

**T.C.
MANİSA CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**



**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
HİDROLİK BİLİM DALI**

**HİDRODİNAMİK KUVVETLERE MARUZ KALAN CEKET TİP
PLATFORMLAR İÇİN UYGUN TOPOLOJİ ARAŞTIRMASI**

Pınar DİMEN

**Danışman
Dr. Öğr. Üyesi Begüm Yurdanur DAĞLI**

MANİSA–2024

Pınar
DİMEN

HİDRODİNAMİK KUVVETLERE MARUZ KALAN CEKET TİP PLATFORMLAR İÇİN
UYGUN TOPOLOJİ ARAŞTIRMASI

2024

TAAHHÜTNAME

Bu tezin Manisa Celal Bayar Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalında akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin referans gösterilerek tezde yer aldığını, tamamen kendi çalışmam olduğunu, her alıntıya kaynak gösterdiğimi, tezin yazımında akademik ve etik kurallara aykırı herhangi bir yapay zeka ve program kullanmadığımı beyan ederim.

Pınar DİMEN



ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

Pınar DİMEN

Manisa Celal Bayar Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Begüm Yurdanur DAĞLI

Bu çalışmada, açık denizlerde tercih edilen ceket tip platformların maruz kaldıkları özellikle dalga ve rüzgar gibi yapı üzerinde yıkıcı etkiler oluşturabilecek çevresel kuvvetlere karşı yapı modelleri oluşturularak stabilitesi en fazla ve maliyeti en az tasarımın belirlenmesi hedeflenmiştir. Üç farklı ceket tip platform modeli oluşturularak, bu platformların boyutlandırılması yapılmış, kullanılacak malzeme cinsleri belirlenmiştir. Platformu oluşturan elemanlar için çapları 300 ve 600 arasında değişen çelik boru profiller tercih edilmiştir. Dalga parametreleri olan dalga yüksekliği (H), dalga periyodu (T) ile su derinliği (d) sırasıyla 5m, 11s ve 55m olarak seçilmiştir. Bu değerlere göre geçerli olan dalga teorisi tespit edilmiştir. Zamana ve derinliğe bağlı olarak değişen akışkan partikülü hız ve ivme değerleri tespit edilen Stokes 2. Mertebe Dalga Teorisi ve geçiş derinliği koşullarına uygun şekilde hesaplanmıştır. Hesaplanan hız ve ivme değerleri Morison Denkleminde kullanılarak yanal hidrodinamik kuvvet olan F_H değerleri belirlenmiştir. Deniz tabanından serbest su yüzeyine doğru artan hidrodinamik kuvvetin ceket tip platform düğüm noktalarındaki değerleri yük dengelemesi ile hesaplanmıştır. Elde edilen kuvvetler Sap2000 paket programı ile Zaman Tanım Alanında Analiz yapılarak düğüm noktalarına atanmıştır. Platform modelinde kullanılan dikme, enleme ve diyagonal çubuklarda dalga periyodu boyunca meydana gelebilecek en büyük yer değiştirme ve gerilme değerleri kayıt altına alınmıştır.

Stabilitenin belirleyici parametreleri olarak kullanılan yer değiştirme ve gerilme değerlerinin çıktı olarak alındığı data seti dikme, enleme ve diyagonal elemanlar için ayrı ayrı oluşturularak girdi kabul edilen çap, et kalınlığı ve hidrodinamik kuvvet arasındaki ilişki incelenmiştir. Regresyon analizi ile elde edilen sonuçlar ortaya konulmuş ve kurulan ilişkinin performansı değerlendirilmiştir. Değişen topolojiye bağlı olarak girdiler ve çıktılar arasındaki ilişkinin de değiştiği tespit edilmiştir. Kullanılan modeller içerisinde daha az malzeme ile daha stabilitesi yüksek bir tasarımın nasıl gerçekteştirileceği yorumlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Çeket Tip Platform, Stokes 2. Mertebe Dalga Teorisi, Stabilite Analizi, Morison Denklemi, Regresyon analizi,

2024, 94 sayfa

ABSTRACT

M.Sc Thesis

Pınar DİMEN

Manisa Celal Bayar University

Graduate School of Education

Department of Civil Engineering

Supervisor: Assist. Prof. Dr. Begüm Yurdanur DAĞLI

In this study, it is aimed to determine the design with the most stability and the least cost by creating structure models against the environmental forces as specially wave and wind that can cause destructive effects that jacket type platforms preferred in open seas are exposed to. Three different jacket type platform models were created, these platforms were dimensioned, and the material types to be used were determined. Steel pipe profiles with diameters between 300 and 600 were preferred for the elements that make up the platform. Wave parameters such as wave height (H), wave period (T) and water depth (d) were chosen as 5m, 11s and 55m, respectively. According to these values, the valid wave theory has been determined. Fluid particle velocity and acceleration values that change depending on time and depth are calculated in accordance with Stokes 2nd Order Wave Theory and transition depth conditions. The calculated velocity and acceleration values were used in the Morison Equation to determine the lateral hydrodynamic force F_H values. The values of the hydrodynamic force increasing from the seabed to the free water surface at the jacket type platform nodes were calculated by load balancing. The forces obtained were assigned to the nodal points by analyzing in the Time Domain with the Sap2000 package program. The maximum displacement and stress values that may occur during the wave period in the strut, transverse and diagonal bars used in the platform model were recorded.

The data set, in which the displacement and stress values used as determining parameters of stability are output, was created separately for the strut, latitude and diagonal elements the relationship between the diameter, wall thickness and hydrodynamic force accepted as input was examined. The results obtained by the regression analysis were presented and the performance of the established relationship was evaluated. It has been determined that the relationship between inputs and outputs also changes depending on the changing topology. Among the models used, it has been interpreted how to realize a design with a higher stability with less material.

Keywords: Jacket Type Platform, Stokes 2. Order Wave Theory, Stability Analysis, Morison Equation, Regression Analysis

2024, 94 pages

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Hidrodinamik kuvvetlere maruz kalan Ceket tip platformlar için uygun kesit özellikleri ve topoloji araştırması uzun matematiksel işlemlerden ziyade istatistiksel analiz yöntemleriyle yapılmaya çalışılmış ve tez içerisinde giriş kısmından sonuç ve önerilere kadar geçilen adımlarda anlatılmıştır.

Lisansüstü eğitim sürecimin en zor dönemlerinde desteğini benden bir an olsun esirgemeyen, bilgisiyle her daim yoluma ışık tutan pek kıymetli Hocam Dr. Öğr. Üyesi Begüm Yurdanur Dağlı 'ya en içten teşekkürlerimi ve kendisiyle çalışma fırsatı bulmaktan dolayı duyduğum sevinçli saygılarımla sunuyorum.

Pınar DİMEN
Manisa, 2024



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

a	malzemeli alan yüzdesi
CD	sürüklenme katsayısı
CM	atalet katsayısı
c	dalga yayılma hızı
D	çap
d	su derinliği
F _H	yatay hidrodinamik kuvvet
F _D	direnç kuvveti
F _I	atalet kuvveti
g	yer çekimi kuvveti
H	dalga yüksekliği
L	dalga boyu
m	ağırlık
R ²	determinasyon katsayısı
S	gerilme
T	dalga periyodu
t	et kalınlığı
u-w	hız bileşenleri
V	yer değiştirme
η	su yüzü profili

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 1. Dalga Parametreleri	8
Şekil 2. Lineer Dalga Teorisi Tanımları	9
Şekil 3. Stokes Dalga Tipi.....	10
Şekil 4. Belirlenen Ceket Tipi Yapılar	13
Şekil 5. Boyutlandırılması Yapılan Ceket Tipi Yapılar	14
Şekil 6. Ceket Tipi Yapılar Üzerinde Düğüm Noktaları.....	14
Şekil 7. Dalga Teorileri için Geçerlilik Sınırları.....	15
Şekil 8. Değerlerin Diyagram Üzerinde Gösterimi.....	17
Şekil 9. 1. Model 4. Düğüm Hidrodinamik Kuvvetin Zamana Bağlı Değişimi	28
Şekil 10. 2. Model 4. Düğüm Hidrodinamik Kuvvetin Zamana Bağlı Değişimi	28
Şekil 11. 3. Model 4. Düğüm Hidrodinamik Kuvvetin Zamana Bağlı Değişimi	28
Şekil 12. 3. Model 1. Saniye Yük Dengelemesi	29
Şekil 13. 3. Model 2. Saniye Yük Dengelemesi	29
Şekil 14. 3. Model 3. Saniye Yük Dengelemesi	30
Şekil 15. 3. Model 4. Saniye Yük Dengelemesi	30
Şekil 16. 3. Model 5. Saniye Yük Dengelemesi	30
Şekil 17. 3. Model 6. Saniye Yük Dengelemesi	31
Şekil 18. 3. Model 7. Saniye Yük Dengelemesi	31
Şekil 19. 3. Model 8. Saniye Yük Dengelemesi	31
Şekil 20. 3. Model 9. Saniye Yük Dengelemesi	32
Şekil 21. 3. Model 10. Saniye Yük Dengelemesi	32
Şekil 22. 3. Model 11. Saniye Yük Dengelemesi	32
Şekil 23. Modeller için Materyal Özellikleri Seçimi	33
Şekil 24. Düğüm Noktaları için Fonksiyon Tanımlaması.....	34
Şekil 25. 1. Model D=500 mm Dikmeler için Maksimum Gerilmeler	35
Şekil 26. 1. Model D=500 mm Dikmeler için Maksimum Yer Değiştirmeler ...	35
Şekil 27. 1. Model Dikme Elemanları Gerilme ve Hidrodinamik Kuvvet Arasındaki İlişki	52
Şekil 28. 1. Model Dikme Elemanları Yer Değiştirme ve Hidrodinamik Kuvvet Arasındaki İlişki	52
Şekil 29. 2. Model Dikme Elemanları Gerilme ve Hidrodinamik Kuvvet Arasındaki İlişki	53
Şekil 30. 2. Model Dikme Elemanları Yer Değiştirme ve Hidrodinamik Kuvvet Arasındaki İlişki	53
Şekil 31. 3. Model Dikme Elemanları Gerilme ve Hidrodinamik Kuvvet Arasındaki İlişki	54
Şekil 32. 3. Model Dikme Elemanları Yer Değiştirme ve Hidrodinamik Kuvvet Arasındaki İlişki	54
Şekil 33. 1. Model Enleme Elemanları Gerilme ve Hidrodinamik Kuvvet Arasındaki İlişki	55
Şekil 34. 1. Model Enleme Elemanları Yer Değiştirme ve Hidrodinamik Kuvvet Arasındaki İlişki	55
Şekil 35. 2. Model Enleme Elemanları Gerilme ve Hidrodinamik Kuvvet Arasındaki İlişki	56
Şekil 36. 2. Model Enleme Elemanları Yer Değiştirme ve Hidrodinamik Kuvvet Arasındaki İlişki	56

Şekil 37. 3. Model Enleme Elemanları Gerilme ve Hidrodinamik Kuvvet Arasındaki İlişki	57
Şekil 38. 3. Model Enleme Elemanları Yer Değiştirme ve Hidrodinamik Kuvvet Arasındaki İlişki	57
Şekil 39. 1. Model Diyagonal Elemanları Gerilme ve Hidrodinamik Kuvvet Arasındaki İlişki	58
Şekil 40. 1. Model Diyagonal Elemanları Yer Değiştirme ve Hidrodinamik Kuvvet Arasındaki İlişki	58
Şekil 41. 2. Model Diyagonal Elemanları Gerilme ve Hidrodinamik Kuvvet Arasındaki İlişki	59
Şekil 42. 2. Model Diyagonal Elemanları Yer Değiştirme ve Hidrodinamik Kuvvet Arasındaki İlişki	59
Şekil 43. 3. Model Diyagonal Elemanları Gerilme ve Hidrodinamik Kuvvet Arasındaki İlişki	60
Şekil 44. 3. Model Diyagonal Elemanları Yer Değiştirme ve Hidrodinamik Kuvvet Arasındaki İlişki	60



TABLO DİZİNİ

	Sayfa
Tablo 1. Su Derinliği ve Dalga Boyuna Göre Dalga Sınıflandırması	7
Tablo 2. Hidrodinamik Kuvvetler Hesaplanırken Kullanılan Sabit Değerler	18
Tablo 3. 1. Ve 2. Düğüm Noktasına Gelen Hidrodinamik Kuvvetler.....	19
Tablo 4. 3. Düğüm Noktasına Gelen Hidrodinamik Kuvvetler	19
Tablo 5. 4. ve 5. Düğüm Noktasına Gelen Hidrodinamik Kuvvetler	20
Tablo 6. 6. Düğüm Noktasına Gelen Hidrodinamik Kuvvetler	20
Tablo 7. 7. ve 8. Düğüm Noktasına Gelen Hidrodinamik Kuvvetler	20
Tablo 8. 9. Düğüm Noktasına Gelen Hidrodinamik Kuvvetler	21
Tablo 9. 10. Ve 11. Düğüm Noktasına Gelen Hidrodinamik Kuvvetler.....	21
Tablo 10. 12. Düğüm Noktasına Gelen Hidrodinamik Kuvvetler	21
Tablo 11. 13. ve 14. Düğüm Noktasına Gelen Hidrodinamik Kuvvetler	22
Tablo 12. 15. Düğüm Noktasına Gelen Hidrodinamik Kuvvetler	22
Tablo 13. 16. ve 17. Düğüm Noktasına Gelen Hidrodinamik Kuvvetler	22
Tablo 14. 1. ve 2. Düğüm Noktasına Gelen Hidrodinamik Kuvvetler	23
Tablo 15. 3. Düğüm Noktasına Gelen Hidrodinamik Kuvvetler	23
Tablo 16. 4. ve 5. Düğüm Noktasına Gelen Hidrodinamik Kuvvetler	24
Tablo 17. 6. Düğüm Noktasına Gelen Hidrodinamik Kuvvetler	24
Tablo 18. 7. ve 8. Düğüm Noktasına Gelen Hidrodinamik Kuvvetler	24
Tablo 19. 9. Düğüm Noktasına Gelen Hidrodinamik Kuvvetler	25
Tablo 20. 10. ve 11. Düğüm Noktasına Gelen Hidrodinamik Kuvvetler	25
Tablo 21. 12. Düğüm Noktasına Gelen Hidrodinamik Kuvvetler	25
Tablo 22. 1. 2. ve 3. Düğüm Noktasına Gelen Hidrodinamik Kuvvetler	26
Tablo 23. 4. ve 5. Düğüm Noktasına Gelen Hidrodinamik Kuvvetler	26
Tablo 24. 6. ve 7. Düğüm Noktasına Gelen Hidrodinamik Kuvvetler	27
Tablo 25. 8. ve 9. Düğüm Noktasına Gelen Hidrodinamik Kuvvetler	27
Tablo 26. 1. Model Ağırlık Hesap Tablosu	38
Tablo 27. 2. Model Ağırlık Hesap Tablosu	39
Tablo 28. 3. Model Ağırlık Hesap Tablosu	40
Tablo 29. 1. Model Malzemeli Alan Oran Hesap Tablosu	41
Tablo 30. 2. Model Malzemeli Alan Oran Hesap Tablosu	43
Tablo 31. 3. Model Malzemeli Alan Oran Hesap Tablosu	44
Tablo 32. 1. Model 6. Saniye Girdi-Çıktı Tablosu	45
Tablo 33. 2. Model 6. Saniye Girdi-Çıktı Tablosu	46
Tablo 34. 3. Model 6. Saniye Girdi-Çıktı Tablosu	47
Tablo 35. Modeller için Hata Oranı Tablosu	51
Tablo 36. EK A1. 3. Model D=400 mm Hidrodinamik Kuvvetler	73
Tablo 37. EK A2. 3. Model D=500 mm Hidrodinamik Kuvvetler	75
Tablo 38. EK A3. 3. Model D=600 mm Hidrodinamik Kuvvetler	78

