental clastic rocks
PALEOSEN PALEOCENE		Neritik kireçtaşı Neritic limestone
ÜST KRETASE - PALEOSEN UPPER CRETACEOUS - PALEOCENE		Kıvrıntılılar ve karbonatlar Clastic and carbonate rocks
ÜST SENONİYEN UPPER SENONIAN		Kıvrıntılılar ve karbonatlar Clastic and carbonate rocks
ÜST SENONİYEN UPPER SENONIAN		Pelajik kireçtaşı Pelagic limestone
KRETASE CRETACEOUS		Neritik kireçtaşı Neritic limestone
KRETASE CRETACEOUS		Pelajik kireçtaşı, radyolarit, çört, şeyl vb. Pelagic limestone, radiolarite, chert, shale etc.
ALT TRİYAS LOWER TRIASSIC		Karbonatlar ve kıvrıntılılar Carbonate and clastic rocks
ÜST ORDOVİSİYEN UPPER ORDOVICIAN		Kıvrıntılılar Clastic rocks
ÜST KAMBRİYEN - ORDOVİSİYEN UPPER CAMBRIAN - ORDOVICIAN		Kıvrıntılılar Clastic rocks
ORTA KAMBRİYEN MIDDLE CAMBRIAN		Neritik kireçtaşı Neritic limestone
ALT KAMBRİYEN LOWER CAMBRIAN		Kıvrıntılılar Clastic rocks
PREKAMBRİYEN PRECAMBRIAN		Volkanitler ve sedimenter kayalar (bazik) Volcanic and sedimentary rocks (basic)

Şekil 4.3. Raman, Güzeldere, Güney Dinçer Petrol Sahaları jeolojik haritalarının kayaç tasvirleri

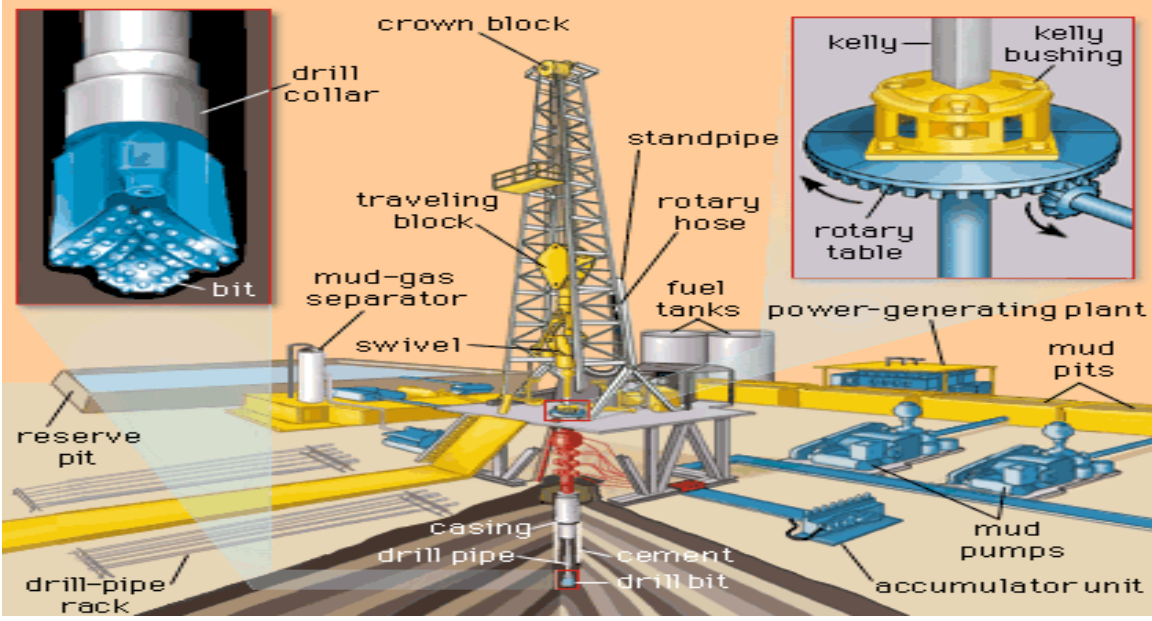
Çimentolama öncesi yapılan sondaj işlemlerinde derinlikler bazen 5000m lerin üzerine çıkmaktadır. Bu tip durumlarda sondaj kulesinin delebilde kapasitesi büyük bir önem taşımaktadır, sondaj kulelerin günlük kiralama bedelleri çok yüksek olduğundan çalışmalar 24 saatlik vardiyalarla yürütülmektedir. Personel vardiyalı bir şekilde çalışmakta ve olası arızalara anında müdahale için sondaj kulesi etrafında bir kamp oluşturulur (Şekil 4.4).



Şekil 4.4. Sondaj Kulesi – Güney Dinçer

Sondaj kulelerinde bir çok sistem beraber çalışmakta ve bu sistemlerin arasındaki koordinasyon sürekli kontrol altında tutulmalıdır (Şekil 4.5.).

4. GÜNEYDOĞU ANADOLU BÖLGESİNDEKİ PETROL KUYULARINDA YAPILAN ÇİMENTOLAMA OPERASYONLARI



Şekil 4.5. Kule sondaj ekipmanları

4.2. Çimentolama Operasyonu Örnekleri

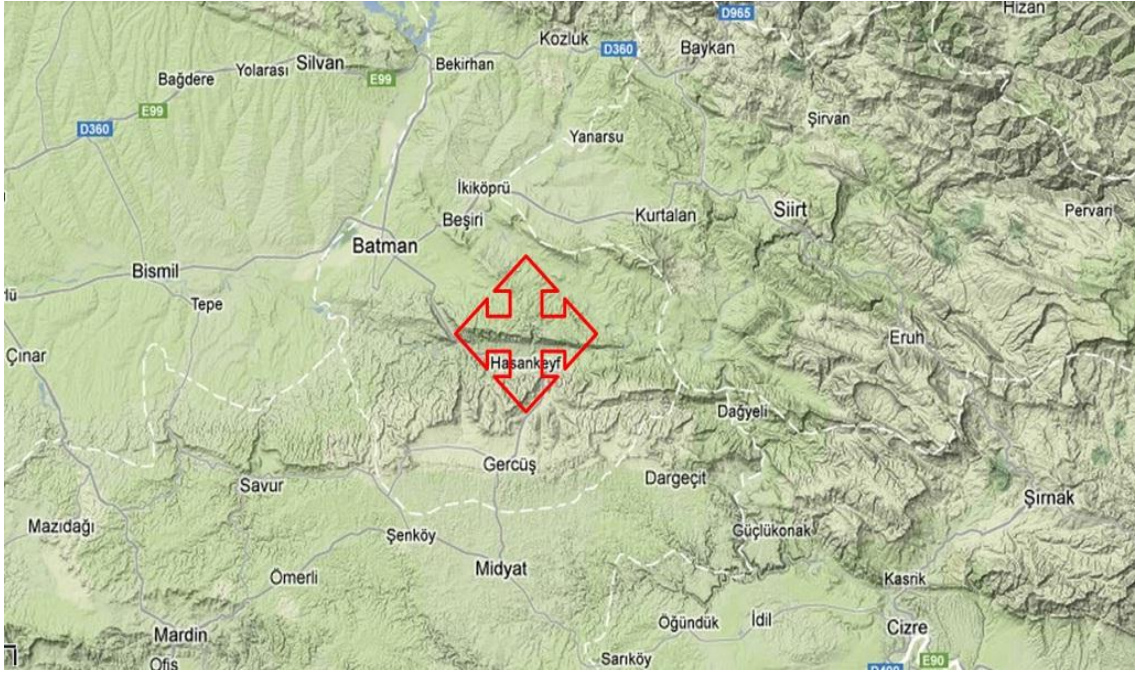
Bu bölümde Güney Doğu Anadolu Bölgesi'ndeki Batman, Diyarbakır, Mardin ve Siirt illerinden seçilen 4 kuyudaki çimentolama örnekleri işlenmiştir.



Şekil 4.6. Çimentolama operasyonu sırasında çimento silosundan çimento alımı

4.2.1. Batman Bölgesi Örnek Çimentolama Kuyusu - Raman#A

Batman ilinin güneydoğusunda yer alan Raman petrol sahası (Şekil 4.7.) Türkiye de petrolün ilk bulunduğu sahadır. Bölgesel açıdan (BatıRaman dahil) Türkiye'nin en büyük kanıtlanmış petrol rezervine sahiptir. Raman#A kuyusun da yapılan çimentolama opeasyonu, çimento kompozisyonu ve ilgili basınç grafikleri bu bölümde anlatılmıştır.



Şekil 4.7. Raman#A Kuyusu coğrafi konumu

4.2.1.1. Kuyu Bilgileri

Kuyu çapı: 8 ½ inç,

Son Derinlik: 1XXX m.

DV Derinliği: 1XXX m.

Koruma Borusu: 7 inç

Çamur Ağırlığı: 68 lb/ft³

Çimento: G sınıfı

Çimento Özgül Ağırlığı: 3.18

Kuyu Dibi Statik Sıcaklığı (BHST): 151 °F 1XXX m.

Kuyu Dibi Sirkülasyon Sıcaklığı (BHCT): 107 °F @ 1XXX m.

Kuyu Dibi Basıncı (BHP): 2840 psi @ 1XXX m.

4.2.1.2. I. Kademe Çimento Kompozisyonu ve Özellikleri

Kompozisyon

Çimento + % 44 su + % 0.6 CFR-3 + % 0.5 Halad-9 + % 0.2 HR-4

Özellikler

Çimento Karışım Yoğunluğu: 119 lb/ft³

Yield: 1.33 ft³/torba (50 kg)

Su Kaybı: 48 ml/30dak. @ 151 °F & 1000 psig

Akış özellikleri @ 80 °F & Atmosferik basınç

Koyulaşma Zamanı: 06 saat 37 dakika @ 107 °F & 2840 psi (Şekil 4.9.)

4.2.1.3. II. Kademe Çimento Kompozisyonu ve Özellikleri

Kuyu Dibi Sirkülasyon Sıcaklığı (BHCT): 100°F @1150m

Kuyu Dibi Basıncı (BHP): 2280 psi @ 1150 m.

