

T.C.
İSTANBUL AYDIN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**AÇIK DENİZ JACKET YAPILARDA VE RAYSERLERDE YENİ
MATERYALLERİNİN KULLANIMININ DEĞERLENDİRİLMESİ**

DOKTORA TEZİ
AIDIN KAZEMI DALIRI

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

İnşaat Mühendisliği Programı

TEMMUZ, 2017

T.C.
İSTANBUL AYDIN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



AÇIK DENİZ JACKET YAPILARDA VE RAYSERLERDE YENİ
MATERYALLERİNİN KULLANIMININ DEĞERLENDİRİLMESİ

DOKTORA TEZİ
AIDIN KAZEMI DALIRI
(Y1415.690002)

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

İnşaat Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Sepanta NAİMİ

TEMMUZ, 2017



10/07/2017

T.C.
İSTANBUL AYDIN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLER ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ
DOKTORA TEZ ONAY BELGESİ

Enstitümüz İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, İnşaat Mühendisliği Doktora Programı Y1415.690002 numaralı öğrencisi AIDIN KAZEMI DALIRI'nin "AÇIK DENİZ JACKET YAPILARDA VE RAYSERLERDE YENİ MATERYALLERİNİN KULLANIMININ DEĞERLENDİRİLMESİ" adlı doktora tez çalışması Enstitümüz Yönetim Kurulunun 20/06/2017 tarih ve 2017/14 sayılı kararı ile oluşturulan jüri tarafından .oy.bildirisi ile Doktora tezi olarak .kabul edilmiştir.

	Unvan- Ad-Soyad	İmza
Danışman	Yrd. Doç. Dr. Sepanta NAİMİ	
Üye (TİK)	Doç. Dr. Mehmet Fatih ALTAN	
Üye (TİK)	Doç. Dr. Orhan CANPOLAT	
Üye	Yrd. Doç. Dr. Ahmet Emin KURTOĞLU	
Üye	Yrd. Doç. Dr. Reza Ahmadi NAGHADEH	

Tezin Savunulduğu Tarih: 10/07/2017

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 25.07.2017 tarih ve 2017/16 sayılı kararı ile onaylanmıştır.

Prof. Dr. Haydar ÖZPINAR

Enstitü Müdürü

YEMİN METNİ

Doktora olarak sunduğum “**AÇIK DENİZ JACKET YAPILARDA VE RAYSERLERDE YENİ MATERYALLERİNİN KULLANIMININ DEĞERLENDİRİLMESİ**” adlı çalışmanın,tezin proje safhasından sonuçlanmasına kadarki bütün süreçlerde bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurulmaksızın yazıldığını ve yararlandığım eserlerin Bibliyografya’da gösterilenlerden olduğunu, bunlara atıf yapılarak yararlanılmış olduğunu belirtir ve onurumla beyan ederim. (10/07/2017)

AIDIN KAZEMI DALIRI

Aday / Imza



Sevgili Aileme,





ÖNSÖZ

Türkiye gibi ülkelerin büyük deniz sınırlarından dolayı, açık deniz yapılarının tasarımı, inşası, işletilmesi ve bakımı, özellikle ekonomik açıdan, geniş deniz kaynaklarının kullanılması açısından son derece önemlidir. Ayrıca, profesyonel araştırmacılar açık deniz endüstrilerin iyileştirmesi için her zaman yardımcı olabilmektedir. Bu nedenle, bu alanlardaki uzmanların ve mühendislerin eğitim kalitesine her zaman dikkat edilmelidir.

Bu amaca ulaşmak için, **İstanbul Aydın Üniversitesi'ndeki** inşaat mühendisliğinde doktora programına devam etmek ve tamamlamak bu alandaki hedeflerimi takip etmemde yardımcı oldu.

Bu nedenle, doktora çalışmalarım boyunca **İstanbul Aydın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü** ve **İnşaat Mühendisliği Bölümü'nden** gelen destekler için çok teşekkür ediyorum. Ayrıca, tez danışmanım **Yrd. Doç. Dr. Sepanta NAİMİ**'ye, bu doktora tezini hazırlamak için çok faydalı ve olumlu katkılarından dolayı şükranlarımı sunuyorum.

Temmuz 2017

AIDIN KAZEMI DALIRI

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖNSÖZ	ix
İÇİNDEKİLER	xi
KISALTMALAR	xiii
ÇİZELGE LİSTESİ	xv
ŞEKİL LİSTESİ	xvii
ÖZET	xix
ABSTRACT	xxi
1. GİRİŞ	1
1.1 Genel Bakış	1
1.1.1 Açık deniz platformlar ve rayserler	1
1.1.2 Açık deniz rüzgar türbinleri	3
1.2 Tezin Amacı ve Kapsamı	3
2. ENDER DALGA VE GEMİ ÇARPIŞMA YÜKLERİ İLE YÜKSEK ÖZGÜL MUKAVEMETLİ ÇELİK JACKETİN TRANSİENT DİNAMİK ANALİZİ	7
2.1 Giriş	7
2.1.1 Ender dalga yükü	8
2.1.2 Doğrusal dalga teorisi	11
2.1.3 Doğrusal olmayan dalga teorisi	13
2.1.4 Gemi çarpışma yükü	14
2.1.5 Yüksek özgül mukavemetli çelik	15
2.1.6 Bölümün içeriği	16
2.2 Yapısal ve Yük Özellikler	19
2.2.1 Ender dalga yükünün spesifikasyonu	21
2.2.2 Gemi çarpışma yükünün spesifikasyonu	23
2.3 Modelleme ve Analiz	23
2.3.1 Ender dalga yükü ile yapılan analiz sonuçları	24
2.3.2 Gemi çarpışma yükü ile yapılan analiz sonuçları	27
2.3.3 Analiz sonuçları	32
2.4 Sonuçlar	33
3. AÇIK DENİZ RÜZGAR TÜRBİNLERİNDE JACKET TİPİ ALTYAPILARININ ZAMAN TANIM ALANINDA ANALİZİ	35
3.1 Giriş	35
3.1.1 Açık deniz rüzgar türbinin çalışması ve aranjmanı	37
3.1.2 Açık deniz rüzgar türbinlerinde jacket tipi altyapıları	39

3.1.3 Bölümün içeriği	40
3.2 Yapısal ve Yük Özellikler	41
3.2.1 Ender dalga yükü ile yapılan zaman tanım alanında analiz sonuçları	42
3.2.2 Gemi çarpışmasının yükü ile yapılan zaman tanım alanında analiz sonuçları	43
3.3 Modelleme ve Analiz	44
3.3.1 Ender dalga yükü ile yapılan zaman tanım alanında analiz sonuçları	44
3.3.2 Gemi çarpışma yükü ile yapılan zaman tanım alanında analiz sonuçları ..	48
3.3.3 Analiz sonuçları	52
3.4 Sonuçlar	53
4. 1. VE 5. MERTEBE ENDER DALGALAR İLE DENİZ RAYSERLERİN DİNAMİK ANALİZİ	55
4.1 Giriş	55
4.1.1 Yapısal analiz için aşırı dalga yükü ile yapılan zaman tanım alanında analiz sonuçları ..	56
4.1.2 Termoplastik kompozit borular	57
4.1.3 Bölümün içeriği	60
4.2 Yapısal ve Çevresel Özellikler	60
4.3 Modelleme ve Analiz	61
4.3.1 1. mertebe ender dalga yükü ile dinamik analiz sonuçları	63
4.3.2 5. mertebe ender dalga yükü ile dinamik analiz sonuçları	66
4.3.3 Analiz sonuçları	69
4.4 Sonuçlar	70
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	73
KAYNAKLAR.....	77
ÖZGEÇMİŞ.....	85

KISALTMALAR

AHTS	: Anchor Handling Tug Supply (Çapa Tutma Çekici)
AI	: Anormallik İndeksi
API	: American Petroleum Institute (Amerikan Petrol Enstitüsü)
C.G.	: Center of Gravity (Ağırlık Merkezi)
DGÇR	: Doğal Gaz Çıkarma Rayseri
DWT	: Deadweight Tonnage (Geminin Yük Taşıma Kapasitesi)
EC	: European Commission (Avrupa Komisyonu)
EL	: Elevation (Yükseklik)
EWEA	: European Wind Energy Association (Avrupa Rüzgar Enerjisi Derneği)
FPS	: Floating Production System (Yüzer Üretim Sistemleri)
GKT	: Girdap Kaynaklı Titreşim
MSL	: Mean Sea Level (Ortalama Deniz Seviyesi)
MTK	: Maksimum Tepki Kuvveti
MYM	: Maksimum Yanal Moment
NREAPs	: National Renewable Action Plans (Ulusal Yenilenebilir Eylem Planları)
PÇR	: Petrol Çıkarma Rayseri
TEM	: Taramalı Elektron Mikroskop
TKB	: Termoplastik Kompozit Boru
TLP	: Tension Leg Platform (Telle Sabitlenen Platformu)
YÖM	: Yüksek Özgül Mukavemetli



ÇİZELGE LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 2.1: Çelik boru elemanları için materyal özellikleri.	20
Çizelge 2.2: Boru elemanların çapları.	21
Çizelge 2.3: Konvansiyonel çelik jacket ve YÖM çelik jacket elemanları için L/D oranları.	22
Çizelge 2.4: Ender dalga yüklemesinde analiz sonuçları.	32
Çizelge 2.5: Gemi çarpışma yüklemesinde analiz sonuçları.	32
Çizelge 3.1: Boru şekilli elemanların çapları.	42
Çizelge 3.2: Ender dalga yükleme durumunda analiz sonuçları.	53
Çizelge 3.3: Gemi çarpışma yükleme durumunda analiz sonuçları.	53
Çizelge 4.1: Farklı rayserler için L/D oranları.	61
Çizelge 4.2: DGÇR, PÇR ve TKB için kullanılan materyal özellikleri.	62
Çizelge 4.3: DGÇR için analiz sonuçları.	69
Çizelge 4.4: PÇR için analiz sonuçları.	70
Çizelge 4.5: TKB için analiz sonuçları.	70



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1: Çeşitli AD platformlar.	2
Şekil 1.2: Sabit ve esnek rayser sistemleri.	2
Şekil 1.3: Rüzgar türbinlerinde mevcut altyapılar.	3
Şekil 1.4: AD endüstrilerinde altyapı olarak sabit AD jacketler.	4
Şekil 2.1: Sabit bir jacket platformu.	7
Şekil 2.2: Üç ayaklı ve dört ayaklı AD jacket altyapılarının örneği.	8
Şekil 2.3: Draupner dalganın yükseklikleri.	10
Şekil 2.4: İlerleyen sinüzoidal dalga tanımı.	11
Şekil 2.5: AD jacket platformunun çevresinde çalışan destek gemi için bir örnek. ..	15
Şekil 2.6: TEM testi, alüminyum çelik alaşımına (koyu gri) yayılmış B2 kristallerini (açık gri) göstermektedir.	16
Şekil 2.7: Bir AD jacketin yükleme aşaması.	17
Şekil 2.8: Bir AD jacketin taşıma aşaması.	18
Şekil 2.9: Bir AD jacketin suya indirme aşaması.	18
Şekil 2.10: Bir AD jacketin montaj aşaması.	19
Şekil 2.11: Jacketin yükseklikleri.	20
Şekil 2.12: Kazara çarpışma sırasında kullanılmış destek gemi.	23
Şekil 2.13: Konvansiyonel çelik jacket için dalga yükleme durumunda eksenel gerilme (Pa) konturları.	24
Şekil 2.14: YÖM çelik jacket için dalga yükleme durumunda eksenel gerilme (Pa) konturları.	25
Şekil 2.15: Konvansiyonel çelik jacket için A, B ve C ayaklarının tepesindeki tepki kuvvetlerinin tepki (N) - zaman (s) grafikleri.	26
Şekil 2.16: YÖM çelik jacket için A, B ve C ayaklarının tepesindeki tepki kuvvetlerinin tepki (N) - zaman (s) grafikleri.	27
Şekil 2.17: Gemi çarpışma yükü ile etkilenen konvansiyonel çelik jacket için eksenel gerilme (Pa) konturları.	28
Şekil 2.18: Gemi çarpışma yükü ile etkilenen YÖM çelik jacket için eksenel gerilme (Pa) konturları.	29
Şekil 2.19: Konvansiyonel çelik jacket ayakları için deniz tabanındaki oluşan yanal momentlerin moment (N.m) - zaman (s) grafikleri.	30
Şekil 2.20: YÖM çelik jacket ayakları için deniz tabanındaki oluşan yanal momentlerin moment (N.m) - zaman (s) grafikleri.	31
Şekil 3.1: Kara rüzgar çiftliğine bir örnek.	35
Şekil 3.2: AD rüzgar çiftliğine bir örnek.	36
Şekil 3.3: Önceki EWEA, Ulusal Yenilenebilir Eylem Planları (National Renewable Action Plans (NREAPs)), Avrupa Komisyonu (European Commission (EC)) ve yeni 2020 EWEA'nın Avrupa Birliği elektrik tüketiminde kara ve AD rüzgar enerjisinin payı için senaryoları.	36

Şekil 3.4: AD rüzgar türbinlerin bileşenleri.	37
Şekil 3.5: Bir AD rüzgar çiftliğinin aranjmanı.	38
Şekil 3.6: AD rüzgar türbininde jacket tipi altyapıları için bir örnek.	39
Şekil 3.7: Jacketin yükseklikleri.	42
Şekil 3.8: Kazara çarpışma sırasında kullanılmış AHTS gemi.....	43
Şekil 3.9: Konvansiyonel çelik jacket için dalga yükleme durumunda eksenel gerilmelerin (Pa) grafiği.....	45
Şekil 3.10: YÖM çelik jacket için dalga yükleme durumunda eksenel gerilmelerin (Pa) grafiği.	45
Şekil 3.11: Konvansiyonel çelik jacket için A, B, C ve D ayaklarının tepesindeki tepki kuvvetlerinin tepki (N) - zaman (s) diyagramları.	47
Şekil 3.12: YÖM çelik jacket için A, B, C ve D ayaklarının tepesindeki tepki kuvvetlerinin tepki (N) - zaman (s) diyagramları.....	48
Şekil 3.13: Gemi çarpışma yükü ile etkilenen konvansiyonel çelik jacket elemanları için eksenel gerilmelerin (Pa) grafiği.	49
Şekil 3.14: Gemi çarpışma yükü ile etkilenen YÖM çelik jacket elemanları için eksenel gerilmelerin (Pa) grafiği.	49
Şekil 3.15: Konvansiyonel çelik jacket ayakları için deniz tabanındaki oluşan yanal momentlerin moment (N.m) - zaman (s) diyagramları.....	51
Şekil 3.16: YÖM çelik jacket ayakları için deniz tabanındaki oluşan yanal momentlerin moment (N.m) - zaman (s) diyagramları.....	52
Şekil 4.1: Jacket yapısında sabit rayser için bir örnek.....	55
Şekil 4.2: Esnek rayser elemanı etkileyen gerilmeler.	58
Şekil 4.3: Termoplastik kompozit boruların örneği.....	58
Şekil 4.4: Lamine kompozit silindirik boru duvarların örneği.	59
Şekil 4.5: Bir TKB numunesinde yapılan eğme yorulması testi.	59
Şekil 4.6: Deniz ortamında bir boru şekilli elemanın altı serbestlik derecesi.	62
Şekil 4.7: 1. mertebe ender dalgadan etkilenen DGÇR'nin nodal deplasmanı (m). ..	63
Şekil 4.8: 1. mertebe ender dalgadan etkilenen PÇR'nin nodal deplasmanı (m).....	64
Şekil 4.9: 1. mertebe ender dalgadan etkilenen TKB'nun nodal deplasmanı (m).....	64
Şekil 4.10: 1. mertebe ender dalgadan etkilenen DGÇR'nin tepesinde oluşan tepki kuvvetlerinin tepki (N) - zaman (s) grafiği.	65
Şekil 4.11: 1. mertebe ender dalgadan etkilenen PÇR'nin tepesinde oluşan tepki kuvvetlerinin tepki (N) - zaman (s) grafiği.	65
Şekil 4.12: 1. mertebe ender dalgadan etkilenen TKB'nun tepesinde oluşan tepki kuvvetlerinin tepki (N) - zaman (s) grafiği.	66
Şekil 4.13: 5. mertebe ender dalgadan etkilenen DGÇR'nin nodal deplasmanı (m). 66	
Şekil 4.14: 5. mertebe ender dalgadan etkilenen PÇR'nin nodal deplasmanı (m).	67
Şekil 4.15: 5. mertebe ender dalgadan etkilenen TKB'nun nodal deplasmanı (m)....	67
Şekil 4.16: 5. mertebe ender dalgadan etkilenen DGÇR'nin tepesinde oluşan tepki kuvvetlerinin tepki (N) - zaman (s) grafiği.	68
Şekil 4.17: 5. mertebe ender dalgadan etkilenen PÇR'nin tepesinde oluşan tepki kuvvetlerinin tepki (N) - zaman (s) grafiği.	68
Şekil 4.18: 5. mertebe ender dalgadan etkilenen TKB'nun tepesinde oluşan tepki kuvvetlerinin tepki (N) - zaman (s) grafiği.	69

AÇIK DENİZ JACKET YAPILARDA VE RAYSERLERDE YENİ MATERYALLERİNİN KULLANIMININ DEĞERLENDİRİLMESİ

ÖZET

Deniz yapıları, karadaki yapılara kıyasla daha ağır çevresel şartlara maruz kalmaktadır. Buna bağlı olarak, deniz yapılarının analizi ve tasarımı zorlu olabilmektedir. Açık deniz jacketler, açık deniz petrol ve doğal gaz endüstrisinde ve açık deniz rüzgar endüstrisinde yaygın olarak kullanılan temel altyapılardandır. Ayrıca, rayserler açık deniz faaliyetlerinde jacketlerin önemli bileşenleridir. Açık deniz jacket yapıları ve rayserleri imal etmek için genellikle konvansiyonel çelik kullanılmaktadır. Konvansiyonel çeliğe elverişli bir alternatif bulma konusunda bir değerlendirme yapılması, yapının inşaat prosedürlerini basitleştirmek ve yorulma ömrünü ve buna bağlı olarak hizmet ömrünü artırma noktasında önemli olabilmektedir. Bu amaçla, jacket yapısı imalatı için yeni bir malzeme olan yüksek özgül mukavemetli çelik kullanılabilmesi düşünülmüştür. Ayrıca, termoplastik kompozit borular, çelik rayserlere önemli bir alternatif olarak görülmektedir. ANSYS programı kullanılarak üç ayaklı ve dört ayaklı jacket modelinin zaman tanım alanında dinamik analizi yapılmış ve bu yapılar sırasıyla açık deniz platformu ve açık deniz rüzgar türbini için altyapı olarak kullanılmıştır. Jacketlerin Basra Körfezi bölgesinde olduğu varsayılmıştır. Modellenen jacketlerin konvansiyonel çelik ve yüksek özgül mukavemetli çelik ile yapıldığı farz edilmiştir. Analiz için ender dalga yükü ve gemi çarpışma yükünün etkileri dahil edilmiştir. Ayrıca, konvansiyonel çelik ile yapılan bir doğal gaz çıkarma rayseri, petrol çıkarma rayseri ve yeni termoplastik kompozit materyal ile yapılan termoplastik kompozit boru üzerinde de bu analizler gerçekleştirilmiştir. Rayserlerin Kuzey Denizi'nde bulunan bir jacket tipi açık deniz platformunda yer aldığı varsayılmıştır. Bahsedilen rayserlere ender dalga yükü etki ettirilmiştir. Rayserlerin analizi için iki bilinen dalga teorisi, 1. ve 5. mertebe dalga teorileri, kullanılmıştır.

Üç ayaklı ve dört ayaklı jacket yapıları için, aksenal gerilmeler, maksimum deplasmanlar, maksimum tepki kuvvetleri ve maksimum yanal momentleri karşılaştırılarak, yüksek özgül mukavemetli çelik jacketlerin yapısal performansları konvansiyonel çelik jacketlere göre daha iyi olduğu saptanmıştır.

Deplasmanların ve tepki kuvvetlerinin karşılaştırılması sonucunda, doğal gaz çıkarma rayseri ve petrol çıkarma rayseri için 5. mertebe dalgasının, 1. mertebe dalgasına kıyasla deniz platformunda daha az reaksiyon kuvvetine sebep olduğu gözlenmiştir. Ek olarak, termoplastik kompozit borularda ender dalgadan oluşan tepki kuvvetlerinin doğal gaz çıkarma ve petrol çıkarma rayserlerinde oluşan tepki kuvvetlerine kıyasen daha düşük olduğu gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Açık deniz jacket, rayser, yüksek özgül mukavemetli çelik, termoplastik kompozit boru, ender dalga, destek gemi, ANSYS.



EVALUATION OF USING NEW MATERIALS IN OFFSHORE JACKET STRUCTURES AND RISERS

ABSTRACT

Generally, comparing the conditions faced by land-based structures, marine structures have to face more difficulties. As a matter of fact, the analysis and design of marine structures that are correspondent with the marine conditions, could be the most demanding and creative task. Offshore jackets are principal substructures widely used in offshore oil and gas industry and offshore wind industry. Furthermore, risers are significant constituents of jackets in offshore interventions. Conventional steel is usually used to make offshore jacket structures and risers. A careful evaluation in finding a favorable alternative to conventional steel could be really productive to simplify the construction procedures and to increase the fatigue life and consequently serviceability life of the entire structure. To this aim, as a new material, high-specific-strength steel has been considered for the manufacture of jacket structure. Moreover, thermoplastic composite pipes has been considered as a researchable alternative to steel risers. Through ANSYS software, dynamic analysis in the time domain has been executed on two assumed three-legged and four-legged jackets and these structures have been utilized respectively as a substructure for an offshore platform and wind turbine. The jackets have been assumed to be situated in the Persian Gulf region. It has been considered that the modeled jackets are made with conventional steel and high-specific-strength steel. The effects of freak wave load and vessel impact load have been included for the analysis. Furthermore, the time domain analysis has been performed on a gas export riser and oil export riser made with conventional steel and thermoplastic composite pipe made with new thermoplastic composite material. The risers have been assumed to be situated in a jacket type offshore platform located in the North Sea. The effect of freak wave load has been exerted on the mentioned risers. Two well-known wave theories which are the 1st and 5th order wave theories are utilized for the analysis of risers.

Regarding the three-legged and four legged jacket structures, with comparing axial stresses, maximum displacements, reaction forces and lateral moments of the structures, it has been shown that structural performances of the high-specific-strength steel jackets affected by the mentioned loads, are better in comparison to the conventional steel jackets.

Regarding the risers, with comparing the displacements and reaction forces of the mentioned risers, it has been shown that for gas export riser and oil export riser, the 5th order wave exerts less force on the offshore platform in comparison to the 1st order wave. In addition, thermoplastic composite pipe's reaction forces to freak wave has been demonstrated to be less than gas export and oil export risers.

Keywords: *Offshore jacket, riser, high-specific-strength steel, thermoplastic composite pipe, freak wave, supply vessel, ANSYS.*



1. GİRİŞ

1.1 Genel Bakış

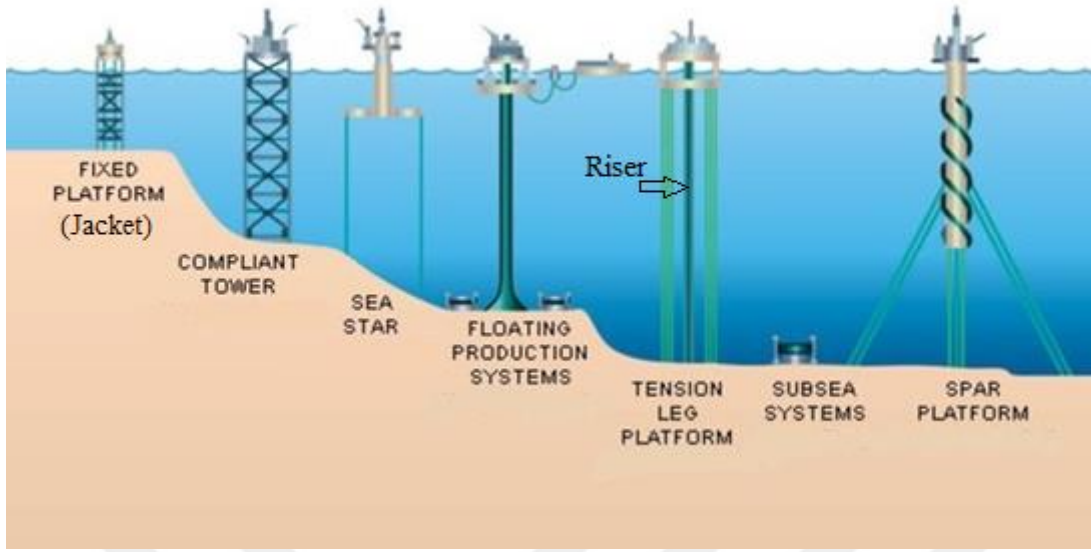
Açık deniz yapıları, kıyıdan uzakta ve deniz ortamında inşa edilen çelik, beton veya kompozit yapılardır. Yapı türüne bağlı olarak çeşitli amaçlar için kullanılmaktadır. Genel olarak, açık deniz endüstrilerindeki önemli açık deniz yapıları, petrol ve doğal gaz üretmek için açık deniz platformları (rayser/boru hattı sistemi ile) ve temiz elektrik enerjisi üretmek için açık deniz rüzgar türbinleridir (Dean, 2010).

1.1.1 Açık deniz platformlar ve rayserler

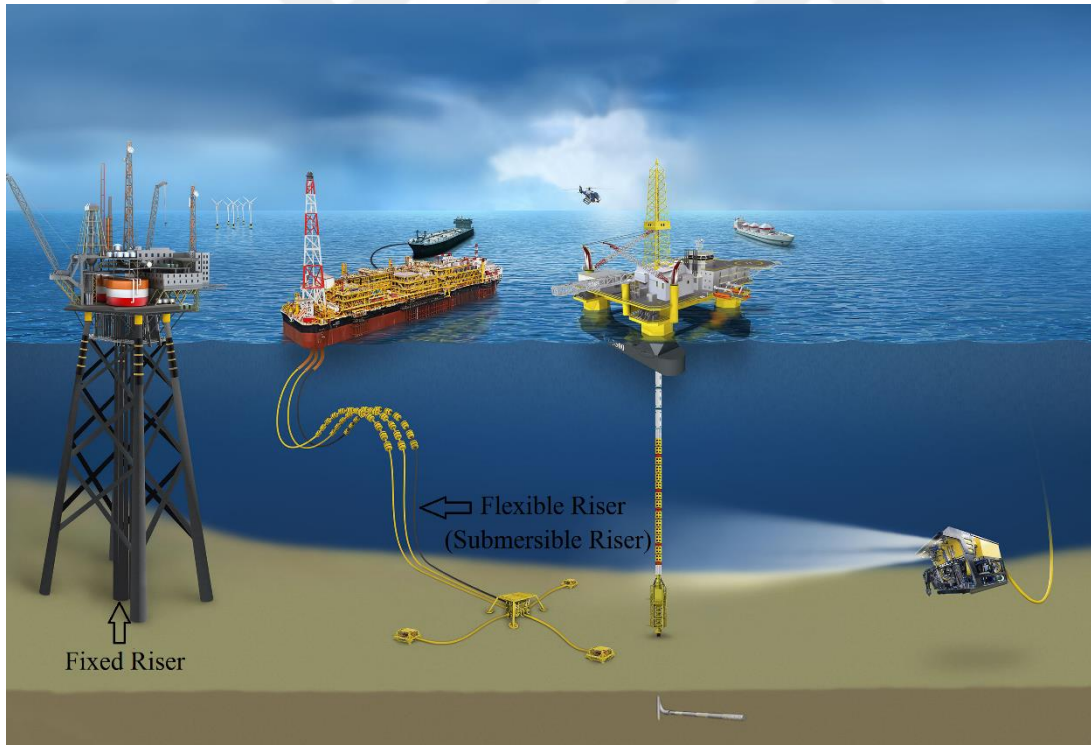
Açık Deniz (AD) platformlar, deniz tabanından gelen petrolün ve doğal gazın keşif ve çıkarılması için kullanılmaktadır. AD platformlar genellikle farklı çelik sınıflarından, yani yumuşak çelikten yüksek mukavemetli çelik sınıfına kadar, üretilmektedir. Bununla birlikte, bu yapılardan bazılarının yapılması için betonarme kullanılmaktadır. Çelik platformlar ile ilgili olarak, su derinliklerine (sığ, orta, derin), çevresel, operasyonel ve jeoteknik şartlara bağlı olarak bu yapılar yüzer veya deniz tabanına sabitlenmiş olabilmektedir. Genellikle 7 grupta sınıflandırılmaktadır (Şekil 1.1). Sabit jacket platformu, uyumlu kule (compliant tower), seastar platformu, yüzer üretim sistemleri (Floting Production Systems (FPS)), telle sabitlenen platformu (Tension Leg Platform (TLP)), denizaltı sistemleri (subsea systems) ve spar platformu (Reddy ve Swamidas, 2013; Sadeghi, 2007).

Sözü edilen platformlarda, çıkarılan doğal gaz ve petrol, deniz tabanındaki rezervuardan yüzey tesisine işlem için taşınmaktadır. Bu önemli görev, rayser adı verilen boruların vasıtasıyla gerçekleştirilmektedir (Pham ve diğ., 2015).