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	I
ABSTRACT	III
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR.....	V
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	VI
ŞEKİLLER DİZİNİ	VII
TABLolar DİZİNİ	IX
İÇİNDEKİLER	X
GİRİŞ	1

BİRİNCİ BÖLÜM

AÇIKLAMA

1.1. Tezin Önemi.....	2
1.2. Tezin Amacı	3

İKİNCİ BÖLÜM

GENEL BİLGİLER

2.1. Literatür Taraması.....	4
2.2. Dalga Mekaniği.....	7
2.2.1. Dalga Parametreleri Hakkında Genel Bilgiler	7
2.3. Dalga Teorileri Hakkında Genel Bilgiler	9
2.3.1. Stokes 2. Mertebe Dalga Teorisi.....	10
2.4. Morison Denklemi	12

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

MATERYAL VE YÖNTEMLER

3.1. Materyal	13
3.1.1. Modellere İlişkin Yapısal Modellerin Oluşturulması	13
3.1.2. Denizel Ortam Koşullarının Belirlenmesi.....	15
3.2. Yöntemler	18
3.2.1. Hidrodinamik Kuvvetlerin Hesabı	18
3.2.2. Düğüm Noktaları için Yük Dengelemesi.....	27
3.2.3. Zaman Tanım Alanında Analiz.....	33
3.2.4. Lineer Regresyon Analizi	36
3.2.5. Data Setinin Oluşturulması	36

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

BEŞİNCİ BÖLÜM

SONUÇ VE ÖNERİLER

ALTINCI BÖLÜM

KAYNAKLAR

YEDİNCİ BÖLÜM

EKLER

EK A1. 3. Model D=400 mm Hidrodinamik Kuvvet.....	73
EK A2. 3. Model D=500 mm Hidrodinamik Kuvvet	75
EK A3. 3. Model D=600 mm Hidrodinamik Kuvvet.....	78



1. GİRİŞ

Açık deniz yapıları, özellikle enerji sektöründe ihtiyacın artmasıyla birlikte yapılan araştırmaların artış gösterdiği gelişmekte olan önemli yapılardır. Birçok farklı yapı tipini içinde barındıran ve pek çok alanda kullanımı olan açık deniz yapıları kıyıdan uzak denizlerde inşa edilen betonarme, çelik gibi farklı materyaller ile tasarlanabilen günümüz mühendisliğinin önemli bir parçasıdır.

Petrol doğal gaz vb. önemli enerji kaynaklarını üretme veya depolamak gibi amaçlarla kullanılan platformlar endüstriler için önemli açık deniz yapı modellerinden biridir [1]. Dünyada yapımı önemli mühendislik hesapları gerektiren, birçok sektörde farklı amaçlarla kullanılan açık deniz platformları bulunmaktadır.

Açık denizlerde bulunan bir platformu etkileyebilecek dış kuvvetlerden en etkili hidrodinamik kuvvettir. [2]. Hidrodinamik kuvvete karşı yapının direnç göstererek ayakta kalabilmesi için de öncesinde belirlenen parametreler oldukça önemlidir. Bu parametrelere yapı için kullanılacak malzeme, kullanılan malzemelerin çapı, yapının boyutlandırılması gibi örnekler verilebilir. Örnekler ile belirtilen yapısal tasarım kriterleri hem stabilite hem de maliyeti etkilediği için birçok çalışmaya da konu olmuştur [3].

Platformlarda kullanılmak üzere birden fazla malzeme türü sıralanabilir. Bunlardan en yaygın olanları çelik ve betonarme platformlardır. Betonarme platformlar hem işçilik hem de maliyet açısından oldukça zorlayıcı olabilmektedir. Çelik hem kullanımında işçilik kolaylığı sağlaması hem de maliyetin düşük olması sebebiyle daha fazla tercih edilebilir [4].

Yapılan bu tez kapsamında, dış kuvvetlere maruz kalan yükseklikleri aynı ancak kullanılan enleme, dikme ve diyagonal elemanların yerleşimi farklı 3 platformun gösterdiği davranışlar incelenmiştir. Analizlerde dış kuvvet olarak çok yüksek basınçlarla yapılar üzerinde deformasyonlar oluşturan hidrodinamik kuvveti dikkate alınmıştır [5].

Birden fazla dalga modeline göre hesaplamalar yapılmış, elde edilen sonuçlar içerisinde yapı elemanlarında en büyük gerilme ve yer değiştirmeye sebep olan değerler, daha iyi gözlem yapılabilmesi amacı ile tercih edilmiştir. Toplanan verilere uygun olarak boyutlandırılması yapılmış 3 farklı modele ait hidrodynamic kuvvetler hesaplanmıştır. Malzeme olarak çelik boru profiller seçilmiştir. Çeliklerin farklı kalite sınıfları olduğu bilinmektedir. Modeller için çelik kalite sınıfları içerisinde seçilmiş, gerekli yüklemeler ve analizler bu sınıfa göre yapılmıştır. Farklı topolojide belirlenen 3 adet model için değişken olarak, modelin yapımında kullanılan çelik boru profillerin çapı ve et kalınlığı seçilmiştir. Farklı senaryolar Sap2000 paket programı ile Zaman Tanım Alanında Analiz yapılarak kayıt altına alınmıştır. Elde edilen sonuçlar karşılaştırılmalı olarak çalışma içerisinde sunulmuş ve gerekli değerlendirmeler tahmin ve öngörü üzerine kurulu istatistiksel bir yaklaşım olan regresyon analizi desteği ile gerçekleştirilmiştir.

1.1. Tezin Önemi

Ülkemizde ve dünyada artan enerji ihtiyacı sonucunda inşaat sektörünün de bu konu üzerinde gelişmeye başlaması kaçınılmaz bir durum olmuştur. İnşaat sektörünün bu konuda enerjinin depolanması ve çıkarılması gibi kritik aşamalarda yer almasının sebebi bu alanlarda kullanılacak yapıların oluşumunda görev almasıdır. Planlanan petrol, doğalgaz veya önemli madenlerin açık denizlerden çıkarılması sonucunda denizlere platformlar inşa edilmesi gerekmektedir. Fakat platformların inşasından önce yapılması gereken ön boyutlandırma aşamasında uzun ve tekrarlı dolayısıyla oldukça zaman alan analizler bulunmaktadır. Yapılacak olan karmaşık matematiksel hesaplar ve analizler platformların planlama aşamasını zorlaştırmaktadır. Tez kapsamında öncelikli olarak hesaplanacak dalga parametreleri ve analizler sonucunda bulunan yer değiştirme, gerilme değerleri aralarında ilişki kurulabilecek sonuçlardır. Eğer bu ilişki doğru kurulursa ve sonuçlar doğru yaklaşımlarla istatistiksel olarak analiz edilirse uzun analizler yerine daha az zaman alan çözüm yöntemleri kullanılabilir. Bu tez çalışması ile modellerin öncelikle topolojiye bağlı, daha sonrasında kullanılacak çelik boru profillerin değişen çap, et kalınlığı değerlerine göre dayanımlarındaki değişim incelenebilecek ve yapısal tasarımda ön yaklaşım gibi önemli bir konuda fayda sağlanabilecektir.

1.2. Tezin Amacı

Tez çalışması kapsamında öncelikli amaç, ceket tip platformların topolojiye bağlı davranışlarını ve yer değiştirme, gerilme değerlerindeki değişimi incelemektir. Sonrasında, yapım aşmasında kullanılan uzun ve karmaşık analizlerin yerine yapısal reaksiyonlar ve dalga parametrelerinin arasındaki ilişkiye dayalı daha kolay bir şekilde sonuca ulaşmayı sağlayacak, platformların ön boyutlandırma aşmasında kullanıma uygun olan tasarım koşullarını elde etmektir.

Çalışma kapsamında birden fazla farklı topolojide model kullanılmış, aynı şekilde birden fazla çap ve et kalınlığı değerlerine de yer verilmiştir. Burada amaç, veri çeşitliliğini sağlamaktır. Veri çeşitliliğinin çalışmadaki yeri oldukça büyüktür. Bu çeşitlilik sayesinde çalışmanın sonunda yapılacak olan istatistiksel yaklaşımlarda kullanılabilecek daha fazla data elde edilmiş olur. Belirlenen çap, et kalınlığı ve tez kapsamında hesaplanan hidrodinamik kuvvetler, yapılacak olan istatistiksel yaklaşımda girdileri oluştururken, analizler sonucunda elde edilen maksimum gerilme ve yer değiştirme değerleri de çıktıları oluşturmaktadır. Girdiler ve çıktılar arasında kurulacak olan doğru ilişki ile modellerin açık denizlerde ayakta kalabilmesi için, yapım aşamasında kullanılacak olan çelik profillerin en uygun özellikleri yeni analizlere ihtiyaç duyulmadan elde edilebilecektir. İstatistiksel yaklaşımlar ve tahminleme yönteminin yardımı ile birçok alanda olduğu gibi mühendislik alanında önemli olan zaman kavramını en iyi şekilde kullanarak stabilitesi en yüksek tasarımın hangi kesit özelliklerine sahip olması gerektiğinin belirlenmesi hedeflenmektedir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Literatür Taraması

Açık denizlerde yapılan platformlara duyulan ihtiyacın artması ile birlikte platform tasarımları üzerine yapılan araştırmalarda önemli oranda artış olmuştur. Platformlara duyulan ihtiyacın artması aslında dünyanın enerji ihtiyacının artması ile ortaya çıkmış bir durumdur. Petrol, doğalgaz gibi enerji kaynaklarının rezervlerinin araştırılması ve buralardan çıkarılması için maliyetler oldukça yüksektir [6]. Açık denizlerde bulunan platformlar bu maliyetin azalmasında önemli bir rol oynamaktadır. Açık deniz yapıları maliyetlerde sağladığı faydalar sebebiyle çok tercih edilmekte ve dolayısıyla da dünyada sayıları giderek artmaktadır [7].

Tez çalışmasında kullanılan açık deniz platformları geçiş derinliği dalgalarına maruz kalacak şekilde ayarlanmıştır. Çıkarılacak veya depolanacak enerji kaynağının bulunduğu noktaya göre sığ ya da derin sularda da açık deniz yapıları bulunabilir [8].

Açık denizlerde bulunan platformlar oldukça büyük yapılar olarak da inşa edilebilmektedir. Dünya üzerinde birden fazla büyük yapılara örnek verilebilecek açık deniz platformları bulunmaktadır. Örneğin; Bullwinkle platformu 492 m yüksekliğine sahip olarak açık denizlerde bulunan dünyanın en büyük platformlarından biridir. Bu gibi büyük yapıların yükseklikleri kadar ağırlıkları da dikkat çekici olmaktadır. Bullwinkle platformu 7500 ton ağırlığında büyük bir yapı olarak açık denizlerde varlığını büyük dalga yüksekliklerine karşı koyarak sürdürmektedir. Açık denizlerdeki varlığını sürdürmek için devasa kasırga dalgalarına karşı koyan bu yapıların yapım aşamasında gerekli tüm önlemler alınmış ve platformu tabana bağlayan çelik borular gerekli çap ve et kalınlıkları kullanılarak yapılmıştır. Aynı şekilde büyük yapılara örnek olarak betonarme bir açık deniz platformu olan Condeep T-300 verilebilir. Bullwinkle platformunda kullanılan çelik malzeme burada yerini betonarme yapıya bırakmış ve uzun kolonlarla birlikte yapı açık denizlerdeki yerini almıştır.

Dünya üzerinde yapılmış platformlar için incelmeler yapıldığında hepsinin çap ve et kalınlığı bilgilerine ulaşılabilmektedir. 200 cm'lere ulaşan çaplar ve 7 cm'lerde et kalınlıklarının olduğu çelik boru profiller platformlarda bulunmaktadır [9]. Yükseklikleri ve ağırlıklarıyla oldukça büyük yapılar olarak değerlendirilebilecek açık deniz platformlarına Ohotsk Denizi'nde bulunan Berkut [10], Meksika Körfezi'nde bulunan Olympus [11], Norveç'in batı kıyısında bulunan Troll A platformu [12] örnek olarak verilebilir.

Stabilitenin sağlanmasında önemli rol oynan platformun boyutlandırılması aşaması gerekli hesaplamalar sonucunda elde edilmektedir [13]. Platformun farklı materyallerden yapılması da bir başka stabiliteye etkisi olabilecek konudur. Çelik, betonarme bazen ise ikisinin bir arada kullanıldığı yapılar inşa edilmektedir. Platformların inşa edilmesi uzun yıllar almaktadır. Örneğin Thunder Horse Platformu uzun yıllarda inşa edilmiştir. Yine de yatırımların sonucunda çok büyük getiriler olduğu için bu uzun süreler en verimli şekilde değerlendirilmektedir [14]. Örneğin, Meksika Körfezi'nde bulunan Petronius Platformu 3,5 milyon m³ doğalgaz çıkarılabilecek kadar kapasitesi olan bir platformdur. Ayrıca aynı platform günlük 60.000 varil petrol çıkarabilir [15]. Yani platformlar uzun ve uğraştırıcı süreçler sonucunda inşa edilir ama önemli bir ihtiyaç olan enerji sektörüne birçok açıdan fayda sağlamaktadır [16]. Bu önemli faydaların yanı sıra, platform inşalarından önce yapılan tasarım hataları sonucunda yapıların dış kuvvetleri karşılayamaması büyük felaketlere sebep olabilmektedir. Dünyada örnekleri bulunan açık deniz yapılarında gerçekleşen kazalar sonucunda platformlar hasar almış ve bazıları kaybolmuştur. Daha kötüsü burada çalışan insanların hayatlarını kaybetmeleri bile söz konusudur. 1980 yılında Alexander Kielland açık deniz platformunda yaşanan kaza bu duruma örnek olarak gösterilebilir. Platform Norveç sularında yan yatarak devrilmiştir. Platformun tasarım aşamasında yapılan yanlışlar ve çeşitli yapısal sebeplerle taşıyıcıların kuvvetleri kaldıramaması sonucu gerçekleşen kazada can kayıpları olmuş ve bir felaket yaşanmıştır [17]. Bu gibi kazalar platformların yapım aşamasının ne kadar önemli olduğunu ve dikkate alınmazsa ne gibi sonuçlar doğurabileceğini gözler önüne sermektedir. Dolayısıyla yapısal tasarım konusunda yapılan araştırmalarda bu önemli konulara ışık tutmak ve daha fazla bilgi vermek amacı ile giderek artmıştır.