Kompozisyon: Çimento + %80 su + %1 Prehidrat Bentonit

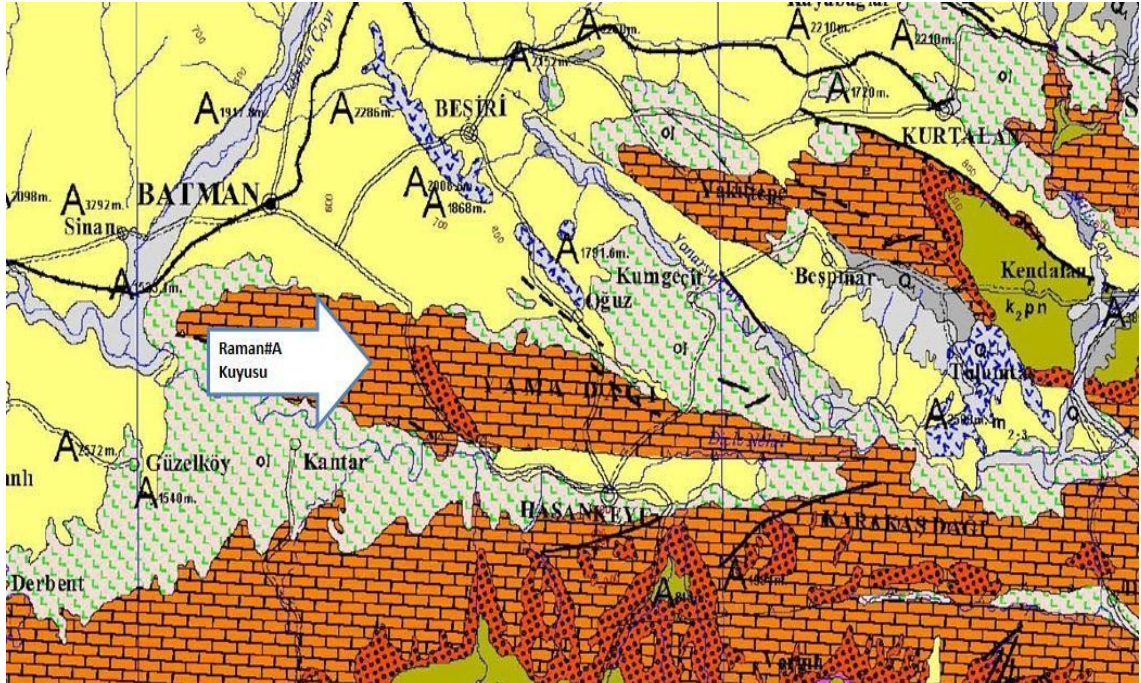
Özellikler

Çimento Karışım Yoğunluğu: 101 lb/ft³

Yield: 1.97 ft³/torba (50kg)

Akış Özellikleri @80 °F & Atmosferik basınç

Koyulaşma Zamanı: 03 Saat 52 dakika @100°F & @2280psi (Şekil 4.10.)



Şekil 4.8. Raman#A Kuyusu ve civarının jeolojik haritası

4.2.1.4. Raman#A Kuyusu Çimentolama Operasyonu Saha Uygulaması

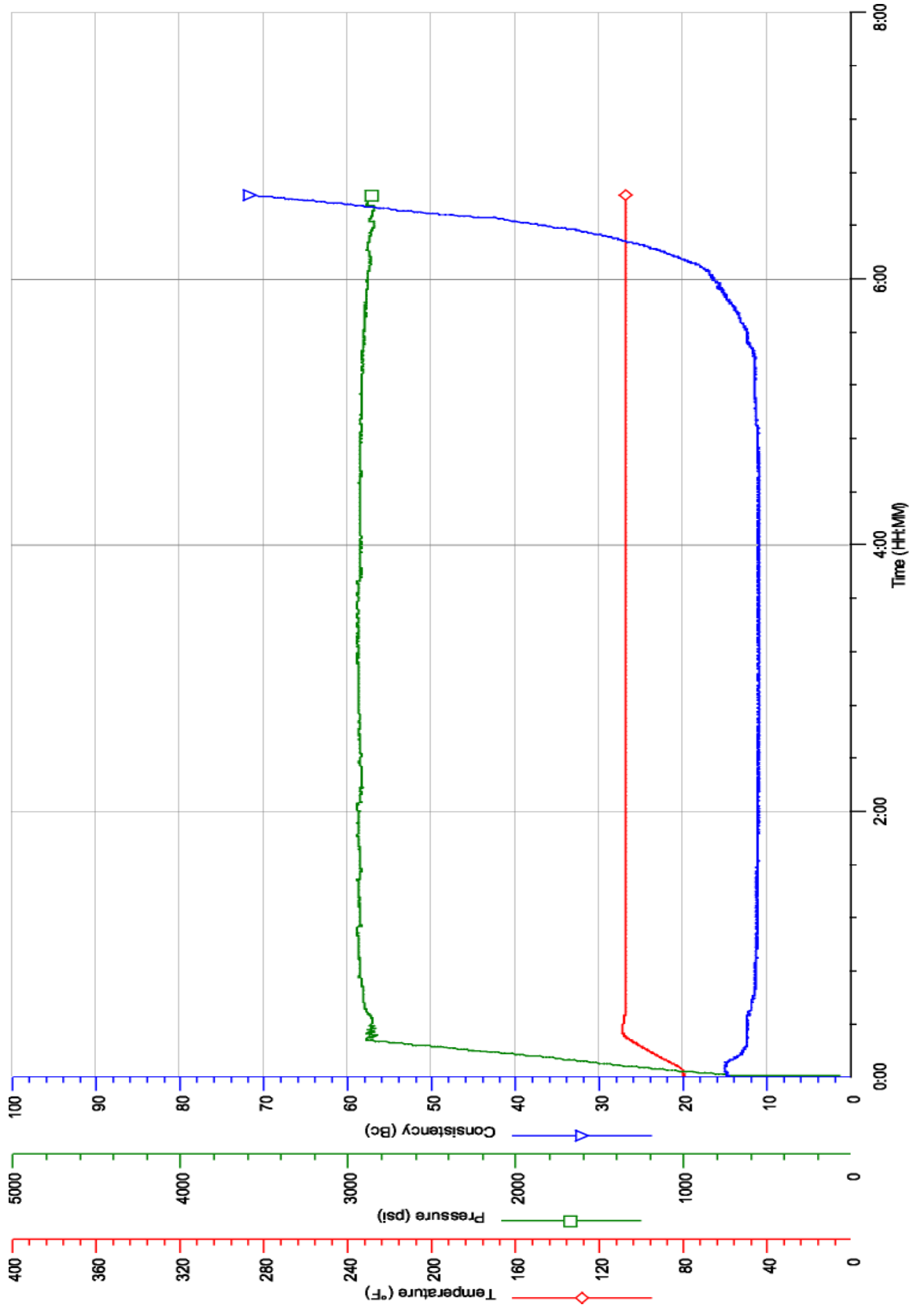
Raman#A kuyusunda yapılan çimentolama operasyonu üretim zonunda yapılan bir operasyon olduğundan çift kademe operasyon modeli tercih edilmiştir, böylelikle üretim zonu kirletilmemeye çalışılmıştır.

Operasyonun her iki kademesinde de çimento basımından önce spacer kullanılarak sondaj çamuru ve çimento arasında çimentonun kirlenmesini önlemek amaçlı ayıraç basılmıştır. Bu ayıraçları takiben ilk kademe 2544 litre, 1.89 gr/cm^3 çimento kullanılmıştır. İlk kademe çimentolama sırasında meydana gelen sirkülasyon kaybı operasyonun başarısı adına risk oluşturmuştur. Operasyonun ikinci kademesinde kuyu dibindeki üretim formasyonunu kirletmemek adına birinci kademe çimentosunun prizlenmesi beklenmiştir. 2. Kademe operasyonunda 18921 litre çimento kullanılmış ve bentonit kullanılarak çimentonun ağırlığı 1.6 gr/cm^3 e kadar düşürülmüştür. Operasyon neticesinde yüzeye spacer gelişi görülmüş ve çimentonun hedeflenen bölgelere nüfuz ettiği anlaşılmıştır.

4. GÜNEYDOĞU ANADOLU BÖLGESİNDEKİ PETROL KUYULARINDA YAPILAN
ÇİMENTOLAMA OPERASYONLARI

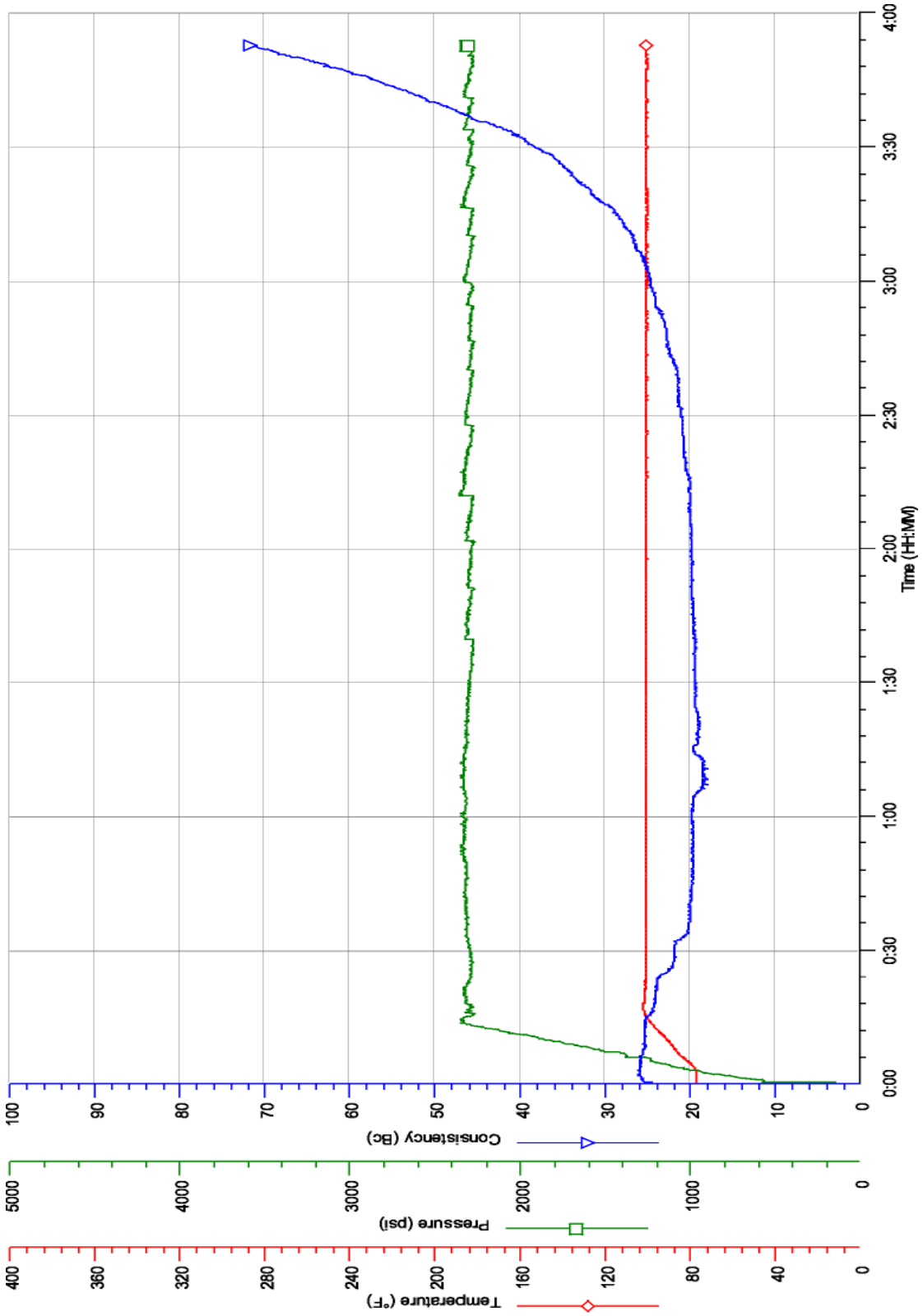
Çizelge 4.1. Raman#A kuyusu sondaj, çimento ve formasyon bilgileri

Matkap Çapı	Kuyu derinliği	Kesilen Formasyon
12 1/4"	5XX	Hoya Fm.
8 1/2"	1XXX	Gercüş Fm.
		Üst Germav Fm.
Casing Çapı	Çimento miktarı	X Fm.
9 5/8"	Tek kademede 583 torba çimento ile çimentolandı.	X Fm.
		KıradağFm.
		X Grubu
7"	İki kademede 519 torba ile çimentolandı	KıradağFm.