Rayserler genellikle çelikten veya kompozit materyalden yapılmaktadır. Çalışma gereksinimlerine bağlı olarak, rayserler sabit (fixed) veya esnek (flexible) statüsüne sahip olabilmektedir (Şekil 1.2).



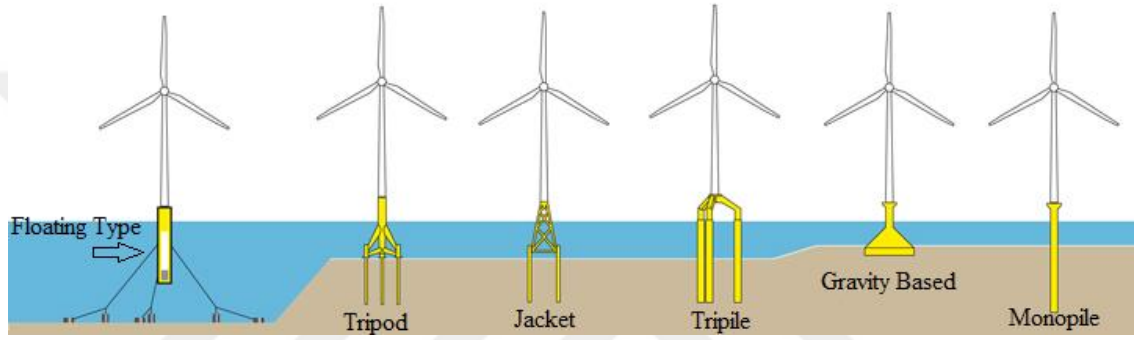
Şekil 1.1: Çeşitli AD platformlar (Url-1).



Şekil 1.2: Sabit ve esnek rayser sistemleri (Url-2).

1.1.2 Açık deniz rüzgar türbinleri

Rüzgar enerjisinden elektrik üretebilmek için, AD rüzgar türbinleri kullanılmaktadır. Bir deniz rüzgar türbininde kule ve çelik altyapısı, rüzgar türbinin iki temel parçalarıdır. Rüzgar türbini için, deniz derinliğine ve deniz tabanının durumuna göre, tekil kazık (monopile), yerçekimi esaslı (gravity based), tripile, jacket, tripod ve yüzer (floating) tipte 6 tür altyapı olarak (Bkz. Şekil 1.3) kullanabilmektedir (Chen ve diğ., 2016).



Şekil 1.3: Rüzgar türbinlerinde mevcut altyapılar (Ur1-3).

1.2 Tezin Amacı ve Kapsamı

Sözü edilen noktalara göre, sabit-tip AD jacketler hem AD petrol ve doğal gaz endüstrisinde, hem de AD rüzgar endüstrisinde altyapı olarak kullanılan ve tanınmış yapılardır (Şekil 1.4). Bu nedenle, bu araştırmada, AD jacket yapılar ve bu yapıların önemli bileşenleri yani rayserler dikkate alınmıştır. Bu amaçla, bu araştırmanın içeriği 5 bölümden oluşmaktadır.



Şekil 1.4: AD endüstrilerinde altyapı olarak sabit AD jacketler (Url-4).

AD platformlarında, sabit jacketler petrol ve doğal gaz endüstrisinde yaygın olarak kullanılan temel altyapılardır. Bu temel yapının oluşturulmasında konvansiyonel çelik materyale avantajlı bir alternatif bulmak için, doğru bir düşünce çok etkili olabilmektedir. Bu nedenle, bu çalışmanın odak noktası, bahsedilen deniz yapılarının inşaat prosedürlerini basitleştirmek ve hizmet ömrünü arttırmaktır. Bu amaçla, 2. Bölümde, düşük maliyetli yeni bir materyal olarak, yüksek özgül mukavemetli çelik (Kim ve diğ., 2015) düşünülmüştür. ANSYS programını (Url-5) kullanarak, Basra Körfezi bölgesinde bulunan iki farz edilmiş üç ayaklı jacketin üzerinde transient dinamik analizi (zaman tanım alanında dinamik analizi) uygulanmıştır. Modellenmiş jacketlerin konvansiyonel çelikten ve Yüksek Özgül Mukavemetli (YÖM) çelik materyalden yapıldığı varsayılmıştır. Yapısal analiz için bir ender (freak) dalga yükü (aşırı büyük dalga veya Rogue dalgası olarak da bilinir) (Hu ve diğ., 2015) ve bir destek gemi çarpışma yükü etkilenmiştir. Sözü geçen yüklerin etkisinde, YÖM çelik jacketin yapısal performanslarının konvansiyonel çelik jacket ile karşılaştırıldığında daha iyi olduğu ispat edilmiştir.

AD rüzgar türbininde, jacket tipi altyapılarının AD rüzgar endüstrilerinde büyük oranda kullanıldığını dikkat edilmelidir. Bu durumda da, konvansiyonel çelik materyale elverişli bir alternatif bulma konusunda dikkatli bir değerlendirme, bu

önemli yapının geliştirilmesinde gerçekten verimli olabilmektedir. Bu amaçla, Bölüm 3'te, ANSYS programı ile, zaman tanım alanında analizi, Basra Körfezi'ndeki iki tane dört ayaklı jacket üzerinde gerçekleştirilmiştir. Modellenmiş jacketlerin konvansiyonel çelikten ve YÖM çelikten imal edildiği varsayılmıştır. Analiz için ender dalga yükü ve çapa tutma çekici (Anchor Handling Tug Supply (AHTS)) geminin çarpışma yükünün etkileri dahil edilmiştir. Belirtilen yüklerden etkilenen dört ayaklı YÖM çelik jacketin yapısal performansları konvansiyonel çelik jackete göre daha iyi olduğu ispat edilmiştir.

Bölüm 1.1.1'de belirtildiği gibi, rayserler sabit jacketlerde kullanılan değerli bileşenlerdir. Konvansiyonel çelik rayserler, bir AD platformun güvertesini çevresel yüklerin etkisinde, ağırlığından dolayı, yorulma ve hizmet ömrünü etkilemektedir. Kritik çevresel koşullardaki rayserlerin davranışlarının incelenmesi efektif ekonomik alternatifleri bulmak için yardımcı olabilmektedir. Amaç, yapının hizmet ömrünü arttırmaktır. Bu amaçla, Bölüm 4'te, konvansiyonel bir Doğal Gaz Çıkarma Rayseri (DGÇR), Petrol Çıkarma Rayseri (PÇR) ve Ayrıca, AD uygulamalarında yeni termoplastik kompozit materyal ile yapılan bir Termoplastik Kompozit Boru (TKB) Kuzey Denizi'nde bulunan AD jacket için rayser olarak varsayılmaktadır. Kritik durumu simüle etmek için ender dalganın etkisi farz edilmiştir. ANSYS programını kullanarak sonlu elemanlar yöntemi ile zaman tanım alanında dinamik analizle sözü geçen rayserlere 100 yıllık dönüş periyodu olan bir ender dalga uygulanmıştır. Doğru bir analiz için, iki iyi bilinen dalga teorileri yani 1. ve 5. mertebe dalga teorileri (Skjelbreia ve Hendrickson, 1960; Dean ve Darymple, 1991) kullanılmıştır. Daha sonra, rayserlerin deplasmanları ve özellikle tepki kuvvetleri karşılaştırılmıştır. DGÇR ve PÇR için, 5. mertebe dalgası, 1. mertebe dalgasına göre AD jacketin güvertesinde daha az kuvvet uyguladığını göstermektedir. Ayrıca, TKB'nun ender dalgaya tepkisi, doğal gaz çıkarma ve petrol çıkarma rayserlerine göre, güverte yapısında asgari bir etkiye sahiptir.

Son olarak, Bölüm 5'de, AD jacket yapılar ve rayserler için yeni materyallerin kullanılması ile ilgili öneriler içeren özet bir sonuç sunulmaktadır.



2. ENERJİ DALGA VE GEMİ ÇARPIŞMA YÜKLERİ İLE YÜKSEK ÖZGÜL MUKAVEMETLİ ÇELİK JACKETİN TRANSİENT DİNAMİK ANALİZİ

2.1 Giriş

Sabit AD jacketler, petrol ve doğal gaz endüstrisinde büyük oranda kullanılan deniz platformlarının ana yapılarıdır.

Sabit bir jacket platformu genellikle Meksika Körfezi, Basra Körfezi, ABD California Eyaleti ve Nijerya gibi açık deniz bölgelerinde yerleştirilmektedir ve yapılar çelikten yapılmaktadır (Sadeghi, 2007). Bu yapılar genellikle çakma çelik boru kazıklarla (driven steel pipe piles) deniz tabanına sabitlenmektedir. Sabit jacket platformu iki ana bileşenden oluşmaktadır. Bu bileşenler jacket ve güverte (deck) (Şekil 2.1). Sabit jacket platformları genellikle 30 ila 200 m su derinliğinde bulunmaktadır (Ghassemi zadeh ve diğ., 2015).



Şekil 2.1: Sabit bir jacket platformu (Faseela ve Jayalekshmi, 2015).

Buna ek olarak, AD rüzgar endüstrisinde, jacketler AD rüzgar türbinleri için bir altyapı olarak kullanılmaktadır (Kolios ve diğ., 2016). Genellikle, geleneksel AD jacketleri çelik boru kesitlerden ve dört ayaktan oluşmaktadır. Bununla birlikte, üç ayaklı jacketler AD endüstrisinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Chew ve diğ., 2014). Üç ayaklı ve dört ayaklı jacketler Şekil 2.2'de gösterilmektedir.



Şekil 2.2: Üç ayaklı ve dört ayaklı AD jacket altyapılarının örneği (Van Gerven, 2011).

2.1.1 Ender dalga yükü

Denizdeki jacketler her zaman deniz dalgaları, deniz akıntıları ve rüzgar gibi karmaşık çevresel yüklere maruz kalmaktadır. Amerikan Petrol Enstitüsüne (American Petroleum Institute (API)) göre (API, 2000), deniz dalgaları, AD yapıları etkileyen en önemli çevresel yüklerdir. Dalga-yapı etkileşiminin araştırılmasında, kritik (fırtına durumu) çevresel koşullarının önemi nedeniyle, aşırı dalga kuvvetlerinin araştırılması, jacketin yorulma performansını belirlemek için ciddi bir konudur (Kazemi Daliri ve Naimi, 2016). Nitekim, son yıllarda aşırı dalgalara maruz kalan deniz yapılarının değerlendirilmesi için çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Örneğin, Van Raaija ve Gudmestad (2007), Hezarjaribi ve diğ. (2013) ve Kim ve Lee (2015) gibi çalışmalar. Aşırı dalgalar tarafından etkilenen yapıların değerlendirilmesinin asıl amacı (sıvı-yapı etkileşiminin bir kısmı olarak), kritik yüklemeye direnebileceklerini sağlamak ve

yapısal yorulmayı ve sonuçta deniz yapılarının hizmet ömrünü belirlemektir (Dastan Diznab ve diğ., 2014). Aşırı dalgaların arasında, ender dalga (freak veya Rogue dalgası olarak da bilinmektedir) aşırı dalga enerjisine sahip aşırı dalganın geçici bir halidir. Ender dalgalar genellikle beklenmeyen bir şekilde ortaya çıkabilmektedir ve bir işaret olmadan kaybolabilmektedir. Bu dalgalar katlanarak büyümeye meyillidir ve bu nedenle çok yüksek genliklere (amplitudes) kadar yükselme olasılığına sahiptir (Akhmadiev ve diğ., 2009; Akhmadiev ve diğ., 2013). Ender dalgalar, deniz yapılarında ve gemilerde ciddi hasarların oluşmasına sebep olmaktadır (Deng ve diğ., 2016).

Böyle şaşırtıcı derecede büyük dalgalar için çeşitli ifadeler kullanılmaktadır. Ancak, daha yaygın ifadelerden biri ender dalganın genlik standardıdır. Bu ifade, ender dalgaların genlikleri, belirgin dalga yüksekliğinin en az iki katıdır. (belirgin dalga yüksekliği (significant wave height) dalgaların en yüksek üçte birinin yüksekliğidir). Ender dalgasını tanımlamak için yaygın olarak kullanılan formül Anormallik İndeksine (AI) göre aşağıdaki gibi sunulmuştur:

$$AI = \frac{H}{H_s} \quad (2.1)$$

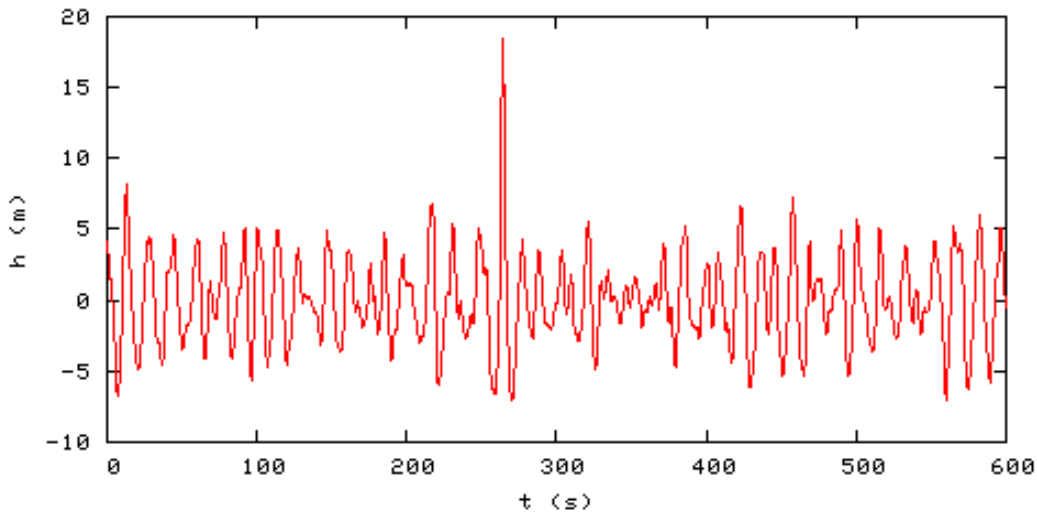
Burada H dalga yüksekliğidir ve H_s belirgin dalga yüksekliğidir. AI 2'den büyükse dalga bir ender dalga olarak kabul edilecektir. Ayrıca, ender dalgalar genellikle denizde 10 m'nin üzerinde bir dalga yüksekliğine ulaşabilmektedir (Sergeeva ve Slunyaev, 2013, Lin, 2008).

Ender dalga teorisi için bir başka yaygın ifade de mevcuttur. Bu ifade, çeşitli frekanslara ve yayılma doğrultularına sahip çok sayıda monokromatik dalgalarının rastgele bir toplamını dikkate almaktadır. Bu model, dalga yüksekliklerinin aşağıdaki gibi Rayleigh olasılık dağılımına neden olmaktadır:

$$f_{Rayleigh}(2H) = \frac{2H}{4\sigma^2} \exp\left(-\frac{(2H)^2}{8\sigma^2}\right) \quad (2.2)$$

Denklem 2.2'de, 2H dalga yüksekliği ve σ^2 , yüzey yükselmesinin varyansıdır. Genellikle normal dalgalara göre, ender dalgaların $2H \geq 8,8\sigma$ dalga yüksekliğine sahip olduklarını varsaymaktadır (Ying ve Kaplan, 2012).

Ender dalgaların oluşmasında belirgin bir sebep yoktur. Bununla birlikte, kuvvetli rüzgarlar ve güçlü akıntılar gibi fiziksel faktörlerin kombine edilebilir dalgalara neden olduğu durumlarda, ender dalganın (tek bir olağandışı büyük dalga olarak) meydana gelmesine sebep olmaktadır (Rogue wave, 2009). Eskiden ender dalgalarının varlığı delil yetersizliğinden dolayı sorgulanmıştı, ancak bilimsel varlığı Draupner dalgasının değerlendirilmesi ile teyit edildi. 1 Ocak 1995'te Kuzey Denizi'ndeki Draupner platformuna çarpıcı bir dalga çarpmıştır ve platformda hafif hasarlar oluşmuştur (Adcock ve diğ., 2011). Draupner dalganın maksimum yüksekliği (25,6 m), Şekil 2.3'te ender dalgaların yoğunluğu hakkında bir fikir vermek amacıyla gösterilmektedir.



Şekil 2.3: Draupner dalganın yükseklikleri (Url-6).

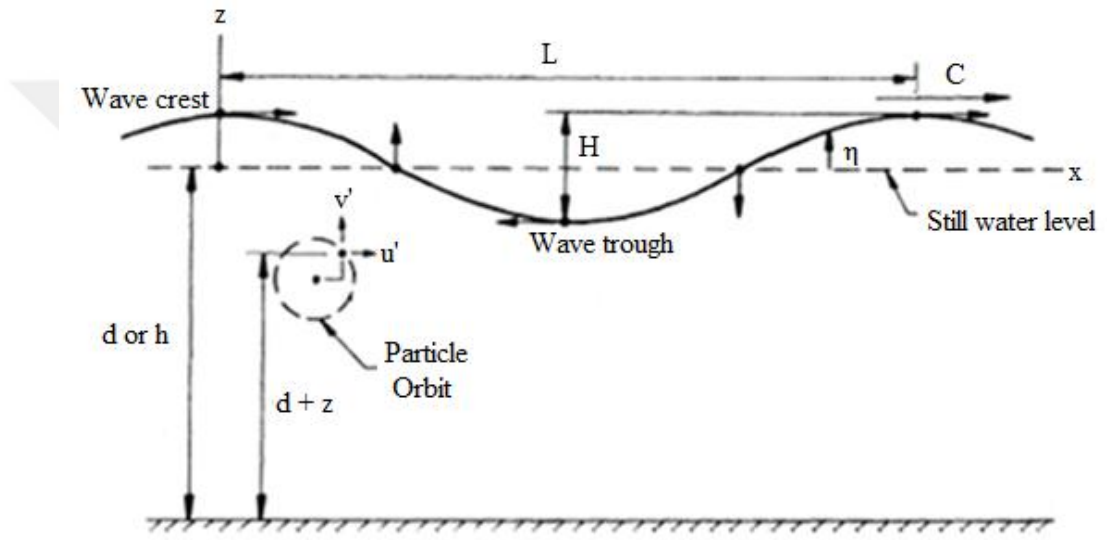
Şu anda, ender dalgaların risklerinden etkilenen AD yapıların güvenliği konusunda genel bir anlaşma söz konusudur. Bu nedenle, deniz yapıları ile ilgili bu tür dalgaların göz önüne alınması, analiz ve tasarım optimizasyonu için gerçekten verimli olabilmektedir.

Dalga yüklerinin incelenmesi uzun bir geçmişe sahip olduğuna dikkat edilmelidir. Ancak, AD yapılarında dalga kuvvetlerini hesaplamak için çeşitli araştırmalar yapılmış olsa bile, maalesef genel uyum sağlayan bir hesaplama sistemi henüz sağlanmamıştır. Dalgaların incelenmesinde farklı teoriler tanıtılmıştır, ancak genellikle dalgalar iki sınıflı olarak yani doğrusal ve doğrusal olmayan sınıflara ayrılmıştır (Arena ve Soares, 2009).

2.1.2 Doğrusal dalga teorisi

Doğrusal dalga teorisi (Airy 1. mertebe dalga teorisi ya da sinüzoidal dalga teorisi olarak da bilinmektedir) hakkında, en belirgin dalga teorilerinden biridir (Dean ve Darymple, 1991; Johnson, 1998). Çünkü, dalgaların muhtemel spektral tanımının temelini oluşturmaktadır (Benaroya ve diğ., 2005).

Teori, iki boyutlu ideal akışkan akış kavramlarını kullanarak ortaya çıkmıştır. Sinüzoidal Airy dalga teorisini daha iyi anlamak için, ilerleyen bir sinüzoidal dalga Şekil 2.4'de gösterilmiştir.



Şekil 2.4: İlerleyen sinüzoidal dalga tanımı (Sorensen, 2006).

Şekil 2.4'de L , dalga boyudur, H dalga yüksekliğidir, d veya h suyun derinliğidir. Ayrıca, x ve z koordinat sistemini göstermektedir.

Dalga çukurunda (wave trough), tepesinde (crest) ve durgun su seviyesindeki (still water level) oklar, su partikülünün yüzeydeki yönelimlerini (saat yönünde veya saatin tersi yönünde) göstermektedir.

Su partikülünün yatay ve dikey hızı (her an) sırasıyla u' ve v'' 'dir. Su partikülü, deniz tabanının $d - (-z)$ (veya $d + z$) mesafesinde yer almaktadır. Dalga yüzey yükselmesi (η), x ve t 'nin (zaman) bir fonksiyonudur ve aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır:

$$\eta = \frac{H}{2} \cos 2\pi \left(\frac{x}{L} - \frac{t}{T} \right) \quad (2.3)$$

C dalganın x yönündeki hızıdır. Hız aşağıdaki gibi bir periyotta (T) bir mesafeden (bu durumda, mesafe aslında bir dalga boyu veya L'dir) geçen bir dalganın temel alınarak hesaplanmaktadır:

$$C = \frac{gT}{2\pi} \tanh\left(\frac{2\pi d}{L}\right) \quad (2.4)$$

Burada g yerçekiminin ivmesidir ($9,81 \text{ m/s}^2$) ve $\pi=3,14$ 'tür. Dalga teorileri ile ilgili, birçok kaynakların Denklem 2.4'ü daha küçültülmüş bir biçimde sunması için dalga sayısını ($k=2\pi/L$) ve dalga frekansını ($\omega = 2\pi/T$) kullanarak aşağıdaki gibi sunmaktadır:

$$\omega^2 = gk \tanh(kd) \quad (2.5)$$

Denklem 2.5, dağılma ilişkisi olarak bilinmektedir (Reeve ve diğ., 2004; Sorensen, 2006). Bu Denklem çoğunlukla dalga kinematığı hesaplamak için kullanılmaktadır. AD yapılarında dalga kuvvetlerini tanımlamak için dalga kinematığı (su partikül hızı ve ivmesi) gereklidir. Bu amaca yönelik olarak, yatay ve dikey dalga kinematığı hız ve ivme denklemleri ile hesaplanmaktadır (Chandrasekaran ve Jain, 2016). Yatay dalga kinematığı (yatay hız (u') ve ivme (u'')) için aşağıdaki Denklemler mevcuttur:

$$u'(x, t) = \frac{\omega H \cosh(ky)}{2 \sinh(kd)} \cos(kx - \omega t) \quad (2.6)$$

$$u''(x, t) = \frac{\omega^2 H \cosh(ky)}{2 \sinh(kd)} \sin(kx - \omega t) \quad (2.7)$$

Dikey dalga kinematığı (Dikey hız (v') ve ivme (v'')) için aşağıdaki Denklemler mevcuttur:

$$v'(x, t) = \frac{\omega H \sinh(ky)}{2 \sinh(kd)} \sin(kx - \omega t) \quad (2.8)$$

$$v''(x, t) = -\frac{\omega^2 H \sinh(ky)}{2 \sinh(kd)} \cos(kx - \omega t) \quad (2.9)$$

1. mertebe dalga teorisi çeşitli su derinliklerinde modellenmektedir (Le Roux, 2007 ve Le Roux, 2008).

1. mertebe dalga Denklemleri ve kavramları hakkında ek ayrıntılar, Dean ve Darymple (1991), Sorensen (2006) ve Chandrasekaran ve Jain (2016)'da mevcuttur.

2.1.3 Doğrusal olmayan dalga teorisi

Çeşitli derinlikler için yaygın olarak kullanılan doğrusal olmayan dalgalar teorileri Stokes, Cnoidal ve Solitary'dir (Le Mehaute ve Hanes, 2005). Doğrusal olmayan dalgaların arasında, Stokes dalga teorisi orta ve derin su derinliklerinde dalgaların büyük bir pratik kullanımı için geliştirilmiştir. Stokes teorisinin 5. mertebesi gerçekçi dalga profillerini zamanla tahmin etmesini başarmıştır (Skjelbreia ve Hendrickson, 1960). 5. mertebe Stokes dalgası halen çok daha yüksek bir doğrusal olmayan dalga çözümüdür ve dalga problemi için dikkate değer bir analitik anlayış ve çözüm sunmaktadır. 5. mertebe dalga teorisi, deniz yapılarında dalga yüklerini belirlemek için tasarım sürecinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Patel, 1989).

Sadece periyodik dalgayı tanımlamasına rağmen, eğer uygun dalga periyodu ve yüksekliği tanımlanırsa, aşırı dalga tepesini doğru olarak tahmin edebilmektedir (Teng ve Ning, 2009).

5. mertebe Stokes dalgası için, yatay ve dikey dalga kinematikleri daha gelişmiş formüllerle hesaplanmaktadır. Yatay dalga kinematiği için aşağıdaki Denklemler kullanılmaktadır:

$$u'(x, t) = \frac{\omega}{k} \sum_{n=1}^5 G_n \frac{\cosh(nky)}{\sinh(nkd)} \cos[n(kx - \omega t)] \quad (2.10)$$

$$u''(X, t) = \frac{kc_s^2}{2} \sum_{n=1}^5 R_n \sin n(kx - \omega t) \quad (2.11)$$

Dalga hızı (c_s) bu şekilde verilmektedir:

$$c_s = \left[\frac{g}{k} (1 + a^2 c_1 + a^4 c_2) \tanh(kd) \right]^{1/2} \quad (2.12)$$

$$c_1 = \frac{(8c^4 - 8c^2 + 9)}{8s^4} \quad (2.13)$$

$$c_2 = \frac{(3840c^{12} - 4096c^{10} + 2592c^8 - 1008c^6 + 5944c^4 - 1830c^2 + 147)}{512s^{10}(6c^2 - 1)} \quad (2.14)$$

Dikey dalga kinematiği için aşağıdaki Denklemler kullanılmaktadır:

$$v'(x, t) = \frac{\omega}{k} \sum_{n=1}^5 G_n \frac{\sinh(nky)}{\sinh(nkd)} \sin[n(kx - \omega t)] \quad (2.15)$$

$$v''(X, t) = \frac{-kc_s^2}{2} \sum_{n=1}^5 S_n \cos n(kx - \omega t) \quad (2.16)$$

Bahsedilen yatay ve dikey dalga kinematik Denklemlerinde, hız parametresinin (G_n) ve hızlanma katsayılarının (R_n ve S_n) hesaplanması ile ilgili ayrıntılı bilgiler Chandrasekaran ve Jain'de (2016) mevcuttur.

Dahası, Stokes dalga teorisi hakkında ek bilgi Skjelbreia ve Hendrickson (1960) ve Sorensen'de (2006) mevcuttur.

2.1.4 Gemi çarpışma yükü

Daha önce bahsedildiği gibi, jacketler karmaşık çevresel kuvvetlerine maruz kalmaktadır (Bkz. Bölüm 2.1.1). Üstelik, jacketler kazayla oluşan çarpışmalara maruz kalmaktadır. Bu kazayla oluşan eylemler, jacketlerin etrafında faaliyet gösteren destek gemilerinden kaynaklanmaktadır. Jacket güvenliği açısından en büyük risklerden biridir (Şekil 2.5). Etki sırasında, geminin kinetik enerjisi maruz kalmış yapıyı etkilemektedir. Çarpışma değerlendirmesi için belirtilen enerji miktarı hakkında, bu miktar etki hızı ve gemi boyutundan kaynaklanmaktadır. Halen, destek gemileri ile ilgili çarpışma durumları, 5000 ton'a kadar olan gemilerin birimleri ve ayrıca 0,5 m/s ile 2 m/s arasında değişen çarpışma hızları için öngörülmektedir (Travanca ve Hao, 2015). Bu tür çarpışmalar büyük bir yapısal hasar yaratarak ve jacketin yük taşıma kapasitesini azaltarak tüm yapının bütünlüğünü etkilemektedir (Li ve diğ., 2013). Bu amaca yönelik olarak, mevcut araştırmada, ender dalga yükü ve gemi çarpışma yüküne maruz kalan bir jacket yapısı incelenmiştir.



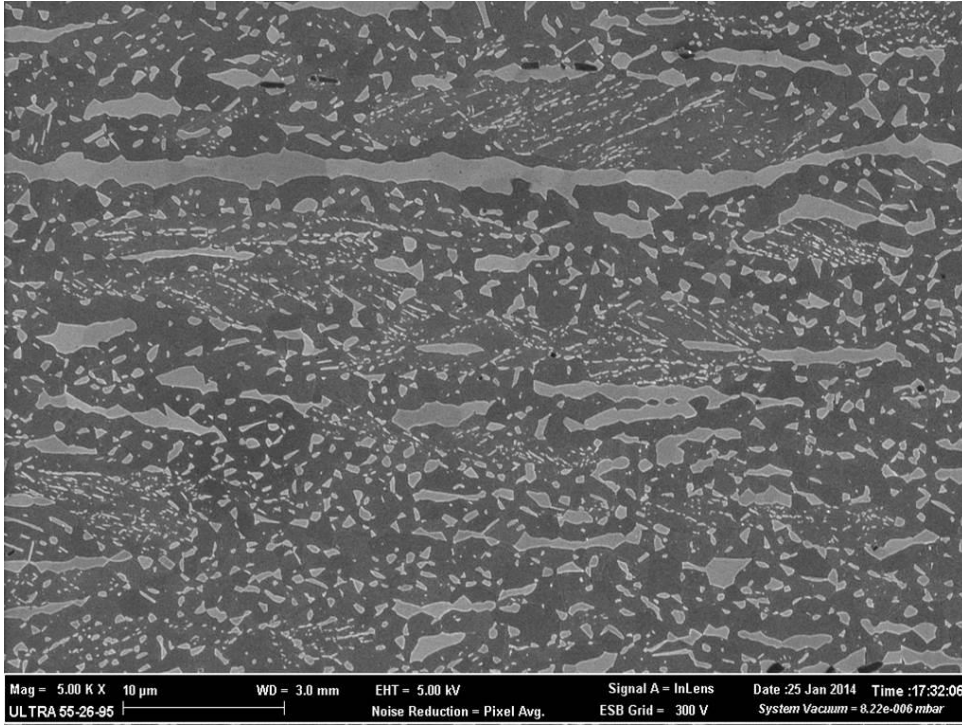
Şekil 2.5: AD jacket platformunun çevresinde çalışan destek gemi için bir örnek (Url-7).