Çalışmalarda farklı tasarımlara ve dalga parametrelerine yer verilerek stabilitesi yüksek yapılar oluşturulmaya çalışılmıştır. Bunun içinde uzun işlem adımları yerine modelleme ve analizlerin kullanımı yapılan çalışmaları kolaylaştırılmıştır. Bu çalışmalara örnek, olarak Mohan ve ark. Mumbai’ de bulunan platformların mevcut konumlarında dış kuvvetlerden etkilenmesi sonucu güvenilir statik analizler yapılması gerektiğini düşünmüşlerdir. Burada bulunan ve çeşitli dış kuvvetlere maruz kalan yapılar baz alınarak ceket tip platform tasarımı ve StruCAD programı kullanılarak statik yük analizi yapmışlardır. Program sonucunda çıkan sonuçlar ile el ile yapılan hesapların karşılaştırılması yapılmıştır [18]. Asgarian ve ark. ceket tip yapıların dalga kuvveti altında verdikleri dinamik tepkileri incelemiştir. Morison denklemini kullanarak buldukları hidrodinamik kuvvetleri ve geliştirdikleri bir modelle elde ettikleri dinamik özellikleri SACS yazılımı kullanarak elde edilen veriler ile karşılaştırmışlardır [19]. Açık denizlere bulunan yapılar ile ilgili araştırmalar bunlarla da sınırlı kalmamış ve yapıların temel işlevsel ihtiyaçlarına dair de birçok araştırma yapılmıştır. Bunlardan bir tanesi Frieze tarafından yapılan yapıların analizleri ve tasarımlarının yanı sıra malzeme ve kaynak gereksinimlerinden de bahsedilen çalışmadır. Frieze çalışmasında, dünyanın farklı bölgelerinde bulunan platformları ele almış ve uzunlukları yapı tipleri gibi detaylı bilgilere yer vermiştir. Örneğin, 144 metrelik Statfjord B platformundan bahsetmiş ve yapının çoğunun betondan yapıldığına fakat çok az da olsa çelik kullanımının da bulunduğu dikkat çekmiştir [20].

Ceket tipi yapıların tasarımlarının güç ve uzun süreli olması nedeni ile üzerlerine yapılan araştırmalarda farklı optimizasyon yöntemleri kullanılmaya başlanmıştır. Toğan ve ark. 3 ayaklı bir deniz platformunda, SAPOS programını kullanarak Morison denklemi yardımı ile dalga yüklerinin hesabını yapmışlardır. Güvenilirliğe Dayalı Optimizasyon yöntemi uygulayarak platformun çalışmada belirlenen tasarım değişkenlerine (enkesit çapı ve kalınlığı) göre güvenilirlik sınırlayıcıları üzerine çalışmışlardır [21].

2.2. Dalga Mekaniği

Genellikle okyanuslar ve denizler gibi büyük su kütlelerinin olduğu yerlerde gözlemlenen dalga hareketi periyodik hareketlerle oluşur. Dalgalar; ağırlıkları, periyotları, oluştukları yerin derinliği gibi durumlar sebebiyle sınıflandırmamaya ihtiyaç duyulmuştur. Dalgaların oluşa sebebi ve periyotları düşünüldüğünde birçok tipleri bulunduğu söylenebilir. Örnek olarak; rüzgar dalgası 15 sn. periyottan küçük ve rüzgar gerilmesi sebebiyle oluşurken, tsunami dalga tipi deprem sebebiyle oluşur ve 5-60 dakika periyotlarına sahiptir [22].

Dalgaları farklı şekillerde sınıflandıran durumlar için, dalganın suyun derinliğine göre de değişim gösterdiği tespit edilmiş ve buna uygun ayrımlar yapılmıştır. Bazı oranlar belirterek bu aralıklarda kalan dalgalara bulundukları derinliklere göre ve ikinci sınıflandırma olarak su derinliği (d) ile dalga boyu (L) arasında bulunan bir orana göre Tablo 1’de gösterildiği üzere isimler verilmiştir [23].

Tablo 1. Su Derinliği ve Dalga Boyuna Göre Dalga Sınıflandırması

Sınıflandırmada Kullanılan Oranlar	Dalga Sınıfı
$d/L < 1/25$	Sığ Su Dalgası
$1/25 < d/L < 1/2$	Geçiş Derinliği Dalgası
$1/2 < d/L$	Derin Su Dalgası
$d/L < 1/20$	Uzun Dalga
$1/20 < d/L$	Kısa Dalga

2.2.1. Dalga Parametreleri Hakkında Genel Bilgiler

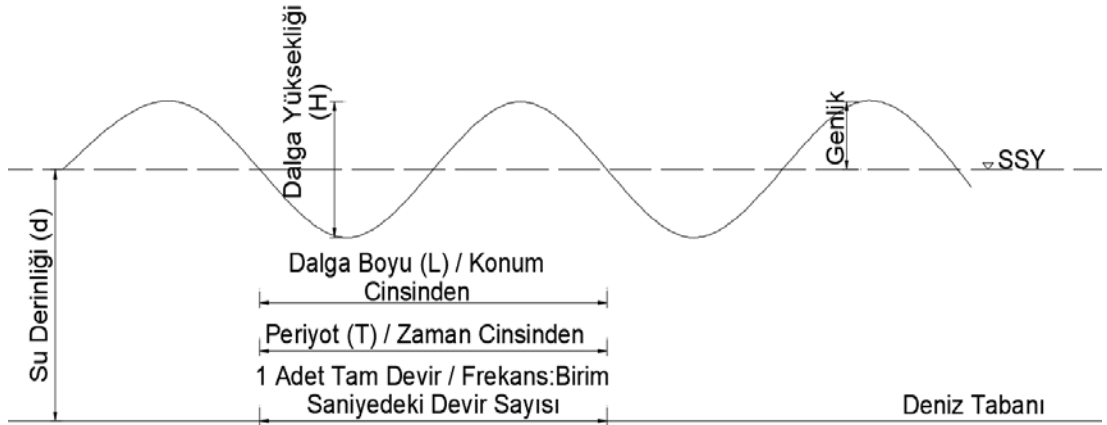
Dalgalar, su yüzeyinde bulunan gerilim etkisi ve yer çekimi kuvvetinin de etkisi ile bulundukları yerlerde suyun üstünde yayılması ile gözlemlenebilen hareketlerdir. Bu tez içerisinde de su dalgaları önemli bir yerde bulunmaktadır.

Dalganın karakteristik özelliklerini belirten parametreler 5 madde altında toplanabilir. Dalgalar bu parametreler sayesinde hem daha kolay tanımlanır hem de bu parametreler dalganın ölçümü için de gereklidir.

Bu parametreler;

- 1) Periyot
- 2) Frekans
- 3) Dalga hızı
- 4) Dalga boyu
- 5) Genlik, olarak sıralanabilir.

Periyot, dalgaların hareketini tamamlaması sonucunda bu durumun iki kere tekrarlanması ile iki dalga arasında tepe noktalarının oluşturduğu mesafeye denir. Frekans, dalganın oluşumunda saniye bazlı düşünerek elde edilen tam dalga sayısıdır. Dalga boyu, aynı dalga hareketinde tekrar eden konumlar arasında oluşan mesafedir [24]. Dalganın hızı, birçok hız konusunda bahsedilebileceği gibi burada da yer değiştirmeden bahsedilebilir. Yer değiştirme birim zamanda dikkate alınır. Genlik, dalgada var olan tepe noktaları ve çukur bölmelerinin arasındaki mesafe ikiye bölündüğü takdirde oluşan uzunluktur [25]. Bahsedilen parametreler Şekil 1’de gösterilmiştir.



Şekil 1. Dalga Parametreleri

2.3. Dalga Teorileri Hakkında Genel Bilgiler

Periyodik dalgalar bulundukları konumlar ve yapıları gereği hesaplanması, üzerlerinde matematiksel işlem yapılması oldukça zor bir konudur. Bu konuyu parçalamak daha kolay ifade etmeye yardımcı olacağından dalgalar, dalga teorileri ile gruplandırılmıştır. Bu teoriler içerisinde en bilindik olanı Lineer veya Airy dalga teorisidir. Bahsedilen gruplandırma ölçüleri oldukça küçük yani matematiksel ifadesi basit ise Lineer dalga teorisinden bahsetmek mümkündür. Lineer dalga teorisinde potansiyel (çevrintisiz) akım için gerekli kabuller yapılmış ve Lineer dalga teorisi bu kabullerle geliştirilmiştir [26].

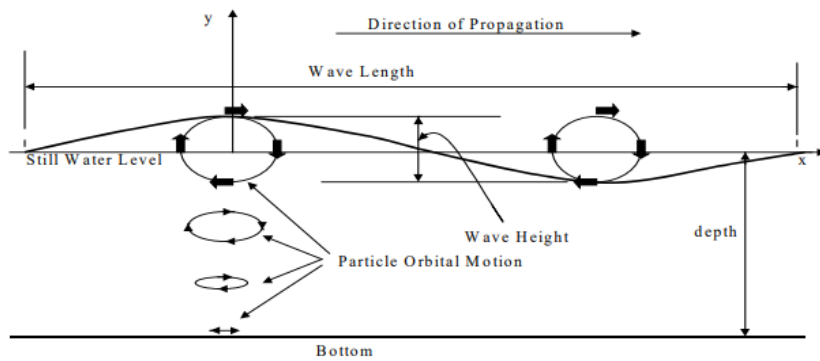
Potansiyel Akım için geçerli süreklilik denklemi;

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0 \quad (1)$$

Şeklinde ifade edilir. Süreklilik denklemi üzerinde belirtilen u ve w değerleri hız bileşenlerini temsil etmektedir. Süreklilik denklemi üzerinde u ve w bileşenleri yerine yazılarak Laplace diferansiyel denklemi elde edilir;

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial z^2} = 0 \quad (2)$$

Bu bağıntılar kullanılarak akışkanın serbest su yüzeyindeki ve tabanındaki özel sınır koşulları belirlenebilir. Daha sonra dalganın su yüzü profiline kadar ilerlemek mümkündür. Lineer dalga teorisi için bahsedilen tanımların bulunduğu bir çizim Şekil 2’de gösterilmiştir [27].



Şekil 2. Lineer Dalga Teorisi Tanımları

Lineer dalga teorisinin yanı sıra lineer olmayan dalga teorileri de mevcuttur. Lineer olmayan dalga teorilerine Cnoidal dalga teorisi, Solitary dalga teorisi, Akım fonksiyonu dalga teorisi ve bu tez kapsamında kullanılan Stokes dalga teorisi örnek olarak verilebilir. Bu teorilerin uygulanması ve matematiksel ifadeleri çok zordur. Bu sebeple pek çok isim bu konular üzerinde çalışmıştır. Örneğin, Williams dalgalar ile ilgili çok kapsamlı ve kullanışlı bir tablo oluşturmuştur [28].

Yapılan çalışmalarda kullanılan dalga teorileri ile ilgili bazı kabuller de vardır. Bunlardan bir tanesi, hareketin bir düzlem içerisinde olduğu yani düşünülebileceği üzere iki boyutlu olduğu kabulüdür. Bunun gibi pek çok kabul kullanılarak birden fazla dalga teorisi oluşturulmuş ve bu teorilerde dalga konusunda yapılan matematiksel hesaplarda büyük bir kolaylık sağlamıştır [29].

2.3.1. Stokes 2. Mertebe Dalga Teorisi

Stokes 2. Mertebe dalga teorisi Stokes (1819-1903) tarafından bulunmuştur. Daha sonrasında 3. ve 5. Mertebeden Stokes dalga teorisi farklı isimler tarafından geliştirilmiştir. Lineer teoride bahsedilen serbest yüzeydeki küçük dalga hareketleri artık yerini daha büyüklerine bırakmıştır [30]. Stokes dalga tipi Şekil 3’de gösterilmiştir.



Şekil 3. Stokes Dalga Tipi

Stokes 2. Mertebe dalga teorisi dalga yayılma hızı ve dalga boyu için farklılık göstermese de su yüzü profilleri, basınç dağılımı ve partiküller için yer değiştirme gibi konularda farklı matematiksel ifadelerle sahiptir [31].

Stokes 2. Mertebe dalga teorisinin Lineer teoriye göre matematiksel ifadeler konusunda nasıl kompleks hale geldiğini su yüzü profillerini inceleyerek anlamak mümkün olabilir. Ayrıca hidrodinamik kuvvet hesaplamalarında kullanılan dalga boyu ve hız bileşenlerine ait denklemlerde aşağıda verilmiştir.

Dalga yüksekliği (H), dalga boyu (L), periyot (T), su derinliği (d), zaman (t) ve dalganın yatay konumu (x) değerleri kullanılarak elde edilen,

Lineer dalga için su yüzü profili (η);

$$\eta = \frac{H}{2} \cos\left(\frac{2\pi x}{L} - \frac{2\pi t}{T}\right) \quad (3)$$

Stokes 2. Mertebe dalga teorisi için su yüzü profili (η);

$$\eta = \frac{H}{2} \cos\left(\frac{2\pi x}{L} - \frac{2\pi t}{T}\right) + \left(\frac{\pi H^2}{8L}\right) \frac{\cosh\left(\frac{2\pi d}{L}\right)}{\sinh^3\left(\frac{2\pi d}{L}\right)} \left[2 + \cosh\left(\frac{4\pi d}{L}\right)\right] \cosh\left(\frac{4\pi x}{L} - \frac{4\pi t}{T}\right) \quad (4)$$

Dalga boyu (L);

$$L = \frac{gT^2}{2\pi} \tanh\left(\frac{2\pi d}{L}\right) \quad (5)$$

Dalga yayılma hızı (c);

$$C = \frac{gT}{2\pi} \tanh\left(\frac{2\pi d}{L}\right) \quad (6)$$

Hız bileşenleri için (u, w);

$$u = \frac{HgT}{2L} \frac{\cosh[2\pi(z+d)/L]}{\cosh(2\pi d/L)} \cos\left(\frac{2\pi x}{L} - \frac{2\pi t}{T}\right) + \frac{3}{4} \left(\frac{\pi H}{L}\right)^2 C \frac{\cosh[4\pi(z+d)/L]}{\sinh^3(2\pi d/L)} \cos\left(\frac{4\pi x}{L} - \frac{4\pi t}{T}\right) \quad (7)$$

$$w = \frac{\pi H}{L} C \frac{\sinh[2\pi(z+d)/L]}{\sinh(2\pi d/L)} \sin\left(\frac{2\pi x}{L} - \frac{2\pi t}{T}\right) + \frac{3}{4} \left(\frac{\pi H}{L}\right)^2 C \frac{\sinh[4\pi(z+d)/L]}{\sinh^3(2\pi d/L)} \sin\left(\frac{4\pi x}{L} - \frac{4\pi t}{T}\right) \quad (8)$$

şeklindeki denklemler ile ifade edilmektedir.

2.4. Morison Denklemi

Morison denklemi dalgalardan kaynaklanan kuvvetlerin hesaplanmasında kullanılan bir denklemdir. Dalga kaynaklı kuvvetler açık deniz yapıları üzerinde etkili olacağı için dolayısıyla açık deniz yapılarına dalgalar sebebiyle etkiyen kuvvetler hesaplariken Morison denklemi kullanılır. Morison denkleminin lineer veya lineer olmayan formda kullanılması mümkündür. Lineer olmayan formda kullanılması oldukça zordur [32].