Şekil 4.9. Raman#A Kuyusu 7" koruma borusu I. kademe çimento koyulaşma zamanı eğrisi

4. GÜNEYDOĞU ANADOLU BÖLGESİNDEKİ PETROL KUYULARINDA YAPILAN ÇİMENTOLAMA OPERASYONLARI



Şekil 4.10. Raman#A Kuyusu 7" koruma borusu II. kademe çimento koyulaşma zamanı eğrisi.

4.2.2. Diyarbakır Bölgesi Örnek Çimentolama Kuyusu – Kuzey Didan#B

Silvan dolaylarında son yıllarda yapılan petrol arama ve sondaj çalışmalarında bir artış görülmekte, Kuzey Didan#B kuyusu da bu artış neticesinde 2012 yılında kazılan kuyulardandır, kuyunun derinliğinin ~3000m olması çimento operasyonunu bir adım daha güçlendirmekte dolayısıyla testler yüksek sıcaklık ve basınç koşullarında yapılmaktadır.

Kuzey Didan#B kuyusunun da yapılan çimentolama operasyonu, çimento kompozisyonu ve ilgili basınç grafikleri bu bölümde anlatılmıştır.



Şekil 4.11. Kuzey Didan#B Kuyusu coğrafi konumu

4.2.2.1. Kuyu Bilgileri

Kuyu Çapı: 8 ½ inç

Son Derinlik: 2XXX m

DV Derinliği: 2XXX m.

Koruma Borusu: 7 inç

Çamur Ağırlığı: 68 lb/ft³

Kuyu Dibi Statik Sıcaklığı (BHST): 185 °F @ 2XXX m.

Kuyu Dibi Sirkülasyon Sıcaklığı (BHCT): 142 °F @ 2XXX m.

Kuyu Dibi Basıncı (BHP): 5686 psi @ 2XXX m.

4.2.2.2. I. Kademe Çimento Kompozisyonu ve Özellikleri

Çimento: G sınıfı

Çimento Özgül Ağırlığı: 3.17

Kompozisyon

Çimento + % 44 su + % 0.6 Halad-9 + % 0.7 CFR-3 + % 0.3 HR-5

Özellikler

Çimento Karışım Yoğunluğu: 119 lb/ft³ Yield: 1.33 ft³/torba (50 kg)

Su Kaybı: 40 ml/30dak. @ 185 °F & 1000 psig

Koyulaşma Zamanı: 08 saat 33 dakika @ 142 °F & 5686 psi (Şekil 4.13.)

4.2.2.3. II. Kademe Çimento Kompozisyonu ve Özellikleri

Kuyu Dibi Sirkülasyon Sıcaklığı (BHCT): 131 °F @ 2XXXm

Kuyu Dibi Basıncı (BHP): 4901 psi@ 2XXXm.

Çimento: G sınıfı

Çimento Özgül Ağırlığı: 3.17

Kompozisyon

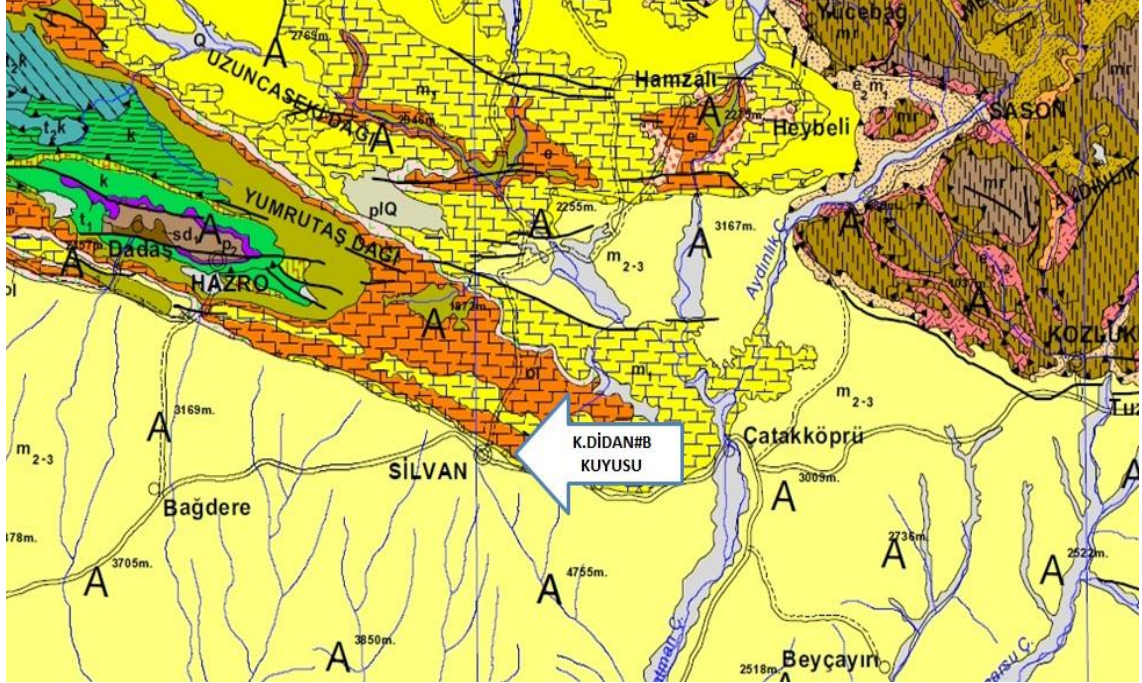
Çimento + % 82 su + % 1 Prehidrate Bentonit + % 0.3 CFR-3 + % 0.35 HR-5

Özellikler

Çimento Karışım Yoğunluğu: 100 lb/ft³

Yield: 2.01 ft³/torba (50kg)

Koyulaşma Zamanı: 08 saat 37 dakika @131 °F & 4901 psi (Şekil 4.14.)



Şekil 4.12. Kuzey Didan#B Kuyusu ve civarının jeolojik haritası

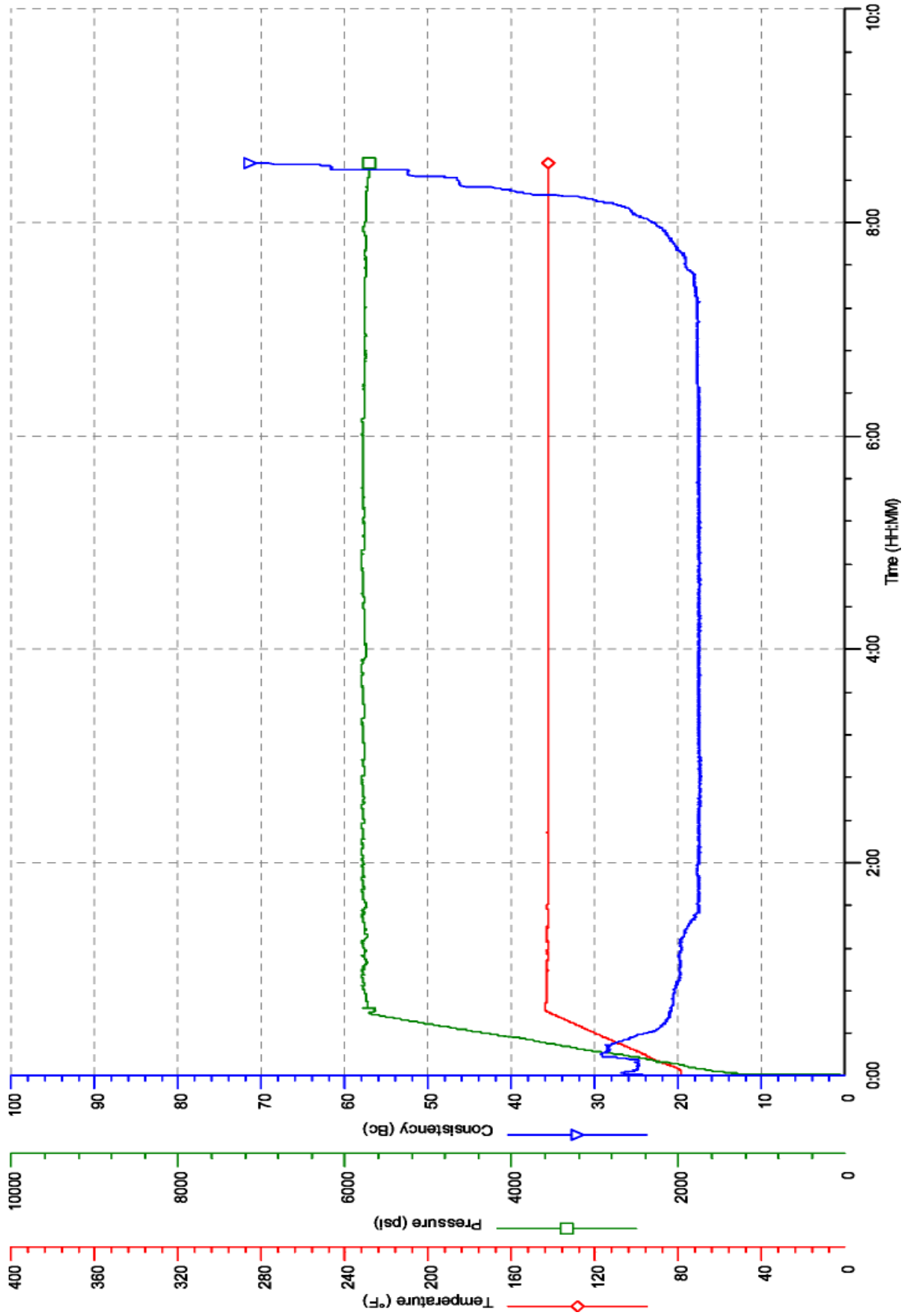
4.2.2.4. Kuzey Didan#B Kuyusu Çimentolama Operasyonu Saha Uygulaması

Kuzey Didan#B kuyusunun son derinliği 2XXXm dir. Bu tip kuyularda operasyon öncesi laboratuvar çalışmalarının gerçek saha verileri almak gereklidir. Bu veriler için kuyudan log operasyonu yardımıyla sıcaklık ve basınç değerleri elde edilmiştir. Çimentolama operasyonun da 5883 litre 1.89 gr/cm^3 G class çimento kullanılmıştır, artan derinlik sebebiyle çimentoya 55 kg inceltici, 47 kg su kaybı engelleyici, 23 kg geciktirici katılmıştır.