2.1.5 Yüksek özgül mukavemetli çelik

Daha önce belirtildiği gibi, jacketler AD petrol ve doğal gaz ve AD rüzgar sektöründe, önemli bir rol oynamaktadır. Çelik materyal özelliklerini (mukavemet, ağırlık ve korozyon direnci gibi) dikkatle düşünülmesi, yapısal analiz ve tasarımın optimizasyonunda gerçekten etkili olabilmektedir. Bu amaçla, zamanla yapılarda konvansiyonel çeliğe alternatif olarak Fryett (2004), Tao ve diğ. (2004) ve Zhou ve diğ. (2015) gibi değişik çalışmalar yapılmıştır.

Son zamanlarda, Güney Kore'de Pohang Bilim ve Teknoloji Üniversitesi'nden materyal bilim insanlarının bir ekibi, konvansiyonel çeliklere göre esneklik, yüksek mukavemet, hafiflik ve iyi korozyon direnci ile yeni bir düşük maliyetli çelik türü (maliyetin onda biri) üretmek için bir yöntem keşfettiler. Bu yeni çelik, Yüksek Özgül Mukavemetli (YÖM) çelik olarak adlandırıldı. Araştırmacılar, ısıtım sırasında ve bileşenlerin doğru bir şekilde harmanlanması yoluyla yeni mikro yapı şekilleri oluşturmak için denediler. Aslında, karbon, demir, alüminyum ve manganezin karışımını kullandılar ve daha sonra az miktarda nikel eklediler. Alüminyum ile

birlikte reaksiyona giren nikel, B2 adlı kristal yapıları yaratmaya başladı. Şekil 2.6'da gösterildiği gibi, ısıtılma işlemi boyunca çelik taneler arasında nanometre boyutlu B2 kristalleri oluştu. Kristallerin metal arasında eşit olarak yayılmasını sağlamak için, numuneler bir Taramalı Elektron Mikroskop (TEM) altında incelendi. B2 kristalleri kesme kuvvetine dirençlidir, bu nedenle bu tür çelik için belirgin bir şekilde güçlü olması beklenmektedir. Bu nedenle B2 kristalleri, çelikleri takviye ederek, ancak süneklik özelliğini muhafaza etmektedir. YÖM çelik üreticileri, endüstrilerin bu yeni çeliğin cazip özelliklerinden farklı alanlarda (yapısal uygulamalar gibi) yararlanabileceğini iddia etmektedir (Kim ve diğ., 2015; Pool, 2015; Herkewitz, 2015).



Şekil 2.6: TEM testi, alüminyum çelik alaşımına (koyu gri) yayılmış B2 kristallerini (açık gri) göstermektedir (Herkewitz, 2015).

2.1.6 Bölümün içeriği

Bu çalışmada, yeni bir materyal olarak YÖM çelikten ve konvansiyonel çelikten yapılmış iki jacket yapının modellenmesi için, ANSYS programı kullanılmıştır. Yeni YÖM çelik jectette, boru şeklindeki elemanlardaki Girdap Kaynaklı Titreşim (GKT)'lerine neden olacak akışkan kuvvet dalgalanmasının etkisini azaltmak amacıyla elemanların çapları (Diameter (D)) düşürülmüştür. GKT'ler, silindirik elemanlardaki

yorgunluk hasarının ana nedenidir. Oluşturulan GKT'ler silindirik elemanın çapından etkilenmektedir (Wang ve diğ., 2015). Bu nedenle, GKT'lerin azaltılmasında, çaptaki herhangi bir azaltma etkili olabilmektedir.

Buna ek olarak, Çapların azaltılmasıyla toplam yapısal ağırlık azaltılmaktadır. Deniz faaliyetlerinde yapısal ağırlığı azaltarak, AD jacket yapısının inşaatını tamamlama ile ilgili (jacketin imalatından sonra) tüm operasyonel prosedürler daha basit hale gelmektedir. Operasyonel prosedürler, bir imalat alanından bir mavnaya üzerine yükleme aşamasını (Şekil 2.7), jacketin denizdeki belirlenen montaj alanına taşınmasını (Şekil 2.8), daha sonra suya indirmesini (Şekil 2.9) ve nihayet jacketin montaj aşamasını içermektedir (Şekil 2.10). Montaj aşaması, jacketi dik duruma getirip ve sabitlemektir. (Patel, 1989).



Şekil 2.7: Bir AD jacketin yükleme aşaması (Url-8).



Şekil 2.8: Bir AD jacketin taşıma aşaması (Url-9).



Şekil 2.9: Bir AD jacketin suya indirme aşaması (Url-10).

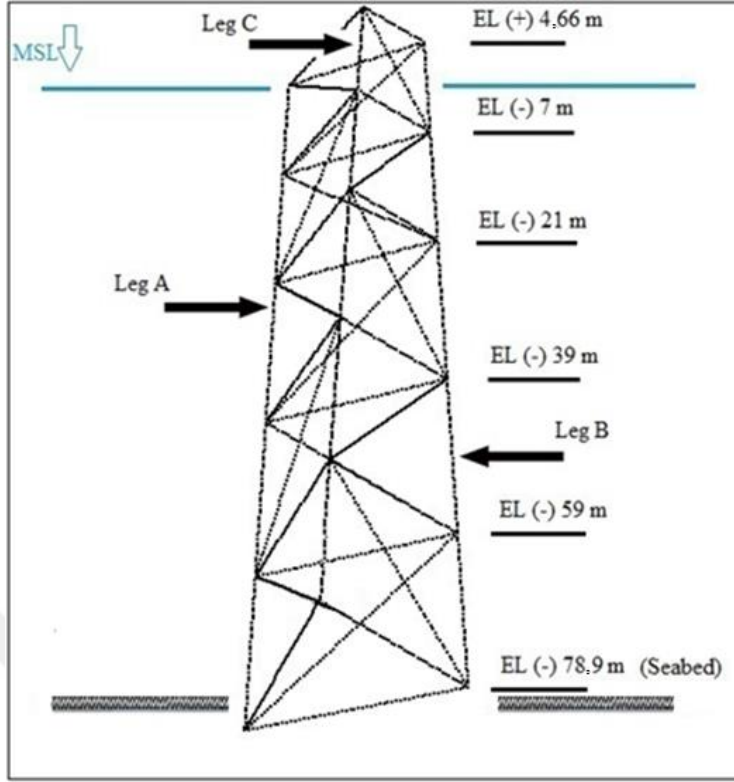


Şekil 2.10: Bir AD jacketin montaj aşaması (Url-11).

Deniz dalgalarının ve çarpışma yüklerinin dinamik özelliklerine göre, bu araştırmada konvansiyonel çelik jacket ve YÖM çelik jacketin yapısal performansları karşılaştırmak için transient dinamik analizi uygulanmıştır. Jacketlerin ender dalga ve gemi çarpışma yükünden etkilendikleri varsayılmaktadır. Bu amaçla, Bölüm 2.2'de, belirtilen jacketlerin yapısal ve yük detayları açıklanmaktadır. Ayrıca, Bölüm 2.3'te konvansiyonel çelik jacket ve YÖM çelik jacketin transient dinamik analizi, yapıların aksenal gerilmeler, maksimum deplasmanlar, maksimum tepki kuvvetleri (MTK'leri) ve maksimum yanal momentleri (MYM'leri) karşılaştırmak ve değerlendirmek için, gerçekleştirilmektedir. Son olarak, Bölüm 2.4'te, sonuçlar sunulmaktadır.

2.2 Yapısal ve Yük Özellikler

Çelik yapı olarak, analiz için bir üç ayaklı AD jacket varsayılmaktadır. Bu yapının, Basra Körfezin bölgesinde bulunan deniz platformu için bir altyapı olarak kullanılması düşünülmektedir. Şekil 2.11'de gösterildiği gibi, deniz suyunun derinliği 78,90 m. Jacket, deniz tabanından Ortalama Deniz Seviyesi (Mean Sea Level (MSL))'nin 4,66 m yüksekliğine kadar, dik olarak yerleştirilmektedir. Yapı için altı Yükseklik (Elevation (EL)) düşünülmektedir.



Şekil 2.11: Jacketin yükseklikleri.

Daha önce belirtildiği gibi, AD jacketleri boru şekilli elemanlardan yapılmaktadır. Konvansiyonel çelik (Sadeghi, 2007) ve YÖM çeliğinin (Kim ve diğ., 2015) özelliklerine göre (Bkz. Çizelge 2.1), program modellemesinde varsayılan elemanların çapları, Çizelge 2.2'de, jacket ayakları, yatay ve çapraz elemanları için sunulmuştur. YÖM çelik jackette, elemanların çapları konvansiyonel çelik jacket elemanlar ile kıyaslandığında yaklaşık %17'ye kadar düşürülmüştür. Sonuç olarak, toplam yapısal ağırlık 384,79 ton'dan 276,28 ton'a (YÖM çelik jacket için) düşürülmüştür. Bu, yapısal ağırlığın %28,19'unun azaltıldığı anlamına gelmektedir.

Çizelge 2.1: Çelik boru elemanları için materyal özellikleri.

Materyal Özellikleri	Konvansiyonel Çelik	YÖM Çelik
Yoğunluk (kg/m ³)	7850	6820
Young Modülü (GPa)	203	120
Poisson Oranı	0,30	0,30

Çizelge 2.2: Boru elemanların çapları.

Materyal Türü	Jacketin Ayağı (inç)	Yatay Eleman (inç)	Çapraz Eleman (inç)
Konvansiyonel Çelik	48	36, 28, 24	28, 24, 20
YÖM Çelik	40	30, 22, 20	22, 20, 18

2.2.1 Ender dalga yükünün spesifikasyonu

Daha önce de belirtildiği gibi, deniz yapılarının analizi ve tasarımı için aşırı yükleme koşullarının öneminden dolayı, transient dinamik analizi için, Basra Körfezi bölgesinin metocean tasarım kriterlerine göre aşırı deniz dalganın spesifikasyonu çıkarılmıştır (Metocean Design Criteria, 2008). Bahsedilen jacketi etkileyen, 100 yıllık dönüş periyodu ile bir ender dalganın etkileri kabul edilmektedir. Dalga yüksekliği (H) 12,20 m ve dalga periyodu (T) 11 s'dir. Ayrıca, Stokes 5. mertebe dalga teorisi, ender dalga kinematığı dikkatlice tanımlamak için ANSYS programında kullanılmaktadır (Yang ve ark., 2015). Dalga kinematığı, genellikle bir yapı üzerindeki dalga yüklerini tanımlamak için tasarım sürecinde gereklidir.

AD yapılarında aşırı dalga kuvvetlerin etkileri araştırmacılar tarafından, özellikle boru elemanları için, çok sık incelenmiştir. Üstelik, dalga kaynaklı kuvveti, dikey bir elemanda birim uzunluğunda yatay bir kuvvet olarak, hesaplamak için incelenmiştir. Dalga kuvvetlerini hesaplamak için farklı yöntemler vardır. En yaygın yöntem Morison Denklemi ve Difraksiyon teorisidir. Dalgalar tarafından boru kesitlerine uygulanan kuvvetin hesaplanması, L/D oranına (dalga boyu/elemanın çapı) bağlıdır. Bu oran 5'i aştığında (Moe, 1998) eleman, gelen dalgayı önemli ölçüde değiştirmez ve Morison Denklemi uygulanabilmektedir, bu nedenle Difraksiyon teorisi önerilmemektedir. Analizde hangi metodun kullanılacağını tanımlamak için dalga periyodu (T = 11 s) kullanılmış ve dalga boyu deneme yanılma yöntemi ile aşağıdaki Denklemlerle hesaplanmaktadır (Sorensen, 2006):

$$L = \frac{gT^2}{2\pi} \tanh \frac{2\pi d}{L} \quad (2.17)$$

Denklem 2.17'de, d su derinliği (78,90 m) ve $\pi = 3,14$ 'tür. Denklem 2.17'ye göre L, 187,12 m veya 7367 inç'e eşittir. Çizelge 2.3'te gösterildiği gibi, jacketlerin tüm elemanları için, L/D oranı çok büyüktür, bu nedenle Morison Denklemi analiz için geçerlidir.

Çizelge 2.3: Konvansiyonel çelik jacket ve YÖM çelik jacket elemanları için L/D oranları.

Konvansiyonel çelik elemanlar için çaplar (inç)	L/D	YÖM çelik elemanları için çaplar (inç)	L/D
48	153,47	40	184,17
36	204,63	30	245,56
28	263,10	22	334,86
24	306,95	20	368,35
20	368,35	18	409,27

Morison Denklemi (Sorensen, 2006), bir sürüklenme ve bir atalet teriminden oluşmaktadır ve bu şekilde yazılmaktadır:

$$F = F_D + F_I = \frac{C_d}{2} \rho D u^2 + C_m \rho \left(\frac{\pi D^2}{4} \right) \frac{\partial u}{\partial t} \quad (2.18)$$

Burada, F (N/m²), toplam dalga kuvveti, F_D ve F_I, sırasıyla, sürüklenme ve atalet kuvvetlerdir. ρ , deniz suyu için sıvı yoğunluk (1025 Kg/m³), D, elemanın çapı (m), U ve $\partial u / \partial t$, sırasıyla, elemanın ekseninde yatay su partikül hızı (m) ve ivmesidir (m/s²).

Sürüklenme katsayısı (C_d) ve atalet katsayısı (C_m) sırasıyla 1,05 ve 1,20'dir. Sürüklenme ve atalet katsayıları yapıdaki büyüyen deniz canlılarının etkilerini göz önüne alarak API standardından (API, 2000) seçilmiştir, çünkü denizde yapılar hızla deniz canlıları ile kaplanabilmektedir.

2.2.2 Gemi çarpışma yükünün spesifikasyonu

Daha önce belirtildiği gibi jacketler, etraflarında faaliyet gösteren destek gemileri tarafından kazara çarpışmaları nedeniyle genellikle risk altındadır. Transient dinamik analizi için, bir destek geminin (Bkz. Şekil 2.12) yan çarpışması jacketin A ayağı ile, EL (-) 7 m'de (Bkz. Şekil 2.11) farz edilmiştir.

Destek geminin ölçümleri hakkında, geminin yük taşıma kapasitesi (Deadweight Tonnage (DWT)), güverte alanı, tam boyu ve eni sırasıyla 1600 ton, 390 m², 61 m ve 14 m'dir (Url-12).



Şekil 2.12: Kazara çarpışma sırasında kullanılmış destek gemi (Url-12).

Transient dinamik analizi için, jacket üzerinde uygulanan gemi çarpışma kuvvetini hesaplamak için aşağıdaki formül (Gluver ve Olsen, 1998) kullanılmaktadır:

$$P = 0.98 \times DWT^{0.5} \times \frac{V}{16} \quad (2.19)$$

Denklem 2.19'da, P gemi çarpışma yüküdür (MN) ve V 2 (knot) veya 1,02 (m/s) olarak kabul edilen gemi çarpışma hızıdır. Dolayısıyla, bahsedilen varsayımlara göre, gemi çarpışma yükü 4,90 MN olarak hesaplanmaktadır.

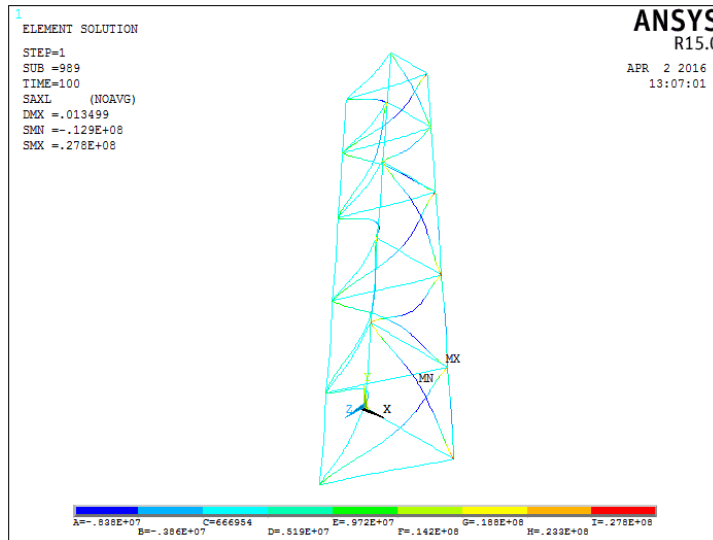
2.3 Modelleme ve Analiz

Konvansiyonel çelik ve YÖM çeliğinden yapılmış iki sabit AD jacketin modellemesi ve analizi, ANSYS programı ile yapılmıştır. Programda modelleme için kullanılan eleman tipi, deniz koşullarının simülasyonunda dikkate alınması gereken en iyi seçenek olarak PIPE 59'dur. PIPE 59, çekme (tension), basınç (compression), burulma (torsion) ve bükülme (bending) özelliklerine sahip tek eksenli bir elemandır. Buna ek

olarak, eleman yüklerinde suyun hidrodinamik ve yüzdürme etkilerini içermektedir ve eleman kütlelerinde, suyun ve borunun iç kısımlarının katma kütlelerini içermektedir. (Kazemi Daliri ve Naimi, 2016). Daha önce de belirtildiği gibi, transient dinamik analizi, dinamik yüklerin etkisindeki yapı performanslarının incelenmesinde güvenilir bir yöntemdir, bu çalışmada bu yükler ender dalga ve gemi çarpışma yüküdür. Analiz için, dalgadan kaynaklanan sönümlenmenin (damping) doğru olarak tahmin edilmesinin deniz platformlarının tasarımında önemli bir rol oynadığına dikkat edilmelidir. Dolayısıyla, transient dinamik analizi için, %2 hidrodinamik sönümleme ve %3 yapısal sönümleme yani toplam %5 sönümleme katsayısı (ξ) dahil edilmiştir (Asgarian ve Ajami, 2010). Ayrıca, bu modellemede, gerçek durumlara daha yakın olmak için, jacket altyapısının üstündeki üst yapının ağırlığı düşünülmüştür. Genellikle, üst yapı bir AD platformunda bir güverte yapısı veya bir AD rüzgar türbininde bir türbin yapısı olabilmektedir. Bu araştırmada, 310 ton toplam ağırlığa sahip bir güverte yapısı üst yapı olarak farz edilmektedir.

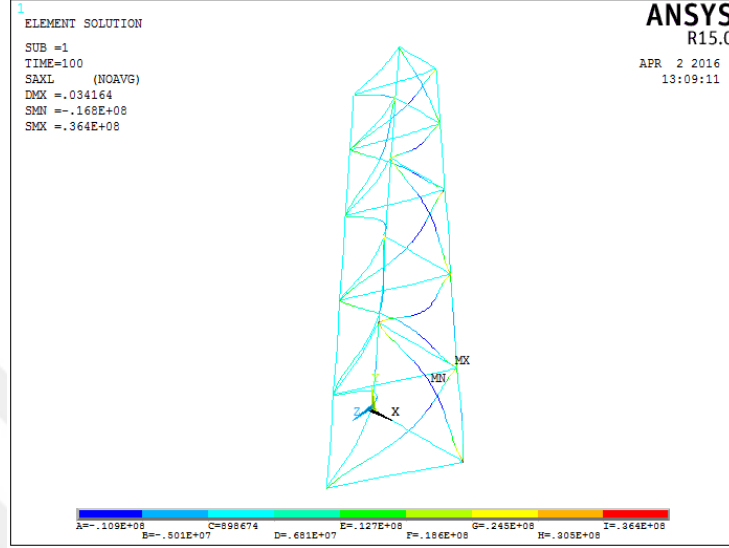
2.3.1 Ender dalga yükü ile yapılan analiz sonuçları

Ender dalga yükünün yüklenmesi durumunda, dalganın yükleme süresi 100 s varsayılmaktadır. Transient dinamik analizden sonra, konvansiyonel çelik jacketin ve YÖM çelik jacketin elemanları için eksenel gerilme konturları Şekil 2.13 ve 2.14'te sunulmaktadır.



Şekil 2.13: Konvansiyonel çelik jacket için dalga yükleme durumunda eksenel gerilme (Pa) konturları.

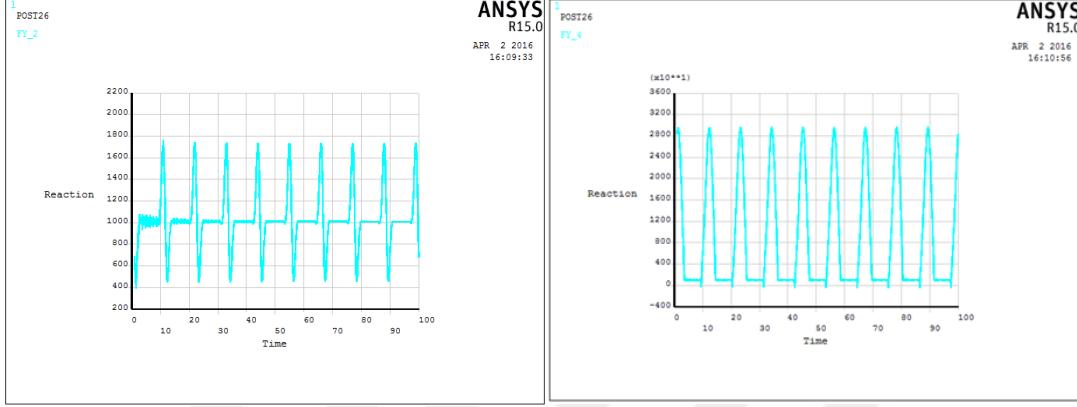
Şekil 2.13'te gösterildiği gibi, konvansiyonel çelik jacket için hakim eksenel gerilme değerleri, açık mavi bölgeden (B = -3860 kPa), turkuaz bölgesine (D = 5190 kPa) kadar değişmektedir. Ayrıca, Şekil 2.14'te gösterildiği gibi, YÖM çelik jacket için hakim eksenel gerilme değerleri, B = -5010 kPa'dan, D = 6810 kPa'a kadar değişmektedir.



Şekil 2.14: YÖM çelik jacket için dalga yükleme durumunda eksenel gerilme (Pa) konturları.

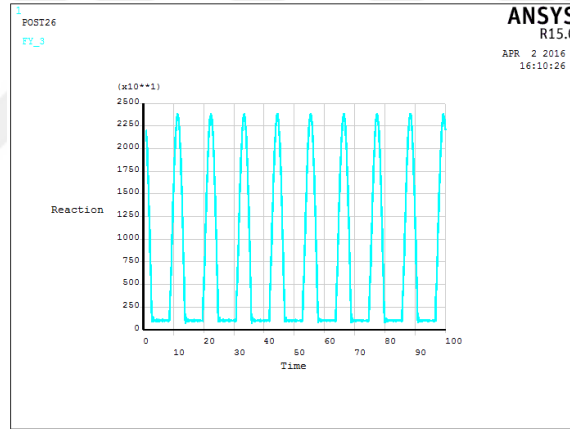
Şekil 2.13 ve 2.14'e göre, her iki durumda hakim eksenel gerilme değerleri yapısal çökme bölgesinden uzaktır (turuncu (H) bölgesinden kırmızı (I) bölgesine kadar çökme bölgesidir). Gerilme değerlerinin çekmede pozitif ve basınçta negatif olduğuna dikkat edilmelidir. Dahası, Şekil 2.13 ve 2.14'e göre, konvansiyonel çelik jacket ve YÖM çelik jacket için elemanların maksimum deplasmanları sırasıyla 0,01 m ve 0,03 m hesaplanmaktadır. Bu çalışmada, konvansiyonel çelik ve YÖM çelik jacketlerde A, B ve C ayaklarının tepesinde (Şekil 2.11), dalganın etkisiyle oluşan Maksimum Tepki Kuvvetleri (MTK'leri) önemli bir konu olarak dikkate alınmaktadır. Çünkü, jacket tarafından üst yapısını etkileyen tepki kuvvetleri, yapının performanslarını ve yapının yorulma ömrünü değerlendirmesinde gerçekten çok önemli olabilmektedir.

Bu nedenle, konvansiyonel çelik jacket ve YÖM çelik jacket için tepki kuvvetlerinin (Reaction Forces (RFs)) grafikleri, sırasıyla Şekil 2.15 ve 2.16'da gösterilmektedir. Grafiklerde tepki kuvvetleri ve yükleme süresi için tüm birimler sırasıyla Newton ve Saniye (Second) olarak sunulmaktadır.



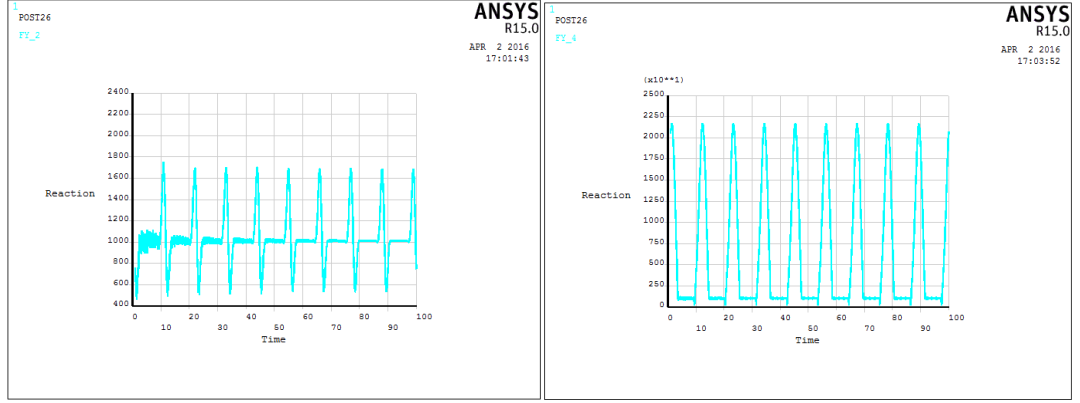
A ayağı

B ayağı



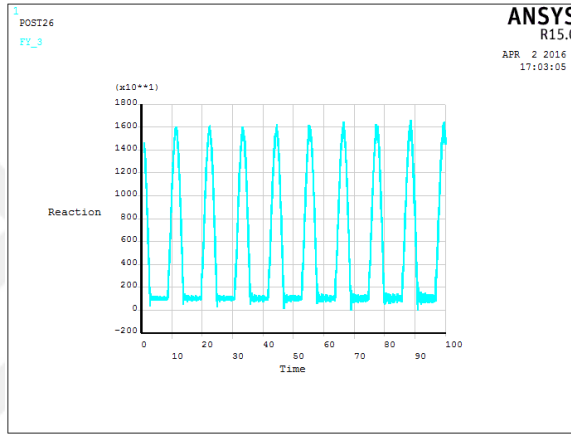
C ayağı

Şekil 2.15: Konvansiyonel çelik jacket için A, B ve C ayaklarının tepesindeki tepki kuvvetlerinin tepki (N) - zaman (s) grafikleri.



A ayağı

B ayağı



C ayağı

Şekil 2.16: YÖM çelik jacket için A, B ve C ayaklarının tepesindeki tepki kuvvetlerinin tepki (N) - zaman (s) grafikleri.

Şekil 2.15'de gösterildiği gibi, konvansiyonel çelik jacket için üst yapıyı etkileyen MTK'leri 1,76 kN (A ayağı), 29,64 kN (B ayağı) ve 23,91 kN'dur (C ayağı). Bununla birlikte, YÖM çelik jacket için (Bkz. Şekil 2.16), MTK'leri 1,74 kN (A ayağı), 21,74 kN (B ayağı) ve 16,60 kN'dur (C ayağı) ve önemli bir azaltma gözlemlenmektedir.