Deniz yapılarına veya boru hatlarına etki eden F_H eksenel kuvveti için kullanılan Morison denklemi [33];

$$F_H = \frac{1}{2} C_D \rho D u |u| + C_M \rho \frac{\pi D^3}{4} \frac{du}{dt} \quad (9)$$

Denklemde belirtilen ρ değeri tuzlu su yoğunluğunu, D değeri dalganın etki ettiği yapının çapını, çalışmada 0,7 olarak alınan C_D değeri sürüklenme katsayısını ve 2 olarak kabul edilen C_M ise atalet katsayısını ifade etmektedir. Denklemin toplamadan önceki ilk kısmı F_D direnç kuvvetini, ikinci kısım ise F_I atalet kuvvetini belirtmektedir. İki kuvvetin toplamı Morison denklemini vermektedir [34]. Tez kapsamında da öncelikle deniz yapısına etki eden F_D ve F_I kuvvetleri hesaplanmıştır. Daha sonra bu kuvvetler toplanarak Morison denklemi kullanılmış ve F_H eksenel kuvveti hesaplanmıştır.

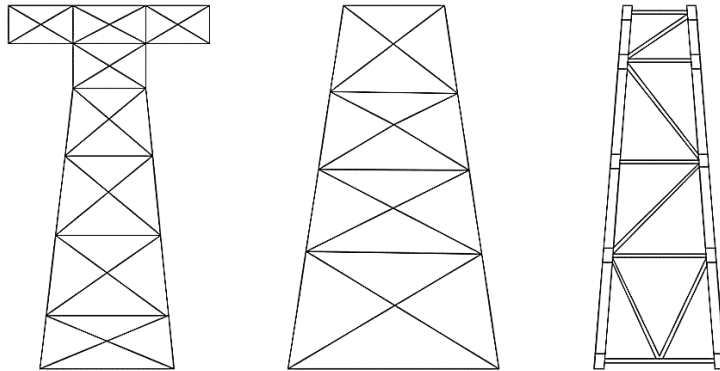
3. MATERYAL VE YÖNTEMLER

Bir yapının, kuvvetin geldiği her saniye için göstermiş olduğu karşı hareketlerin takip edilip analiz edilmesi Zaman Tanım Alanında analiz yapılması olarak adlandırılır. Bu tez kapsamında, modellere etkiyen hidrodinamik kuvvetler periyot boyunca birer saniye aralıklarla hesaplanarak kayıt altına alınmış ve sonlu elemanlar tabanlı SAP2000 paket programı ile Zaman Tanım Alanında analiz yapılmıştır.

3.1. Materyal

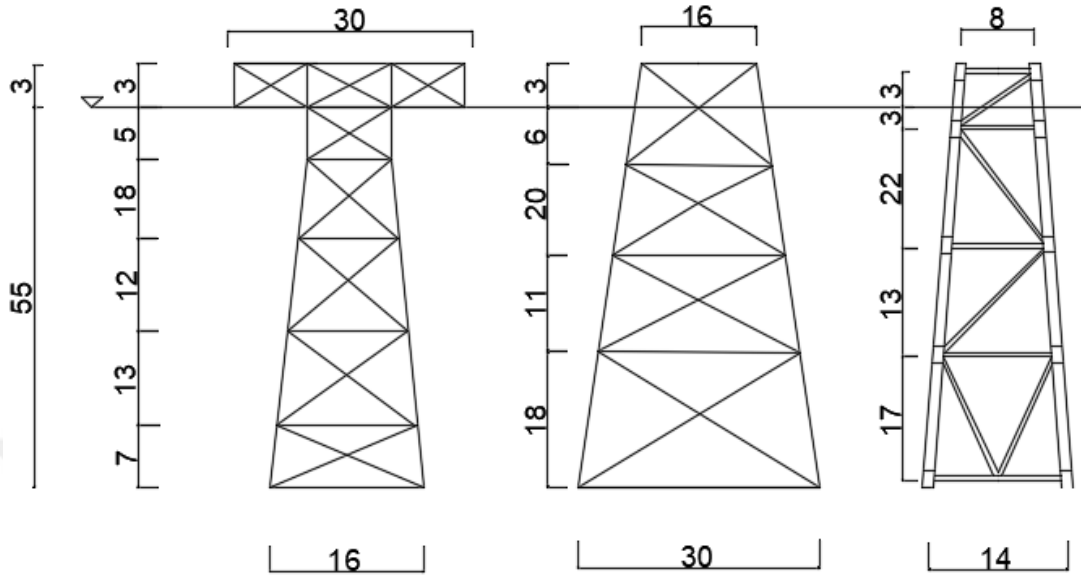
3.1.1. Modellere İlişkin Yapısal Modellerin Oluşturulması

Bu tez kapsamında, öncelikle farklı topolojilerde olabilecek 3 adet model belirlenmiştir. Modellerin yapı olarak nasıl olması gerektiği araştırılarak kullanıma uygun şekiller seçilmiştir [35]. Seçilen modeller kaynaklardan incelenen şekillerle düzenlenmiştir [36]. Ayrıca bu kaynaklarda modellerin boyutlarına da birbirinden farklı olarak yer verilmiştir [37]. Su altında kalan uzunlukları, su üstünde kalan yapının uzunluğu gibi bilgilerde aynı şekilde incelenmiş ve bu oranlarda uzunluklara tez kapsamında yer verilmiştir [38, 39]. Belirlenen modeller şekillerinin yanı sıra kullanılan materyallere göre de kuvvetlere karşı verilen tepkilerde değişiklik göstermektedir. Bu konuda da kaynaklar incelenmiş ve kullanılması gereken çelik tipi çeliğin özellikleri göz önünde bulundurularak belirlenmiştir [40]. Seçilen ceket tipi yapılar Şekil 4’ de gösterilmiştir.



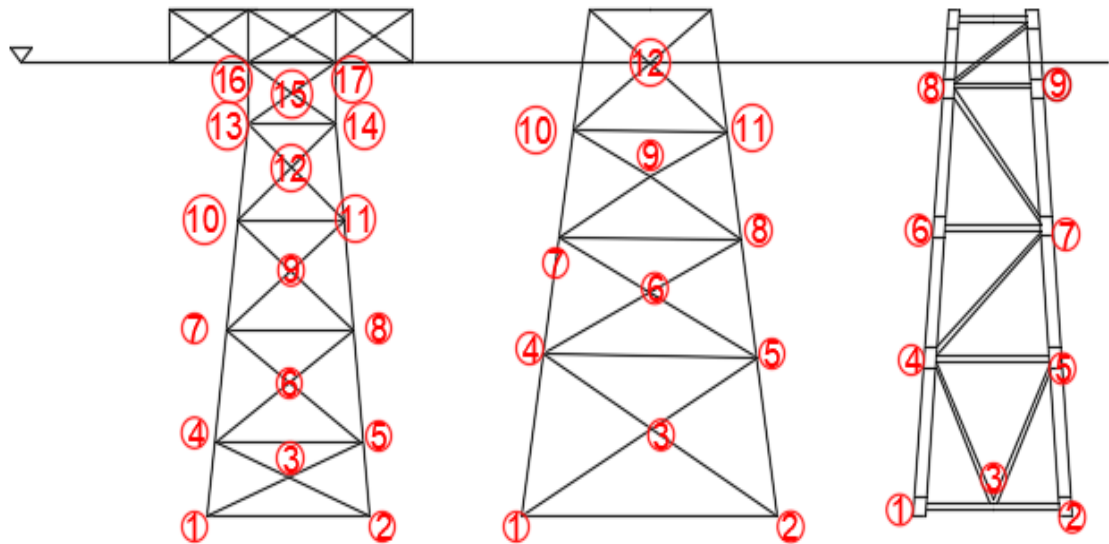
Şekil 4. Belirlenen Ceket Tipi Yapılar

Yapıların şekilleri belirlendikten sonra gerekli boyutlandırma işlemleri yapılmıştır. Şekil 5’de boyutlandırması yapılan ceket tipi yapılar gösterilmiştir.



Şekil 5. Boyutlandırılması Yapılan Ceket Tipi Yapılar

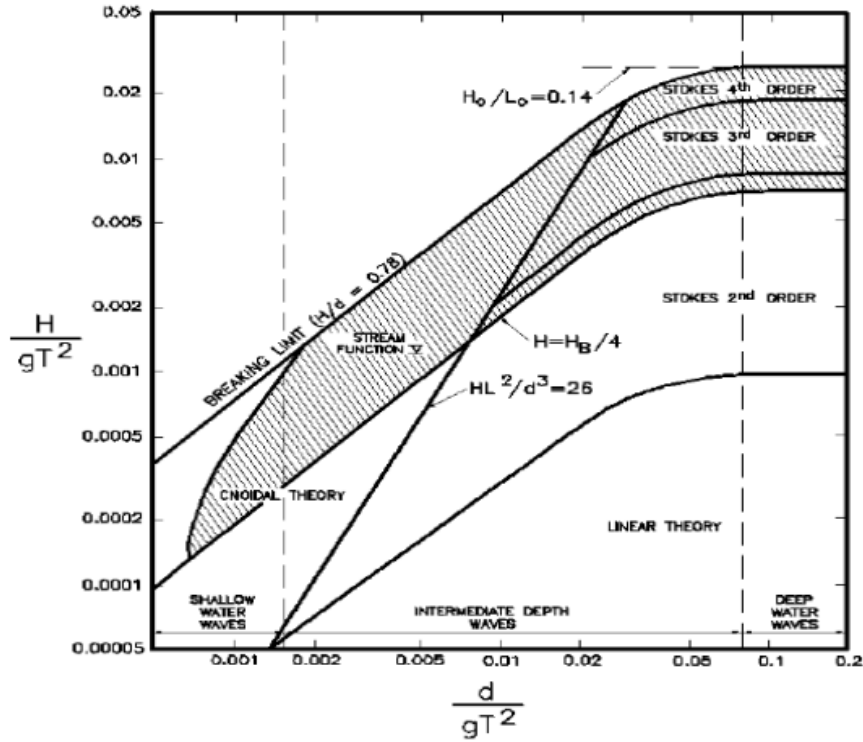
Yapıları ve yükseklikleri belirlenen bu modellerin Şekil 6’de gösterildiği gibi düğüm noktaları daha sonra üzerlerine yapılacak hesaplamaların anlaşılrlılığı açısından numaralandırmıştır.



Şekil 6. Ceket Tipi Yapılar Üzerinde Düğüm Noktaları

3.1.2. Denizel Ortam Koşullarının Belirlenmesi

Hidrodinamik kuvvetin hesaplanması için öncelikle dalga özellikleri belirlenerek hangi dalga teorisinin kullanılacağına karar verilir. Şekil 7’de gösterildiği üzere Le Mehaute diyagramı dalga teorilerinin geçerlilik sınırlarının belirlendiği çok kullanışlı bir diyagramdır [41]. Bu teorilerin belirlenmesi H/gT^2 ve d/gT^2 değerlerine bağlı olarak yapılmıştır [42].



Şekil 7. Dalga Teorileri için Geçerlilik Sınırları

Lineer dalga teorisi, süperpoze edilebilme özelliği ile avantajlı ve kullanımı sonucunda yapılacak hesaplamalarda kolaylık sağlayan bir dalga teorisidir. Lineer dalga teorisinin bu çalışmada yapılacak hesaplarda kullanılmamasının sebebi genlikleri küçük olan dalgalar için geçerli olmasıdır. Yapılacak olan tez kapsamında tasarlanan modeller açık denizlerde bulunmaktadır. Dalga boylarının uzadığı bu alanlarda geçerli olabilecek bir dalga teorisi kullanmak gereklidir. Diyagram üzerinde yapılan çalışmalar sonucunda dalga boyları ve su derinliklerinde artış yapıldığı anda dalga teorisi lineerden çıkarak Stokes 2. Mertebe dalga teorisinin geçerli olduğu alana doğru ilerlemiştir. Bu durum göstermiştir ki bu tez kapsamında kullanılması gereken dalga teorisi Stokes 2. Mertebe dalga teorisidir.

Diyagram üzerinde Stokes 2. Mertebe dalga teorisinin bulunduğu alana denk gelen H/gT^2 ve d/gT^2 değerleri seçilmiştir. Seçilen bu değerlerden yola çıkarak gerekli matematiksel işlemler yapılmıştır. Bu işlemler sonucunda dalga periyodu (T) ve dalga yüksekliği (H) değerlerine ulaşılmıştır. Bu aşama Stokes 2. Mertebe dalga teorisine denk gelen 3 farklı H/gT^2 ve d/gT^2 değerleri için tekrar edilerek denenmiştir.

Seçim 1:

Dalga periyodu (T);

$$\begin{aligned}\frac{d}{gT^2} &= 0,046335 \\ SS &= 0,046335 * 9,81 * T^2 \\ T^2 &= 121 \\ T &= 11 \text{ s}\end{aligned}\tag{10}$$

Dalga Yüksekliği (H);

$$\begin{aligned}\frac{H}{gT^2} &= 0,004212 \\ H &= 9,81 * 11^2 * 0,004212 \\ H &= 5 \text{ m}\end{aligned}\tag{11}$$

Seçim 2:

Dalga periyodu (T);

$$\begin{aligned}\frac{d}{gT^2} &= 0,056065 \\ SS &= 0,056065 * 9,81 * T^2 \\ T^2 &= 100 \\ T &= 10 \text{ s}\end{aligned}\tag{12}$$

Dalga Yüksekliği (H);

$$\begin{aligned}\frac{H}{gT^2} &= 0,004077 \\ H &= 9,81 * 10^2 * 0,004077 \\ H &= 4 \text{ m}\end{aligned}\tag{13}$$

Seçim 3:

Dalga periyodu (T);

$$\frac{d}{gT^2} = 0,069216$$

$$55 = 0,069216 * 9,81 * T^2$$

$$T^2 = 81$$

$$T = 9 \text{ s}$$

(14)

Dalga Yüksekliği (H);

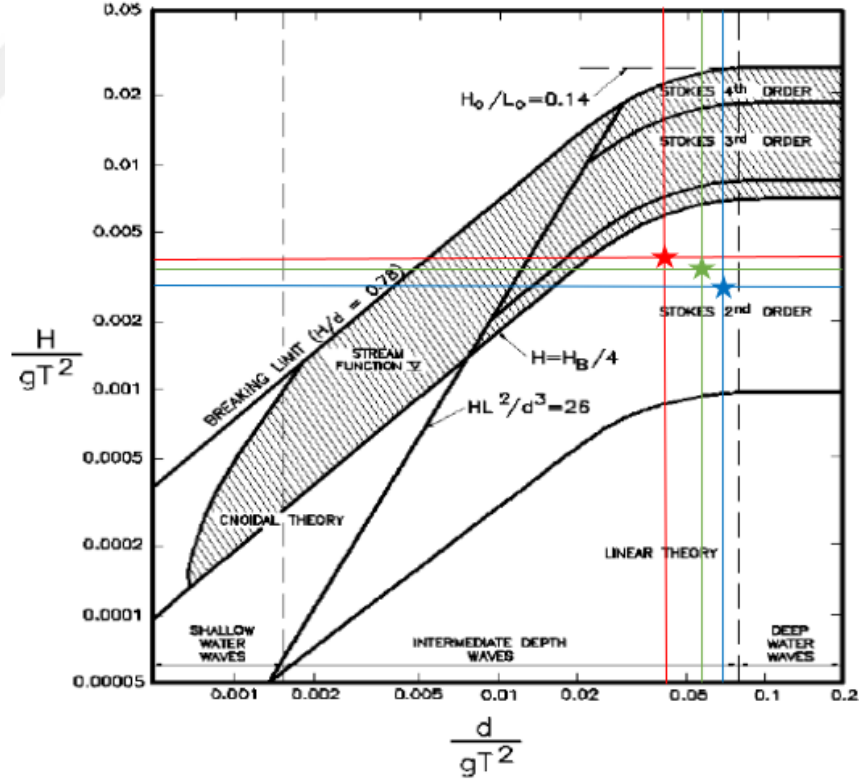
$$\frac{H}{gT^2} = 0,003775$$

$$H = 9,81 * 9^2 * 0,004212$$

$$H = 3 \text{ m}$$

(15)

Dalga yüksekliği 5 metre olduğunda kırmızı, 4 metre olduğunda yeşil ve 3 metre olduğunda ise mavi renkli simgeler ile Şekil 8’de gösterilmiştir.