4. GÜNEYDOĞU ANADOLU BÖLGESİNDEKİ PETROL KUYULARINDA YAPILAN
ÇİMENTOLAMA OPERASYONLARI

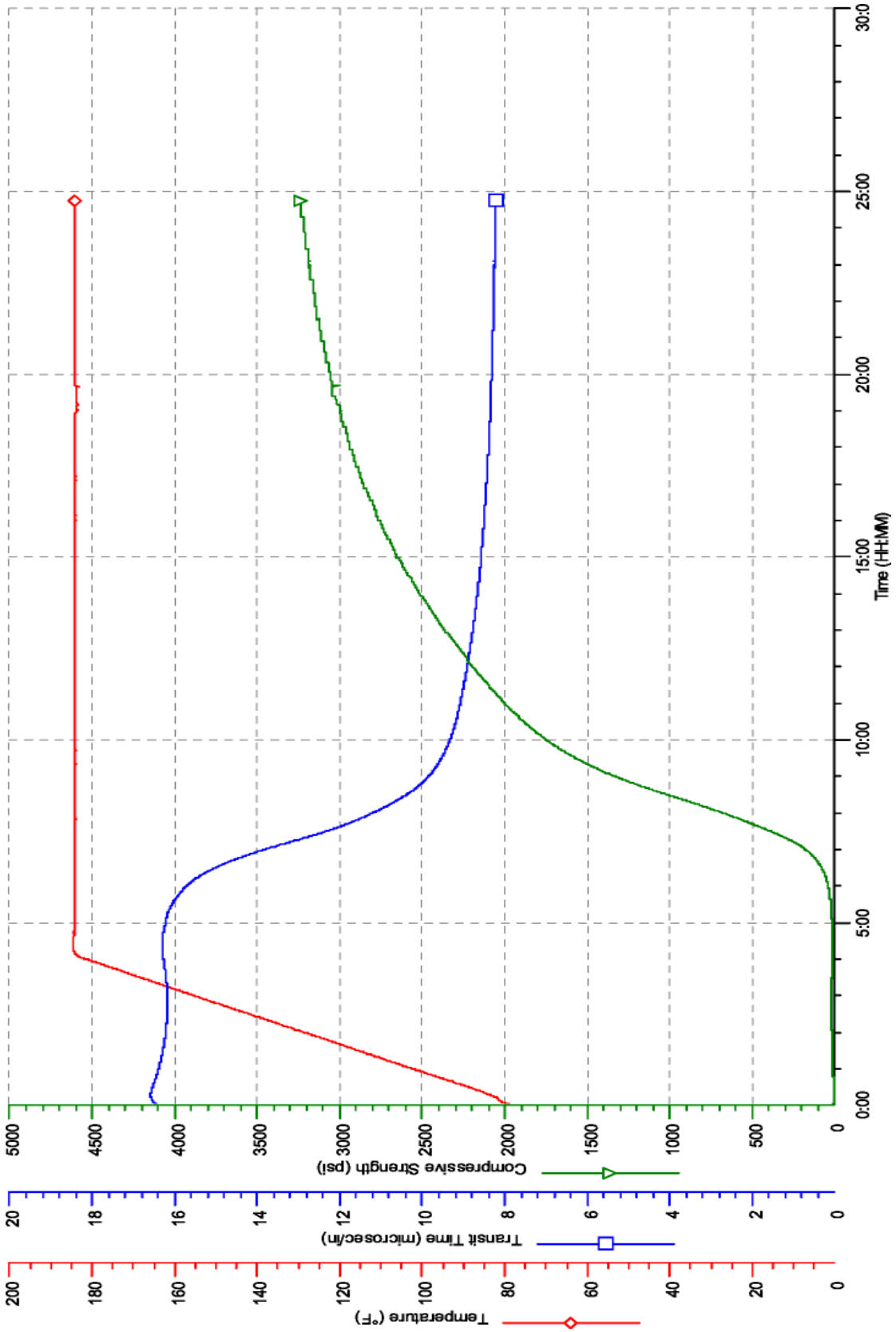
Çizelge 4.2. Kuzey Didan#B Kuyusu sondaj, çimento ve formasyon bilgileri

Matkap Çapı	Kuyu derinliği	Kesilen Formasyon
26"	3XX	Şelmo Fm.
16"	9XX	Fırat Fm.
12 1/4"	2XXX	Midyat Grubu
8 1/2"	2XXX	Gercüş Fm.
Casing Çapı	Çimento miktarı	X Fm.
20"	Tek kademede 1406 torba çimento ile çimentolandı.	AntakFm.
		X Fm.
		XFm.
13 3/8"	Tek kademede 1050 torba çimento ile çimentolandı.	X Fm.
		X Fm.
		Karababa Fm.
		X Fm.
9 5/8"	İki kademede 2700 torba çimento ile çimentolandı.	Sabunsuyu Fm.
7"	Tek kademede 156 torba çimento ile çimentolandı	

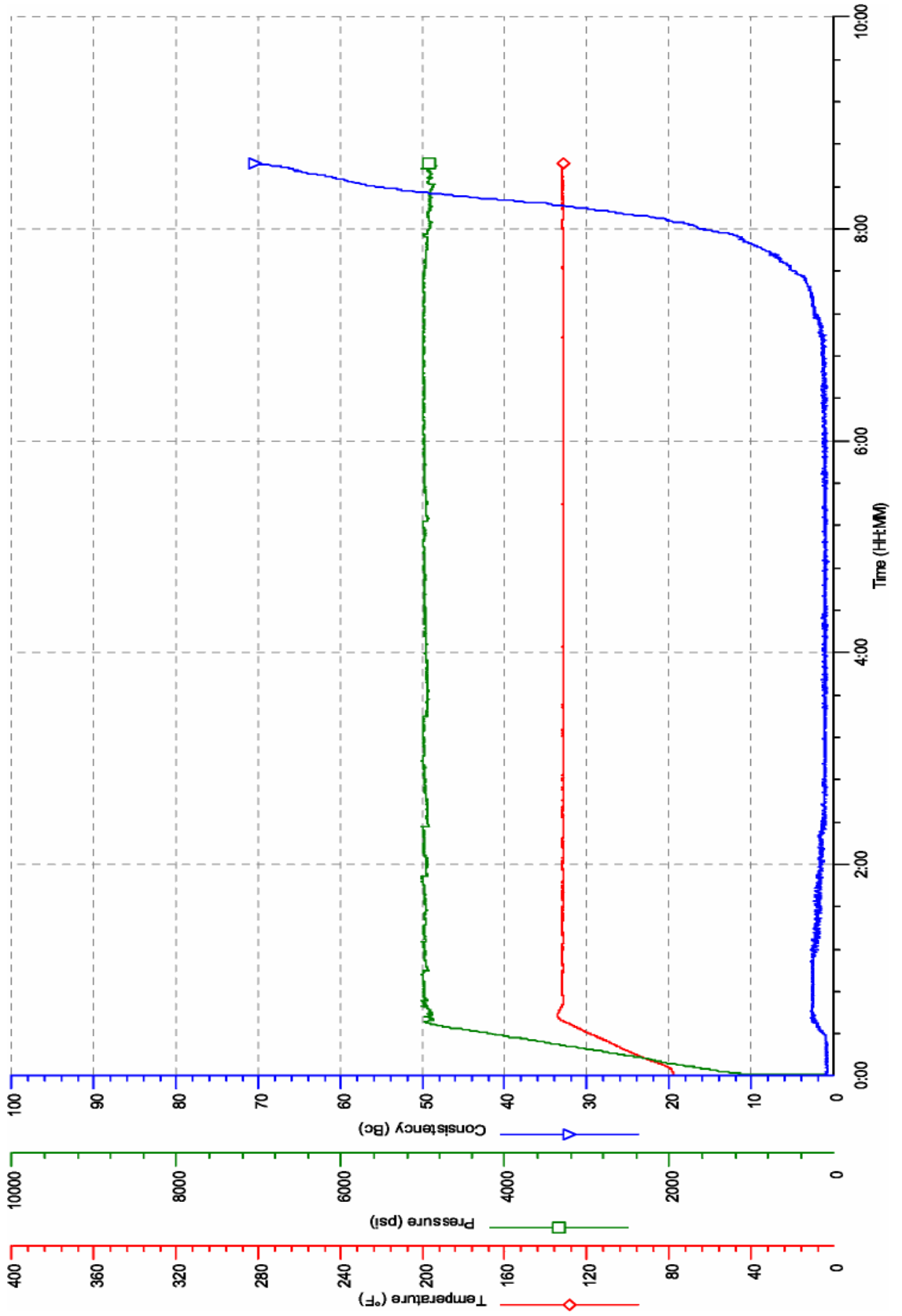


Şekil 4.13. Kuzey Didan#B Kuyusu 7" koruma borusu I. kademe çimento koyulaşma zamanı eğrisi

4. GÜNEYDOĞU ANADOLU BÖLGESİNDEKİ PETROL KUYULARINDA YAPILAN ÇİMENTOLAMA OPERASYONLARI



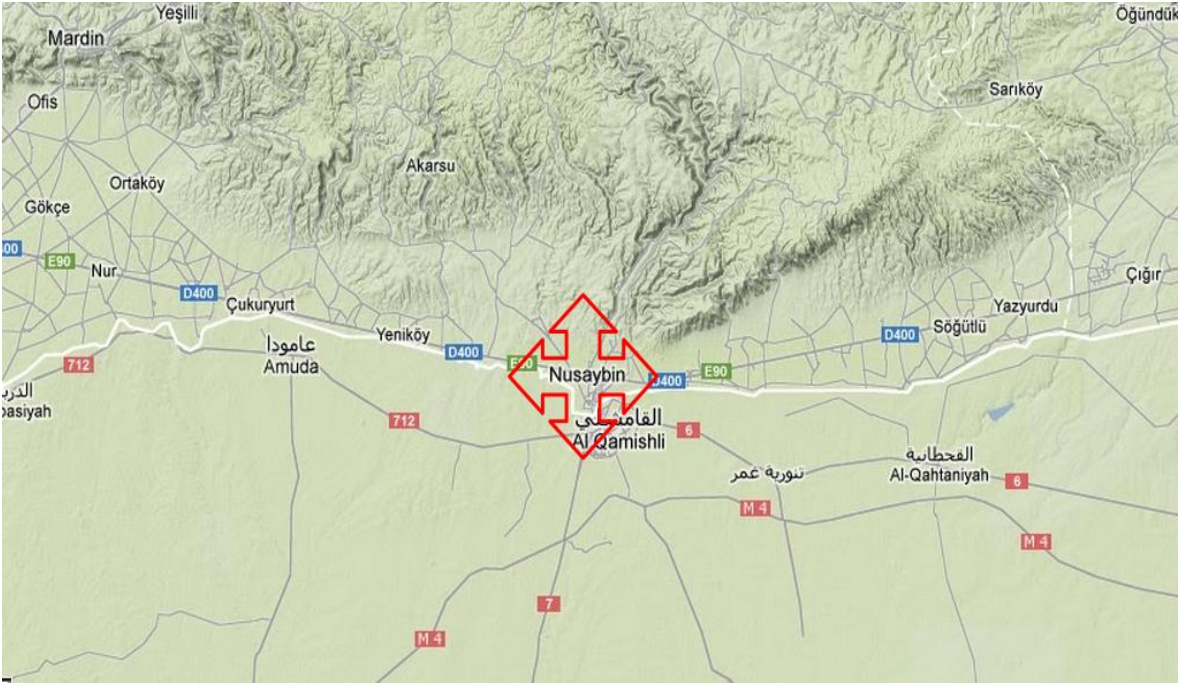
Şekil 4.14. Kuzey Didan#B Kuyusu 7" koruma borusu I. kademe basınç dayanımı-zaman eğrisi



Şekil 4.15. Kuzey Didan#B kuyusu 7" koruma borusu II. kademe çimento koyulaşma zamanı eğrisi

4.2.3. Mardin Bölgesi Örnek Çimentolama Kuyusu – Güney Dinçer #C

Nusaybin ilçesi civarı ve sınır hattı boyunca bir çok irili ufaklı petrol sahası yer almakta, sınırın her iki yakasında da petrol kuyularının çokluğu dikkat çekmektedir. Güney Dinçer#C kuyusunu bölgedeki diğer kuyulardan ayıran özelliği ise petrol keşfinden ziyade jeolojik tespit kuyusu olarak açılmış olmasıdır, bu sebeple ~4000m gibi bir derinliğe sahip bölgedeki ender derin kuyulardandır.