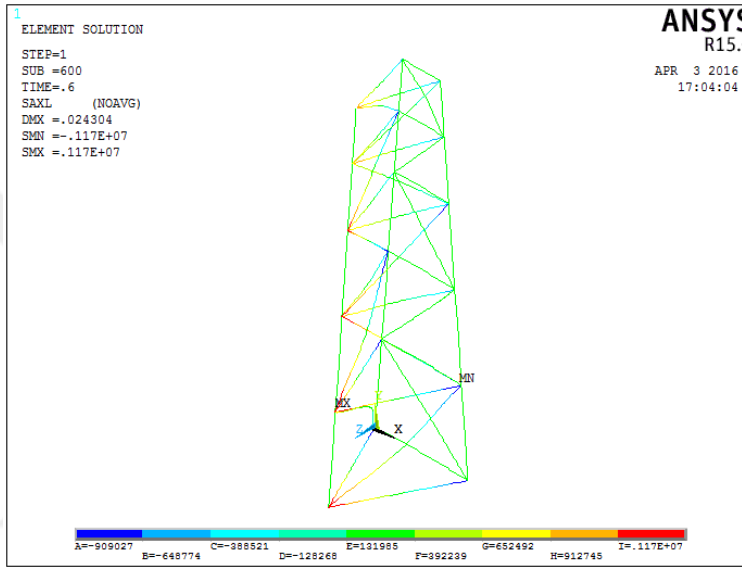
2.3.2 Gemi çarpışma yükü ile yapılan analiz sonuçları

Gemi çarpışma yükünün yüklenmesi durumunda, yükleme süresi, konvansiyonel formülü (Woan, 2000) temel alınarak aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır:

$$P = 2 \times m \times \frac{V}{t} \quad (2.20)$$

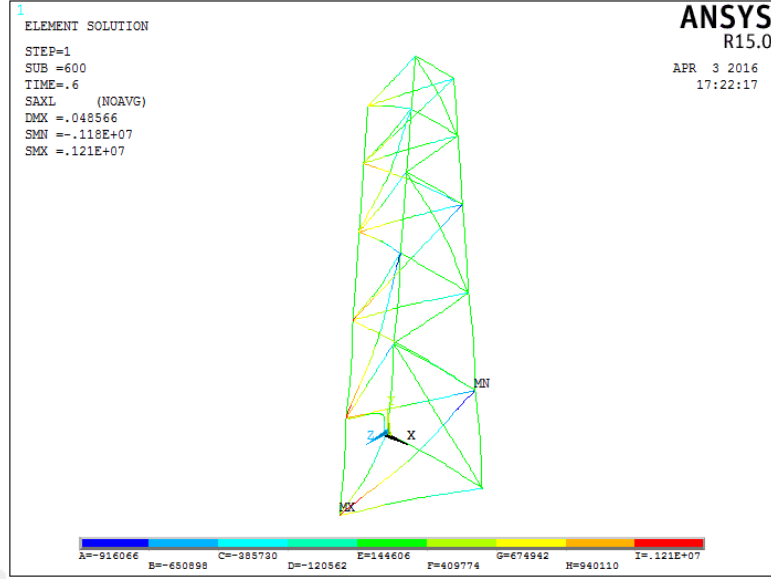
Burada, m cismin kütlesi ve bu çalışmada geminin DWT olduğu varsayılmaktadır (1600 ton). V, gemi çarpışma hızıdır (1,02 m/s) ve daha önce belirtildiği gibi P, tekne darbe yüküdür (4,90 MN). Böylece, çarpışma yükleme süresi (t), 0,66 saniye olarak hesaplanmaktadır.

Transient dinamik analizden sonra, konvansiyonel çelik jacket ve YÖM çelik jacket elemanları için aksenal gerilme konturları Şekil 2.17 ve 2.18'de gösterilmektedir.



Şekil 2.17: Gemi çarpışma yükü ile etkilenen konvansiyonel çelik jacket için aksenal gerilme (Pa) konturları.

Şekil 2.17'de gösterildiği gibi, konvansiyonel çelik jacket için hakim aksenal gerilme değerleri, yeşil bölgeden (E = 131,98 kPa), açık yeşil bölgesine (F = 392,23 kPa) kadar değişmektedir. Ayrıca, Şekil 2.18'de gösterildiği gibi, YÖM çelik jacket için hakim aksenal gerilme değerleri, E = 144,60 kPa'dan, F = 409,77 kPa'a kadar değişmektedir.



Şekil 2.18: Gemi çarpışma yükü ile etkilenen YÖM çelik jacket için aksenal gerilme (Pa) konturları.

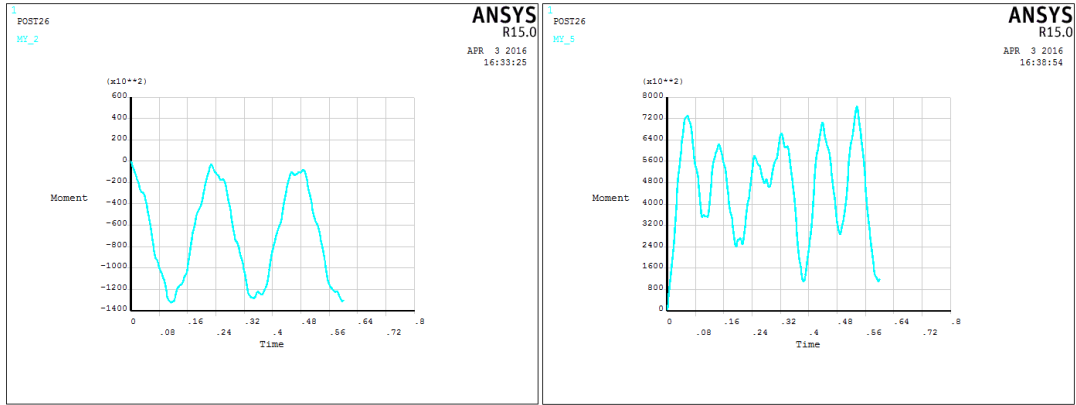
Şekil 2.17 ve 2.18'e göre, her iki durumda da hakim aksenal gerilme değerleri yapısal çökme bölgesinden uzaktır. Konvansiyonel çelik jactette, A ayağındaki olan bağlantı noktalarında (EL (-) 78,9'dan, EL (+) 4,66'ya kadar (Bkz. Şekil 2.11)), hakim aksenal gerilme değerleri çökme bölgesindedir (H = 912,74 kPa ila I = 1170 kPa). Bununla birlikte, YÖM çelik jacketı için aynı bağlantı noktaları için gerilme değerleri çökme bölgesinin dışındadır yani F = 409,77 kPa'dan G = 674,94 kPa'a kadar (açık yeşil ila sarı bölgeler).

Dahası, Şekil 2.16 ve 2.17'e göre, konvansiyonel çelik jacket ve YÖM çelik jacket için elemanların maksimum deplasmanları, sırasıyla 0,02 m ve 0,04 m hesaplanmaktadır.

Bu araştırmada, jacketin ayakları için deniz tabanındaki ile olan bağlantı noktalarında, gemi çarpışma yükünün etkisiyle yaratılan Maksimum Yanal Momentler (MYM'ler) önemli bir konu olarak kabul edilmektedir.

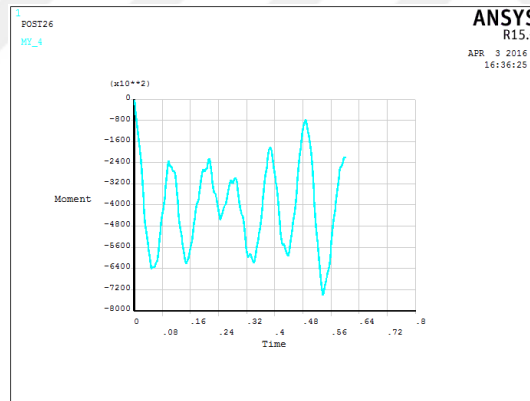
Bu düşüncenin nedeni, yanal momentlerin bir cismin döndürmesine meyilli olmaları nedeniyle, yapının devrilmesine ve tüm yapıyı bozmasına neden olabilmektedir.

Bu nedenle, konvansiyonel çelik jacket ve YÖM çelik jacket için yanal momentlerin grafikleri, sırasıyla Şekil 2.19 ve 2.20'de gösterilmektedir. Grafiklerde yanal momentler ve yükleme süresi için tüm birimler sırasıyla Newton metre ve Saniye (Second) olarak sunulmaktadır.



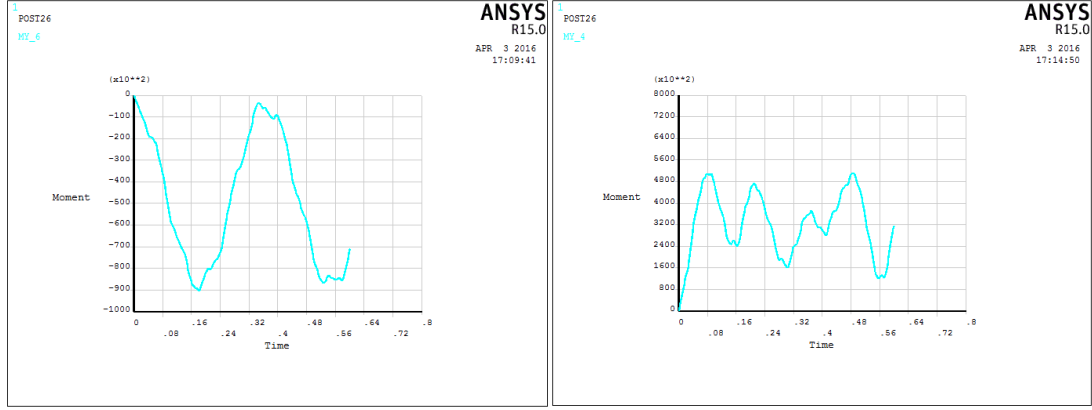
A ayağı

B ayağı



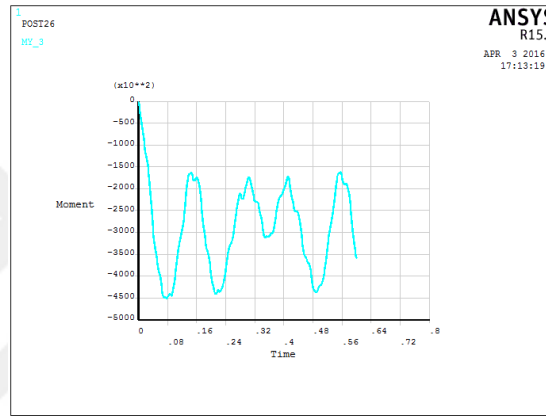
C ayağı

Şekil 2.19: Konvansiyonel çelik jacket ayakları için deniz tabanındaki oluşan yanal momentlerin moment (N.m) - zaman (s) grafikleri.



A ayağı

B ayağı



C ayağı

Şekil 2.20: YÖM çelik jacket ayakları için deniz tabanındaki oluşan yanal momentlerin moment (N.m) - zaman (s) grafikleri.

Şekil 2.19'da gösterildiği gibi, konvansiyonel çelik jacket için MYM'ler 132,65 kNm (A ayağında), 765,63 kNm (B ayağında) ve 740,60 kN.m (C ayağında) olarak hesaplanmıştır. Bununla birlikte, YÖM çelik jacketi için, MYM'ler 90,31 kN.m (A ayağında), 510,09 kN.m (B ayağında) ve 451,50 kN.m (C ayağında) olarak hesaplanmıştır (Bkz. Şekil 2.20) . Bu değerler momentlerde uygun bir azaltmayı göstermektedir.

Belirtilen Şekil 2.19 ve 2.20'de yanal momentlerin negatif ve pozitif değerleri momentlerin yönünü göstermektedir. Momentlerin miktarının önemi nedeniyle, bu çalışmada, tüm maksimum moment değerleri pozitif değerler olarak ifade edilmektedir.

2.3.3 Analiz sonuçları

Ender dalga yükünün ve gemi çarpışma yükünün etkisinde konvansiyonel çelik jacket ve YÖM çelik jacket için analiz sonuçları özet olarak Çizelge 2.4 ve 2.5'te sunulmaktadır.

Çizelge 2.4: Ender dalga yüklemesinde analiz sonuçları.

Parametre	Konvansiyonel Çelik Jacket	YÖM Çelik Jacket
Jacketin ayaklarında oluşan MTK'leri (kN)	1,76 (A ayağı), 29,64 (B ayağı), 23,91 (C ayağı)	1,74 (A ayağı), 21,74 (B ayağı), 16,60 (C ayağı)
Hakim eksenel gerilmeler (kPa)	-3860 to 5190	-5010 to 6810
Jacketin elemanlarında maksimum deplasmanlar (m)	0,01	0,03

Çizelge 2.5: Gemi çarpışma yüklemesinde analiz sonuçları.

Parametre	Konvansiyonel Çelik Jacket	YÖM Çelik Jacket
Jacketin ayaklarında oluşan MYM'ler (kN.m)	132,65 (A ayağı), 765,63 (B ayağı), 740,60 (C ayağı)	90,31 (A ayağı), 510,09 (B ayağı), 451,50 (C ayağı)
Hakim eksenel gerilmeler (kPa)	131,98 to 392,23	144,60 to 409,77
A ayağındaki olan bağlantı noktalarında hakim eksenel gerilmeler (kPa)	912,74 to 1170	409,77 to 674,94
Jacketin elemanlarında maksimum deplasmanlar (m)	0,02	0,04

2.4 Sonuçlar

Bu araştırmada, konvansiyonel elik ve YÖM elik materyallerinden yapılmış iki farz edilmiş jacketin üzerinde transient dinamik analizi gerçekleştirildi. Yapısal modelleme ve dinamik analizi için ANSYS programı kullanılmıştır. YÖM elik jacketin hakkında, konvansiyonel elik jackete gÖre boru elemanlarının çapı yaklaşık %17'ye kadar dūřürÖlmesi varsayılmıştır. Ayrıca, jacketlerde ender dalga yükünün ve destek geminin çarpışma yükünün etkileri varsayılmıştır. Ender dalga yüklemesinde dinamik analizini dikkate alındığında, bahsedilen jacketlerin elemanlarında ortaya çıkan aksenal gerilmeler için bir karşılaştırma gerçekleştirilmiştir. YÖM elik jacket için, aksenal gerilme değerleri konvansiyonel elik jackete gÖre daha yüksek olmasına rağmen belirlenen yapısal çökme bölgesinden uzaktır ve yapısal tasarımı için kabul edilebilmektedir. AD jacketlerde, ayaklarının tepesinde oluşan MTK'lerinin hakkında, konvansiyonel elik ve YÖM elik jacketin A ayağındaki MTK, dikkate değer değişikliği yoktur. Bununla birlikte, YÖM elik jackette, MTK'leri B ayağı için %26,65 ve C ayağı için %30,57 azaltıldı. Bu azaltmalar, jacketin yorulma Ömrünü arttırmasında gerçekten yararlı olabilmektedir. Gemi arpışma yüklemesinde dinamik analizini göz Önüne alındığında, tüm yapıda oluşan hakim aksenal gerilmeler karşılaştırılmıştır. Ek olarak, etkilenen ayağın bağlantı noktalarında oluşan hakim aksenal gerilmeler mukayese edildi. Bütün yapı için, YÖM elik jackette aksenal gerilme değerleri konvansiyonel elik jacketten daha yüksek olmasına rağmen, yapısal çökme bölgesinden uzaktır ve yapısal tasarımı için tamamen kabul edilebilmektedir. Üstelik, gemi etkisinden etkilenen ayağın bağlantı noktalarındaki aksenal gerilme değerleri, konvansiyonel elik jacket için çökme bölgesinin içindedir. Bununla birlikte, YÖM elik jacket için aksenal gerilme değerleri çökme bölgesinin dışındadır ve yapısal tasarımı için tamamen kabul edilebilmektedir. Jacketlerin ayaklarında, deniz tabanındaki ile olan bağlantı noktalarında meydana gelen MYM'lerin hakkında, MYM'ler YÖM elik jacket için %39,03'e kadar azaltmaktadır yani yapısal devrilme riskini aza indirmektedir. Buna ek olarak, YÖM elik jackette, elemanların apılarını azaltarak, toplam yapısal ağırlığı %28,19 azaltmaktadır.



3. AÇIK DENİZ RÜZGAR TÜRBİNLERİNDE JACKET TİPİ ALTYAPILARININ ZAMAN TANIM ALANINDA ANALİZİ

3.1 Giriş

Mühendislik yapıların arasında, AD endüstrilerindeki AD rüzgar türbinleri, dünya çapındaki enerji ihtiyaçlarının bir kısmını karşılamak için, özellikle büyük deniz sınırlarına sahip olan ülkelerde, sorumludurlar.

Son yıllarda, Avrupa ülkelerin arasında temiz enerji sektörünün geliştirilmesinde, özellikle kara ve AD rüzgar çiftliklerin konusunda, önemli yatırımlar yapılmıştır (Şekil 3.1 ve 3.2).

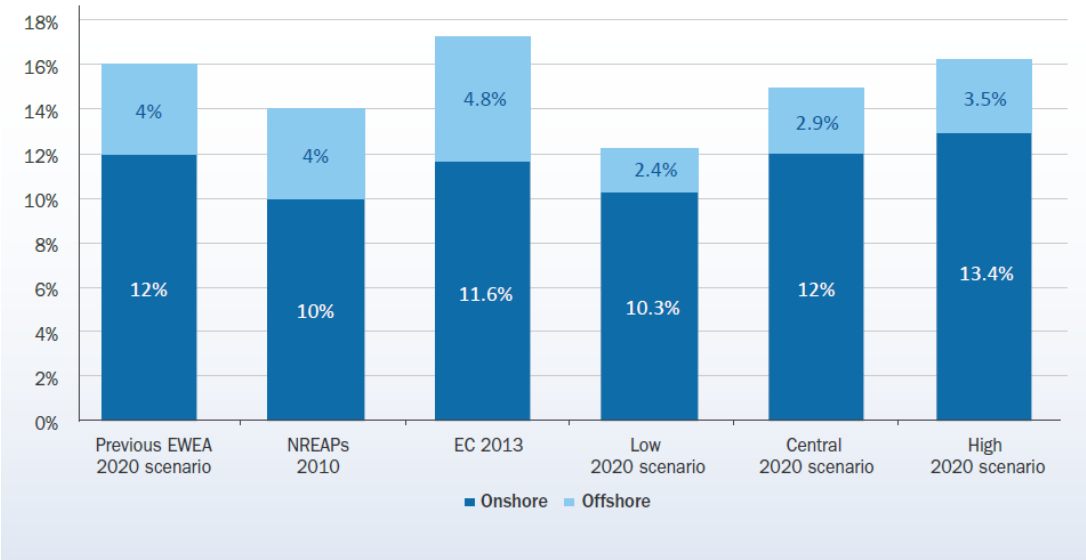
Nitekim, son zamanlarda, Avrupa Rüzgar Enerjisi Derneği (The European Wind Energy Association (EWEA)), 2020'den karadaki rüzgar tesisatlarının 397,80 TWh elektrik üreteceğini ve AD rüzgar tesisatlarının 102,20 TWh üreteceğini pozitif olarak tahmin etmiştir. 500 TWh toplam rüzgar enerjisi üretimi, Avrupa Birliği yıllık elektrik talebinin (Url-15) yaklaşık % 17'sini (Şekil 3.3) kapsayabilmektedir.



Şekil 3.1: Kara rüzgar çiftliğine bir örnek (Url-13).



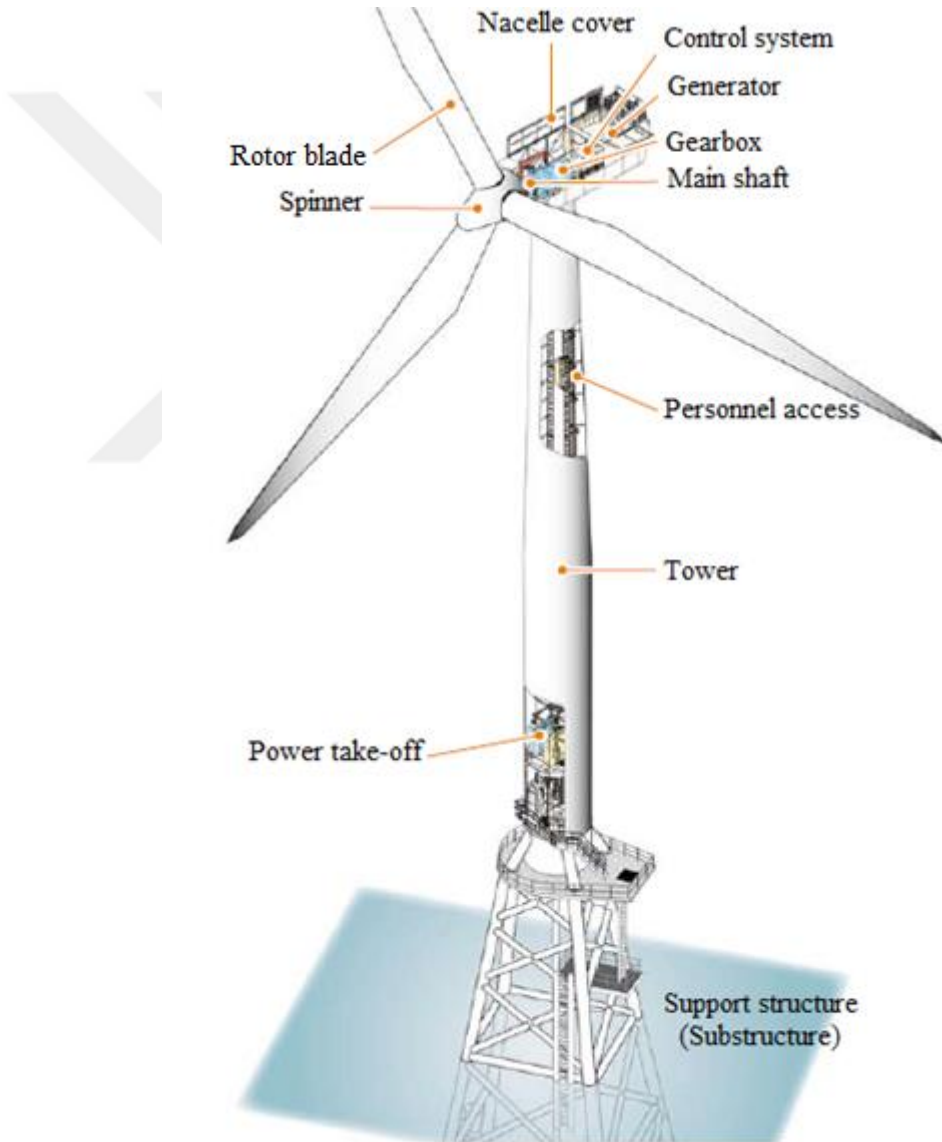
Şekil 3.2: AD rüzgar çiftliğine bir örnek (Url-14).



Şekil 3.3: Önceki EWEA, Ulusal Yenilenebilir Eylem Planları (National Renewable Action Plans (NREAPs)), Avrupa Komisyonu (European Commission (EC)) ve yeni 2020 EWEA'nın Avrupa Birliği elektrik tüketiminde kara ve AD rüzgar enerjisinin payı için senaryoları (Url-15).

3.1.1 Açık deniz rüzgar türbinin çalışması ve aranjmanı

Bir AD rüzgar türbinin bileşenleri altyapı (substructure), kule (tower), pervane kanatları (rotor blades) ve nasel'dir (nacelle). AD rüzgar türbinleri basit bir şekilde çalışmaktadır. Rüzgar enerjisi, pervane kanatların döndürülmesine neden olmaktadır. Rotor ana şafta (main shaft) bağlıdır ve bu şaft bir jeneratörü etkileyerek elektrik enerjisi üretilmektedir. AD rüzgar türbininin bileşenleri hakkında daha ayrıntılı bilgi Şekil 3.4'de sunulmaktadır.



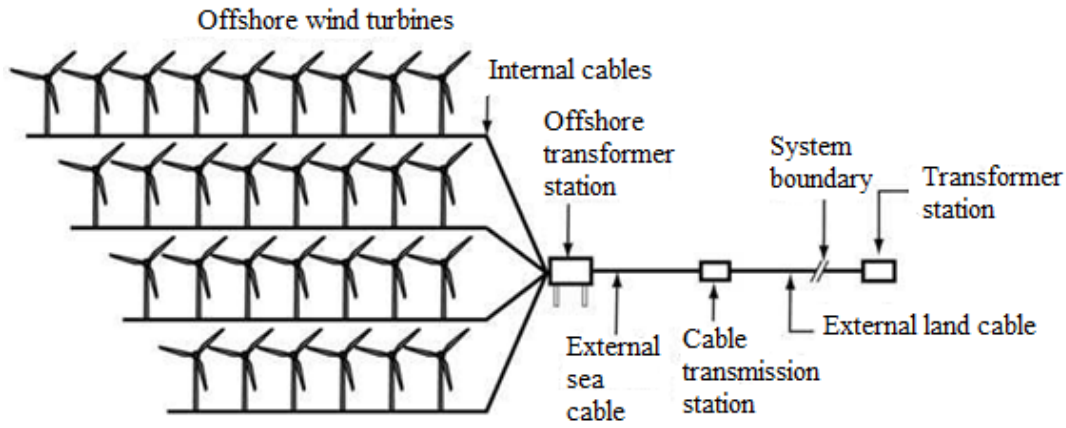
Şekil 3.4: AD rüzgar türbinlerin bileşenleri (Url-16).

Altyapı, dalgalar ve akıntılar gibi önemli çevresel kuvvetlere karşı durmanın sorumluluğunu taşımaktadır. Dolayısıyla, bu altyapılarını yapmak için kullanılan materyal esastır. Genellikle, altyapıları çelikten veya hatta betonarmeden yapılabilmektedir. Ayrıca, kuleler çelik levhalar ile yapılmaktadır. Pervane kanatları, karbon elyaf kompozitler veya polyester ile karıştırılmış fiberglastan yapılmaktadır.

Naseller, açık denizdeki rüzgar türbininin elektromekanik elemanlarını içermektedir. Bu elemanlar jeneratör ve dişli kutudur (gearbox). Her türbindeki güç kablosu bir plastik boruya yerleştirilmektedir, plastik boru kabloyu deniz tabanındaki kablo kanalına bağlamaktadır (Malhotra, 2011).

Denizde bulunan çeşitli AD rüzgar türbinleri, bir grup kabloyla bir AD trafo istasyonuna (transformer station) bağlanmaktadır. AD trafo istasyonu, kablo ile bir transformatöre (karada bulunan bir istasyonda) bağlanmaktadır.

Sonunda, karada bulunan trafo, ana elektrik şebekesine bağlanmaktadır. Bu prosedür, AD rüzgar çiftliğinin düzenlenmesini mümkün kılmaktadır (Şekil 3.5).



Şekil 3.5: Bir AD rüzgar çiftliğinin düzenlenmesini mümkün kılmaktadır (Malhotra, 2011).

3.1.2 Açık deniz rüzgar türbinlerinde jacket tipi altyapıları

Jacket tipi altyapıları AD rüzgar türbinlerinde, derin olmayan sularda rüzgar türbinlerinin üst yapıları için yaygın olarak kullanılan değerli altyapılardır (Yi, 2016; Lee ve diğ., 2016). Bu durumda, jacket tipi altyapıları genellikle 30 ila 80 m su derinliklerinde uygulanabilmektedir (Shi ve diğ., 2013).

Bölüm 2'de belirtildiği gibi, jacketlerin genellikle boru şekilli elemanlardan oluşmaktadır ve dört çelik ayağı varmaktadır (Bkz. Şekil 3.6). Boru kesitleri, geleneksel çelik kesitlere göre, etkileyici burulma direnci ve fazla özgül mukavemetine sahip olması nedeniyle AD endüstrilerinde avantajlı özelliklerine göre çok dikkat çekmektedir (Saini ve diğ., 2016).



Şekil 3.6: AD rüzgar türbininde jacket tipi altyapıları için bir örnek (Dong ve diğ., 2011).

Daha önce belirtildiği gibi, jacketler genellikle deniz akıntı, dalga ve rüzgar gibi çeşitli çevresel kuvvetlerine maruz kalmaktadır (Liu ve diğ., 2014). Çeşitli deniz yüklerinin arasında, ender dalgalar jacketlerin maruz kalabileceği tehlikeli yüklerdir (Bkz. Bölüm 2.1.1).

Daha önce tarif edildiği gibi, jacketler etraflarında faaliyet gösteren destek gemilerinden gelen çarpışma yüklerine karşı zarar görebilmektedir. Geminin çarpışma etkisi, jacketin güvenliğine yönelik en büyük tehditlerden biri olarak kabul edilmektedir. (Li ve diğ., 2013). Açıkçası, deniz yapılarının bakım ve onarımı, karadaki yapılardan daha zordur, çünkü deniz ortamına erişim kolay değil ve bahsedilen karmaşık deniz yükleri her zaman mevcuttur. Bu nedenle, jacket yapıların analizi ve tasarımı dikkat ile yürütülmesi çok önemlidir.

3.1.3 Bölümün içeriği

Bu çalışmada, ender dalga yüküne ve gemi çarpışma yüküne maruz kalan AD rüzgar türbinlerinde jacket tipi altyapıları dikkate alınmaktadır.

Bu amaçla, genel amaçlı sonlu elemanlar ANSYS programı (Naimi ve diğ., 2013; Url-5), konvansiyonel çelik malzeme ile yapılmış ve yeni bir malzeme olarak YÖM çelik ile yapılmış iki farz edilmiş jacketi modellemek için kullanılmaktadır (Bkz. Bölüm 2.1.5). Yeni YÖM çelik jackette, boru elemanlarının çapı azaltılmaktadır. Çapının azaltılmasıyla, jacketin tüm yapısal ağırlığı azalmaktadır. Bölüm 2'de belirtildiği gibi, jacket imalatından sonra jacketin ağırlığını azaltarak, jacket imalatının tamamlanmasına ilişkin tüm işlem prosedürleri daha kolay hale getirilmektedir. Ayrıca silindirik şekilli cisimlerde yorulma hasarının ciddi bir nedeni olan yani GKT'lerin etkisini zayıflatmak için herhangi bir çapın azaltılması yararlı olabilmektedir (Lou ve diğ., 2016; Zhu ve diğ., 2016).