Şekil 8. Değerlerin Diyagram Üzerinde Gösterimi

Dalgalar, yükseklikleri arttıkça daha kuvvetli hale gelmektedirler. Kuvveti artan dalgalar daha büyük deformasyonlar oluşturarak, su derinliğinin 55 metre seçildiği modeller için çalışma sonunda gözlemlenmesi amaçlanan maksimum gerilme ve yer değiştirme değerlerinde artışa sebep olurlar. Bu değerlerin büyük olması tezin amacına daha uygun ilerleyerek yapılacak olan gözlemi kolaylaştıracağından Şekil 7’de kırmızı renk ile gösterilen ve dalga yükseklikleri içerisinde 5 metre ile en büyük değere sahip olan, dalga modeli kuvvet hesabında esas alınmıştır.

3.2. Yöntemler

Tez çalışmasında, uygun topoloji araştırmasının yapılabilmesi için öncelikle seçilen modellerin yapısal hesaplamaları sonlu elemanlar tabanlı bir analiz programı yardımı ile bilgisayar destekli olarak gerçekleştirilmiştir. Daha sonra elde edilen sonuçlar istatistiksel çalışmalarda kullanılmaya uygun hale getirilerek data setleri oluşturulmuş ve Lineer Regresyon analizi ile değerlendirilmiştir.

3.2.1. Hidrodinamik Kuvvetlerin Hesabı

Bulunan dalga periyodu (T) ve dalga yüksekliği (H) bu değerlerin yanı sıra farklı sabit değerlerde kullanılarak dalga tipi, 2. Mertebe dalga teorisi için hız bileşenleri gibi birçok değere ulaşılır. Tüm bu işlemlerin sonunda modellerde bulunan her düğüm noktasına gelen hidrodinamik kuvvet hesaplanmış olur. Bu işlemler yapılırken 3 modele ve bu modellere ait her düğüm noktası için hidrodinamik kuvvet değerleri bulunur. Tez kapsamında seçilen dalga modelleri geçiş derinliği sınırları içerisinde kalmaktadır. Her modelde ve düğüm noktasında sabit olarak kullanılan değerler Tablo 2’de gösterilmiştir.

Tablo 2. Hidrodinamik Kuvvetler Hesaplanırken Kullanılan Sabit Değerler

	Hesaplanan/Sabit Değerler
T	11 s
H	5 mt
L_0	179,454 mt
g	9,81 m/s ²
Tuzlu Su Yoğunluğu	1025 kg/m ³
CD	0,7
CM	2

Her modelin düğüm noktalarına gelen hidrodinamik kuvvetler Morison denklemi kullanılarak hesaplanmıştır.

Model 1 için;

Model 1 olarak isimlendirilen tasarımda toplamda 17 adet düğüm noktası bulunmaktadır. Periyot 11s olduğu için 17 adet düğüm noktasına 11 saniye boyunca gelen hidrodinamik kuvvetlerin hesaplanması gerekmektedir. Modeli oluşturan çelik boru profillerin çapı 300 mm iken bulunan değerler 17 numaralı düğüm noktası için sırayla Tablo 3-13’de gösterilmiştir.

Tablo 3. 1. ve 2. Düğüm Noktasına Gelen Hidrodinamik Kuvvetler

t (sn)	z (m)	u (m/sn)	w (m/sn)	u' (m/sn ²)	w' (m/sn ²)	F _D (N/m)	F _I (N/m)	F _H (N/m)
1	-55,00	0,36	0,00	-1,45	0,00	14,05	-209,49	-195,44
2	-55,00	0,18	0,00	-2,43	0,00	3,40	-352,38	-348,98
3	-55,00	-0,06	0,00	-2,65	0,00	-0,41	-383,31	-383,72
4	-55,00	-0,28	0,00	-2,02	0,00	-8,51	-292,57	-301,08
5	-55,00	-0,41	0,00	-0,75	0,00	-18,19	-109,04	-127,24
6	-55,00	-0,41	0,00	0,75	0,00	-18,19	109,04	90,85
7	-55,00	-0,28	0,00	2,02	0,00	-8,51	292,57	284,06
8	-55,00	-0,06	0,00	2,65	0,00	-0,41	383,31	382,90
9	-55,00	0,18	0,00	2,43	0,00	3,40	352,38	355,78
10	-55,00	0,36	0,00	1,45	0,00	14,05	209,49	223,54
11	-55,00	0,43	0,00	0,00	0,00	19,89	0,00	19,89

Tablo 4. 3. Düğüm Noktasına Gelen Hidrodinamik Kuvvetler

t (sn)	z (m)	u (m/sn)	w (m/sn)	u' (m/sn ²)	w' (m/sn ²)	F _D (N/m)	F _I (N/m)	F _H (N/m)
1	-51,50	0,36	0,10	-1,46	0,28	14,27	-211,07	-196,80
2	-51,50	0,18	0,16	-2,45	0,14	3,45	-355,03	-351,58
3	-51,50	-0,06	0,17	-2,67	-0,05	-0,42	-386,19	-386,60
4	-51,50	-0,28	0,13	-2,03	-0,21	-8,64	-294,76	-303,40
5	-51,50	-0,41	0,05	-0,76	-0,32	-18,47	-109,86	-128,33
6	-51,50	-0,41	-0,05	0,76	-0,32	-18,47	109,86	91,40
7	-51,50	-0,28	-0,13	2,03	-0,21	-8,64	294,76	286,13
8	-51,50	-0,06	-0,17	2,67	-0,05	-0,42	386,19	385,77
9	-51,50	0,18	-0,16	2,45	0,14	3,45	355,03	358,48
10	-51,50	0,36	-0,10	1,46	0,28	14,27	211,07	225,33
11	-51,50	0,43	0,00	0,00	0,33	20,19	0,00	20,19

Tablo 5. 4. ve 5.Düğüm Noktasına Gelen Hidrodinamik Kuvvetler

t (sn)	z (m)	u (m/sn)	w (m/sn)	u' (m/sn ²)	w' (m/sn ²)	F _D (N/m)	F _I (N/m)	F _H (N/m)
1	-48,00	0,37	0,19	-1,49	0,56	14,92	-215,83	-200,91
2	-48,00	0,18	0,32	-2,51	0,28	3,61	-363,02	-359,41
3	-48,00	-0,06	0,35	-2,73	-0,09	-0,44	-394,87	-395,31
4	-48,00	-0,29	0,27	-2,08	-0,43	-9,03	-301,39	-310,42
5	-48,00	-0,42	0,10	-0,78	-0,64	-19,30	-112,33	-131,63
6	-48,00	-0,42	-0,10	0,78	-0,64	-19,30	112,33	93,03
7	-48,00	-0,29	-0,27	2,08	-0,43	-9,03	301,39	292,36
8	-48,00	-0,06	-0,35	2,73	-0,09	-0,44	394,87	394,44
9	-48,00	0,18	-0,32	2,51	0,28	3,61	363,02	366,63
10	-48,00	0,37	-0,19	1,49	0,56	14,92	215,83	230,74
11	-48,00	0,44	0,00	0,00	0,66	21,12	0,00	21,12

Tablo 6. 6. Düğüm Noktasına Gelen Hidrodinamik Kuvvetler

t (sn)	z (m)	u (m/sn)	w (m/sn)	u' (m/sn ²)	w' (m/sn ²)	F _D (N/m)	F _I (N/m)	F _H (N/m)
1	-41,50	0,40	0,38	-1,61	1,10	17,44	-233,37	-215,93
2	-41,50	0,20	0,64	-2,71	0,55	4,21	-392,51	-388,30
3	-41,50	-0,07	0,70	-2,95	-0,19	-0,51	-426,92	-427,43
4	-41,50	-0,31	0,53	-2,25	-0,86	-10,56	-325,82	-336,38
5	-41,50	-0,46	0,20	-0,84	-1,26	-22,55	-121,43	-143,98
6	-41,50	-0,46	-0,20	0,84	-1,26	-22,55	121,43	98,88
7	-41,50	-0,31	-0,53	2,25	-0,86	-10,56	325,82	315,26
8	-41,50	-0,07	-0,70	2,95	-0,19	-0,51	426,92	426,40
9	-41,50	0,20	-0,64	2,71	0,55	4,21	392,51	396,73
10	-41,50	0,40	-0,38	1,61	1,10	17,44	233,37	250,82
11	-41,50	0,48	0,00	0,00	1,31	24,70	0,00	24,70

Tablo 7. 7. ve 8. Düğüm Noktasına Gelen Hidrodinamik Kuvvetler

t (sn)	z (m)	u (m/sn)	w (m/sn)	u' (m/sn ²)	w' (m/sn ²)	F _D (N/m)	F _I (N/m)	F _H (N/m)
1	-35,00	0,45	0,59	-1,82	1,71	22,17	-263,09	-240,92
2	-35,00	0,22	0,99	-3,05	0,84	5,34	-442,44	-437,10
3	-35,00	-0,08	1,08	-3,32	-0,29	-0,66	-481,16	-481,82
4	-35,00	-0,35	0,82	-2,53	-1,33	-13,41	-367,17	-380,58
5	-35,00	-0,52	0,30	-0,94	-1,95	-28,61	-136,83	-165,44
6	-35,00	-0,52	-0,30	0,94	-1,95	-28,61	136,83	108,22
7	-35,00	-0,35	-0,82	2,53	-1,33	-13,41	367,17	353,76
8	-35,00	-0,08	-1,08	3,32	-0,29	-0,66	481,16	480,50
9	-35,00	0,22	-0,99	3,05	0,84	5,34	442,44	447,78
10	-35,00	0,45	-0,59	1,82	1,71	22,17	263,09	285,26
11	-35,00	0,54	0,00	0,00	2,03	31,43	0,00	31,43

Tablo 8. 9. Dügüm Noktasına Gelen Hidrodinamik Kuvvetler

t (sn)	z (m)	u (m/sn)	w (m/sn)	u' (m/sn ²)	w' (m/sn ²)	F _D (N/m)	F _I (N/m)	F _H (N/m)
1	-29,00	0,52	0,81	-2,09	2,34	29,35	-302,65	-273,30
2	-29,00	0,26	1,36	-3,51	1,16	7,05	-508,91	-501,87
3	-29,00	-0,09	1,48	-3,82	-0,39	-0,88	-553,35	-554,23
4	-29,00	-0,41	1,12	-2,91	-1,82	-17,75	-422,19	-439,94
5	-29,00	-0,59	0,42	-1,09	-2,67	-37,79	-157,32	-195,11
6	-29,00	-0,59	-0,42	1,09	-2,67	-37,79	157,32	119,53
7	-29,00	-0,41	-1,12	2,91	-1,82	-17,75	422,19	404,44
8	-29,00	-0,09	-1,48	3,82	-0,39	-0,88	553,35	552,47
9	-29,00	0,26	-1,36	3,51	1,16	7,05	508,91	515,96
10	-29,00	0,52	-0,81	2,09	2,34	29,35	302,65	332,00
11	-29,00	0,62	0,00	0,00	2,78	41,64	0,00	41,64

Tablo 9. 10. Ve 11. Dügüm Noktasına Gelen Hidrodinamik Kuvvetler

t (sn)	z (m)	u (m/sn)	w (m/sn)	u' (m/sn ²)	w' (m/sn ²)	F _D (N/m)	F _I (N/m)	F _H (N/m)
1	-23,00	0,61	1,07	-2,45	3,08	40,55	-355,67	-315,11
2	-23,00	0,30	1,80	-4,13	1,52	9,69	-597,96	-588,27
3	-23,00	-0,11	1,94	-4,49	-0,52	-1,23	-650,03	-651,26
4	-23,00	-0,48	1,47	-3,42	-2,40	-24,51	-495,86	-520,37
5	-23,00	-0,70	0,55	-1,27	-3,52	-52,05	-184,75	-236,80
6	-23,00	-0,70	-0,55	1,27	-3,52	-52,05	184,75	132,70
7	-23,00	-0,48	-1,47	3,42	-2,40	-24,51	495,86	471,36
8	-23,00	-0,11	-1,94	4,49	-0,52	-1,23	650,03	648,80
9	-23,00	0,30	-1,80	4,13	1,52	9,69	597,96	607,65
10	-23,00	0,61	-1,07	2,45	3,08	40,55	355,67	396,22
11	-23,00	0,73	0,00	0,00	3,66	57,58	0,00	57,58

Tablo 10. 12. Dügüm Noktasına Gelen Hidrodinamik Kuvvetler

t (sn)	z (m)	u (m/sn)	w (m/sn)	u' (m/sn ²)	w' (m/sn ²)	F _D (N/m)	F _I (N/m)	F _H (N/m)
1	-14,00	0,80	1,56	-3,21	4,45	69,61	-465,79	-396,19
2	-14,00	0,39	2,60	-5,40	2,21	16,49	-782,86	-766,37
3	-14,00	-0,14	2,81	-5,87	-0,75	-2,17	-850,68	-852,85
4	-14,00	-0,62	2,13	-4,48	-3,47	-42,02	-648,68	-690,69
5	-14,00	-0,91	0,79	-1,67	-5,09	-88,84	-241,63	-330,48
6	-14,00	-0,91	-0,79	1,67	-5,09	-88,84	241,63	152,79
7	-14,00	-0,62	-2,13	4,48	-3,47	-42,02	648,68	606,66
8	-14,00	-0,14	-2,81	5,87	-0,75	-2,17	850,68	848,51
9	-14,00	0,39	-2,60	5,40	2,21	16,49	782,86	799,35
10	-14,00	0,80	-1,56	3,21	4,45	69,61	465,79	535,40
11	-14,00	0,96	0,00	0,00	5,29	99,04	0,00	99,04