Şekil 4.16. Güney Dinçer#C Kuyusu coğrafi konumu

Hep anlatıldığı üzere artan derinlik beraberinde yüksek basınç, yüksek sıcaklık ve yıkıntı sorunlarını da getirmektedir. Bu sebeple çimento tasarımı bu kuyularda özenle hazırlanmalıdır. Keza bu kuyuda tabandan yüzeye bir koruma borusu inmekten liner adı verilen asma koruma boruları ile kuyu çimentolanarak hem maliyet azaltılmak istenmiş hem de kuyu kısa sürede koruma altına alınmıştır.

Güney Dinçer#C kuyusu gibi derin kuyularda çimentolama operasyonları yaparken güçlü pompalara ihtiyaç duyulmaktadır (Şekil 4.17.).

Güney Dinçer#C kuyusunda yapılan çimentolama opeasyonu, çimento kompozisyonu ve ilgili basınç grafikleri bu bölümde anlatılmıştır.



Şekil 4.17. Çimentolama ünitesi

4.2.3.1. Kuyu Bilgileri

Son Derinlik: 8½ inç Kuyu, 3XXX m

Liner : 7 inç

Çamur Ağırlığı: 85 lb/ft³

Kuyu Dibi Statik Sıcaklığı (BHST): 208 °F @ 3XXX m

Kuyu Dibi Sirkülasyon Sıcaklığı (BHCT): 162 °F @ 3XXX m

Kuyu Dibi Basıncı (BHP): 8470 psi @ 3XXX m

Çimento: G sınıfı

Çimento Özgül Ağırlığı: 3.11

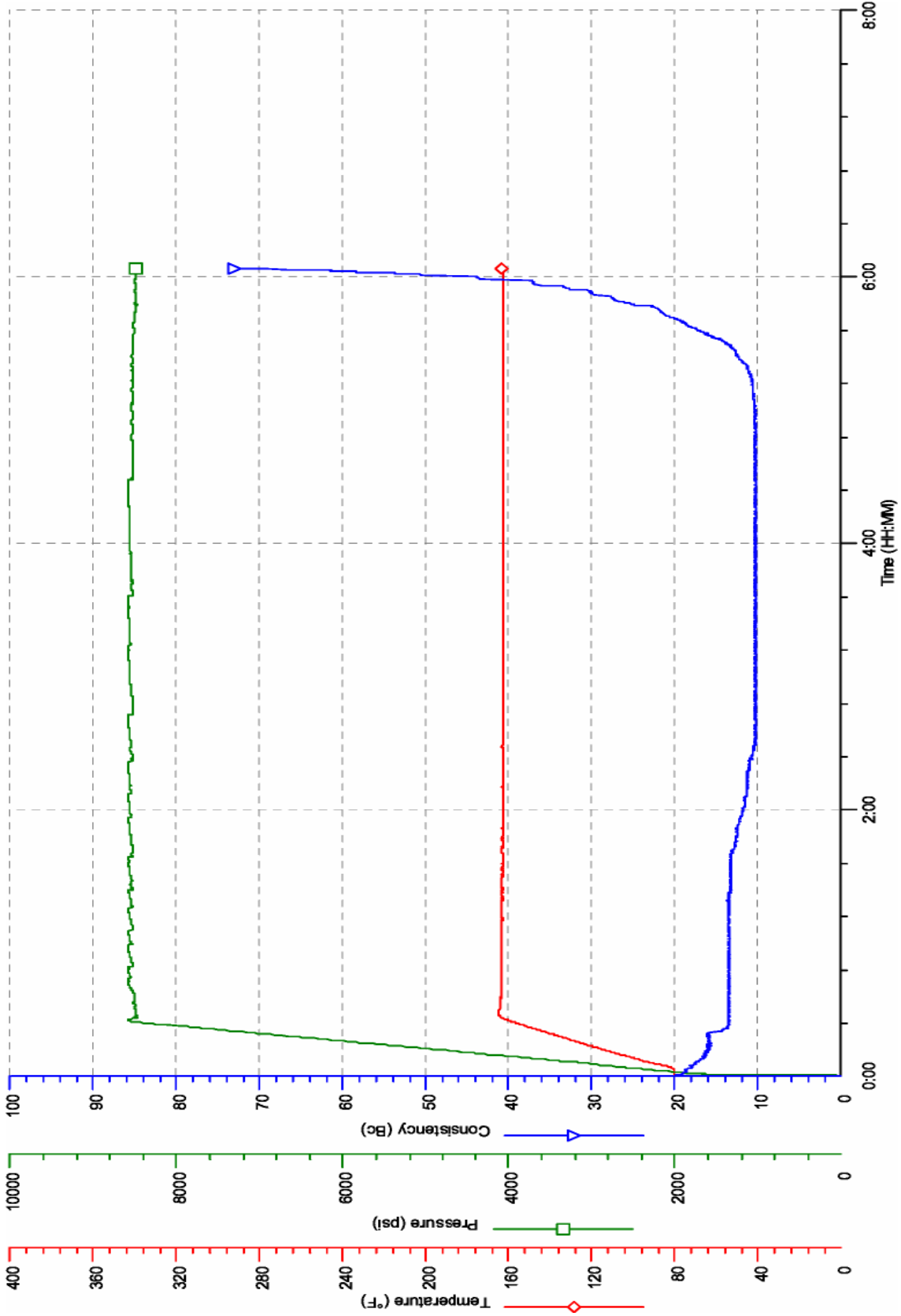
4.2.3.4. Güney Dinçer#C Kuyusu Çimentolama Operasyonu Saha Uygulaması

Güney Dinçer#C kuyusu 3608m derinliğindedir ve bölgenin en derin kuyularından biridir, asıl kazılma amacının petrol üretiminden ziyade araştırma odaklı olması bu derinlikteki en önemli etkidir. Güney Dinçer kuyusunun üretim casingi sonrası çimentolama sürecinde linerde meydana gelen bir kaçak yüzünden çimentolama operasyonu tamamlanamamıştır. Bu nedenle söz konusu liner içerisindeki bütün bileşenler sondaj yardımıyla kesilmiş ve EZ-DRILL packer inilerek operasyon yapılabilmektedir. Operasyon süresince olası çimento donması ihtimallerine karşı farklı oranlarda kimyasallar kullanılmış ve çimento miktarı gerekenden az uygulanmıştır. Güney Dinçer#C kuyusunda 11448 lt çimento kullanılarak operasyon tamamlanmıştır.

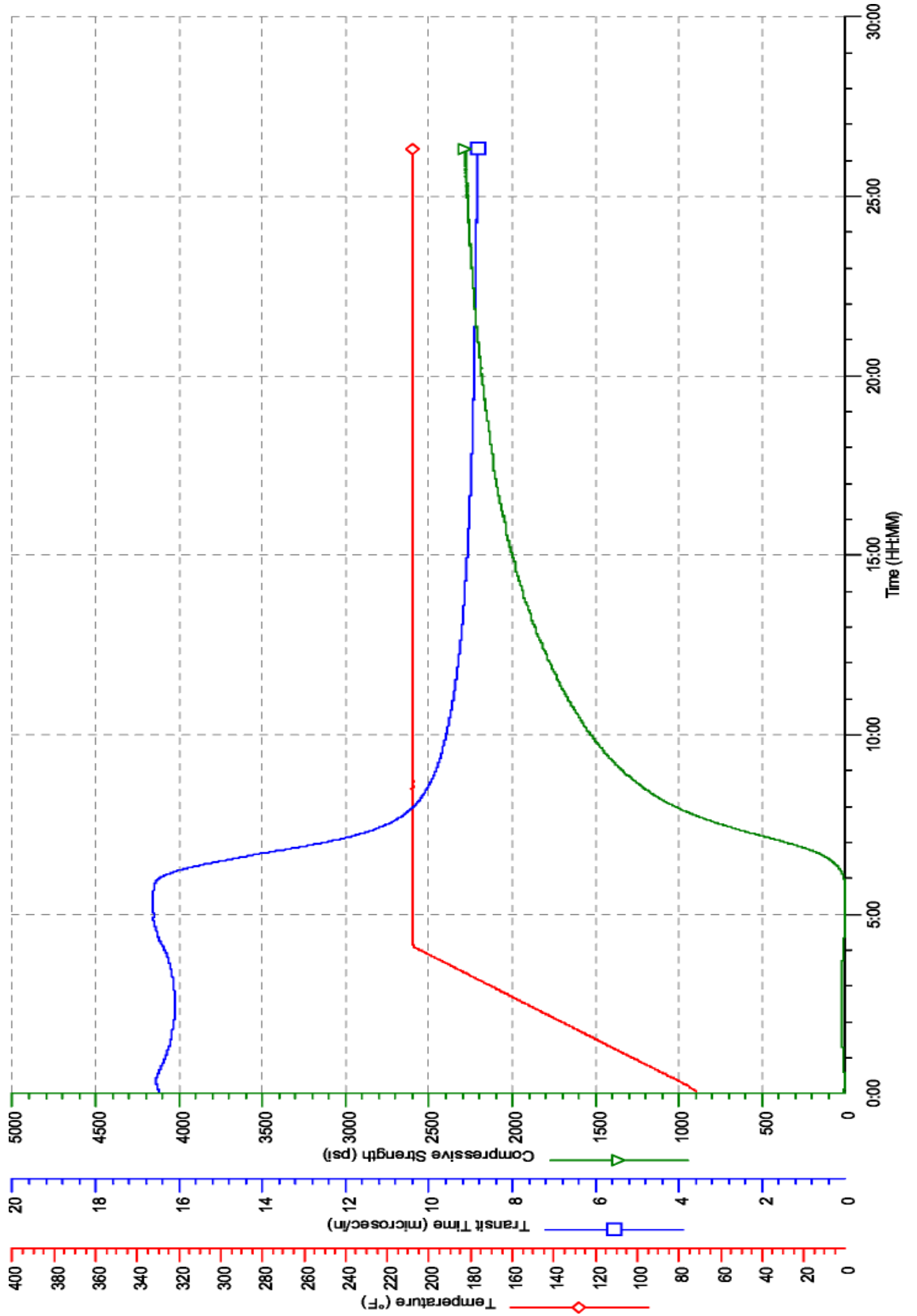
Çizelge 4.3. Güney Dinçer#C Kuyusu sondaj, çimento ve formasyon bilgileri

Matkap Çapı	Kuyu derinliği	Kesilen Formasyon
26"	3X	Bazalt
17 1/2"	1XXX	Şelmo Fm.
12 1/4"	2XXX	Germik Fm.
8 1/2"	3XXX	X Fm.
6"	4XXX	X Fm.
Casing Çapı	Çimento miktarı	Bozova Fm.
20"	Tek kademede 178 torba çimento ile çimentolandı.	Beloka Fm.
		Mardin Grubu.
		Yolaçan Fm.
13 3/8"	iki kademede 1950 torba çimento ile çimentolandı.	X Fm.
		X Fm.
		X Fm.
		Çamurlu Fm.
9 5/8"	İki kademede 1940 torba çimento ile çimentolandı.	Girmeli Fm.
		X Fm.
		X Fm.
7"	Basınç düşmesi nedeniyle çimento yapılamadı. Ez-drill packer set edilerek 300 torba çimento ile çimentolandı.	Gomaniibrik Fm.
		X Fm.
		X Fm.
-	3XXX-4XXXma açık kuyu olarak bitirildi. 3XXX-3XXXma 75 torba, 3XXX-3XXXma 50 torba tapa terk çimentosu yapıldı	Bedinan Fm.