Deniz dalgaların ve çarpışma yüklerinin dinamik özelliklerine bakıldığında, zaman tanım alanında analizi, yapısal performansları kesin olarak tahmin edilmesi için geçerli bir yöntemdir (Dastan Diznab ve diğ., 2014). Bu nedenle, ANSYS programında zaman tanım alanında analizi, ender dalgadan ve gemi çarpışmasından etkilenen konvansiyonel çelik jacket ve YÖM çelik jacket analiz etmek için uygulanmaktadır.

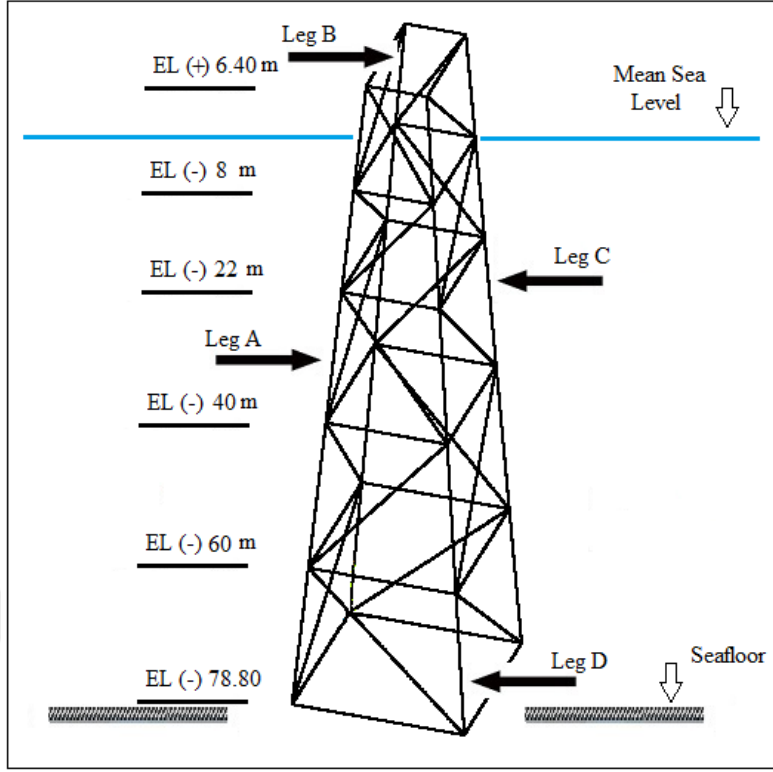
Bu amaca yönelik olarak, bahsedilen noktalara göre, farz edilmiş jacketlerin yapısal ve yük özellikleri, Bölüm 3.2'de sunulmaktadır. Daha sonra, Bölüm 3.3'te, MTK'leri,

maksimum deplasmanlar, MYM'ler ve eksenel gerilmelerin değerlerini mukayese etmek için konvansiyonel elik jacket ve HSS elik jacketin zaman tanım alanında analizi gerçekleştirilmektedir. Sonuçta, Bölüm 3.4'te, sonuçların değerlendirilmesi yapılmaktadır.

3.2 Yapısal ve Yük zellikler

Modelleme ve analiz için, AD rüzgar türbininde bulunan bir dört ayaklı jacket tipi altyapısı varsayılmaktadır. Jacketin bulunduğu yer İnan'ın Basra Körfezi'nde yer almaktadır. Deniz derinliği 78,80 m olarak kabul edilmektedir. Jacket yapının yükseklikleri (EL) Şekil 3.7'de gösterilmektedir.

Bölüm 3.1.3'te belirtildiği gibi, farklı özelliklere sahip konvansiyonel elik ve YM elik materyalleri (Bkz. Çizelge 2.1), boru Şekilli elik elemanlardan yapılmış iki jacket yapılarını modellemesi için kullanılmaktadır. ANSYS modellemesinde, farz edilen boru elemanlarının çapı, izelge 3.1'de sunulmaktadır. YM elik jacketin elemanlarının çapları, konvansiyonel elik jacketin elemanlarının çaplarına göre, yaklaşık %12,50'e kadar azalması belirtilmelidir. Sonuç olarak, bütün yapısal ağırlığı 508,99 ton'dan 394,17 ton'a indirildi ki yapısal ağırlığın %22,55'lik azalmasını göstermektedir.



Şekil 3.7: Jacketin yükseklikleri.

Çizelge 3.1: Boru şekilli elemanların çapları.

Materyal Türü	Jacketin Ayağı (inç)	Yatay Eleman (inç)	Çapraz Eleman (inç)
Konvansiyonel Çelik	48	24, 28, 36	22, 24, 28
YÖM Çelik	42	22, 26, 32	20, 22, 26

3.2.1 Ender dalğanın yükleme durumu

Dalga durumunu simüle etmek için, yapısal analizinde 5. mertebe Stokes dalga teorisi düşünülmektedir (Bkz. Bölüm 2.2.1). Ayrıca, ender dalğanın parametreleri (dalga yüksekliği, H ve Periyodu, T) $H = 12,20$ m ve $T = 11$ s olduğu varsayılmaktadır.

Daha önce 2. Bölümde anlatıldığı gibi, silindirik kesitli AD yapılarda dalga kuvvetlerini tahmin etmek için en yaygın yöntemler Difraksiyon teorisi ve Morison Denklemidir. Tekil kazıklar (monopiles) veya spar platformlar gibi büyük ölçekli silindirik kesitler için, Difraksiyon teorisi uygulanabilmektedir. Bununla birlikte,

jacket yapının boru şeklindeki elemanlar gibi küçük ölçekli silindirik kesitler için Morison Denklemi daha uygundur (Chen ve Zhou, 2015). Böylece, bu araştırmada yapısal analizi için Morison Denklemi uygulanmaktadır.

Sürüklenme kuvveti (F_D) ve atalet kuvvetin (F_I) toplamı olan Morison Denklemine (toplam dalga kuvvetini (F) tahmin etmek için) integral formülleri, Morison Denklemine geleneksel versiyonuna ek olarak (Bkz. Denklem 2.18) aşağıdaki şekilde sunulmaktadır (Wang ve diğ., 2016):

$$F_D = \frac{1}{2} \int_0^h \rho g C_D D u |u| dz \quad (3.1)$$

$$F_I = \int_0^h \rho g C_M \frac{\pi D^2}{4} \frac{\partial u}{\partial t} dz \quad (3.2)$$

3.1 ve 3.2 Denklemlerinde, h deniz suyu derinliği, t zaman ve dz silindirin küçük bir kısmıdır.

3.2.2 Gemi çarpışmasının yükleme durumu

Bölüm 2.1.4'te belirtildiği gibi, jacketler etrafında çalışan destek gemileri ile çarpma ihtimali nedeniyle çarpışma riskinin altındadırlar. Yapısal analiz için, bir çapa tutma çekici (AHTS) geminin (Url-17) (Bkz. Şekil 3.8) Bahsedilen açık deniz jackeylerin C ayağı ile, EL (-) 8 m'de (Bkz. Şekil 3.7) yan çarpışması varsayılmıştır.



Şekil 3.8: Kazara çarpışma sırasında kullanılmış AHTS gemi (Url-17).

AHTS geminin ölçümleri hakkında, geminin DWT'i, tam boyu, eni ve güverte alanı sırasıyla 2851 ton, 87,70 m, 18 m ve 545 m² 'dir (Url-17).

Daha önce bahsedilen formüle (Bkz. Bölüm 2.2.2) göre, 1,55 knot'luk bir gemi çarpışma hızı (V) varsayılarak, tekne çarpışma yükü (P) 5,06 MN olarak hesaplanmaktadır.

3.3 Modelleme ve Analiz

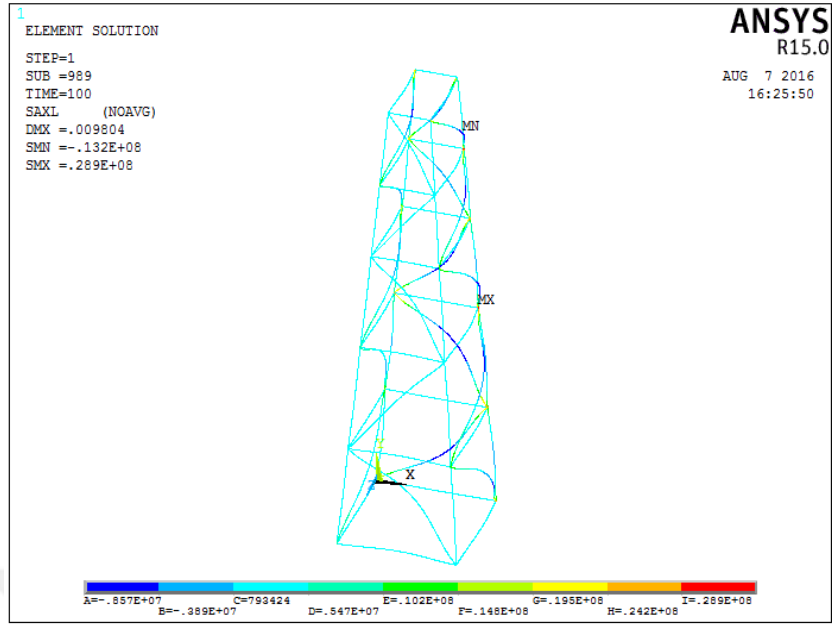
Bölüm 3.1.3'te belirtildiği gibi, AD rüzgar türbinlerinde, konvansiyonel çelik ve YÖM çeliğinden yapılmış iki jacket tipi altyapılarını yapısal modellemesi ve analizi, ANSYS programı ile gerçekleştirilmektedir.

Zaman tanım alanında analizi, ender dalga ve gemi çarpışma yüklerinden etkilenen jacketlerin yapısal performanslarını incelemek için kullanılmaktadır. Zaman tanım alanında analizi için, dinamik analizi olarak, sönümlemenin dikkatli bir şekilde düşünülmesi, AD jacketlerin doğru bir şekilde tasarlanması için önemlidir. Bu nedenle, sönümleme oranı 0,05 olarak, yapısal analizine dahil edilmektedir (Bkz. Bölüm 2.3).

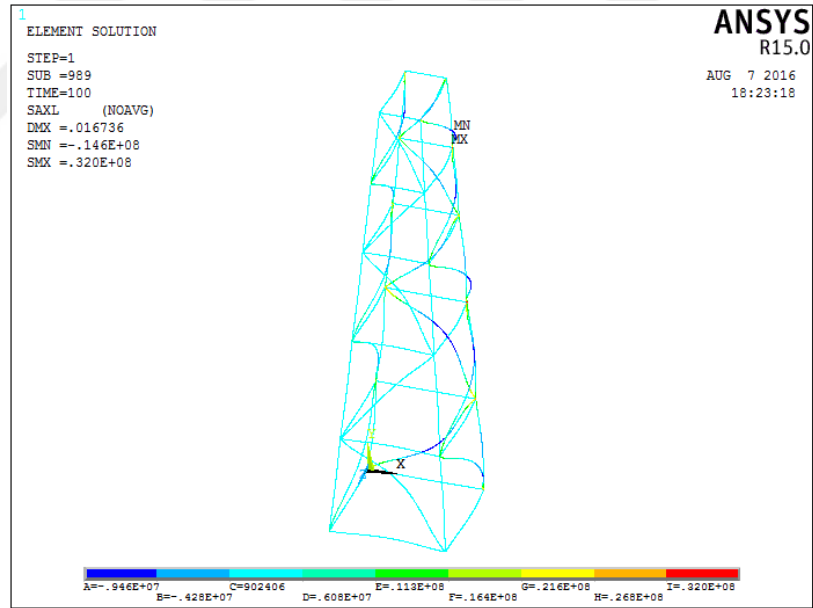
Ayrıca, programdaki bahsedilen jacket altyapıları dikkatli bir şekilde simüle etmek için altyapının üstündeki rüzgar türbini bir üst yapı olarak ağırlığını uygulamaktadır. Analizde üst yapı için toplam 400 ton'luk ağırlık düşünülmektedir.

3.3.1 Ender dalga yükü ile yapılan zaman tanım alanında analiz sonuçları

Zaman tanım alanında analizi yapıldıktan sonra, konvansiyonel çelik jacket ve YÖM çelik jacket elemanları için aksenal gerilmelerin diyagramı Şekil 3.9 ve Şekil 3.10'da sunulmaktadır. Ender dalganın yükleme süresi 100 s varsayılmaktadır.



Şekil 3.9: Konvansiyonel çelik jacket için dalga yükleme durumunda aksel gerilmelerin (Pa) grafiği.



Şekil 3.10: YÖM çelik jacket için dalga yükleme durumunda aksel gerilmelerin (Pa) grafiği.

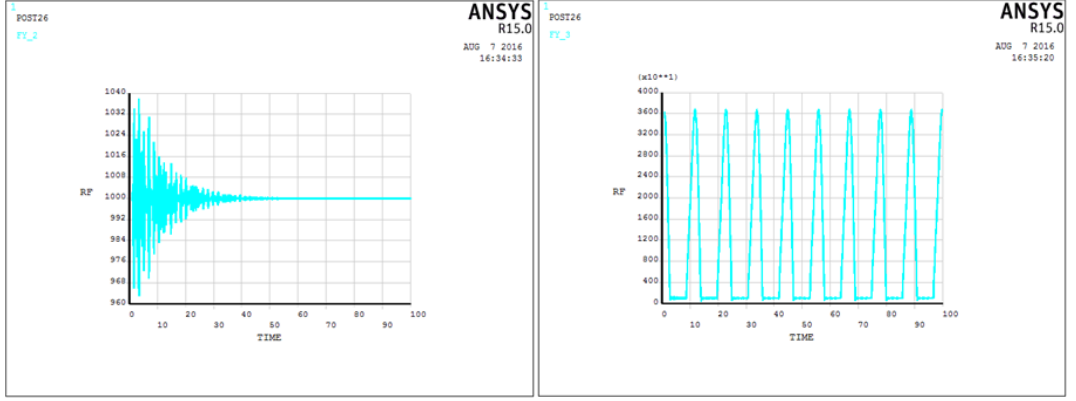
Şekil 3.9'da gösterildiği gibi, konvansiyonel çelik jacket için hakim aksenal gerilme değerleri, fosforlu mavi bölgeden ($C = 793,42$ kPa), turkuaz bölgesine ($D = 5470$ kPa) kadar değişmektedir. Ayrıca, Şekil 3.10'da gösterildiği gibi, YÖM çelik jacket için hakim aksenal gerilme değerleri, $C = 902,40$ kPa'dan, $D = 6080$ kPa'a kadar değişmektedir. Konvansiyonel ve YÖM çelik jacketleri için, her iki durumda hakim aksenal gerilme değerleri yapısal çökme bölgesinden uzaktır (turuncu (H) bölgesinden kırmızı (I) bölgesine kadar çökme bölgesidir).

Dahası, Şekil 3.9 ve 3.10'a göre, konvansiyonel çelik jacket ve YÖM çelik jacket için elemanların maksimum deplasmanları, sırasıyla $0,009$ m ve $0,016$ m hesaplanmaktadır.

Bu araştırmada, konvansiyonel çelik ve YÖM çelik jacketlerin A, B, C ve D ayaklarının (Bkz. Şekil 3.7) tepesinde ortaya çıkan maksimum MTK'leri (ender dalganın etkisiyle), Çok önemli bir konu sayılmaktadır.

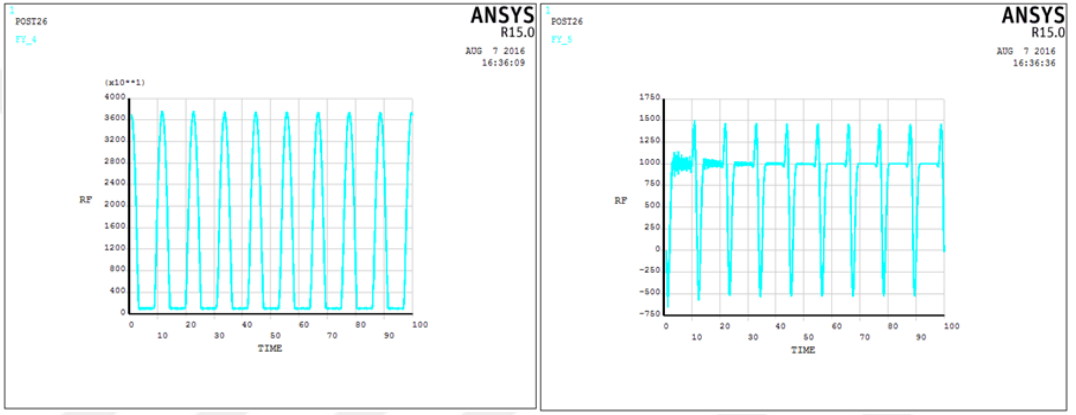
Çünkü, jacket altyapısından türbin yapısına (üst yapı olarak) etkileyen MTK'leri, AD yapının performanslarını değerlendirmek için önemlidir.

Bu nedenle, konvansiyonel çelik ve YÖM çelik jacketleri için tepki kuvvetlerinin diyagramları, sırasıyla Şekil 3.11 ve 3.12'de gösterilmektedir. Diyagramlarda tepki kuvvetleri (RFs) ve yükleme süresi için tüm birimler sırasıyla Newton ve Saniye olarak sunulmaktadır.



A ayağı

B ayağı

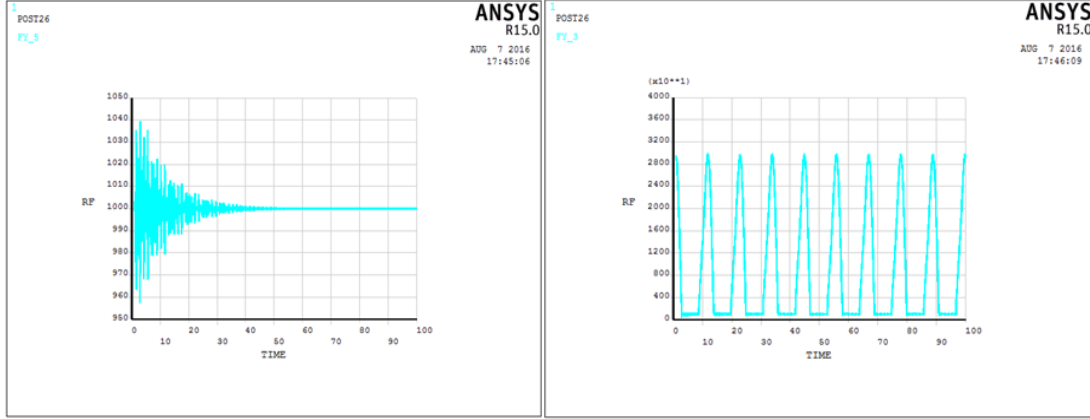


C ayağı

D ayağı

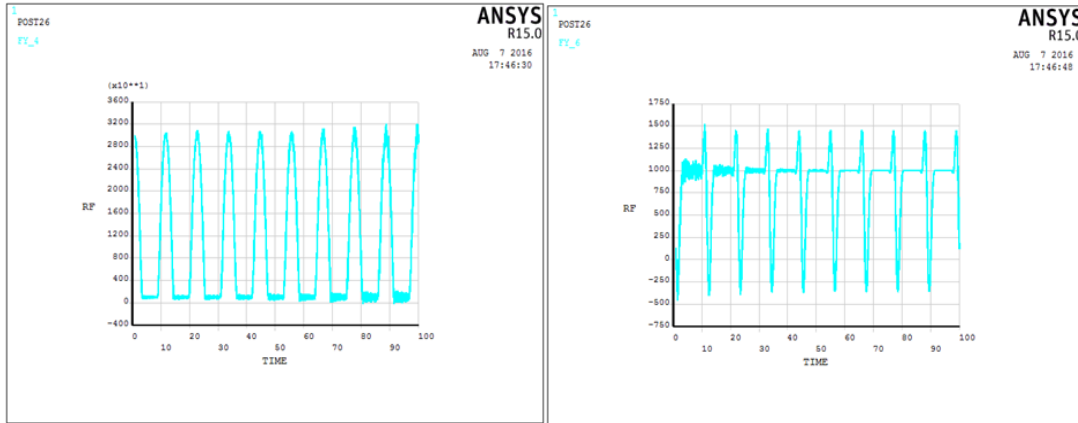
Şekil 3.11: Konvansiyonel çelik jacket için A, B, C ve D ayaklarının tepesindeki tepki kuvvetlerinin tepki (N) - zaman (s) diyagramları.

Şekil 3.11'de gösterildiği gibi, konvansiyonel çelik jacket için üst yapıyı etkileyen MTK'leri 1,03 kN (A ayağı), 36,83 kN (B ayağı), 37,67 kN (C ayağı) ve 1,50 kN'dur (D ayağı).



A ayağı

B ayağı



C ayağı

D ayağı

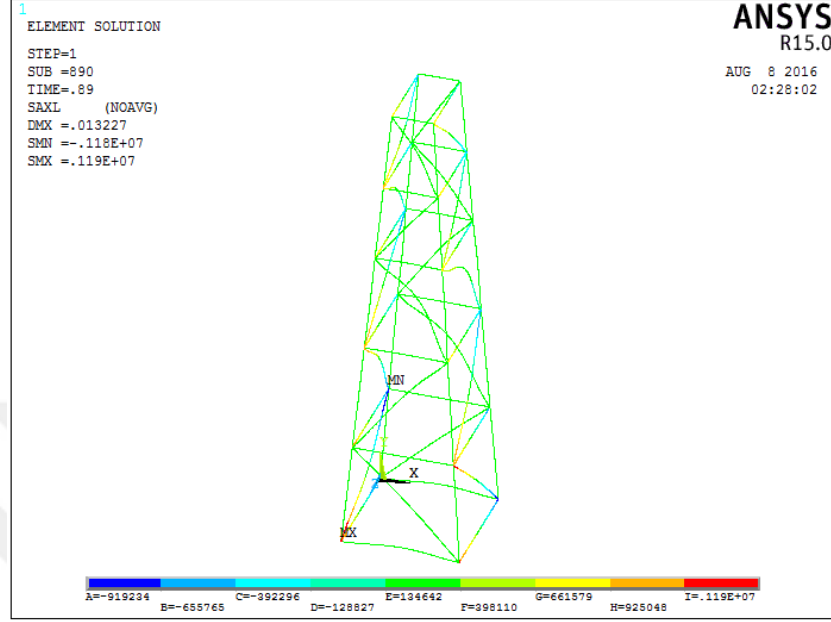
Şekil 3.12: YÖM çelik jacket için A, B, C ve D ayaklarının tepesindeki tepki kuvvetlerinin tepki (N) - zaman (s) diyagramları.

Şekil 3.12'ye göre, YÖM çelik jacket için, MTK'leri 1,03 kN (A ayağı), 29,89 kN (B ayağı), 32,03 kN (C ayağı) ve 1,51 kN'dur (D ayağı). Bu değerler, YÖM çelik materyalden yapılmış jacket için B ve C ayaklarındaki tepki kuvvetlerinin azaltılmasını belirtmektedir.

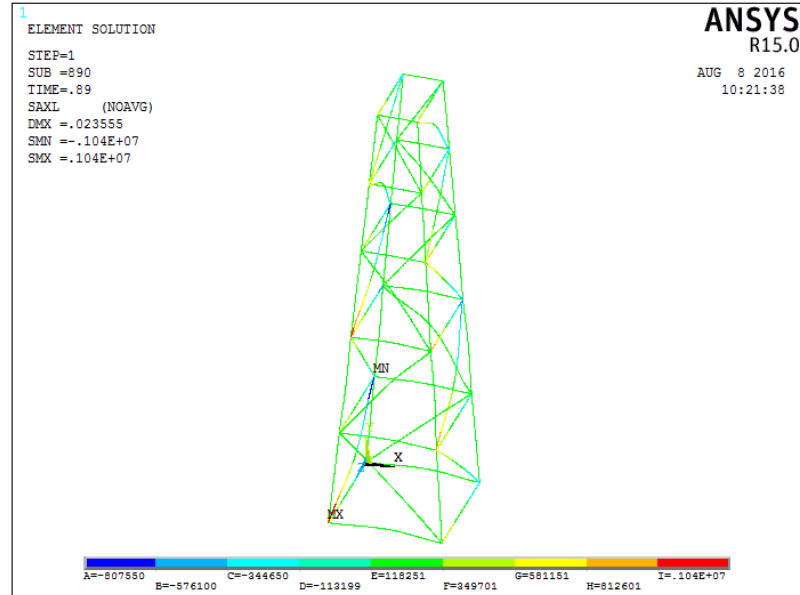
3.3.2 Gemi çarpışma yükü ile yapılan zaman tanım alanında analiz sonuçları

AHTS geminin çarpışma yükünün yükleme süresi (t), çarpışma kuvveti için ilgili formül ile (Bkz. Denklem 2.20), 0,89 s olarak hesaplanmıştır.

Yapısal analizden sonra konvansiyonel çelik jacket ve YÖM çelik jacket elemanları için aksenal gerilmelerin diyagramı Şekil 3.13 ve Şekil 3.14'te gösterilmektedir.



Şekil 3.13: Gemi çarpışma yükü ile etkilenen konvansiyonel çelik jacket elemanları için aksenal gerilmelerin (Pa) grafiği.



Şekil 3.14: Gemi çarpışma yükü ile etkilenen YÖM çelik jacket elemanları için aksenal gerilmelerin (Pa) grafiği.

Şekil 3.13'te gösterildiği gibi, konvansiyonel çelik jacket elemanları için hakim eksenel gerilmeler turkuaz bölgesinden ($D = -128,82$ kPa) sarı bölgesine kadardır ($G = 661,57$ kPa).

Ayrıca, YÖM çelik jacket elemanları için hakim eksenel gerilmeler $D = -113,19$ kPa'dan $G = 581,15$ kPa'a kadar değişmektedir (Bkz. Şekil 3.14). Bu verilere göre, olumlu bir nokta olarak, YÖM çelik jacket için mevcut eksenel gerilme miktarları azalmaktadır.

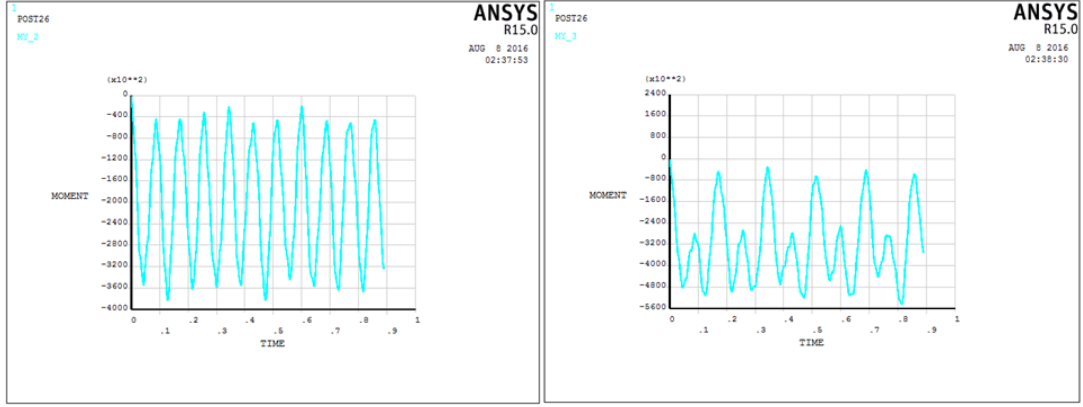
Jacketlerin deniz tabanındaki istikrarının öneminden dolayı, Şekil 3.13'te, konvansiyonel çelik jacketin deniz tabanındaki ile olan bağlantı noktalarında iki zayıf nokta görülmekte ve çökme riski alanında oldukları vurgulanmaktadır. Bununla birlikte, Şekil 3.14'e göre, deniz tabanındaki YÖM çelik jacketin zayıf noktaları bir noktaya düşürülmektedir.

Dahası, Şekil 3.13 ve 3.14'e göre, konvansiyonel çelik jacket ve YÖM çelik jacket için elemanların maksimum deplasmanları, sırasıyla $0,013$ m ve $0,023$ m hesaplanmaktadır.

Bölüm 2.3.2'de belirtildiği gibi, yanal momentlerin bir cismin döndürmesine eğilim gösterdiğini dikkate alındığında, bir yapıyı devirerek yapıya zarar verebilmektedir.

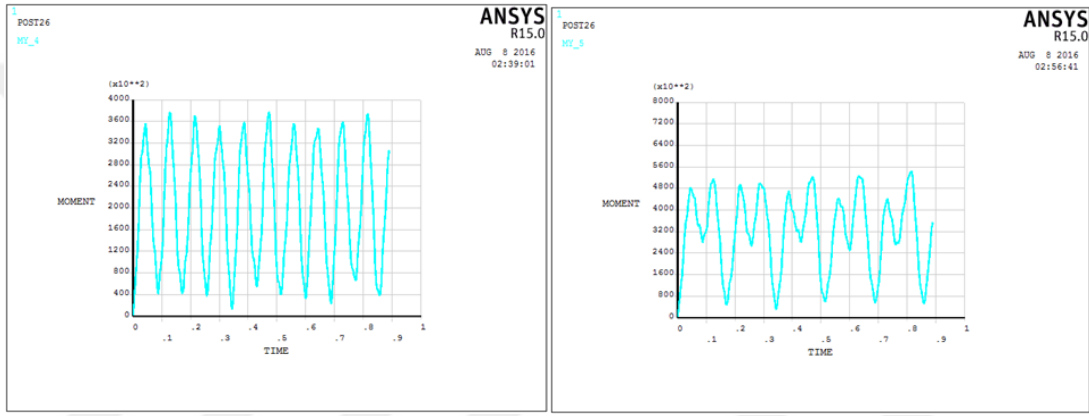
Bu nedenle, jacket ayağında geminin çarpışma yükünden (deniz tabanındaki ile olan bağlantı noktalarında) oluşan MYM'ler önemli bir konu olarak görülmektedir.