Tablo 11. 13. ve 14. Dügüm Noktasına Gelen Hidrodinamik Kuvvetler

t (sn)	z (m)	u (m/sn)	w (m/sn)	u' (m/sn ²)	w' (m/sn ²)	F _D (N/m)	F _I (N/m)	F _H (N/m)
1	-5,00	1,08	2,20	-4,30	6,27	124,60	-622,86	-498,27
2	-5,00	0,52	3,67	-7,22	3,11	29,18	-1.046,40	-1.017,22
3	-5,00	-0,19	3,95	-7,84	-1,05	-4,01	-1.136,41	-1.140,42
4	-5,00	-0,84	2,99	-5,98	-4,89	-75,10	-866,10	-941,20
5	-5,00	-1,21	1,11	-2,23	-7,17	-157,82	-322,52	-480,34
6	-5,00	-1,21	-1,11	2,23	-7,17	-157,82	322,52	164,70
7	-5,00	-0,84	-2,99	5,98	-4,89	-75,10	866,10	791,00
8	-5,00	-0,19	-3,95	7,84	-1,05	-4,01	1.136,41	1.132,40
9	-5,00	0,52	-3,67	7,22	3,11	29,18	1.046,40	1.075,58
10	-5,00	1,08	-2,20	4,30	6,27	124,60	622,86	747,46
11	-5,00	1,29	0,00	0,00	7,45	177,78	0,00	177,78

Tablo 12. 15. Düğüm Noktasına Gelen Hidrodinamik Kuvvetler

t (sn)	z (m)	u (m/sn)	w (m/sn)	u' (m/sn ²)	w' (m/sn ²)	F _D (N/m)	F _I (N/m)	F _H (N/m)
1	-2,50	1,17	2,42	-4,67	6,88	147,18	-676,84	-529,66
2	-2,50	0,56	4,03	-7,85	3,41	34,33	-1.136,91	-1.102,58
3	-2,50	-0,21	4,33	-8,52	-1,15	-4,79	-1.234,47	-1.239,26
4	-2,50	-0,91	3,27	-6,49	-5,36	-88,66	-940,68	-1.029,34
5	-2,50	-1,31	1,21	-2,42	-7,87	-185,94	-350,26	-536,20
6	-2,50	-1,31	-1,21	2,42	-7,87	-185,94	350,26	164,32
7	-2,50	-0,91	-3,27	6,49	-5,36	-88,66	940,68	852,01
8	-2,50	-0,21	-4,33	8,52	-1,15	-4,79	1.234,47	1.229,69
9	-2,50	0,56	-4,03	7,85	3,41	34,33	1.136,91	1.171,25
10	-2,50	1,17	-2,42	4,67	6,88	147,18	676,84	824,01
11	-2,50	1,40	0,00	0,00	8,17	210,20	0,00	210,20

Tablo 13. 16. ve 17. Düğüm Noktasına Gelen Hidrodinamik Kuvvetler

t (sn)	z (m)	u (m/sn)	w (m/sn)	u' (m/sn ²)	w' (m/sn ²)	F _D (N/m)	F _I (N/m)	F _H (N/m)
1	0,00	1,27	2,66	-5,08	7,54	174,12	-736,05	-561,93
2	0,00	0,61	4,42	-8,53	3,74	40,44	-1.236,18	-1.195,74
3	0,00	-0,23	4,75	-9,26	-1,26	-5,73	-1.341,99	-1.347,72
4	0,00	-0,99	3,58	-7,06	-5,87	-104,84	-1.022,41	-1.127,24
5	0,00	-1,43	1,32	-2,63	-8,63	-219,37	-380,64	-600,01
6	0,00	-1,43	-1,32	2,63	-8,63	-219,37	380,64	161,28
7	0,00	-0,99	-3,58	7,06	-5,87	-104,84	1.022,41	917,57
8	0,00	-0,23	-4,75	9,26	-1,26	-5,73	1.341,99	1.336,26
9	0,00	0,61	-4,42	8,53	3,74	40,44	1.236,18	1.276,63
10	0,00	1,27	-2,66	5,08	7,54	174,12	736,05	910,17
11	0,00	1,52	0,00	0,00	8,95	248,93	0,00	248,93

Model 2 için;

Model 2 olarak adlandırılan tasarımda toplamda 9 adet düğüm noktası bulunmaktadır. Periyot 11 olduğu için 9 adet düğüm noktasına 11 saniye boyunca gelen hidrodinamik kuvvetlerinin hesaplanması gerekmektedir. Modeli oluşturan çelik boru profillerin çapı 300 mm iken bulunan değerler 9 numaralı düğüm noktası için sırayla Tablo 14-21’de gösterilmiştir.

Tablo 14. 1. ve 2. Düğüm Noktasına Gelen Hidrodinamik Kuvvetler

t (sn)	z (m)	u (m/sn)	w (m/sn)	u' (m/sn ²)	w' (m/sn ²)	F _D (N/m)	F _I (N/m)	F _H (N/m)
1	-55,00	0,36	0,00	-1,45	0,00	14,05	-209,49	-195,44
2	-55,00	0,18	0,00	-2,43	0,00	3,40	-352,38	-348,98
3	-55,00	-0,06	0,00	-2,65	0,00	-0,41	-383,31	-383,72
4	-55,00	-0,28	0,00	-2,02	0,00	-8,51	-292,57	-301,08
5	-55,00	-0,41	0,00	-0,75	0,00	-18,19	-109,04	-127,24
6	-55,00	-0,41	0,00	0,75	0,00	-18,19	109,04	90,85
7	-55,00	-0,28	0,00	2,02	0,00	-8,51	292,57	284,06
8	-55,00	-0,06	0,00	2,65	0,00	-0,41	383,31	382,90
9	-55,00	0,18	0,00	2,43	0,00	3,40	352,38	355,78
10	-55,00	0,36	0,00	1,45	0,00	14,05	209,49	223,54
11	-55,00	0,43	0,00	0,00	0,00	19,89	0,00	19,89

Tablo 15. 3. Düğüm Noktasına Gelen Hidrodinamik Kuvvetler

t (sn)	z (m)	u (m/sn)	w (m/sn)	u' (m/sn ²)	w' (m/sn ²)	F _D (N/m)	F _I (N/m)	F _H (N/m)
1	-46,00	0,38	0,25	-1,52	0,72	15,50	-220,00	-204,50
2	-46,00	0,19	0,42	-2,55	0,36	3,75	-370,03	-366,28
3	-46,00	-0,06	0,45	-2,78	-0,12	-0,45	-402,49	-402,94
4	-46,00	-0,30	0,35	-2,12	-0,56	-9,38	-307,20	-316,58
5	-46,00	-0,43	0,13	-0,79	-0,82	-20,05	-114,49	-134,54
6	-46,00	-0,43	-0,13	0,79	-0,82	-20,05	114,49	94,44
7	-46,00	-0,30	-0,35	2,12	-0,56	-9,38	307,20	297,81
8	-46,00	-0,06	-0,45	2,78	-0,12	-0,45	402,49	402,04
9	-46,00	0,19	-0,42	2,55	0,36	3,75	370,03	373,78
10	-46,00	0,38	-0,25	1,52	0,72	15,50	220,00	235,50
11	-46,00	0,45	0,00	0,00	0,86	21,94	0,00	21,94

Tablo 16. 4. ve 5. Düğüm Noktasına Gelen Hidrodinamik Kuvvetler

t (sn)	z (m)	u (m/sn)	w (m/sn)	u' (m/sn ²)	w' (m/sn ²)	F _D (N/m)	F _I (N/m)	F _H (N/m)
1	-37,00	0,44	0,53	-1,74	1,51	20,43	-252,57	-232,14
2	-37,00	0,21	0,88	-2,93	0,75	4,93	-424,77	-419,84
3	-37,00	-0,07	0,95	-3,19	-0,25	-0,60	-461,96	-462,56
4	-37,00	-0,34	0,73	-2,43	-1,18	-12,36	-352,53	-364,90
5	-37,00	-0,50	0,27	-0,91	-1,73	-26,38	-131,38	-157,76
6	-37,00	-0,50	-0,27	0,91	-1,73	-26,38	131,38	105,00
7	-37,00	-0,34	-0,73	2,43	-1,18	-12,36	352,53	340,17
8	-37,00	-0,07	-0,95	3,19	-0,25	-0,60	461,96	461,35
9	-37,00	0,21	-0,88	2,93	0,75	4,93	424,77	429,70
10	-37,00	0,44	-0,53	1,74	1,51	20,43	252,57	273,00
11	-37,00	0,52	0,00	0,00	1,80	28,95	0,00	28,95

Tablo 17. 6. Düğüm Noktasına Gelen Hidrodinamik Kuvvetler

t (sn)	z (m)	u (m/sn)	w (m/sn)	u' (m/sn ²)	w' (m/sn ²)	F _D (N/m)	F _I (N/m)	F _H (N/m)
1	-31,50	0,49	0,72	-1,96	2,07	25,96	-284,65	-258,69
2	-31,50	0,24	1,20	-3,30	1,02	6,24	-478,66	-472,42
3	-31,50	-0,08	1,30	-3,59	-0,35	-0,78	-520,50	-521,27
4	-31,50	-0,38	0,99	-2,74	-1,61	-15,70	-397,16	-412,86
5	-31,50	-0,56	0,37	-1,02	-2,36	-33,45	-148,00	-181,45
6	-31,50	-0,56	-0,37	1,02	-2,36	-33,45	148,00	114,54
7	-31,50	-0,38	-0,99	2,74	-1,61	-15,70	397,16	381,46
8	-31,50	-0,08	-1,30	3,59	-0,35	-0,78	520,50	519,72
9	-31,50	0,24	-1,20	3,30	1,02	6,24	478,66	484,90
10	-31,50	0,49	-0,72	1,96	2,07	25,96	284,65	310,61
11	-31,50	0,58	0,00	0,00	2,45	36,81	0,00	36,81

Tablo 18. 7. ve 8. Düğüm Noktasına Gelen Hidrodinamik Kuvvetler

t (sn)	z (m)	u (m/sn)	w (m/sn)	u' (m/sn ²)	w' (m/sn ²)	F _D (N/m)	F _I (N/m)	F _H (N/m)
1	-26,00	0,56	0,94	-2,26	2,69	34,34	-327,34	-293,00
2	-26,00	0,28	1,57	-3,80	1,33	8,23	-550,39	-542,16
3	-26,00	-0,10	1,70	-4,13	-0,45	-1,04	-598,39	-599,42
4	-26,00	-0,44	1,29	-3,15	-2,10	-20,76	-456,51	-477,28
5	-26,00	-0,64	0,48	-1,17	-3,08	-44,15	-170,10	-214,25
6	-26,00	-0,64	-0,48	1,17	-3,08	-44,15	170,10	125,95
7	-26,00	-0,44	-1,29	3,15	-2,10	-20,76	456,51	435,75
8	-26,00	-0,10	-1,70	4,13	-0,45	-1,04	598,39	597,35
9	-26,00	0,28	-1,57	3,80	1,33	8,23	550,39	558,62
10	-26,00	0,56	-0,94	2,26	2,69	34,34	327,34	361,69
11	-26,00	0,67	0,00	0,00	3,20	48,74	0,00	48,74

Tablo 19. 9. Düzüm Noktasına Gelen Hidrodinamik Kuvvetler

t (sn)	z (m)	u (m/sn)	w (m/sn)	u' (m/sn ²)	w' (m/sn ²)	F _D (N/m)	F _I (N/m)	F _H (N/m)
1	-16,00	0,76	1,44	-3,02	4,11	61,46	-437,72	-376,26
2	-16,00	0,37	2,40	-5,08	2,04	14,59	-735,74	-721,15
3	-16,00	-0,13	2,59	-5,52	-0,69	-1,90	-799,56	-801,47
4	-16,00	-0,59	1,97	-4,21	-3,20	-37,11	-609,75	-646,86
5	-16,00	-0,85	0,73	-1,57	-4,70	-78,55	-227,15	-305,70
6	-16,00	-0,85	-0,73	1,57	-4,70	-78,55	227,15	148,59
7	-16,00	-0,59	-1,97	4,21	-3,20	-37,11	609,75	572,64
8	-16,00	-0,13	-2,59	5,52	-0,69	-1,90	799,56	797,66
9	-16,00	0,37	-2,40	5,08	2,04	14,59	735,74	750,33
10	-16,00	0,76	-1,44	3,02	4,11	61,46	437,72	499,18
11	-16,00	0,90	0,00	0,00	4,89	87,40	0,00	87,40

Tablo 20. 10. ve 11. Düzüm Noktasına Gelen Hidrodinamik Kuvvetler

t (sn)	z (m)	u (m/sn)	w (m/sn)	u' (m/sn ²)	w' (m/sn ²)	F _D (N/m)	F _I (N/m)	F _H (N/m)
1	-6,00	1,04	2,12	-4,16	6,04	116,62	-602,64	-486,02
2	-6,00	0,50	3,54	-6,99	3,00	27,35	-1012,49	-985,14
3	-6,00	-0,19	3,81	-7,59	-1,01	-3,74	-1099,66	-1103,40
4	-6,00	-0,81	2,88	-5,78	-4,71	-70,31	-838,15	-908,45
5	-6,00	-1,17	1,07	-2,15	-6,91	-147,86	-312,13	-459,99
6	-6,00	-1,17	-1,07	2,15	-6,91	-147,86	312,13	164,26
7	-6,00	-0,81	-2,88	5,78	-4,71	-70,31	838,15	767,84
8	-6,00	-0,19	-3,81	7,59	-1,01	-3,74	1099,66	1095,92
9	-6,00	0,50	-3,54	6,99	3,00	27,35	1012,49	1039,84
10	-6,00	1,04	-2,12	4,16	6,04	116,62	602,64	719,27
11	-6,00	1,24	0,00	0,00	7,18	166,35	0,00	166,35

Tablo 21. 12. Düzüm Noktasına Gelen Hidrodinamik Kuvvetler

t (sn)	z (m)	u (m/sn)	w (m/sn)	u' (m/sn ²)	w' (m/sn ²)	F _D (N/m)	F _I (N/m)	F _H (N/m)
1	0,00	1,27	2,66	-5,08	7,54	174,12	-736,05	-561,93
2	0,00	0,61	4,42	-8,53	3,74	40,44	-1236,18	-1195,74
3	0,00	-0,23	4,75	-9,26	-1,26	-5,73	-1341,99	-1347,72
4	0,00	-0,99	3,58	-7,06	-5,87	-104,84	-1022,41	-1127,24
5	0,00	-1,43	1,32	-2,63	-8,63	-219,37	-380,64	-600,01
6	0,00	-1,43	-1,32	2,63	-8,63	-219,37	380,64	161,28
7	0,00	-0,99	-3,58	7,06	-5,87	-104,84	1022,41	917,57
8	0,00	-0,23	-4,75	9,26	-1,26	-5,73	1341,99	1336,26
9	0,00	0,61	-4,42	8,53	3,74	40,44	1236,18	1276,63
10	0,00	1,27	-2,66	5,08	7,54	174,12	736,05	910,17
11	0,00	1,52	0,00	0,00	8,95	248,93	0,00	248,93

Model 3 için;

Model 3 olarak isimlendirilen tasarımda ise toplamda 12 adet düğüm noktası bulunmaktadır. Periyot 11s olduğu için 12 adet düğüm noktasına 11 saniye boyunca gelen hidrodinamik kuvvetlerin hesaplanması gerekmektedir. Modeli oluşturan çelik boru profillerin çapı 300 mm iken bulunan değerler 12 numaralı düğüm noktası için sırayla Tablo 22-25’de gösterilmiştir.