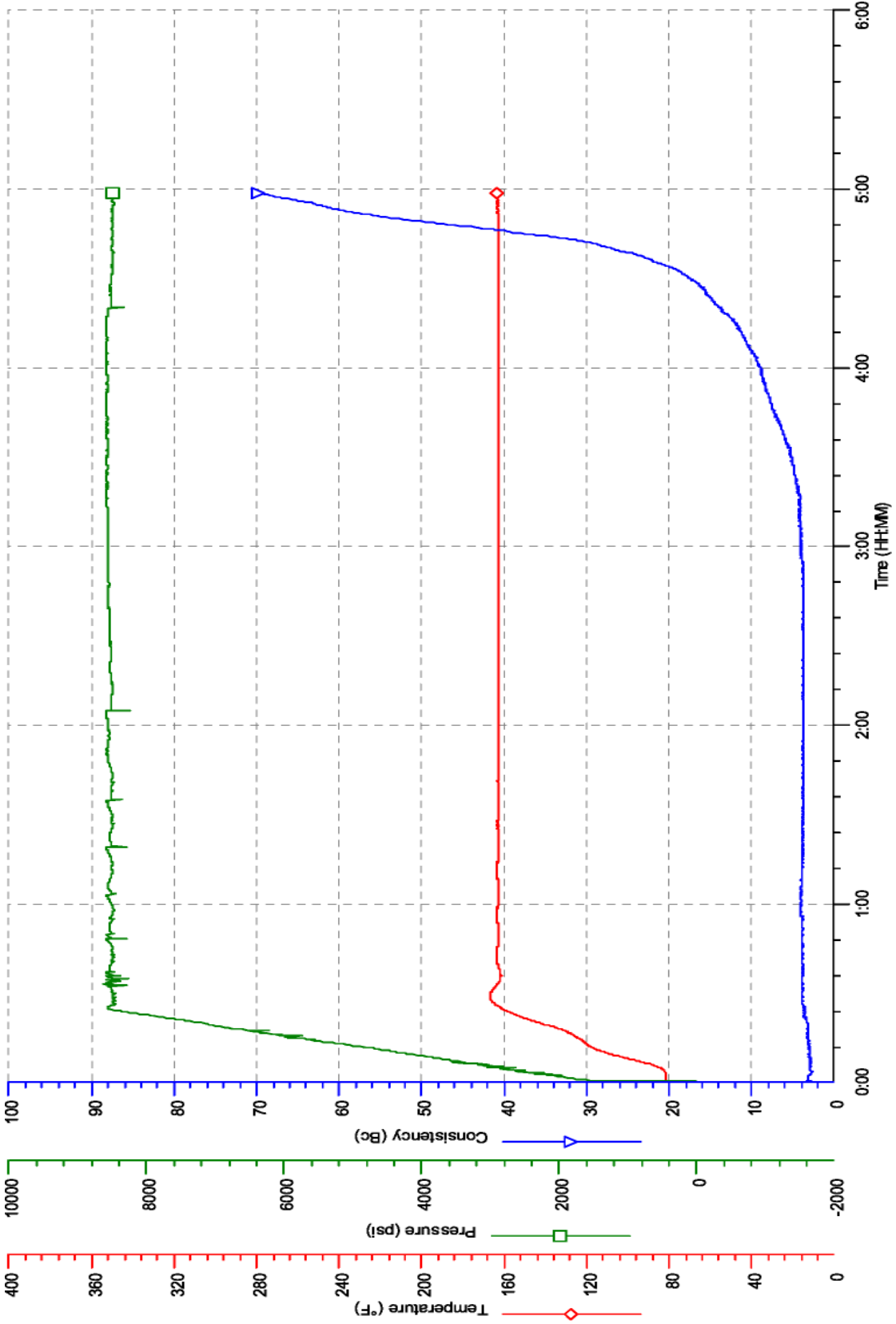
4. GÜNEYDOĞU ANADOLU BÖLGESİNDEKİ PETROL KUYULARINDA YAPILAN ÇİMENTOLAMA OPERASYONLARI



Şekil 4.19. Güney Dinçer#C Kuyusu 7" liner tail çimento koyulaşma zamanı eğrisi



Şekil 4.20. Güney Diñer#C Kuyusu 7" liner tail basınç dayanımı-zaman eğrisi

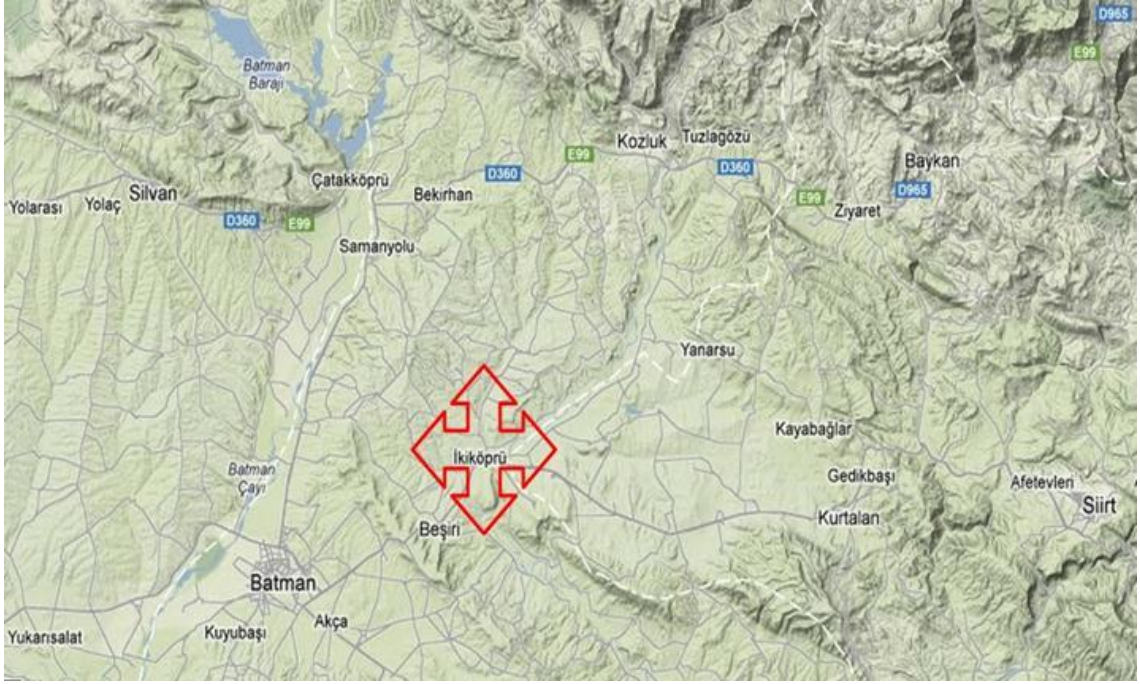


Şekil 4.21. Güney Dinçer#C Kuyusu 7" liner lead çimento koyulaşma zamanı eğrisi

4.2.4. Siirt Bölgesi Örnek Çimentolama Kuyusu – Güzeldere#D

Güzeldere sahası ülkemizdeki en yeni petrol keşif noktalarından biridir, yüksek graviteli petrol ve henüz kendini koruyan formasyon basınçları sayesinde yüzeyde çok değerli petrol üretimleri sunmaktadır. Son günlerde bölgede arttırılan sondaj faaliyetleri neticesinde birçok artezyen petrol kuyusuna rastlanmış ve sondaj faaliyetleri arttırılmıştır.

Güzeldere#D kuyusun da yapılan çimentolama opeasyonu, çimento kompozisyonu ve ilgili basınç grafikleri bu bölümde anlatılmıştır.



Şekil 4.22. Güzeldere#D Kuyusu coğrafi konumu

4.2.4.1. Kuyu Bilgileri

Kuyu çapı: 8 ½”

Son Derinlik: 2XXX m

DV Derinliği: 2XXX m.

Koruma Borusu: 7 inç

Çamur Ağırlığı: 70 lb/ft³

Çimento: G sınıfı

Çimento Özgül Ağırlığı: 3.18

4.2.4.2. I. Kademe Çimento Operasyonu ve Özellikleri

Kuyu Dibi Statik Sıcaklığı (BHST): 177 °F 2XXX m.

Kuyu Dibi Sirkülasyon Sıcaklığı (BHCT): 135 °F @ 2XXX m.

Kuyu Dibi Basıncı (BHP): 5416 psi @ 2XXX m.

Kompozisyon

Çimento + % 44 su + % 0.8 CFR-3 + % 0.6 Halad-9 + % 0.2 HR-5

Özellikler

Çimento Karışım Yoğunluğu: 119 lb/ft³

Yield: 1.33 ft³/torba (50 kg)

Su Kaybı: 36 ml/30dak. @ 177 °F & 1000 psig

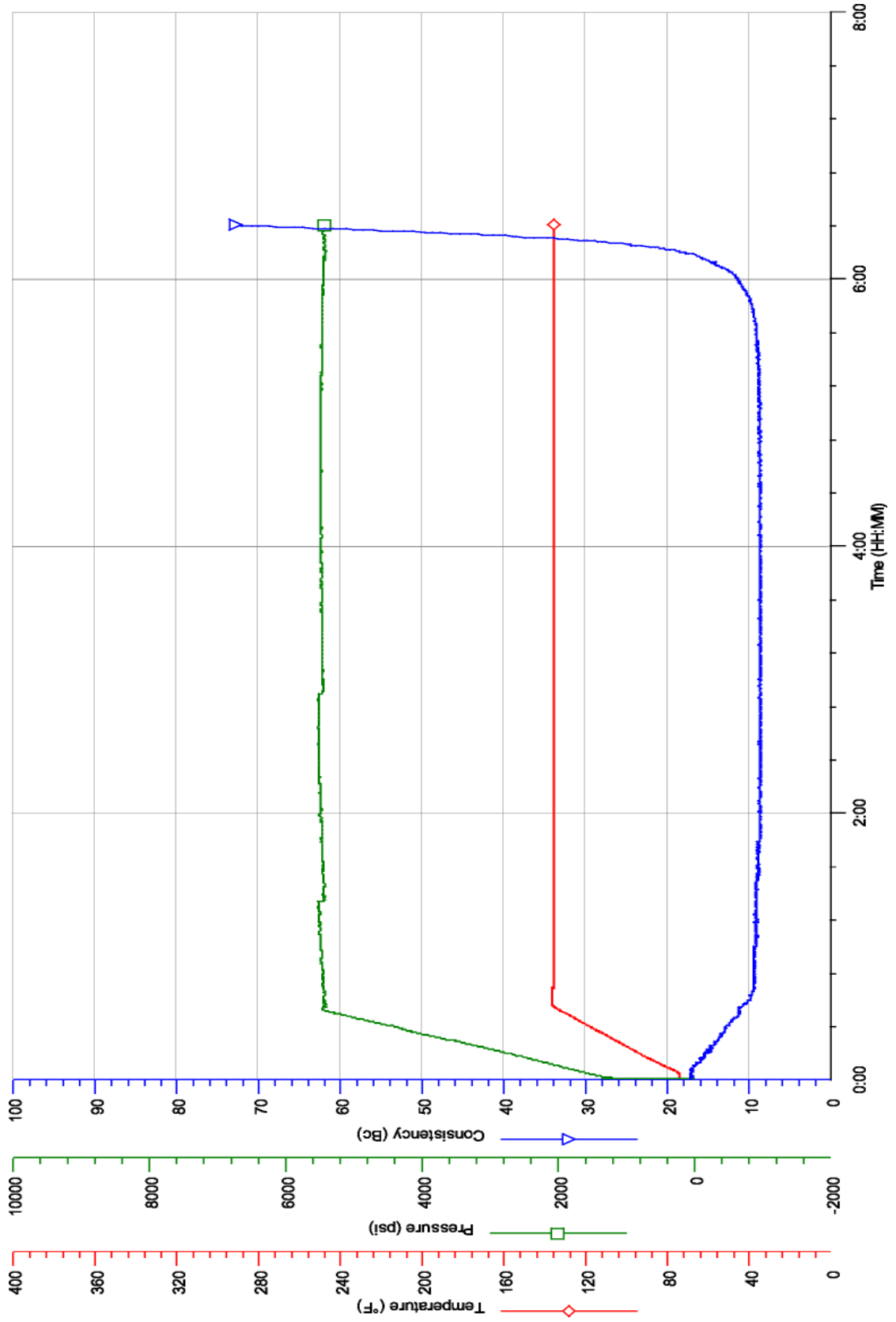
Koyulaşma Zamanı: 06 saat 24 dakika @ 135 °F & 5416 psi (Şekil 4.17.)