Bu nedenle, konvansiyonel çelik jacket ve YÖM çelik jacket için yanal momentlerin diyagramları, sırasıyla Şekil 3.15 ve 3.16'da sunulmaktadır. Diyagramlarda yanal momentler ve yükleme süresi için tüm birimler sırasıyla Newton metre ve Saniye olarak gösterilmektedir.



A ayağı

B ayağı

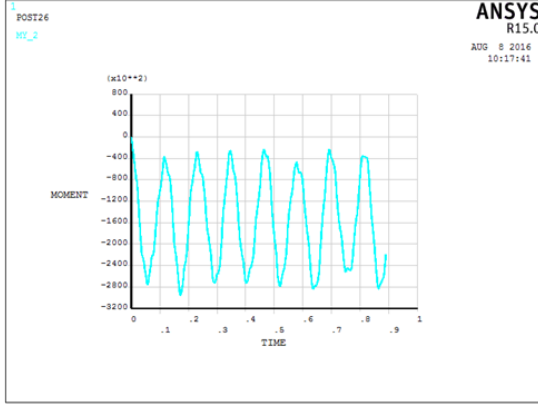


C ayağı

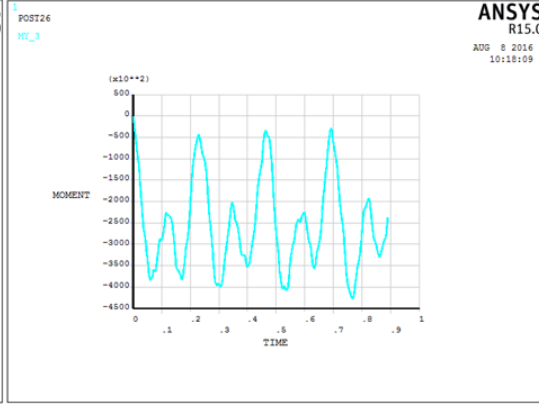
D ayağı

Şekil 3.15: Konvansiyonel çelik jacket ayakları için deniz tabanındaki oluşan yanıl momentlerin moment (N.m) - zaman (s) diyagramları.

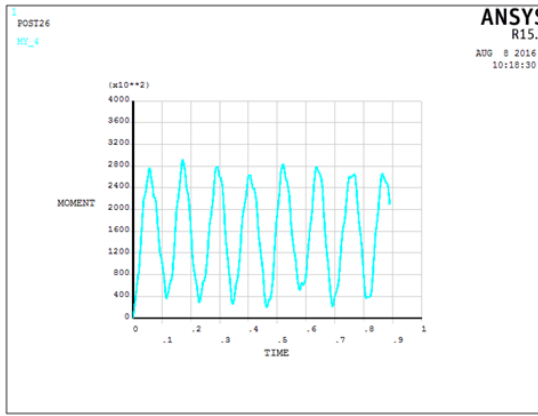
Şekil 3.15'de gösterildiği gibi, konvansiyonel çelik jacket için MYM'ler 383,13 kNm (A ayağında), 544,61 kNm (B ayağında), 376,65 kN.m (C ayağında) ve 543,44 kN.m (D ayağında) olarak hesaplanmıştır.



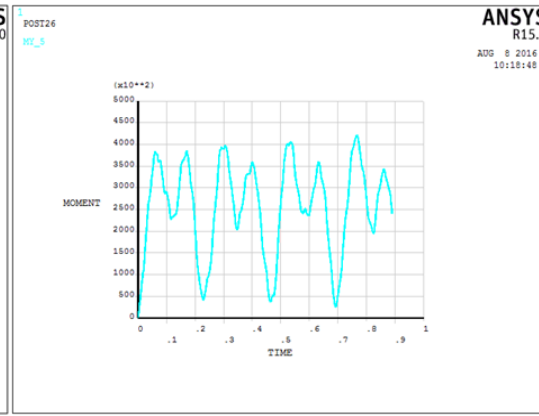
A ayağı



B ayağı



C ayağı



D ayağı

Şekil 3.16: YÖM çelik jacket ayakları için deniz tabanındaki oluşan yanal momentlerin moment (N.m) - zaman (s) diyagramları.

Şekil 3.16'da gösterildiği gibi, YÖM çelik jacketi için, MYM'ler 295,77 kN.m (A ayağında), 426,62 kN.m (B ayağında) ve 291,32 kN.m (C ayağında) ve 420,39 kN.m (D ayağında) olarak hesaplanmıştır. Bu değerler, konvansiyonel çelik jackete göre, momentlerin kayda değer bir şekilde azaltıldığını göstermektedir.

3.3.3 Analiz sonuçları

Ender dalga yükü ve gemi çarpışma yükünden etkilenen konvansiyonel çelik jacket ve YÖM çelik jacket için tüm yapısal analiz sonuçları Çizelge 3.2 ve Çizelge 3.3'te özetlenmektedir.

Çizelge 3.2: Ender dalga yükleme durumunda analiz sonuçları.

Parametre	Konvansiyonel Çelik Jacket	YÖM Çelik Jacket
Jacketin ayaklarında oluşan MTK'leri (kN)	1,03 (A ayağı), 36,83 (B ayağı), 37,67 (C ayağı), 1.50 (D ayağı)	1,03 (A ayağı), 29,89 (B ayağı), 32,03 (C ayağı), 1.51 (D ayağı)
Hakim eksenel gerilmeler (kPa)	793,42 to 5470	902,40 to 6080
Jacketin elemanlarında maksimum deplasmanlar (m)	0,009	0,016

Çizelge 3.3: Gemi çarpışma yükleme durumunda analiz sonuçları.

Parametre	Konvansiyonel Çelik Jacket	YÖM Çelik Jacket
Jacketin ayaklarında oluşan MYM'ler (kN.m)	383,13 (A ayağı), 544,61 (B ayağı), 376,65 (C ayağı), 543,44 (D ayağı)	295,77 (A ayağı), 426,62 (B ayağı), 291,32 (C ayağı), 420,39 (D ayağı)
Hakim eksenel gerilmeler (kPa)	-128,82 to 661,57	-113,19 to 581,15
Jacketin elemanlarında maksimum deplasmanlar (m)	0,013	0,023

3.4 Sonuçlar

Bu çalışmada, AD rüzgar türbinlerinde, konvansiyonel çelik ve YÖM çeliğinden yapılmış (Düşük maliyetli yeni bir materyal olarak) iki jacket tipi altyapıları için zaman tanım alanında analizi yapılmıştır. AD jacketin yapısal modellemesi ve analizi, ANSYS programı ile yürütülmüştür. Buna ek olarak, ender dalga yükü ve AHTS geminin çarpışma yükünün etkileri jacketlerde varsayılmıştır.

Ender dalga yükü ile yapılan analizin hakkında, jacketlerin elemanlarında yaratılan hakim eksenel gerilme miktarları için bir karşılaştırma yapılmıştır.

YÖM çelik jacket için, hakim eksenel gerilme miktarları konvansiyonel çelik jacketten daha büyük olmasına rağmen, bahsedilen yapısal çökme alanından uzaktır ve yapısal tasarımı için tamamen kabul edilebilmektedir. Ayrıca, jacket ayaklarının tepesinde ortaya çıkan MTK'leri, yani AD rüzgar türbinin üst yapısını etkileyen kuvvetler, değerlendirildi. Her iki yapıda, A ve D ayaklarının MTK'leri takriben aynıydı. Bununla birlikte, YÖM çelik jackette, MTK'leri B ayağı için %18,84 ve C ayağı için %14,97 azaltılmıştır. Bu azaltmalar, yapının yorulma performansını arttırmak için gerçekten faydalı olabilmektedir.

AHTS geminin çarpışma yükü ile yapılan analizin hakkında, bahsedilen iki jackette hakim eksenel gerilmeleri karşılaştırarak, YÖM çelik jacket elemanları için %12,15'e kadar gerilmeler azaltılmıştır. Bu azaltma, yapının yorulma ömrünü arttırmak için etkili olabilmektedir.

Ayrıca, jacketlerin ayaklarında, deniz tabanındaki ile olan bağlantı noktalarında, tanımlanan zayıf bağlantı noktalarının hakkında, iki zayıf noktadan (konvansiyonel çelik jacket için) bir noktaya (YÖM çelik jacket için) düşürülmüştür. Bu durum, AD jacketin deniz tabanındaki istikrarını daha iyi sağlanmasında yardımcı olabilmektedir.

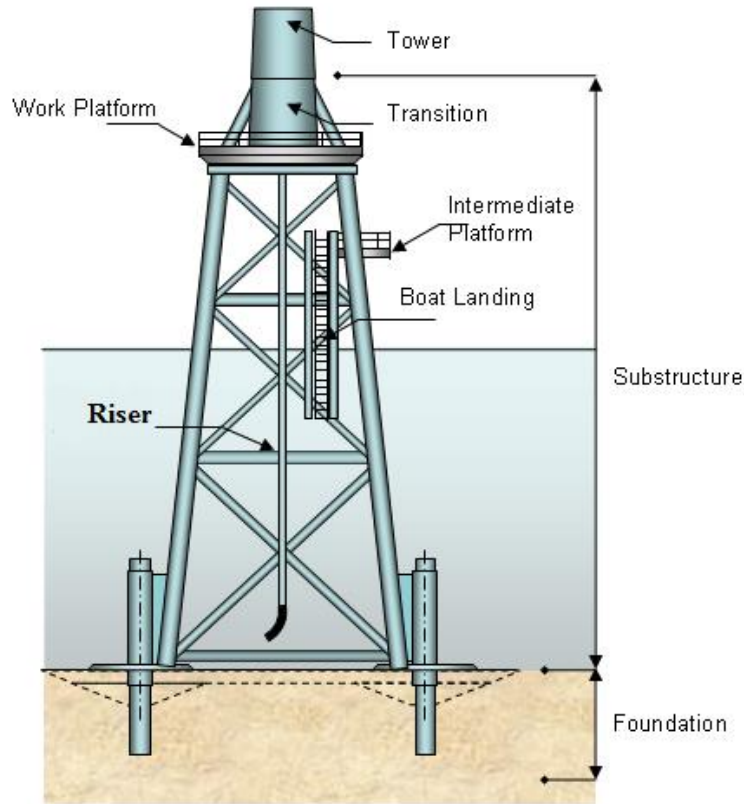
Buna ek olarak, deniz tabanındaki ile olan bağlantı noktalarında ortaya çıkan MYM'lerin hakkında, YÖM çelik jacket için yaklaşık %22 azaltılmıştır. Sonuç olarak, yapısal devrilme riski azalmaktadır.

Dahası, YÖM çelik jackette, konvansiyonel çelik jackete göre, elemanların çapları yaklaşık %12,50'e kadar azaltıldı. Bu nedenle, yapının ağırlığı %22,55 azaltılmaktadır.

4. 1. VE 5. MERTEBE ENDER DALGALAR İLE DENİZ RAYSERLERİN DİNAMİK ANALİZİ

4.1 Giriş

Rayserler (risers) AD faaliyetlerinde jacketlerin önemli bileşenleridir. Rayserler AD yüzey tesislerine geçici olarak doğal gaz ya da petrol aktarılmasını sağlayan borulardır. Platformun yapısına göre (DNV-OSS-302, 2010), AD rayserler genellikle sabit veya esnek olabilecek şekilde tasarlanmaktadır. Sabit AD jacketler deniz ortamında (derin olmayan sularda) yaygın olarak petrol ve doğal gaz endüstrilerinde kullanılan temel yapılardır (Mirtaheri ve diğ., 2009). Bu araştırmada, AD jacketler için sabit rayserler dikkate alınmaktadır. Jacket yapısında bir rayserin örneği çeşitli detaylar ile Şekil 4.1'de gösterilmektedir.



Şekil 4.1: Jacket yapısında sabit rayser için bir örnek (Saleem, 2011).

Genel olarak, deniz yapıların içinde bulunduğu şartlar, karadaki yapıların şartları ile kıyaslandığında, daha zorlukları ortaya çıkmaktadır. Çünkü bu durumda, hidrodinamik etkileşim etkileri ve dinamik reaksiyonu esas meselelerdir (Haritos, 2007). Bu nedenle, deniz çevresel koşullarıyla uyumlu bir şekilde deniz yapılarının analizi ve tasarımı en zorlu ve yaratıcı çalışma olabilmektedir. Ayrıca, deniz yapılarında hizmet süresi boyunca önemli çevresel yüklerin etkisinde, rayserlerin performanslarını tahmin etmek çok önemlidir.

4.1.1 Yapısal analiz için aşırı dalgaının uygulanması hakkında özet bir bakış

Daha önce de belirtildiği gibi, deniz dalgaları, deniz yapılarının maruz kaldığı en önemli çevresel kuvvetleridir (Bargi ve diğ., 2011). Deniz rayserleri deniz tabanına sabitlenmiş veya esnek olarak olsa bile dalga yükleri her zaman onları etkilemektedir. Dalgaların etkilerinin araştırması genellikle analitik ve sayısal yöntemlerle yapılmaktadır. Yazılımların gelişimi ile, Diferansiyel Denklemleri çözümü için sonlu elemanlar metodu gibi sayısal yöntemler tanıtılmıştır. Doğrusal olmayan deformasyon şekillerinde bile yapıları aşamalı olarak analiz etmek için bu yöntemler kullanılmaya başlatılmıştır (Pattipawaej, 2006; Naimi ve diğ., 2013). Daha önce de belirtildiği gibi, sonlu elemanlar analizi için en önemli yazılımlardan biri ANSYS'dir. (Url-5). Deniz dalgalarının dinamik özelliği nedeniyle, zaman tanım alanında analizi, çeşitli derinliklerde dalgalar tarafından etkilenen deniz yapılarının yapısal performanslarını değerlendirilmesinde güvenilir bir yöntemdir (Low, 2009).

Bölüm 2.1.1'de belirtildiği gibi, dalga-yapı etkileşimi çalışmasında kritik çevresel koşulların önemi nedeniyle, aşırı dalga yüklerin çalışması, deniz yapılarında oluşan yorulmayı belirlemek ve yapının ömür süresini tahmin etmek için gerçekten önemli bir konudur.

Aşırı dalgaların arasında, ender (freak) dalgalar, nadiren denizde oluşan dalgalardır. Belirgin dalga yüksekliğinin iki katından fazla genliklere erişebilmektedir (Harif ve diğ., 2009). Bu nedenle, AD yapılar için dikkate değer bir tehlike oluşturabilmektedir (Bkz. Bölüm 2). Diğer dalgalar gibi ender dalgaların doğrusal ve doğrusal olmayan iki sınıfa ayrılabilceği unutulmamalıdır (Chabchoub ve diğ., 2011, Chabchoub ve diğ., 2012 ve Onorato ve diğ., 2013).

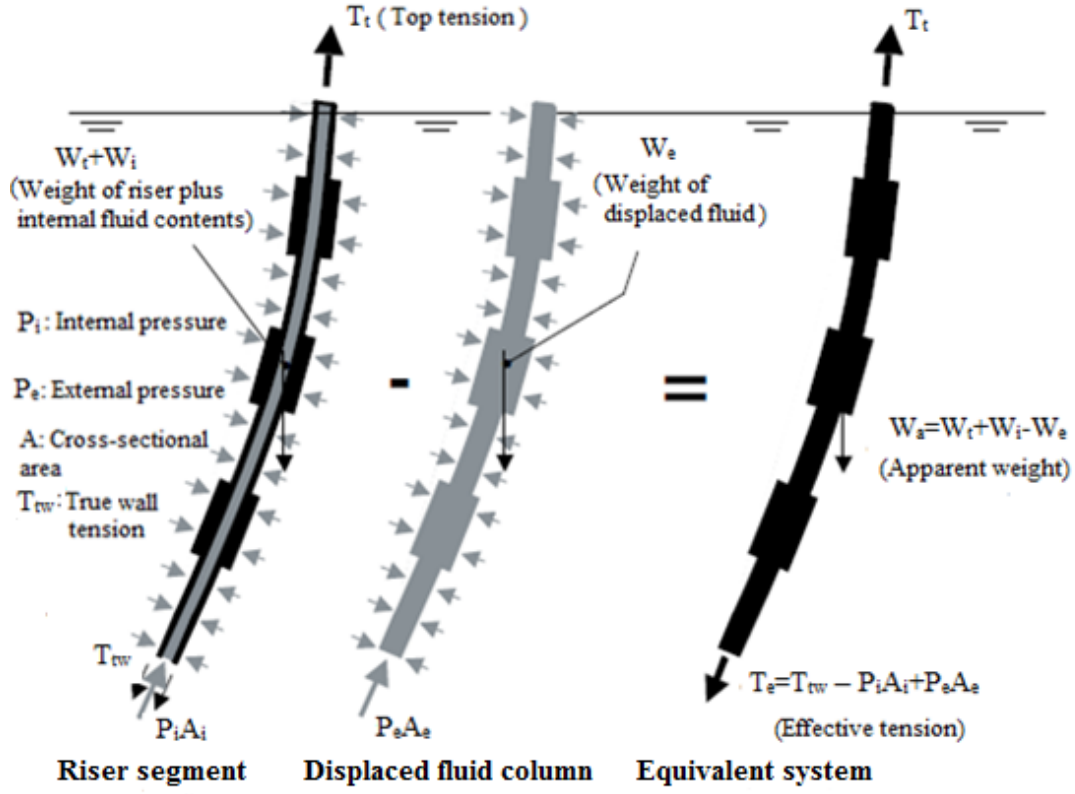
4.1.2 Termoplastik kompozit borular

Son yıllarda, çeşitli deniz uygulamalarında konvansiyonel çelik rayserlere alternatifler düşünülmüştür ve alternatif olarak kompozit malzemeler AD endüstrilerinde kullanılmaya başlanmıştır. AD uygulamalarında dikkate değer avantajlarla kompozit rayserlerin kullanımı ile ilgili birçok araştırma yapılmıştır. Bu avantajlardan bazıları hafif ağırlık, korozyon direnci, yüksek mukavemet, esneklik ve uygun bakım maliyetleridir (Ochoa ve Salama, 2005; Dalmolen ve diğ., 2009; Yu ve diğ., 2015).

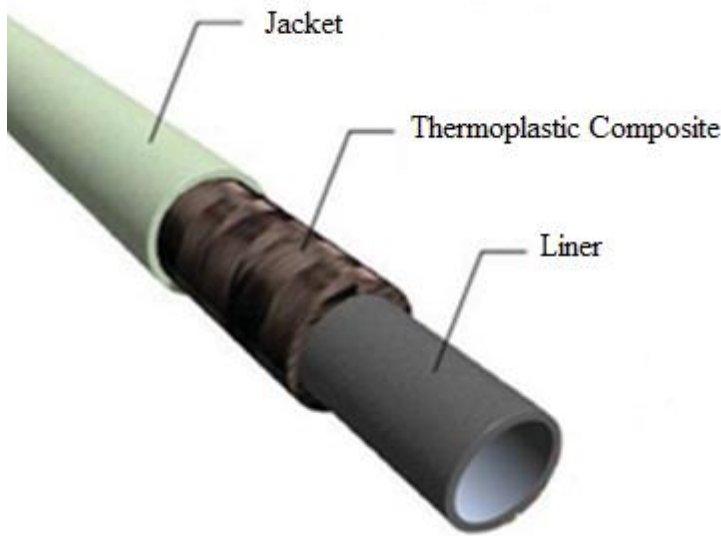
Kompozit borularda, takviyeli termoplastik borular, boru duvarları sağlam olması nedeniyle, deniz endüstrilerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Asya'da ve özellikle Orta Doğu'da, son yıllarda petrol ve doğal gaz sektörlerinde 500 km'den fazla termoplastik borular kullanılmıştır (Dalmolen ve diğ., 2009).

Bununla birlikte, Van Onna ve diğ. (2012) tarafından sunulan Termoplastik Kompozit Boruların (TKB'ların) özelliklerine göre, petrol ve doğal gaz endüstrisinde konvansiyonel sabit çelik rayserlere değerli yeni bir alternatif olabilmektedir. Konvansiyonel çelik rayserler ile karşılaştırıldığında, ağırlıktaki belirgin düşüşler sonucunda yüzdürme ve özellikle gerilme etkileri azalmaktadır (Bkz. Şekil 4.2). Bu avantajlar, AD firmaların bu yeni esnek kompozit raysere yatırım yapmaları için dikkate değer teşviklerdir.

Bu boruların yapılması hakkında, Şekil 4.3'de gösterildiği gibi, bu tip borular iç katman (Liner), orta katman (termoplastik kompozit takviye) ve dış katmandan (jacket) imal edilmektedir (Van Onna ve diğ., 2012). Aslında hepsi aynı termoplastik polimer malzemelerdir ve üretim süreci boyunca, bir bileşik, sağlam ve lamine silindirik kabuk oluşturmak (boru duvarı) için lif (fiber) takviyeleri ile eritilmektedir (Bkz. Şekil 4.4). Lamine kompozit silindirik kabuklar için yapılan teorik ve sayısal araştırmalara ilişkin detaylar Chaudhuri ve diğ. (1986), Chaudhuri ve diğ. (2008) ve Chaudhuri ve diğ.'de (2015) mevcuttur.



Şekil 4.2: Esnek rayser elemanı etkileyen gerilmeler (Sparks, 2007).



Şekil 4.3: Termoplastik kompozit boruların örneği (Van Onna ve diğ., 2012).



Şekil 4.4: Lamine kompozit silindirik boru duvarların örneği (Van Onna ve diğ., 2012).

Sonuç olarak, sağlam bir boru duvarı, yüksek emniyetli uzama oranı ve yüksek korozyon direnci sağlayarak, tüm yük durumlarında boruyu desteklemektedir (Van Onna ve diğ., 2012). Ek olarak, Norveç Bilim ve Teknoloji Üniversitesi tarafından yapılan eğme yorulması (bending fatigue) testine göre (Bkz. Şekil 4.5), TKB teknolojisi üstün bir yorulma performansına sahiptir.



Şekil 4.5: Bir TKB numunesinde yapılan eğme yorulması testi (Van Onna ve diğ., 2012).

4.1.3 Bölümün içeriği

Rayserler çeşitli AD uygulamalarında önemli bir rol oynamaktadır, ancak konvansiyonel çelik rayserler ağırlığından dolayı, çevresel yüklerden etkilenirken deniz yapılarının yorulma ve hizmet ömrünü olumsuz şekilde etkilemektedir. Rayserlerin yapılmasında, uygun bir materyalin seçimi ve bu vazgeçilmez bileşenin analizi ve tasarımının optimizasyonu önemlidir ve gerçekten pozitif etkisi olabilmektedir. Çünkü bu işlemler, gerilmeleri azaltarak AD yapılarının hizmet ömrünü arttırmaktadır. Sabit rayserler genellikle çelikten imal edilmektedir. Bununla birlikte, bu araştırmada TKB, çelik rayserlere araştırılabilir bir alternatif olarak düşünülmüştür.

Bu amaçla, bu çalışmada ilgili sabit rayserin yerleştirilebileceği bir jacket yapısının çevresel ve yapısal özellikleri Bölüm 4.2'de açıklanmaktadır. Daha sonra Bölüm 4.3'te, konvansiyonel çelik ile yapılmış bir Doğal Gaz Çıkarma Rayseri (DGÇR), Petrol Çıkarma Rayseri (PÇR) ve yeni termoplastik kompozit materyal ile yapılmış Termoplastik Kompozit Boru (TKB) farz edilmektedir. ANSYS programı ile, doğrusal ve doğrusal olmayan ender dalganın etkisinde, modellenmiş rayserlerin performanslarını zaman tanım alanında dinamik analizi ile karşılaştırılmaktadır. Hedef, jacketin güvertesinde yer alan rayserlerin deplasmanlarını ve özellikle tepki kuvvetlerini 1. (doğrusal) ve 5. (doğrusal olmayan) mertebe dalga teorilerini kullanarak karşılaştırmaktır. Son olarak, Bölüm 4.4'te, sonuçlar değerlendirilmektedir.

4.2 Yapısal ve Çevresel Özellikler

Analiz için, Kuzey Denizi'nde bulunan bir dört ayaklı jacket tipi açık deniz platformu varsayılmaktadır. Su derinliği 70 m'dir.

Dinamik analizi için bir 32 inçlik (0,81 m'lik) DGÇR, 22 inçlik (0,55 m'lik) PÇR ve 20 inçlik (0,50 m'lik) TKB (petrol çıkarmak için), farz edilmektedir. Onlar deniz tabanından, MSL'nin 25,50 m yüksekliğine kadar (Ana güverteye kadar) dik olarak yerleştirilmektedir.

Daha önce de belirtildiği gibi, deniz yapılarının analizi ve tasarımı için aşırı yükleme koşullarının önemi nedeniyle, dinamik analizi için, 100 yıllık dönüş periyodu ile ekstra

kritik durumunda bir ender dalganın etkileri varsayılmıştır. Dalga yüksekliği 26 m ve dalga periyodu 15 s'dir. (Van Raaij ve Gudmestad, 2007).

Daha önce 2. ve 3. bölümlerde anlatıldığı gibi, AD boru elemanlarındaki dalga kuvvetlerini hesaplamak için iki iyi bilinen yöntemler Morison Denklemi ve Difraksiyon teorisidir. Belirtilen formülden (Bkz. Denklem 2.17) hesaplanan dalga boyuna (L) göre, L, 311 m'ye eşittir ve Çizelge 4.1'de gösterildiği gibi, her durumda, L/D oranı (dalga boyu/rayserlerin çapı) çok büyüktür. Bu nedenle, analiz için Morison Denklemi uygulanabilmektedir (Sorensen, 2006).

Çizelge 4.1: Farklı rayserler için L/D oranları.

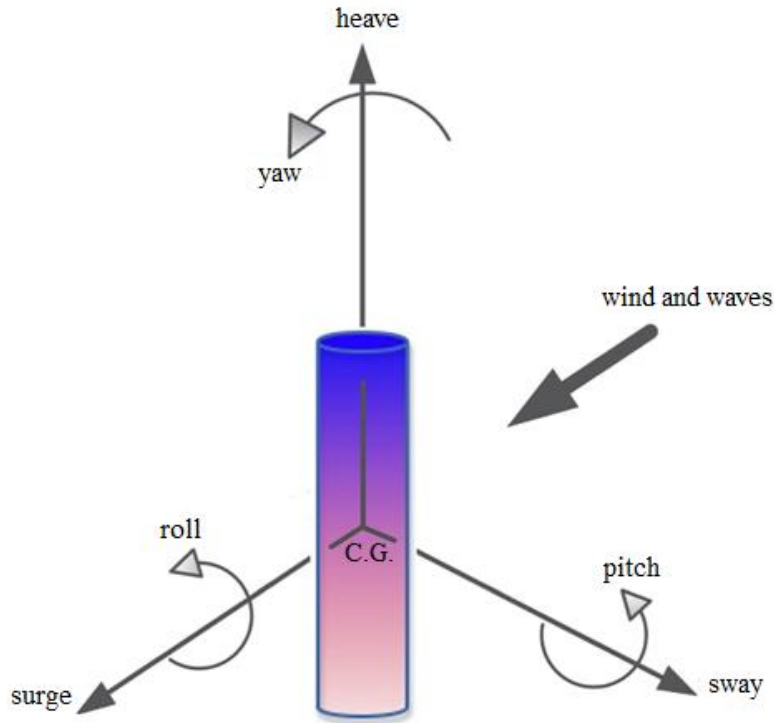
Rayser Tipi	D (m)	L/D
DGÇR	0,81	383
PÇR	0,55	565
TKB	0,50	622

4.3 Modelleme ve Analiz

Sonlu elemanlar ANSYS programı ile DGÇR, PÇR ve TKB'nun modellemesi ve analizi gerçekleştirilmiştir. Deniz koşullarının simülasyonu için programda modelleme için kullanılan eleman tipi PIPE 59'dur (Url-5).

Gerçek durumu simüle etmek için PÇR ve TKB'de 880 kg/m^3 yoğunluğa sahip olan Petrolün aktığı varsayılmaktadır. Buna ek olarak, DGÇR'nde $0,80 \text{ kg/m}^3$ yoğunlukta doğal gaz akmaktadır.

Sınır koşullarının hakkında, genellikle PIPE 59 deniz ortamında boru şekilli bir eleman olarak bu borunun her düğümünde doğrusal hareketler (surge, sway ve heave) ve dönme hareketlerle (roll, pitch ve yaw) (Bkz. Şekil 4.6) altı serbestlik derecesine sahiptir (Chakrabarti, 2005). Bu çalışmada, rayser deniz tabanında tamamen sabitlenmiş yani aslında ankastre olarak farz edilmektedir. Ayrıca, rayser, platformun güvertesinde sabitlenmiş ama dönme hareketleri mümkün olarak varsayılmaktadır.