Tablo 22. 1. 2. ve 3. Düğüm Noktasına Gelen Hidrodinamik Kuvvetler

t (sn)	z (m)	u (m/sn)	w (m/sn)	u' (m/sn ²)	w' (m/sn ²)	F _D (N/m)	F _I (N/m)	F _H (N/m)
1	-55,00	0,36	0,00	-1,45	0,00	14,05	-209,49	-195,44
2	-55,00	0,18	0,00	-2,43	0,00	3,40	-352,38	-348,98
3	-55,00	-0,06	0,00	-2,65	0,00	-0,41	-383,31	-383,72
4	-55,00	-0,28	0,00	-2,02	0,00	-8,51	-292,57	-301,08
5	-55,00	-0,41	0,00	-0,75	0,00	-18,19	-109,04	-127,24
6	-55,00	-0,41	0,00	0,75	0,00	-18,19	109,04	90,85
7	-55,00	-0,28	0,00	2,02	0,00	-8,51	292,57	284,06
8	-55,00	-0,06	0,00	2,65	0,00	-0,41	383,31	382,90
9	-55,00	0,18	0,00	2,43	0,00	3,40	352,38	355,78
10	-55,00	0,36	0,00	1,45	0,00	14,05	209,49	223,54
11	-55,00	0,43	0,00	0,00	0,00	19,89	0,00	19,89

Tablo 23. 4. ve 5. Düğüm Noktasına Gelen Hidrodinamik Kuvvetler

t (sn)	z (m)	u (m/sn)	w (m/sn)	u' (m/sn ²)	w' (m/sn ²)	F _D (N/m)	F _I (N/m)	F _H (N/m)
1	-38,00	0,43	0,49	-1,71	1,42	19,67	-247,78	-228,11
2	-38,00	0,21	0,83	-2,88	0,70	4,74	-416,72	-411,98
3	-38,00	-0,07	0,89	-3,13	-0,24	-0,58	-453,21	-453,80
4	-38,00	-0,33	0,68	-2,39	-1,10	-11,90	-345,87	-357,77
5	-38,00	-0,49	0,25	-0,89	-1,62	-25,40	-128,90	-154,29
6	-38,00	-0,49	-0,25	0,89	-1,62	-25,40	128,90	103,50
7	-38,00	-0,33	-0,68	2,39	-1,10	-11,90	345,87	333,97
8	-38,00	-0,07	-0,89	3,13	-0,24	-0,58	453,21	452,63
9	-38,00	0,21	-0,83	2,88	0,70	4,74	416,72	421,46
10	-38,00	0,43	-0,49	1,71	1,42	19,67	247,78	267,44
11	-38,00	0,51	0,00	0,00	1,69	27,86	0,00	27,86

Tablo 24. 6. ve 7. Düğüm Noktasına Gelen Hidrodinamik Kuvvetler

t (sn)	z (m)	u (m/sn)	w (m/sn)	u' (m/sn ²)	w' (m/sn ²)	F _D (N/m)	F _I (N/m)	F _H (N/m)
1	-25,00	0,58	0,98	-2,32	2,82	36,27	-336,37	-300,10
2	-25,00	0,28	1,64	-3,90	1,40	8,68	-565,55	-556,87
3	-25,00	-0,10	1,78	-4,24	-0,47	-1,10	-614,84	-615,94
4	-25,00	-0,45	1,35	-3,24	-2,20	-21,92	-469,05	-490,97
5	-25,00	-0,66	0,50	-1,21	-3,22	-46,60	-174,77	-221,37
6	-25,00	-0,66	-0,50	1,21	-3,22	-46,60	174,77	128,17
7	-25,00	-0,45	-1,35	3,24	-2,20	-21,92	469,05	447,13
8	-25,00	-0,10	-1,78	4,24	-0,47	-1,10	614,84	613,75
9	-25,00	0,28	-1,64	3,90	1,40	8,68	565,55	574,23
10	-25,00	0,58	-0,98	2,32	2,82	36,27	336,37	372,63
11	-25,00	0,69	0,00	0,00	3,35	51,48	0,00	51,48

Tablo 25. 8. ve 9. Düğüm Noktasına Gelen Hidrodinamik Kuvvetler

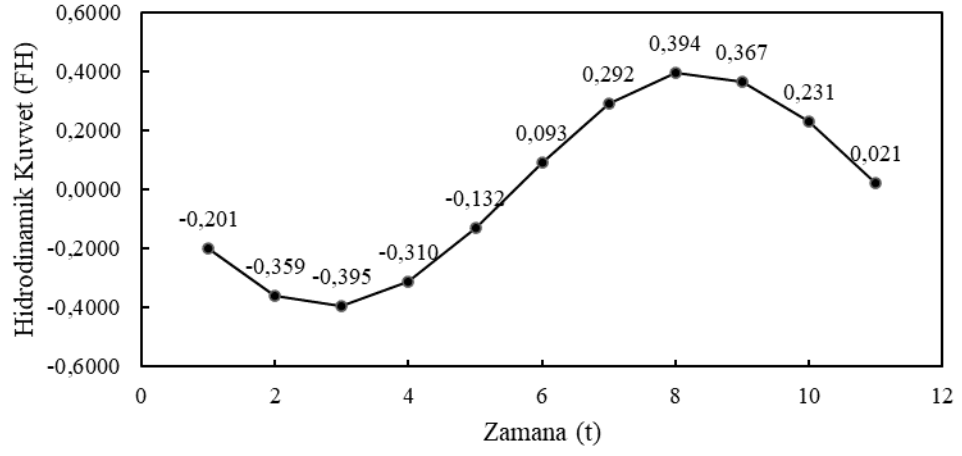
t (sn)	z (m)	u (m/sn)	w (m/sn)	u' (m/sn ²)	w' (m/sn ²)	F _D (N/m)	F _I (N/m)	F _H (N/m)
1	-3,00	1,15	2,37	-4,59	6,75	142,34	-665,64	-523,30
2	-3,00	0,56	3,96	-7,72	3,35	33,23	-1118,13	-1084,90
3	-3,00	-0,21	4,25	-8,38	-1,13	-4,62	-1214,13	-1218,75
4	-3,00	-0,89	3,21	-6,38	-5,26	-85,75	-925,21	-1010,96
5	-3,00	-1,29	1,19	-2,38	-7,72	-179,92	-344,50	-524,42
6	-3,00	-1,29	-1,19	2,38	-7,72	-179,92	344,50	164,58
7	-3,00	-0,89	-3,21	6,38	-5,26	-85,75	925,21	839,45
8	-3,00	-0,21	-4,25	8,38	-1,13	-4,62	1214,13	1209,51
9	-3,00	0,56	-3,96	7,72	3,35	33,23	1118,13	1151,36
10	-3,00	1,15	-2,37	4,59	6,75	142,34	665,64	807,97
11	-3,00	1,37	0,00	0,00	8,02	203,24	0,00	203,24

Ayrıca çap 400, 500, 600 mm olduğu zaman kalınlık 10 ve 20 mm için 3. modelde oluşan hidrodinamik kuvvetlerinin gösterildiği tablolar Ekler kısmında sunulmuştur.

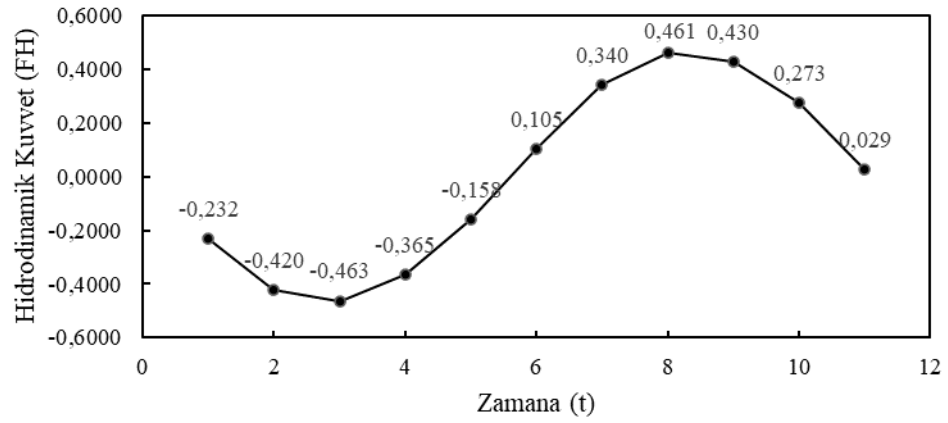
3.2.2. Düğüm Noktaları için Yük Dengelemesi

Her model için düğüm noktalarına gelen toplam hidrodinamik kuvvet olan F_H değerleri yanal kuvvetlerdir. Bu yanal hidrodinamik kuvvetlerin hepsi her düğüm noktasını etkilemekte ve birden fazla yük olarak düğüm noktalarına etki etmektedir. Tüm bu etkiyen yüklerin sonucunda düğüm noktalarında oluşan tek bir hidrodinamik kuvveti bulmak için yük dengelemesi yapmak gerekmektedir. Bunun için öncelikle her modelin tüm düğüm noktalarına gelen kuvvet-zaman (F-t) grafiği çizilmiş ve dalga formu incelenmiştir.

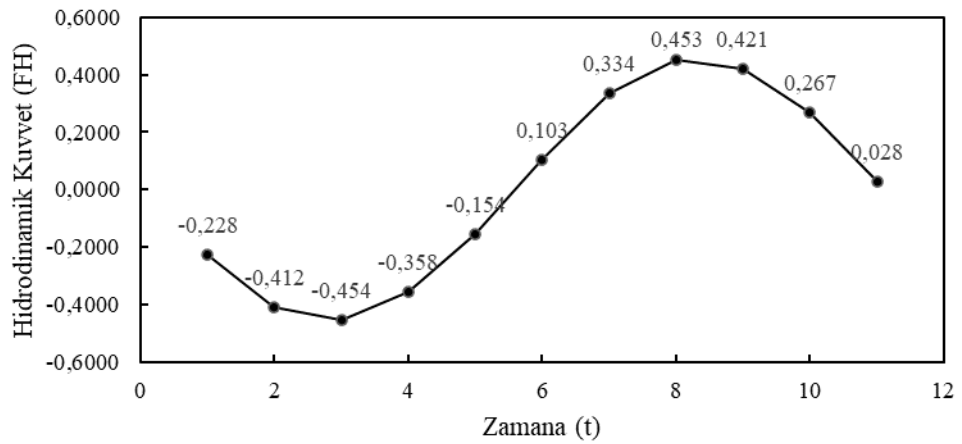
Örnek olarak, üç model için de eleman çaplarının 300mm seçildiği durum dikkate alınarak seçilmiş olan 4 numaralı düğüm noktasının F-t grafikleri Şekil 9-11’de gösterilmiştir.



Şekil 9. 1. Model 4. Düğüm Hidrodinamik Kuvvetin Zamana Bağlı Değişimi

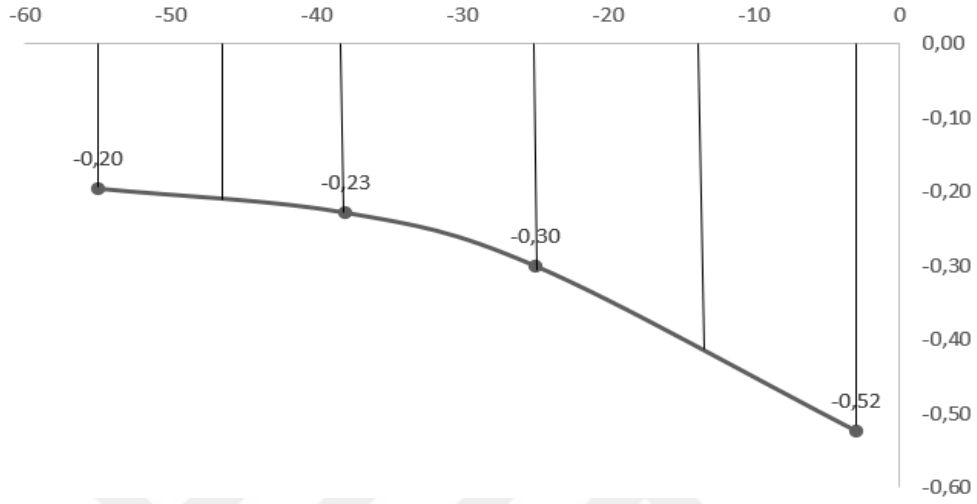


Şekil 10. 2. Model 4. Düğüm Hidrodinamik Kuvvetin Zamana Bağlı Değişimi

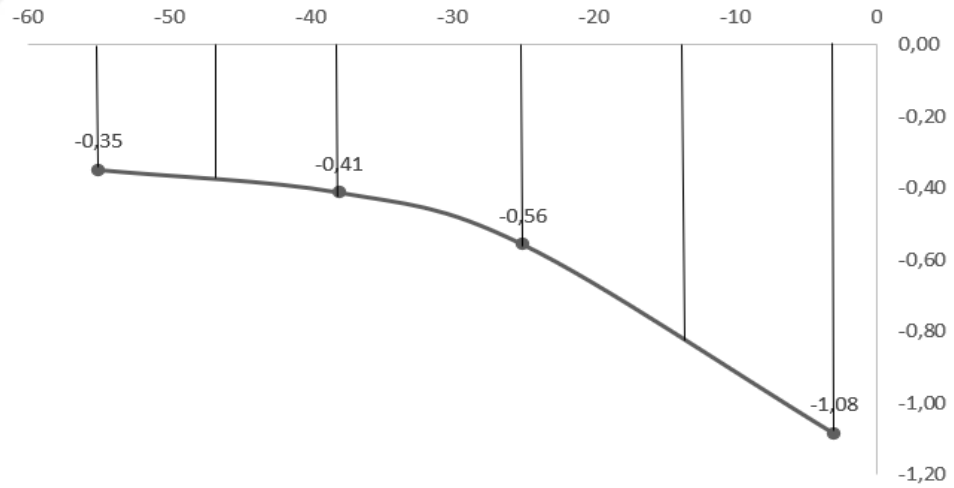


Şekil 11. 3. Model 4. Düğüm Hidrodinamik Kuvvetin Zamana Bağlı Değişimi

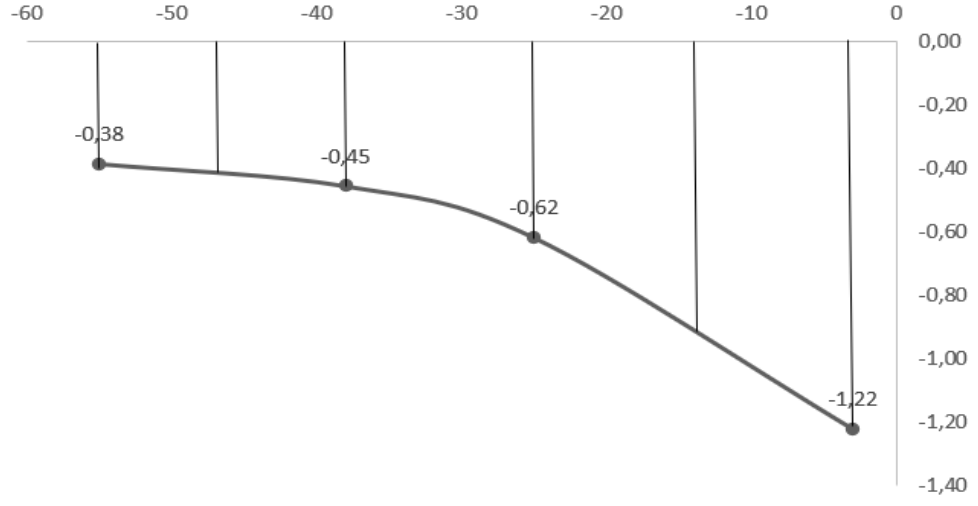
Sistemler kafes sistem olduğu için 3 adet modelin düğüm noktalarına gelen kuvvetler yük dengelemesi yapılarak bulunmuştur. Yük dengelemeleri her modelde 11 saniye yani dalga periyodu göz önünde bulundurularak yapılmıştır. Yük dengelemesi yapılırken belirlenen çizimler Şekil 12-22’de gösterilmiştir.