Basıncı Dayanımı: 3169 psi @ 24 saat, 177 °F & 3000 psi (Şekil 4.18.)

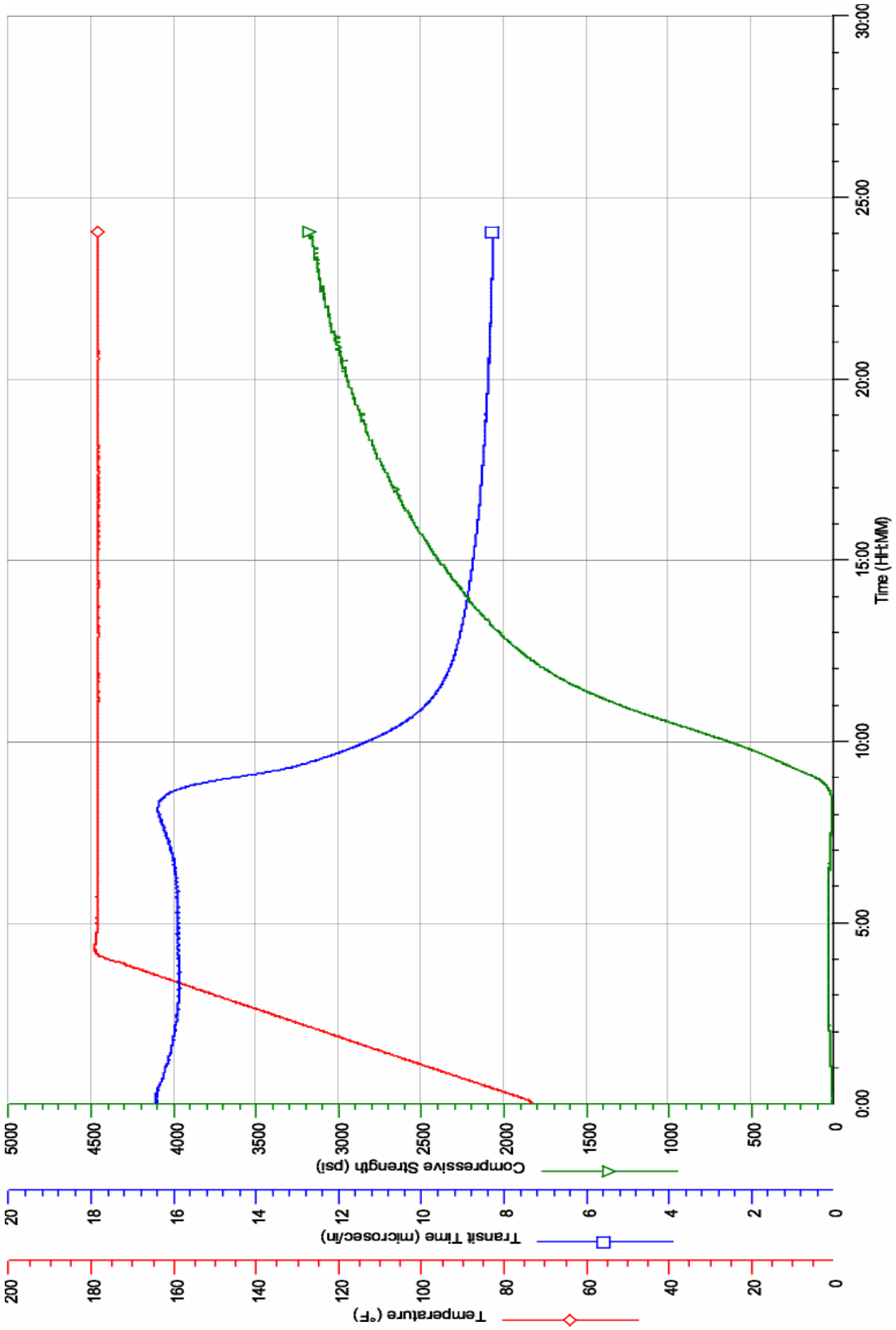
4. GÜNEYDOĞU ANADOLU BÖLGESİNDEKİ PETROL KUYULARINDA YAPILAN
ÇİMENTOLAMA OPERASYONLARI

Çizelge 4.4. Güzeldere#D Kuyusu sondaj, çimento ve formasyon bilgileri

Matkap Çapı	Kuyu derinliği	Kesilen Formasyon
16"	XX	Şelmo Fm.
12 1/4"	1XXX	X Fm.
8 1/2"	2XXX	Germik Fm.
Casing Çapı	Çimento miktarı	X Fm.
13 3/8"	Tek kademede 120 torba çimento ile çimentolandı	X Fm.
		Üst Sinan Fm.
		Üst Germav Fm.
9 5/8"	İki kademede 1186 torba çimento ile çimentolandı.	X Fm.
		X Fm.
		X Fm.
		Garzan Fm.
7"	Tek kademede 190 torba ile çimentolandı	X Fm.
		Beloka Fm.
		Mardin Grubu Fm.



Şekil 4.24. Güzeldere#D Kuyusu 7" koruma borusu I. kademe çimento koyulaşma zamanı eğrisi



Şekil 4.25. Güzeldere#D Kuyusu 7" koruma borusu I. kademe basınç dayanımı-zaman eğrisi

4.2.4.4. II. Kademe Çimento Operasyonu ve Özellikleri

Kuyu Dibi Sirkülasyon Sıcaklığı (BHCT) 121 °F

Kuyu Dibi Basıncı (BHP): 4213 PSI @ 2XXXm.

Özellikler

Çimento Karışım Yoğunluğu: 101 lb/ft³

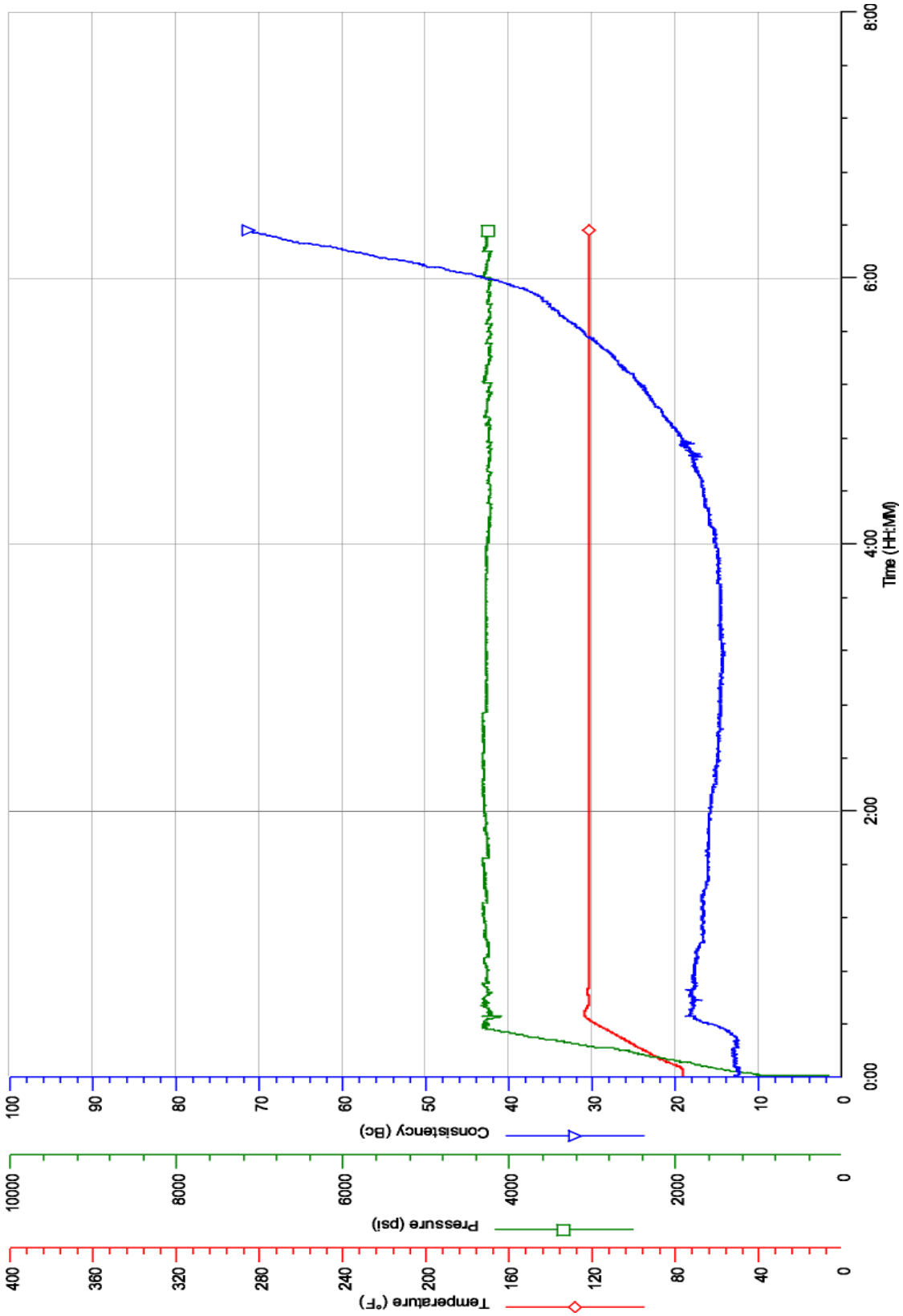
Yield: 1.97 ft³/torba(50 kg)

Kompozisyon

Çimento + %80 su +% 1 Prehidrat Bentonit + %0.4 BA

Koyulaşma Zamanı: 06 saat 20 dakika @ 121 °F & 4213 psi (Şekil 4.19)

4. GÜNEYDOĞU ANADOLU BÖLGESİNDEKİ PETROL KUYULARINDA YAPILAN ÇİMENTOLAMA OPERASYONLARI



Şekil 4.26. Güzeldere#D Kuyusu 7" koruma borusu II. kademe çimento koyulaşma zamanı eğrisi

5.SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Çimentolama operasyonları gerek petrol kuyularında gerekse doğal gaz kuyularında büyük önem arz etmektedir. Bu tez kapsamında yapılan literatür araştırması, saha ve labotratuvar çalışmaları neticesinde aşağıdaki sonuçlar çıkarılmış, elde edilen bu sonuçlara ilişkin de bazı önerilerde bulunulmuştur.