Şekil 4.6: Deniz ortamında bir boru şekilli elemanın altı serbestlik derecesi.

Dinamik analizinde kullanılan konvansiyonel çelik (Tan ve diğ., 2014) boruları (DGÇR ve PÇR) ve termoplastik kompozit boru ile ilgili materyal özellikleri Çizelge 4.2'de sunulmaktadır.

Çizelge 4.2: DGÇR, PÇR ve TKB için kullanılan materyal özellikleri.

Materyal Özellikleri	Konvansiyonel Çelik	Termoplastik Kompozit
Yoğunluk (kg/m ³)	7850	1600
Young Modülü (GPa)	210	6
Poisson Oranı	0,35	0,25

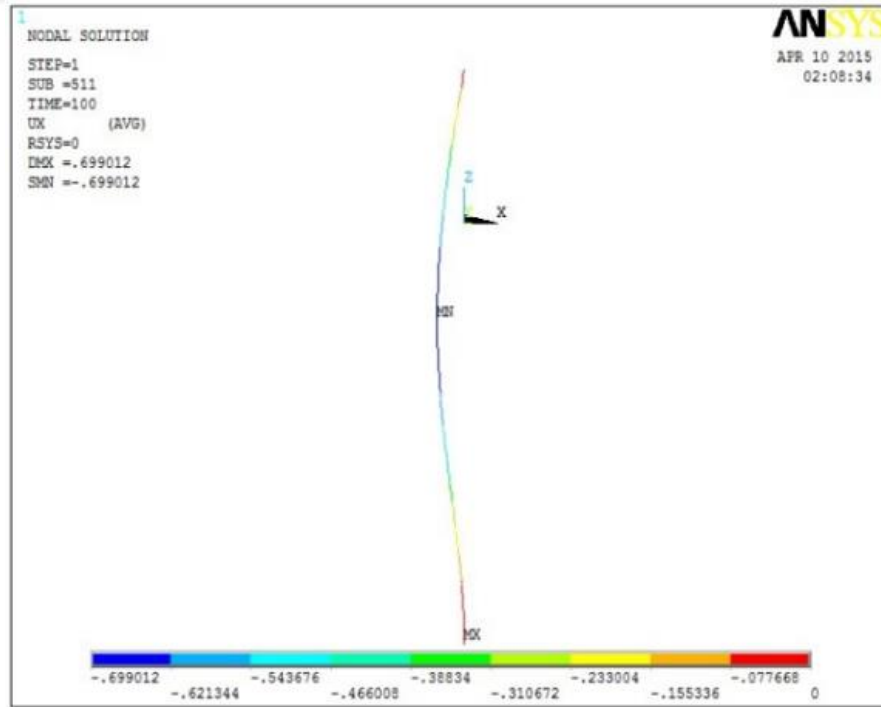
Daha önce de belirtildiği gibi, zaman etki alanındaki dinamik analizi (zaman tanım alanında), hidrodinamik yüklerin etkisinde olan AD yapıların performanslarını incelenmek için güvenilir bir yöntemdir.

Dinamik analizi gerçekleştirmek için bir DGÇR, PÇR ve TKB, ANSYS programında modellenmektedir. Rayserlerin kritik çevresel koşullarda 1. mertebe (doğrusal) ve 5. mertebe (doğrusal olmayan) ender dalğanın etkisinde oldukları farz edilmektedir. Ender dalğanın etkisinde olan çeşitli rayserlerin performanslarını kıyas edilmektedir.

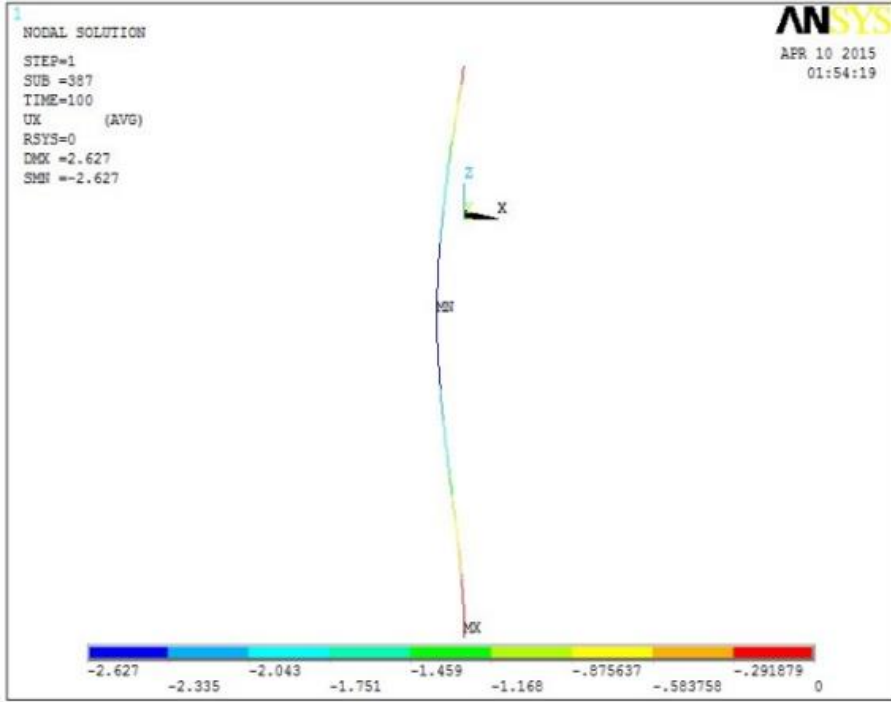
Ayrıca, dinamik analizinde sönümlenme katsayısı %5 olarak, farz edilmektedir (Wilson, 2003).

4.3.1 1. mertebe ender dalga yükü ile dinamik analiz sonuçları

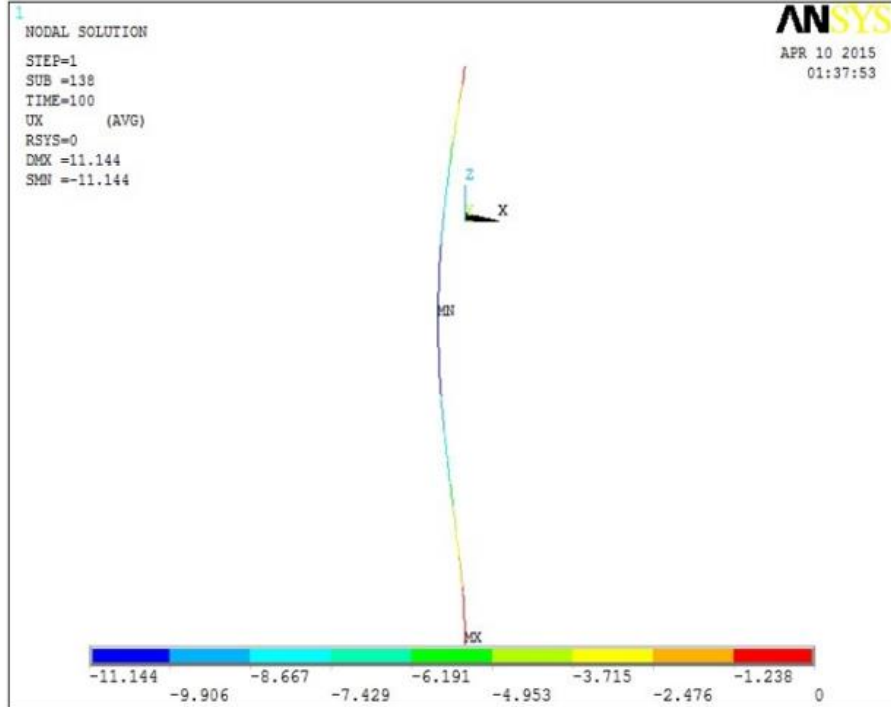
ANSYS yazılımında dinamik analizinden sonra, 1. mertebe ender dalgadan etkilenen DGÇR, PÇR ve TKB için nodal deplasmanlar sırasıyla Şekil 4.7, 4.8 ve 4.9'da sunulmaktadır. Dinamik analizde dalğanın yükleme süresinin 100 s olduğu varsayılmaktadır.



Şekil 4.7: 1. mertebe ender dalgadan etkilenen DGÇR'nin nodal deplasmanı (m).

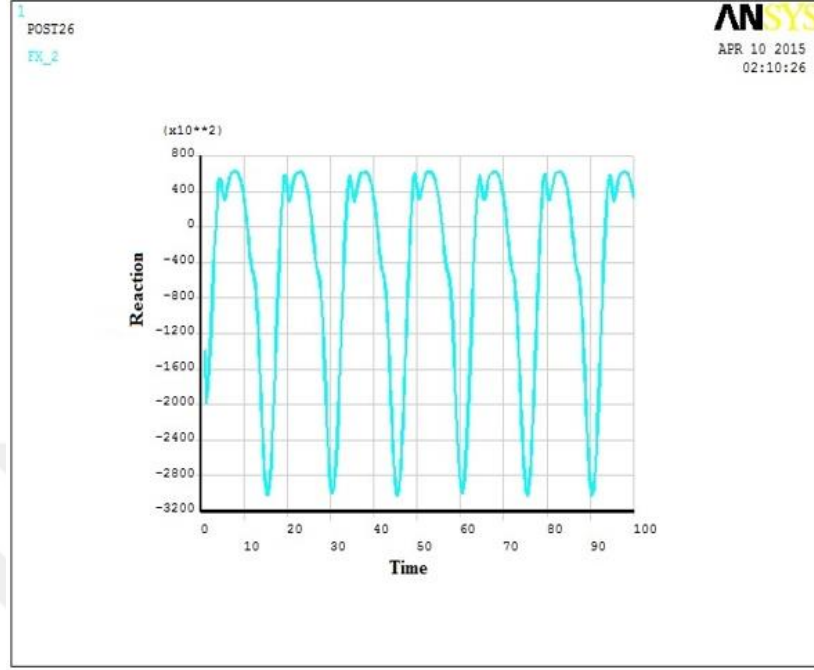


Şekil 4.8: 1. mertebe ender dalgadan etkilenen PÇR'nin nodal deplasmanı (m).

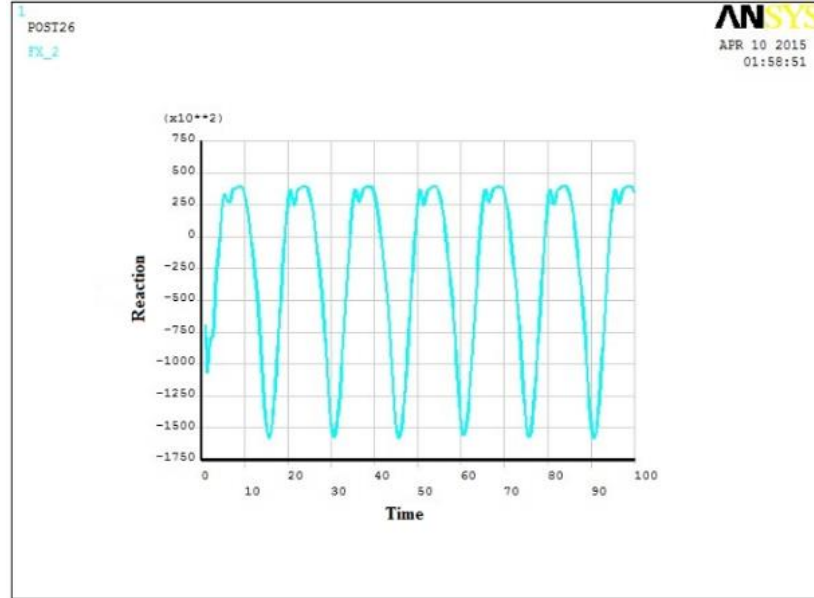


Şekil 4.9: 1. mertebe ender dalgadan etkilenen TKB'nun nodal deplasmanı (m).

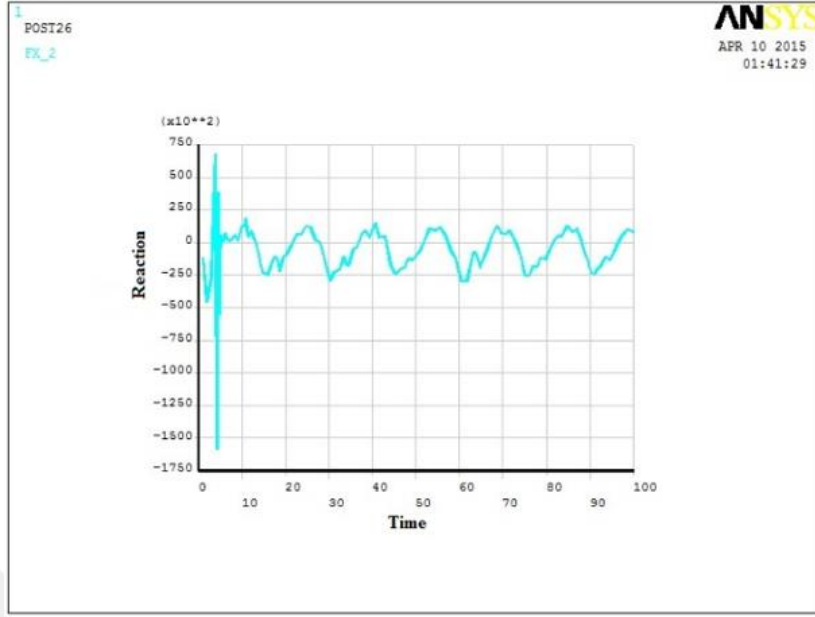
Buna ek olarak, platformun ana güvertesini etkileyen rayserlerin tepesindeki oluşan tepki kuvvetleri Şekil 4.10, 4.11 ve 4.12'de gösterilmektedir.



Şekil 4.10: 1. mertebe ender dalgadan etkilenen DGÇR'nin tepesinde oluşan tepki kuvvetlerinin tepki (N) - zaman (s) grafiği.



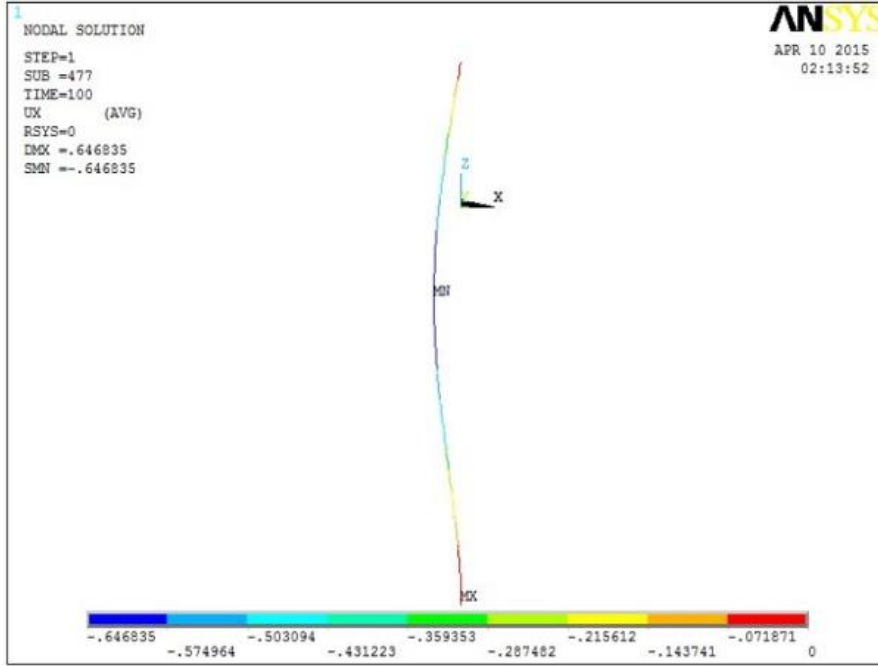
Şekil 4.11: 1. mertebe ender dalgadan etkilenen PÇR'nin tepesinde oluşan tepki kuvvetlerinin tepki (N) - zaman (s) grafiği.



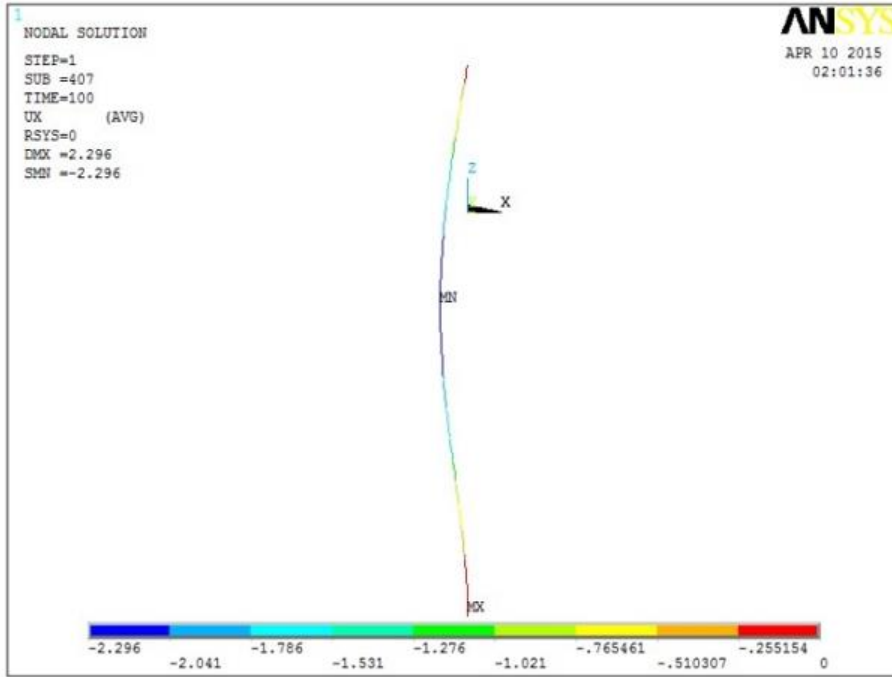
Şekil 4.12: 1. mertebe ender dalgadan etkilenen TKB'nun tepesinde oluşan tepki kuvvetlerinin tepki (N) - zaman (s) grafiği.

4.3.2 5. mertebe ender dalga yükü ile dinamik analiz sonuçları

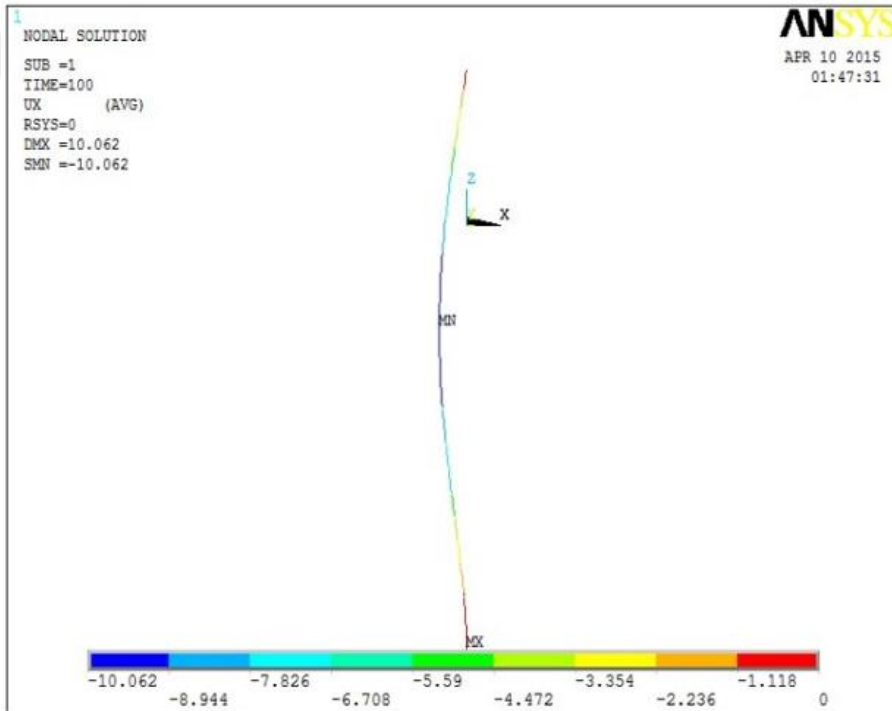
Dinamik analizinden sonra, 5. mertebe ender dalgadan etkilenen DGÇR, PÇR ve TKB için nodal deplasmanların grafikleri sırasıyla Şekil 4.13, 4.14 ve 4.15'de mevcuttur.



Şekil 4.13: 5. mertebe ender dalgadan etkilenen DGÇR'nin nodal deplasmanı (m).

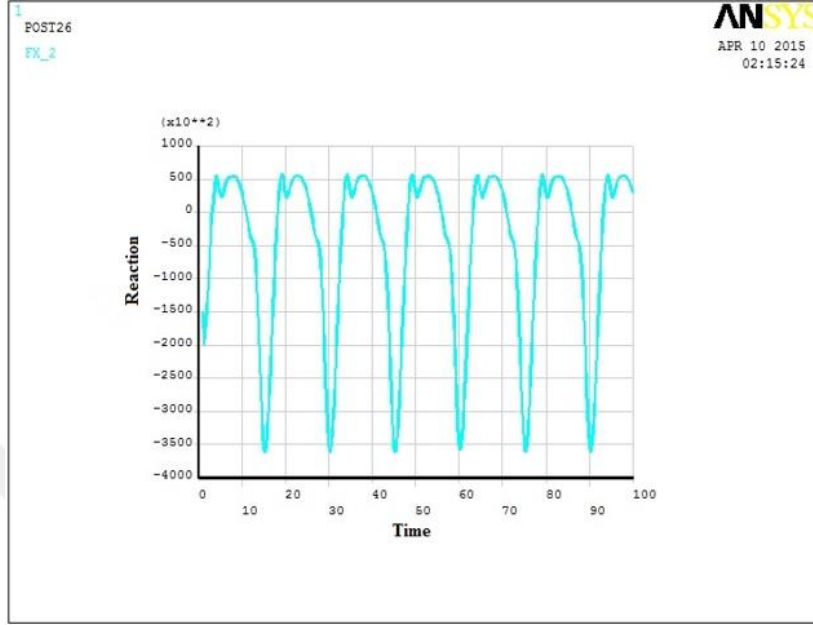


Şekil 4.14: 5. mertebe ender dalgadan etkilenen PÇR'nin nodal deplasmanı (m).

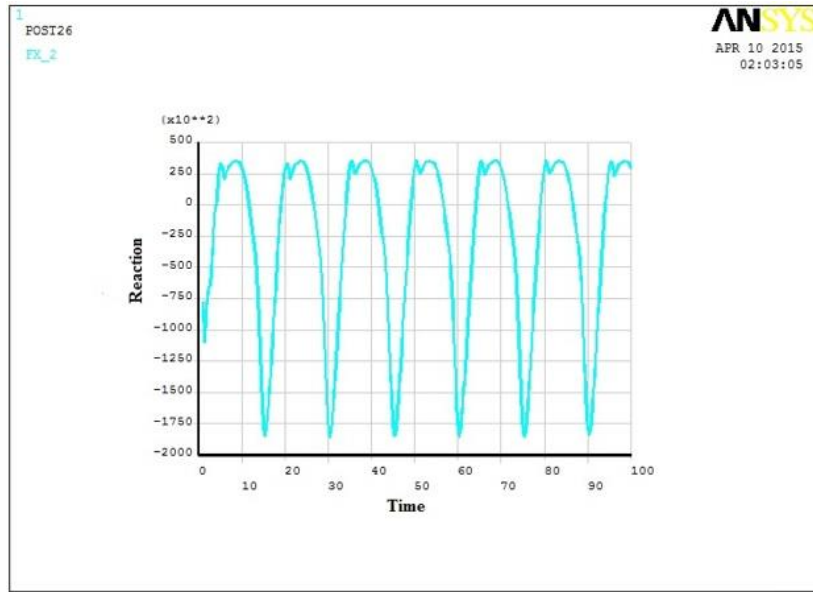


Şekil 4.15: 5. mertebe ender dalgadan etkilenen TKB'nun nodal deplasmanı (m).

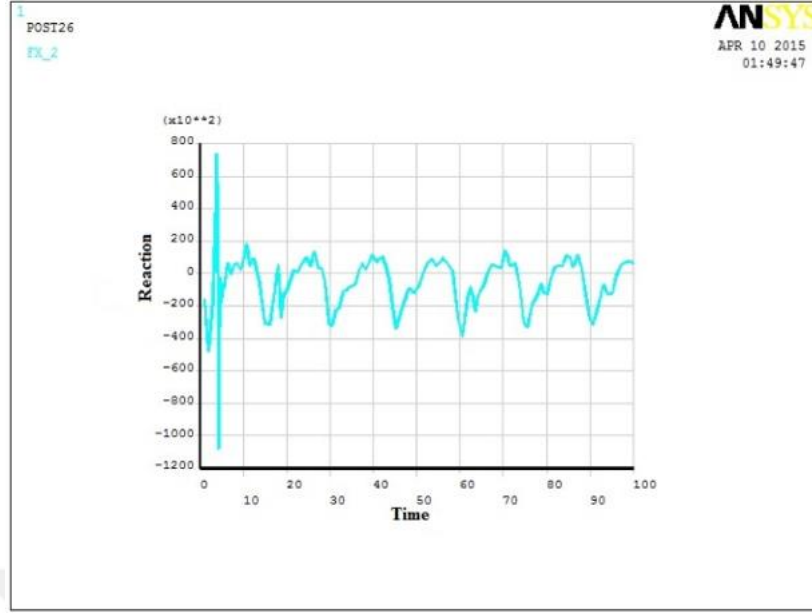
Dahası, etkileyen rayserlerin tepesindeki oluşan tepki kuvvetlerinin grafiği Şekil 4.16. 4.17 ve 4.18'de sunulmaktadır.



Şekil 4.16: 5. mertebe ender dalgadan etkilenen DGÇR'nin tepesinde oluşan tepki kuvvetlerinin tepki (N) - zaman (s) grafiği.



Şekil 4.17: 5. mertebe ender dalgadan etkilenen PÇR'nin tepesinde oluşan tepki kuvvetlerinin tepki (N) - zaman (s) grafiği.



Şekil 4.18: 5. mertebe ender dalgadan etkilenen TKB'nun tepesinde oluşan tepki kuvvetlerinin tepki (N) - zaman (s) grafiği.

4.3.3 Analiz sonuçları

Analiz sonuçları özet olarak Çizelge 4.3, 4.4 ve 4.5'te sunulmaktadır. 5. mertebe dalga teorisi, çelik rayserlerin ekonomik bir tasarımı için daha iyi ve daha güvenilir sonuçlar sağlamaktadır. Tepki kuvvetlerinin hakkında, Başlangıçta TKB'nun Maksimum Tepki Kuvveti (MTK), DGÇR ve PÇR'nin MTK'nden daha fazladır ama $t = 10$ s'den sonra jacketin güverte yapısındaki oluşan MTK kesinlikle sözü geçen rayserlerden daha düşüktür.

Çizelge 4.3: DGÇR için analiz sonuçları.

	1. mertebe ender dalga	5. mertebe ender dalga
MTK (kN)	63,14	57,63
Maksimum nodal deplasman (m)	0,69	0,64

Çizelge 4.4: PÇR için analiz sonuçları.

	1. mertebe ender dalga	5. mertebe ender dalga
MTK (kN)	40,08	35,42
Maksimum nodal deplasman (m)	2,60	2,29

Çizelge 4.5: TKB için analiz sonuçları.

	1. mertebe ender dalga	5. mertebe ender dalga
MTK (kN)	68,15 for $t < 10$ s 18 for $t > 10$ s	73,60 for $t < 10$ s 20 for $t > 10$ s
Maksimum nodal deplasman (m)	11,14	10,06

4.4 Sonuçlar

Bu araştırmada, üç farklı rayserin üzerinde (DGÇR, PÇR ve TKB) dinamik analizi yapılmıştır. Denizin koşulları son derece kritik olarak farz edilmiştir. Ender dalga etkisi, 1. ve 5. mertebe dalga teorilerini kullanarak dinamik analizinde içermiştir. Bir AD jacketin ana güvertesindeki rayserlerin performansı ile ilgili bir karşılaştırma gerçekleştirildi. Bölüm 4.3'e göre, rayserlerin deplasmanları ve MTK'lerini karşılaştırarak, 5. mertebe dalga teorisi ile daha az deplasmanlar ve MTK'leri ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle, 5. mertebe dalga teorisi DGÇR ve PÇR'in dinamik analizi için ekonomik açıdan önerilmektedir. 5. mertebe dalga teorisi DGÇR ve PÇR için tepki kuvvetleri, 1. mertebe dalga teorisine göre yaklaşık %9 daha az tahmin etmektedir. TKB ile ilgili olarak 1. mertebe dalga teorisi önerilmektedir. Daha da önemlisi, DGÇR ve PÇR ile karşılaştırıldığında, TKB'nun güverte yapısına uyguladığı tepki kuvveti, daha az olduğunu tespit edilmektedir.

İlk etkide, $t = 10$ s'ye kadar ender dalga büyük deplasman ve MTK oluşturmuştur. MTK yaklaşık olarak 1. mertebe dalga için 68 kN ve 5. mertebe dalga için 73 kN hesaplanmıştır. $t = 10$ s'den sonra MTK çok azalmıştır ve ana güvertedeki MTK, 1. mertebe dalga için 18 kN ve 5. mertebe dalga için 20 kN hesaplanmıştır, yani aslında TKB'nun MTK'leri, DGÇR ve PÇR'nin MTK'lerine göre sırasıyla yaklaşık %70 ve %50 azaltılmıştır.





5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu araştırmada, iki sabit-tip AD jacket yapıları için zaman tanım alanında dinamik analizi (transient dinamik analizi) uygulanmıştır. Analizde sırasıyla AD petrol ve doğal gaz endüstrisinde ve AD rüzgar endüstrisinde altyapı olarak kullanılan üç ayaklı jacket ve dört ayaklı jacket farz edilmiştir. Ayrıca, sabit rayserler AD jacketlerin değerli bileşenleri olarak dinamik analizi için varsayılmıştır. ANSYS programı, AD jacket yapılarının ve rayserlerinin modellemesi ve analizi için kullanılmıştır.

Üç ayaklı jacket ve dört ayaklı jacketlerin hakkında, bu yapıların YÖM çelik ile (yeni bir malzeme olarak) ve geleneksel çelik malzeme ile yapıldıkları varsayılmıştır. YÖM çelik jackede, konvansiyonel çelik jackede göre, elemanların çapları üç ayaklı jacket için yaklaşık %17'ye kadar ve dört ayaklı jacket için yaklaşık %12,50'ye kadar azaltılmıştır. Bu nedenle, yapının ağırlığı üç ayaklı jacket için %28,19 ve dört ayaklı jacket için %22,55 azaltılmıştır.

Üç ayaklı ve dört ayaklı jacketlerde, ender dalga yükü ve gemi çarpışma yükünün (üç ayaklı jacket için bir destek gemi çarpışma yükü ve dört ayaklı jacket için bir AHTS gemi çarpışma yükü) etkileri varsayılmıştır.

Ender dalga yükü ile yapılan zaman tanım alanında analizinin hakkında, jacket ayaklarının tepesinde ortaya çıkan MTK'leri, yani aslında AD jacketin üst yapılarını etkileyen kuvvetler, karşılaştırılmıştır. YÖM çelik jackede, konvansiyonel çelik jackede göre, MTK'leri üç ayaklı jacket için %30,57'ye kadar ve dört ayaklı jacket için %18,84'e kadar azaltılmıştır. Bu azaltmalar, yapının yorulma performansını arttırmak için çok yararlı olabilmektedir. Ayrıca, bahsedilen jacketlerin elemanlarında ortaya çıkan hakim eksenel gerilmelerin hakkında karşılaştırma gerçekleştirilmiştir. Bahsedilen jacketlerde, YÖM çelik jacketleri için, eksenel gerilme değerleri konvansiyonel çelik jacketlere göre daha yüksek olmasına rağmen belirlenen yapısal çökme bölgesinden (ANSYS programında gerilmelerin değerleri turuncu bölgesinden kırmızı bölgesine kadar çökme bölgesi olarak sayılmaktadır) uzaktır ve yapısal tasarımı için kabul edilebilmektedir.

Gemi çarpışma yükü ile yapılan zaman tanım alanında analizinin hakkında, jacketlerin ayaklarında, deniz tabanındaki ile olan bağlantı noktalarında meydana gelen MYM'ler için karşılaştırma yapılmıştır. YÖM çelik jactette, konvansiyonel çelik jactete göre, MYM'ler üç ayaklı jacket için %39,03'e kadar ve dört ayaklı jacket için yaklaşık %22 azaltılmıştır. Bu nedenle, yapısal devrilme riski azalmaktadır. Üç ayaklı jacketin hakkında, eksenel gerilme değerleri ile ilgili olarak, YÖM çelik jactette bu değerler konvansiyonel çelik jactetten daha yüksek olmasına rağmen, yapısal çökme bölgesinden uzaktır ve yapısal tasarımı için tamamen kabul edilebilmektedir. Bununla birlikte, dört ayaklı jacket için, YÖM çelik jacket elemanlarında %12,15'e kadar gerilmeler azaltılmıştır.

Üç ayaklı jacket yapısında, gemi çarpışma yüklemesinde, etkilenen ayakların bağlantı noktalarında oluşan hakim eksenel gerilmeler mukayese edilmiştir. Konvansiyonel çelik jactette gerilmeler çökme bölgelerinde meydana gelmiştir. Bununla birlikte, YÖM çelik jacket için eksenel gerilme değerleri, çökme bölgesinin dışındaydı. Bu nedenle, yapısal tasarımı için kabul edilebilmiştir.

Dört ayaklı jacketlerin ayaklarında, deniz tabanındaki ile olan bağlantı noktalarında, tanımlanan zayıf bağlantı noktalarının hakkında, iki zayıf noktadan (konvansiyonel çelik jacket için) bir noktaya (YÖM çelik jacket için) düşürülmüştür. Bu durum, AD jacketin deniz tabanındaki istikrarını arttırmak için faydalı olabilmektedir.

Ayrıca belirtmek gerekir ki AD faaliyetlerinde üç ayaklı ve dört ayaklı jacketler için yapısal ağırlığın azaltılması, jacketin imalatından sonra, jacket yapısının inşaatını tamamlama ile ilgili tüm prosedürlerin (yükleme, taşıma, suya indirme ve montaj) basitleştirilmesine sebep olmaktadır. Dahası, jacket elemanlarının çaplarının azaltılması GKT'lerin azaltılmasında etkili olabilmektedir, bu da AD jacketin yorulma ömrünü ve dolayısıyla hizmet ömrünü arttırmak için bir diğer olumlu noktadır. Dolayısıyla, yukarıda belirtilen avantajlara göre, üç ayaklı ve dört ayaklı jacket yapılarının imalatında, yüksek özgül mukavemetli çeliğin uygulanması uygun olabilmektedir.

Sabit rayselerin dinamik analizi ile ilgili olarak, iki çelik rayser (DGÇR ve PÇR) ve bir termoplastik kompozitten (yeni materyal olarak) yapılmış rayser (TKB), analiz için farz edilmiştir.

Rayserlerin ender dalga yükünden etkilendiği varsayılmıştır. Analiz için 1. mertebe (doğrusal) ve 5. mertebe (doğrusal olmayan) dalga teorileri farz edilmiştir. Rayserlerin tepki kuvvetlerini karşılaştırarak, 5. mertebe dalga teorisi DGÇR ve PÇR için tepki kuvvetlerini, 1. mertebe dalga teorisine göre yaklaşık %9 daha az tahmin edilmektedir. Daha az tepki kuvvetlerine ve ayrıca daha düşük deplasmanlarına sahip 5. mertebe dalga teorisi, DGÇR ve PÇR'in dinamik analizi için ekonomik olarak önerilmektedir. TKB ile ilgili olarak, 1. mertebe dalga teorisi tavsiye edilmektedir. Üstelik, TKB'nun, jacketin güverte yapısına uyguladığı MTK, bahsedilen çelik rayserlere göre yaklaşık %70'e kadar düşürölmüştür.

Böylece, bu noktalar jacketin tasarımının optimize etmesinde ve yorulma ve dolayısıyla hizmet ömrünün uzatılmasında yardımcı olabilmektedir. Bu nedenle, termaoplastik kompozit borunun açık deniz jacket yapılarında sabit rayser olarak kullanılması önerilebilmektedir.



KAYNAKLAR

Adcock, T. A. A., Taylor, P. H., Yan, S., Ma, Q. W. ve Janssen, P. A. E. M. (2011). Did the Draupner wave occur in a crossing sea? *Proceedings of the Royal Society A*, 467, 3004-3021.

Akhmediev, N., Ankiewicz, A. ve Taki, M. (2009). Waves that appear from nowhere and disappear without a trace. *Physics Letters. A*, 373, 675-678.

Akhmediev, N., Dudley, J. M., Solli, D. R. ve Turitsyn, S.K. (2013). Recent progress in investigating optical rogue waves. *Journal of Optics*, 15, 060201.

API. (2000). Recommended Practice for Planning, Designing and Constructing Fixed Offshore Platforms, Working Stress Design.

Arena, F. ve Soares, C. G. (2009). Nonlinear high wave groups in bimodal sea states. *Journal of waterway port coastal and ocean engineering*, 135, 69-79.

Asgarian, B. ve Ajamy, A. (2010). Seismic Performance of Jacket Type Offshore Platforms through Incremental Dynamic Analysis. *Journal of Offshore Mechanics and Arctic Engineering*, 132(3). Doi:10.1115/1.4000395.

Bargi, K., Hosseini S.R., Tadayon, M.H. ve Sharifian H. (2011). Seismic response of a typical fixed jacket-type offshore platform (SPD1) under Sea Waves. *Open Journal of Marine Science*, 1, 36-42.

Benaroya, H., Mi Han, S. ve Nagurka, M. (2005). Probability models in engineering and science. CRC Press.

Chabchoub, A., Akhmediev, N. ve Hoffmann N. (2012). Experimental study of spatiotemporally localized surface gravity water waves. *Physical Review E*, 86, 016311.

Chabchoub, A., Hoffmann, N. ve Akhmediev N. (2011). Rogue wave observation in a water wave tank. *Physical Review Letters*, 106, 204502.

Chakrabarti, S. K. (2005). Handbook of Offshore Engineering. Elsevier.

Chandrasekaran, S. ve Jain, A. K. (2016). Ocean Structures: Construction, Materials, and Operations. CRC Press.

Chaudhuri, R. A., Balaraman, K. ve Kunukkasseril, V. X. (1986). Arbitrarily laminated anisotropic cylindrical shell under internal pressure. *AIAA Journal*, 24, 1851-1858.

Chaudhuri, R. A., K. Balaraman, K. ve Kunukkasseril, V. X. (2008). Admissible Boundary Conditions and Solutions to Internally Pressurized Thin Arbitrarily Laminated Cylindrical Shell Boundary-Value Problems. *Composite Structures*, 86, 385-400.

Chaudhuri, R. A., Oktem, A. S. ve Guedes Soares, C. (2015). Beam-column and tie-bar effects in internally pressurized thin arbitrarily laminated cantilever cylindrical shells, *Journal of ASCE J. Engineering Mechanics*, 141. Doi:10.1061/(ASCE)EM.1943-7889.0000763.

Chen, I. W., Wong, B. L., Lin, Y. H., Chau, S. W. ve Huang, H. H. (2016). Design and analysis of jacket substructures for offshore wind turbines. *Energies*, 9(4), 264.

Chen, L. ve Zhou, J. (2015). Analyses of wave forces on surface piercing vertical cylinders of intermediate scale. *Procedia Engineering*, 126, 290-294. Doi: 10.1016/j.proeng.2015.11.245.

Chew, K. H., Ng, E. Y. K., Tai, K., Muskulus, M. ve Zwick., D. (2014). Offshore Wind Turbine Jacket Substructure: A Comparison Study between Four-Legged and Three-Legged Designs. *Journal of Ocean Wind Energy*, 1(2), 74-81.

Dalmolen, L. G. P., Kruyer, M. ve Cloos, P. J. (2009). Offshore application of reinforced thermoplastic pipe (RTP). *Proceedings of the 4th Asian conference and exhibition*. Kuala Lumpur, Malaysia.

Dastan Diznab, M. A., Mohajernassab, S., Seif, M. S., Tabeshpour, M. R. ve Mehdigholi, H. (2014). Assessment of offshore structures under extreme wave conditions by Modified Endurance Wave Analysis. *Marine Structures*, 39, 50-69. Doi: 10.1016/j.marstruc.2014.06.003.

Dean, E. T. R. (2010). *Offshore Geotechnical Engineering: Principles and Practice*. Thomas Telford.

Dean, R. G. ve Dalrymple, R. A. (1991). *Water wave mechanics for engineers and scientists*. World Scientific.

Deng, Y., Yang, J., Tian, X., Li, X. ve Xiao, L. (2016). An experimental study on deterministic freak waves: Generation, propagation and local energy. *Ocean Engineering*, 118, 83-92. Doi: 10.1016/j.oceaneng.2016.02.025.

DNV-OSS-302 Standard. (2010). *Offshore risers systems, Offshore Service Specifications*.

Dong, W., Moan, T. ve Gao, Z. (2011). Long-term fatigue analysis of multi-planar tubular joints for jacket-type offshore wind turbine in time domain. *Engineering Structures*, 33(6), 2002-2014. 2011. Doi: 10.1016/j.engstruct.2011.02.037.

Faseela, A ve Jayalekshmi, R. (2015). In-Place Strength Evaluation of Jacket Platforms and Optimization of Bracing Configurations. *International Journal of Research in Advent Technology*. Special Issue International Conference on Technological Advancements in Structures and Construction.

Fryett, G. N. (2004). Application of Advanced Composite Materials for Offshore Jacket Mudmats. *Offshore Technology Conference*, Houston, Texas. Doi: 10.4043/16181-MS.

Ghassemi zadeh, S. M., Shojayee Baghdar, R. ve Vaziri Kang Olia, S. M. S. (2015). Finite Element Numerical Method for Nonlinear Interaction Response Analysis of Offshore Jacket Affected by Environment Marine Forces. *Open Journal of Marine Science*, 5(4), 422-442. Doi: 10.4236/ojms.2015.54034.

- Gluver, H. ve Olsen, D.** (1998). Ship Collision Analysis: Proceedings of the international symposium on advances in ship collision analysis, Copenhagen, Denmark.
- Harif, C., Pelinovsky, E. ve Slunyaev, A.** (2009). Rogue waves in the ocean. *Advances in Geophysical and Environmental Mechanics and Mathematics*. Springer.
- Haritos, N.** (2007). Introduction to the analysis and design of offshore structures - an overview. *Electronic Journal of Structural Engineering J. Struct. Eng.-EJSE*, Special Issue: Loading on Structures, University of Melbourne, 7, 55-65.
- Herkewitz, W.** (2015). Scientists Invent a New Steel as Strong as Titanium. *Popular Mechanics*, <http://www.popularmechanics.com/technology/news/a13919/new-steel-alloy-titanium/>.
- Hezarjaribi, M., Bahaari, M. R., Bagheri, V. ve Ebrahimian, H.** (2013). Sensitivity analysis of jacket-type offshore platforms under extreme waves. *Journal of Constructional Steel Research*, 83, 147-155. Doi: 10.1016/j.jcsr.2013.01.013.
- Hu, Z., Tang, W., Xue, H. ve Zhang, X.** (2015). Numerical study of Rogue waves as nonlinear Schrodinger breather solutions under finite water depth. *Wave Motion*, 52, 81-90. Doi: 10.1016/j.wavemoti.2014.09.002.
- Johnson, R. W.** (1998). The handbook of fluid dynamics. CRC Press.
- Kazemi Daliri, A. ve Naimi, S.** (2016). Dynamic analysis of fixed marine risers with 1st and 5th order Rogue Waves. *Journal of Engineering Research*, 4(3), 43-56. <http://www.kuwaitjournals.org/jer/index.php/JER/article/view/863>.
- Kim, D. H. ve Lee, S. G.** (2015). Reliability analysis of offshore wind turbine support structures under extreme ocean environmental loads. *Renewable Energy*, 79, 161-166. Doi: 10.1016/j.renene.2014.11.052.
- Kim, S. H., Kim, H. ve Kim, N. J.** (2015). Brittle intermetallic compound makes ultrastrong low-Yoğunluk steel with large ductility. *Nature*, 518, 77-79. Doi: 10.1038/nature14144.
- Kolios, A. J., Rodriguez-Tsouroukdissian, A. ve Salonitis, K.** (2016). Multi-criteria decision analysis of offshore wind turbines support structures under stochastic inputs. *Ships and offshore structures*, 11(1), 38-49. Doi: 10.1080/17445302.2014.961295.
- Le Mehaute, B. ve Hanes, D.M.** (2005). The sea: Ideas and observations on progress in the study of the seas. *Ocean Engineering Science*. Harvard University Press.
- Le Roux, J. P.** (2007). An extension of the Airy theory for linear waves into shallow water. *J. Coastal Engineering*, 55, 295-301.
- Le Roux, J. P.** (2008). Profiles of fully developed (Airy) waves in different water depths. *J. Coastal Engineering*, 55, 701-703.
- Lee, Y. S., Gonzalez, J. A., Lee, J. H., Kim, Y. I. ve Park, K. C.** (2016). Structural topology optimization of the transition piece for an offshore wind turbine with jacket foundation. *Renewable Energy*, 85, 1214-1225. Doi: 10.1016/j.renene.2015.07.052.

- Li, L., Hu, Z. ve Jiang, Z.** (2013). Plastic and Elastic Responses of a Jacket Platform Subjected to Ship Impacts. *Mathematical Problems in Engineering*. Doi: 10.1155/2013/790586.
- Lin, P.** (2008). Numerical Modeling of Water Waves. Taylor & Francis, London, UK.
- Liu, F., Li, H., Li, W. ve Wang, B.** (2014). Experimental study of improved modal strain energy method for damage localisation in jacket-type offshore wind turbines.” *Renewable Energy*, 72, 74-181. Doi: 10.1016/j.renene.2014.07.007.
- Lou, M., Chen, Z. ve Chen, P.** (2016). Experimental investigation of the suppression of vortex induced vibration of two interfering risers with splitter plates. *Journal of Natural Gas Science and Engineering*, 35, 736-752. Doi: 10.1016/j.jngse.2016.09.012.
- Low, Y. M.** (2009). Frequency domain analysis of a tension leg platform with statistical linearization of the tendon restoring forces. *Marine Structures*, 22, 480-503.
- Malhotra, S.** (2011). Selection, Design and Construction of Offshore Wind Turbine Foundations. Intech Pub.
- Metocean Design Criteria.** (2008). Report No. OL-400-WHPA-GE-DB-1001-B2.
- Mirtaheri, M., Zakeri, H. A., Alanjari, P. ve Assareh, M. A.** (2009). Effect of joint flexibility on overall behavior of jacket type offshore platforms. *American Journal of Engineering and Applied Sciences*, 2, 25-30.
- Moe, G.** (1998). Predictions of Morison-Type Forces in Irregular Waves at High Reynolds Number. *International Journal of Offshore and Polar Engineering*, 8(4).
- Naimi, S., Celikag, M. ve Hedayat, A. A.** (2013). Ductility enhancement of post-Northridge connections by multilongitudinal voids in the beam web. *The Scientific World Journal*, 2013. Doi: 10.1155/2013/515936.
- Ochoa, O. O. ve Salama, M. M.** (2005). Offshore composites: transition barriers to an enabling technology. *International Journal of J. Composite Science and Technology*, 65, 2588-2596.
- Onorato, M., Proment, D., Clauss, G. ve Klein, M.** (2013). Rogue waves: from nonlinear Schrodinger breather solutions to sea-keeping test. *Plos One*, 8, e54629.
- Patel, M. H.** (1989). Dynamics of Offshore Structures. Butterworth & Co Ltd. Published by Elsevier Ltd. Doi: 10.1016/B978-0-408-01074-0.50007-0.
- Pattipawaej, O.** (2006). Modeling uncertainty in the dynamic response of marine riser using probabilistic finite element technique. International Civil Engineering Conference. Surabaya, Indonesia.
- Pham, D. C., Sridhar, N., Qian, X., Sobey, A. J., Achintha, M. ve Sheno, A.** (2015). A review on design, manufacture and mechanics of composite risers. *Ocean Engineering*, 112, 82-96. Doi: 10.1016/j.oceaneng.2015.12.004.
- Pool, R.** (2015). New steel is cheap, light and strong. *Microscopy and Analysis Magazine*.
- Reddy, D. V. ve Swamidas, A. S. J.** (2013). Essentials of Offshore Structures: Framed and Gravity Platforms. CRC Press.

- Reeve, D., Chadwick, A. ve Fleming, C.** (2004). Coastal Engineering: Process, Theory and Design Practice. Taylor & Francis.
- Rogue waves.** (2009). Monsters of the deep: Huge, freak waves may not be as rare as once thought. *Economist Magazine*.
- Sadeghi, K.** (2007). An overview of design, analysis, construction and installation of offshore petroleum platforms suiÇizelge for Cyprus oil/gas fields. *GAU Journal of Soc. & Applied Sciences*, 2(4), 1-16.
- Saini, D. S., Karmakar, D. ve Ray-Chaudhuri, S.** (2016). A review of stress concentration factors in tubular and non-tubular joints for design of offshore installations. *Journal of Ocean Engineering and Science*, 1(3), 186-202. Doi: 10.1016/j.joes.2016.06.006.
- Saleem, Z.** (2011). Alternatives and modifications of Monoplie foundation or its installation technique for noise mitigation. *TU Delft Report*, Delft University of Technology.
- Sergeeva, A. ve Slunyaev, A.** (2013). Rogue waves, rogue events and extreme wave kinematics in spatio-temporal fields of simulated sea states. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 13, 1759–1771. Doi: 10.5194/nhess-13-1759-2013.
- Shi, W., Park, H., Chung, C., Baek, J., Kim, Y. ve Kim, C.** (2013). Load analysis and comparison of different jacket foundations. *Renewable Energy*, 54, 201-210. Doi: 10.1016/j.renene.2012.08.008.
- Skjelbreia, L. ve Hendrickson, J.** (1960). Fifth order gravity wave theory. Proceedings of 7th conference on coastal engineering. Hague, Netherlands.
- Sorensen, M. R.** (2006). Basic Coastal Engineering. Springer. Doi: 10.1007/b101261.
- Sparks, C. P.** (2007). Fundamentals of Marine Riser Mechanics: Basic Principles and Simplified Analysis. PennWell Corp.
- Tan, Z., Zhang, B. ve Zhai, P.** (2014). The Effect of Stress Wave on Dynamic Response of Square Thin-walled Tube. *Applied Mechanics and Materials*, 590, 63-68. Doi: 10.4028/www.scientific.net/AMM.590.63.
- Tao, Z., Han, L H. ve Zhao, X. L.** (2004). Behaviour of concrete-filled double skin (CHS inner and CHS outer) steel tubular stub columns and beam-columns. *Journal of Constructional Steel Research*, 60(8), 1129-1158. Doi: 10.1016/j.jcsr.2003.11.00832.
- Teng, B. ve Ning, D. Z.** (2009). A simplified model for extreme-wave kinematics in deep sea. *Journal of Marine Science and Application*, 8, 27-32.
- Travanca, J. ve Hao, H.** (2015). Energy dissipation in high-energy ship-offshore jacket platform collisions. *Marine Structures*, 40, 1-37. Doi: 10.1016/j.marstruc.2014.10.008.
- Van Gerven, F.** (2011). Optimising the Design of a Steel Substructure for Offshore Wind Turbines in Deeper Waters. MSc thesis, Delft University of Technology Faculty of Civil Engineering and Geosciences.

Van Onna, M.V., de Kanter, J. ve Steuten, B. (2012). Advancements in thermoplastic composite riser development. Proceedings of the ASME 2012 31st International Conference on Ocean, Offshore and Arctic Engineering. Rio de Janeiro, Brazil.

Van Raija, K. ve Gudmestad, O. T. (2007). Wave-in-deck loading on fixed steel jacket decks. *Marine Structures*, 20(3), 164-184. Doi: 10.1016/j.marstruc.2007.03.003.

Wang, Q., Li, M. ve Xu, S. (2015). Experimental study on vortex induced vibration (VIV) of a wide-D-section cylinder in a cross flow. *Theoretical and Applied Mechanics Letters*, 5(1), 39-44. Doi:10.1016/j.taml.2015.01.002.

Wang, Y., Wang, L., Zhu, H., Tang, H. ve Wei, G. (2016). A Numerical Study of the Forces on Two Tandem Cylinders Exerted by Internal Solitary Waves. *Mathematical Problems in Engineering*, 2016. Doi: 10.1155/2016/9086246

Wilson, J. F. (2003). Dynamics of offshore structures, John Wiley and Sons.

Woan, G. (2000). The Cambridge Handbook of Physics Formulas. Cambridge University Press, 63-88. Doi:10.1017/CBO9780511755828.

Yang, I., Lee, I. ve Jeong, K. (2015). Numerical simulation of the free surface around a circular column in regular waves using modified marker-Yoğunluk method. *International Journal of Naval Architecture and Ocean Engineering*, 7(3), 610-625. Doi: 10.1515/ijnaoe-2015-0043.

Yi, J. (2016). Laboratory tests on local damage detection for jacket-type offshore structures using optical FBG sensors based on statistical approaches. *Ocean Engineering*, 124, 94-103. Doi: 10.1016/j.oceaneng.2016.07.060.

Ying, L. H. ve Kaplan, L. (2012). Systematic study of rogue wave probability distributions in a fourth-order nonlinear Schrödinger equation. *Journal of Geophysical Research*, 117.

Yu, K., Morozov, E. V., Ashraf, M. A. ve Shankar, K. (2015). Analysis of flexural behaviour of reinforced thermoplastic pipes considering material nonlinearity. *Journal Composite Structures*, 119, 385-393.

Zhou, Y. I., Zhang, X. J., Jia, T. ve Liu, Z. Y. (2015). Corrosion Behavior of High Performance Offshore Platform Steel with Chromium and Nickel Addition in the Environment Containing Chloride Ions. *Journal of Iron and Steel Research, International*, 22(6), 496-505. Doi: 10.1016/S1006-706X(15)30032-7.

Zhu, H., Yao, Q. ve Kanayama, H. (2016). Large-Scale Computations of Flow around Two Cylinders by a Domain Decomposition Method. *Mathematical Problems in Engineering*, 2016. Doi: 10.1155/2016/4126123.

Internet Kaynakları:

Url-1<<http://www.offshore-stiftung.de/en/foundations>> alındığı tarih: 23.02.2017.

Url-2<<http://www.ynfpublishers.com/wp-content/uploads/2014/10/Trelleborg-at-Rio-Oil-Gas-2014.jpg>> alındığı tarih: 25.02.2017.

Url-3<<http://www.offshore-stiftung.de/gruendungsstrukturen>> alındığı tarih: 25.02.2017.

Url-4<<http://www.maritimejournal.com/news101/marine-renewable-energy/uk-offshore-wind-celebrates-super-september>> alındığı tarih: 28.02.2017.

Url-5<<http://www.ansys.com> > alındığı tarih: 20.02.2015.

Url-6<<http://www.ciceron.com/2014/12/magical-year-1995-reminiscing-past-20-years-ciceroninternet/> > alındığı tarih: 12.03.2015.

Url-7<<https://www.pressandjournal.co.uk/wp-content/uploads/sites/2/2014/12/The-Murchison-platform.jpg> > alındığı tarih: 12.03.2017.

Url-8<<http://www.ofdeng.com/images/full/Coelacanth%20Loadout%204.jpg>> alındığı tarih: 14.03.2017.

Url-9<http://www.ofdeng.com/images/full/WOGC%20Coelacanth_2nd.jpg> alındığı tarih: 15.03.2017.

Url-10<<http://www.bechtel.com/projects/kg-d6-natural-gas-development>> alındığı tarih: 15.03.2017.

Url-11< <http://www.oceanenergy.in/Gallery.html> > alındığı tarih: 16.03.2017.

Url-12<<http://products.damen.com/en/ranges/platform-supply-vessel/psv-1600>> alındığı tarih: 15.04.2016.

Url-13<
<http://www.telegraph.co.uk/news/earth/energy/renewableenergy/11125908/Thousand-more-wind-turbines-than-UK-needs.html> > alındığı tarih: 03.05.2017.

Url-14<<http://www.offshorewindindustry.com/news/thornton-bank-officially-inaugurated> > alındığı tarih: 04.05.2017.

Url-15<<http://www.ewea.org/fileadmin/files/library/publications/scenarios/EWEA-Wind-energy-scenarios-2020.pdf> > alındığı tarih: 17.04.2017.

Url-16<<https://www.thecrownstate.co.uk/media/5408/ei-a-guide-to-an-offshore-wind-farm.pdf> > alındığı tarih: 18.04.2017.

Url-17< <http://www.bourbon-offshore.no/> > alındığı tarih: 16.11.2016.



ÖZGEÇMİŞ

Ad - Soyad : AIDIN - KAZEMI DALIRI

Doğum Tarihi ve Yeri : 05/09/1985, İTALYA

E-Posta : vaut882@gmail.com



ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans:** 2009, İslami Azad Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, İnşaat Mühendisliği Lisansı, İran.
- **Yüksek Lisans:** 2012, Amirkabir Teknoloji Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Deniz Yapıları Yüksek Lisansı, İran.
- **Doktora:** 2017, İstanbul Aydın Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, İnşaat Mühendisliği, Türkiye.

TEZDEN TÜRETELEN YAYINLAR, SUNUMLAR VE PATENTLER:

- **Kazemi Daliri, A. ve Naimi, S.** (2016). Dynamic analysis of fixed marine risers with 1st and 5th order Rogue Waves. *Journal of Engineering Research*, 4(3), 43-56.
- **Kazemi Daliri, A. ve Naimi, S.** Transient dynamic analysis of the high-specific-strength steel jacket with extreme wave and vessel impact load. *Acta Scientiarum-Technology*, in review.
- **Kazemi Daliri, A. ve Naimi, S.** Time history analysis of the high-specific-strength-steel jacket type offshore wind turbine substructure. *Brodogradnja (Shipbuilding)*, in review.

DİĞER YAYINLAR, SUNUMLAR VE PATENTLER:

- **Kazemi Daliri, A. ve Panahi, R.** (2013). The effect of wave theory on time history analysis of the offshore jacket's riser (in Farsi). 5th Offshore Industries Conference, Sharif University of Technology, Iran.