- i. Çimentolama operasyonları öncesinde yapılan laboratuvar çalışmalarında gerçek saha verilerinin uygulanması, çimento operasyonunda kullanılacak olan çimento ve su örneklerinin birebir saha koşullarından temin edilmesi ve yine testlerin saha koşulları ön görülerek yapılması, operasyon başarısı açısından çok kritiktir. Sıcaklık ve su kirliliği gibi unsurların dikkate alınmaması durumunda çimentonun erken donması ve geç donmasının yaratacağı sorunların çözümü milyonlarca dolara mal olabileceği gibi bazen de çözümü mümkün olmayabilir.
- ii. Çimento operasyonu planlanırken çimento ve kullanılacak katkı malzemesi türü ve miktarı dikkatli bir şekilde hesaplanıp belirlenmesi gerekmektedir. Yapılan bu çimento tasarımı çimento mühendisi ve sondaj mühendisince dikkatlice tatbik edilmeli ve operasyon büyük bir işbirliğiyle koordineli bir şekilde gerçekleştirilmelidir. Operasyon öncesi bilgilendirme yapılmalı, gerekli iş güvenliği toplantıları düzenlenmeli ve görev paylaşımı sağlanmalıdır.
- iii. Laboratuvar çalışmaları ivedilikle çimento tasarımını yapacak birime ulaştırılmalı ve koyulaşma eğrisi basınç dayanımı grafikleri dikkate alınarak operasyon hazırlanmalı ve uygulanmalıdır.
- iv. Derin kuyularda normal koşulların aksine yüksek sıcaklık ve yüksek basınç problemleri kaçınılmazdır. Yüksek sıcaklık ve basınç çimentonun erken prizlenmesine sebep olacaktır. Bu tip kuyularda katkı maddeleri hazırlanırken çimento prizlenmesini geciktirici kimyasallar daha yüksek oranlarda kullanılmalıdır.

- v. Çimentolama operasyonu öncesi sondaj çamuru ıslah edilmeli ve istenilen Plastik Viskozite ve Yield Point değerlerine getirilmeli. Ayrıca operasyon öncesi sondaj çamurunun çimentoyu kirletmesini önlemek için çimento ve sondaj çamuru arasına ayıraç olarak bir sıvı basılmalıdır.
- vi. Çimento tasarımı yaparken koruma borusunun indirileceği formasyonun özellikleri tespit edilmeli, yıkıntı ve kirletilme özellikleri dikkatlice incelenerek çimento karışımında ve tasarımında gerekli çalışmalar yapılmalıdır.
- vii. Katkı maddeleri çimentonun başlıca unsurudur, çimentoya verilmek istenen özellikler gerekli katkı maddeleri ile uygun miktarlarda uygulanmalıdır. Başlıca çimento katkı maddeleri ise incelticiler, su kaybı gidericiler, hızlandırıcı ve geciktiricilerdir. Kimyasalların planlama aşamasında doğru oranlarda seçilmesi ve uygulama sırasında da ilgili personelce uygun miktarların hazırlandığı takip edilmelidir.
- viii. Uygulanacak olan çimentolama metodu önceden belirlenmeli ve metodun seçiminde mümkünse benzer formasyonlarda daha önce gerçekleştirilen çimentolama metotları incelenmelidir.
- ix. Çimentonun koruma borusu ve formasyon arasındaki akış rejimi iyi hesaplanmalı formasyon basınçları ve çimento debisi dikkatlice hesaplanmalıdır. Akış rejiminin türbülans seviyesine ulaşmadığı kuyularda cementing head'in swivel özelliğine sahip olması homojen bir çimento dağılımı için büyük önem arz etmektedir. Doğru hesaplanamayan akış rejimleri kuyuya gaz girişlerine sebep olacağı gibi, kanallaşma gibi sorunları da beraberinde getirecektir.
- x. 100 yıllık bir süreçtir petrol kuyularında koruma borularını desteklemek için çimento kullanılmaktadır, günümüzde inşaat alanında bile çoğu aşamada artık çimentonun yerini alternatif malzemeler almaktadır. Sondaj kuyularında da çimentoya alternatif malzemelerin geliştirilmesi için çalışmaların yapılmasında

yarar görülmektedir. Özellikle Bor kullanımı alanında teşvikler verilmeli olumlu neticeleri ivedilikle hayata geçirilmelidir.

- xi. Son olarak, çimentolama operasyonları riske atılamayacak kadar pahalı ve yeniden planlamaya izin vermeyecek kadar zamanın değerli olduğu operasyonlardır. Ekip ve malzeme seçiminde taviz verilmemeli ve çimentolama alanına yapılacak olan eğitimler atırılmalıdır.

4. GÜNEYDOĞU ANADOLU BÖLGESİNDEKİ PETROL KUYULARINDA YAPILAN ÇİMENTOLAMA OPERASYONLARI

6. KAYNAKLAR

Alap, Ş. 1982. Çimentolama. TPAO Araştırma Merkezi Grubu Yayınları, Yayınları, Sayfa: 3-6, 46-52, 74-77. Ankara, Türkiye.

American Petroleum Institut, 1955. "Report of Cooperative Tests on Sulfate Resistance of Cement and Additives," API Mid-Continent Dist. Study Committee on Cementing Practices and Testing of Oil Well Cements, Texas, the USA.

Anderson, E.T., 1962, "How world's hottest hole was drilled" Petroleum Engineering Journal, Texas, the USA.

API Task Group, 1977. "Better Temperature Readings Promise Better Cement Jobs," American Petroleum Institute, Dallas, Texas, the USA.

Bannister, C. E., Shuster, G. E., Wooldridge, L. A., Jones, M. J., Birch, A. G. 1982-1983 "Critical Design Parameters to Prevent Gas Invasion During Cementing Operations," SPE Paper, the USA.

Bilgi Zenginleri, Güneydoğu Anadolu Bölgesi Haritası, Erişim: [<http://www.bilgizenginleri.com/cografya/9494-guneydogu-anadolu-bolgesinin-daglari-haritasi.html>], Erişim Tarihi: 01.06.2013.

C.P. PARSONS, 1935. Plug-back Cementing Methods, Sayfa: 1-8, Houston, USA.

Enerji Enstitüsü, İzmit'in evsel ve sanayi atıkları nuh çimentonun yeni yakıtı oldu, 2013, Erişim: [<http://enerjienstitusu.com/2013/02/01/izmitin-evsel-ve-sanayi-atiklari-nuh-cimentonun-yeni-yakiti-oldu>], Erişim Tarihi: 05.05.2013.

Google Map, 2013, Maps, Erişim: [<https://maps.google.com/>]. Erişim Tarihi 01.06.2013.

Kavak, O. Ders Notları. Güneydoğu Anadolu Bölgesi Jeolojik Yapısı. 2013

KNAPP, I.N & ARDMORE, P. 1996. Cementing Oil and Gas Wells, Society of Petroleum Engineers, Sayfa: 1-25. New York, USA.

MADEN TETKİK ARAMA-a, 2013. Formasyonlar. Erişim:

[http://www.mta.gov.tr/v2.0/bolgeler/diyarbakir/?id=mermer_foto]. Erisim Tarihi : 22.05.2013.

MADEN TETKİK ARAMA-b, 2013. Haritalar. Erişim:

[<http://www.mta.gov.tr/v2.0/daire-baskanliklari/jed/index.php?id=jeoloji>]. Erisim Tarihi : 12.06.2013.

Mavi Cevap, 2013, Güneydoğu Anadolu Bölgesinin geçim kaynakları nelerdir?, Erişim Tarihi: [<http://www.mavicevap.com/topic/guneydogu-anadolu-bolgesinin-gecim-kaynaklari-nelerdir>], Erişim Tarihi: 01.06.2013

Nelson E.B. 1990. Well Cementing. Schlumberger Educational Services, Sayfa: 1-487. Texas, USA.

Norman Funkhouser, 2001. Well Cementing, Halliburton Services, Sayfa: 1-27, Texas,USA

NUH ÇİMENTO, 2013. Çimento. Erişim:

[<http://www.nuhcimento.com.tr/tr/home/cimento.asp>]. Erisim Tarihi : 14.03.2013

Powers, T., C., 1961. “Some Physical Aspects of Hydration of Portland Cement,” .I. Res. Dev. Lab. Portlard Cemwt Assoc. Sayfa 3,47-56. Denver, CO, the USA.

Project Monitor, 2013. Erişim: [<http://www.projectsmonitor.com/CEMENT/cement-leaders-see-healthy-outlook-capex-on-track>]. Erişim Tarihi: 05.05.2013.

Shryock, S. H. and Smith, D. K.: "Cement Slurries, 21-23 April 1958" API Paper No. 875-1 2-1, Spring Meeting of Rocky Mtn. District, Denver, CO.

T.C. Sanayi Bakanlığı, 2013. Çimento. Erişim:

[<http://sanayi.gov.tr/Files/Documents/cimento-sektoru-raporu-20-09102012110428.pdf>]. Erisim Tarihi : 14.04.2013.

TPAO KTH Teknik Yayın Grubu, 1986. TPAO KTH Yayınları, Sayfa: 1,17-34, 57-80, 117-122. Batman, Türkiye.

Türkiye Çimento Müstahsilleri Birliği, 2009. Çimento Nasıl Üretilir ? , İstanbul, Türkiye

Walker, Wayne A., 1962. "Cementing Compositions for Thermal Recovery Wells", Journal of Petroleum Technology, Colorado, the USA.

WIKIPEDIA-a, 2013. Çimento. Erisim: [<http://tr.wikipedia.org/wiki/%C3%87imento>]. Erisim Tarihi : 04.03.2013

WIKIPEDIA-b, 2013. Çimento. Erisim:

[http://tr.wikipedia.org/wiki/G%C3%BCney_Do%C4%9Fu_Anadolu]. Erisim Tarihi : 12.02.2013

Yılmaz, E., Duran., O. (1997): "Güneydoğu Anadolu Bölgesi Otokton Ve Allokon Birimler Stratigrafi Adlama Sözlüğü (Lexicon)" TPAO Araştırma Merkezi Grubu Başkanlığı Eğitim Yayınları No. 31, 460 s. Şubat, 1997 Ankara

ÖZ GEÇMİŞ

1985’ te Malatya da doğdu ki kendisi bunu en büyük şansı olarak saymakta. İlk ve orta öğrenimini Hidayet İlk Öğretim Okulu’nda Lise eğitimini Malatya Anadolu Lisesi’nde ve lisans eğitimini İstanbul Teknik Üniversitesi, Petrol ve Doğal Gaz Mühendisliği bölümünde tamamladı (2009), mezuniyeti sonrası Transatlantic Petroleum Ltd. şirketinde petrol üretim süpervizörü olarak çalıştı (2009-2011). 2011 yılı haziranında Nazlı Görmeli Kurt hanımla evlendi, yine aynı yıl içerisinde şirket değişikliği ile TPAO şirketinde kuyu tamamlama mühendisi olarak çalışmaya ve Dicle Üniversitesi Maden Mühendisliği Anabilim dalında Yüksek Lisans eğitimine başladı. Kendisi halen TPAO şirketinde çalışmakta ve eğitimine devam etmektedir (2013).