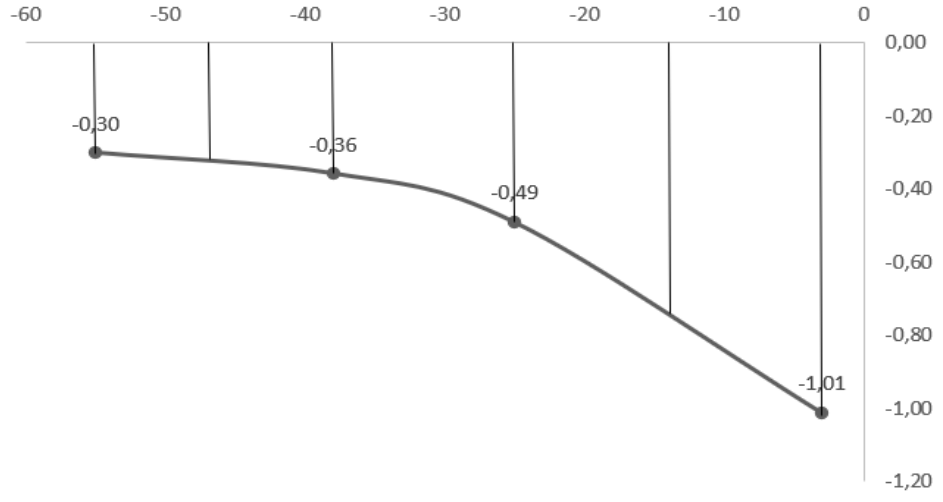
Şekil 12. 3. Model 1. Saniye Yük Dengelemesi



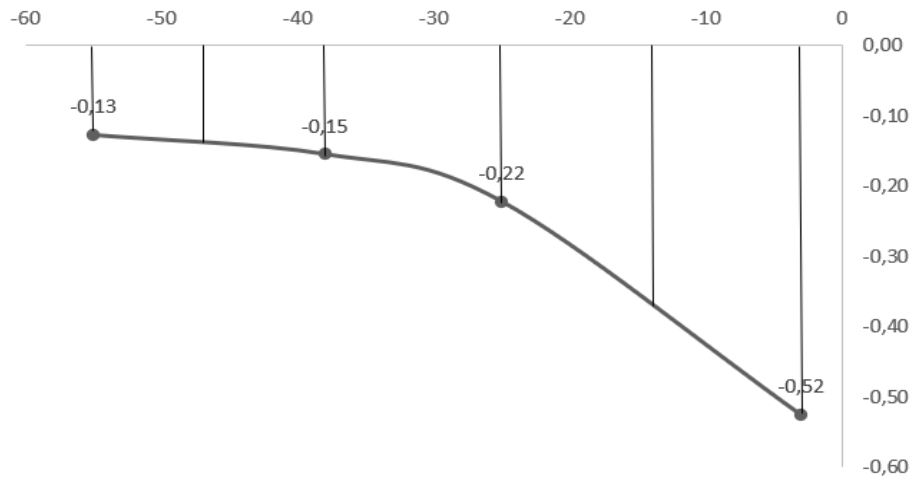
Şekil 13. 3. Model 2. Saniye Yük Dengelemesi



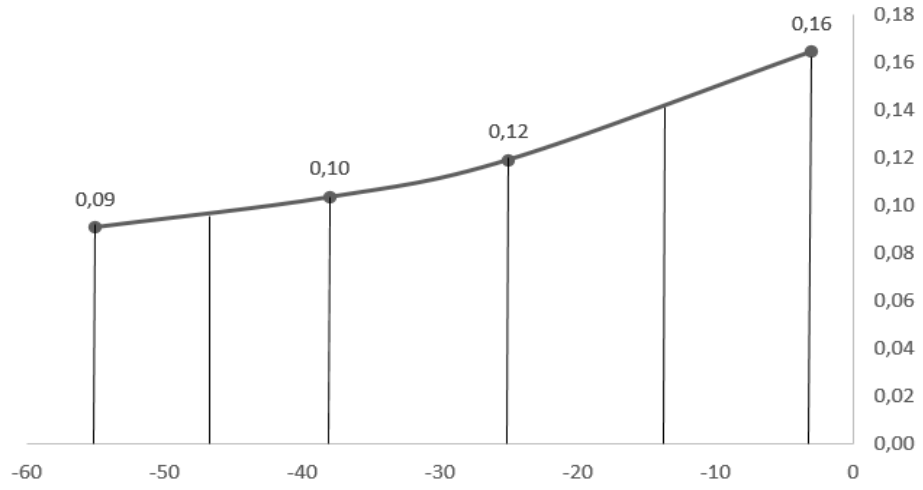
Şekil 14. 3. Model 3. Saniye Yük Dengelemesi



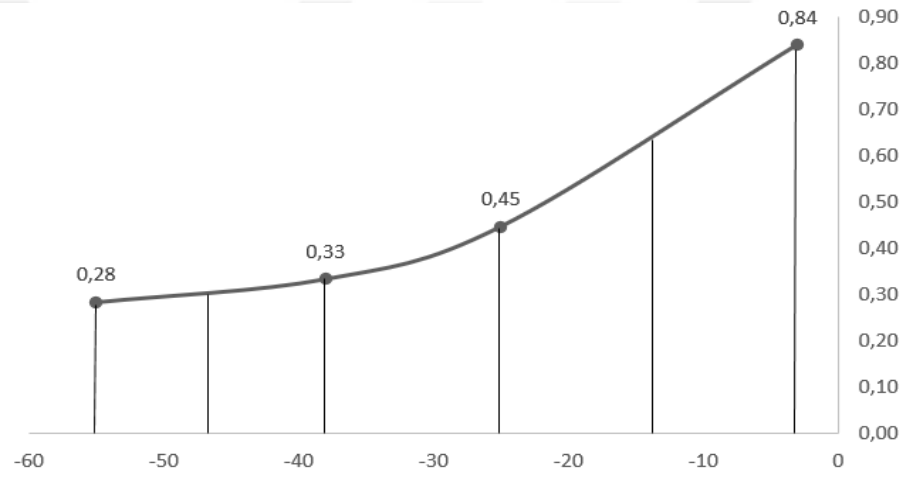
Şekil 15. 3. Model 4. Saniye Yük Dengelemesi



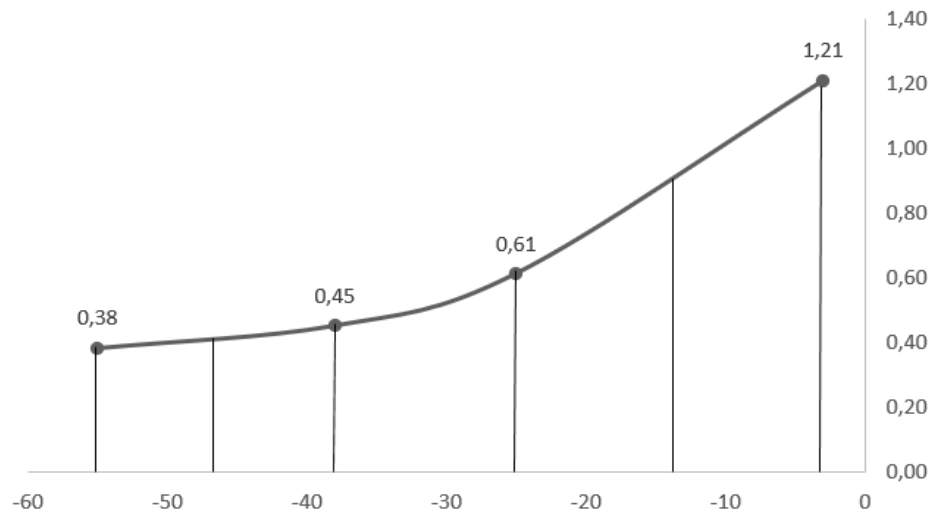
Şekil 16. 3. Model 5. Saniye Yük Dengelemesi



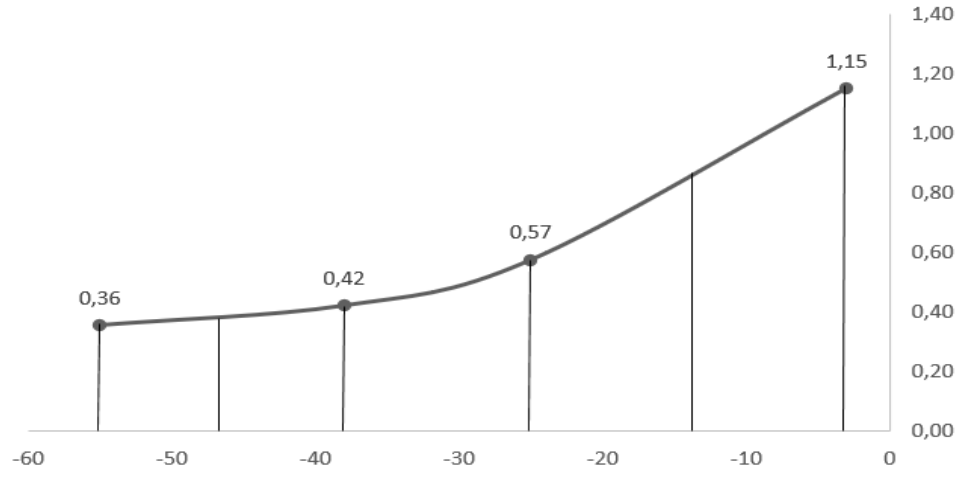
Şekil 17. 3. Model 6. Saniye Yük Dengelemesi



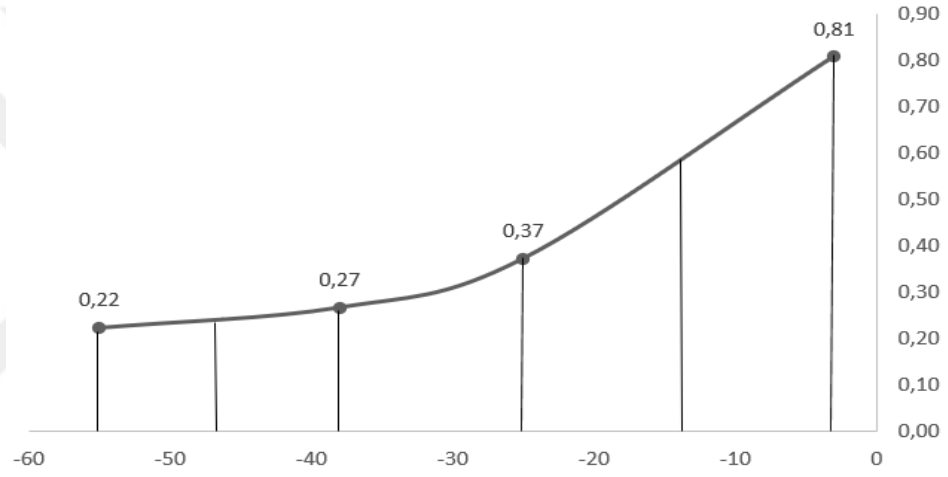
Şekil 18. 3. Model 7. Saniye Yük Dengelemesi



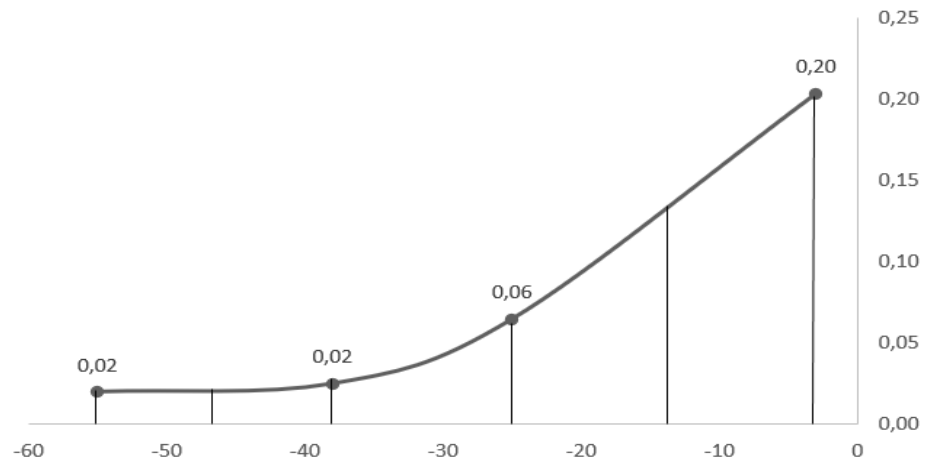
Şekil 19. 3. Model 8. Saniye Yük Dengelemesi



Şekil 20. 3. Model 9. Saniye Yük Dengelemesi



Şekil 21. 3. Model 10. Saniye Yük Dengelemesi

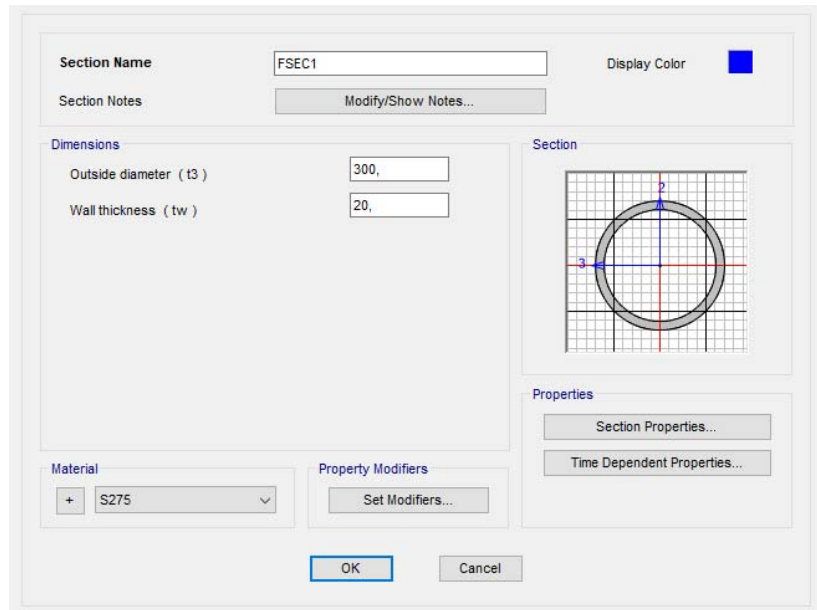


Şekil 22. 3. Model 11. Saniye Yük Dengelemesi

1-4-6-8 düğüm noktaları ile 2-5-7-9 düğüm noktaları simetrik olduğu için yapılan yük dengelemeleri aynı şekilde değerlendirilmiştir. Model 1 ve Model 2 için ayrıca farklı çaplar için de yük dengelemeleri yapılmış ve bulunan tüm değerlerden SAP200 analiz programına yüklenecek data setleri oluşturulmuştur.

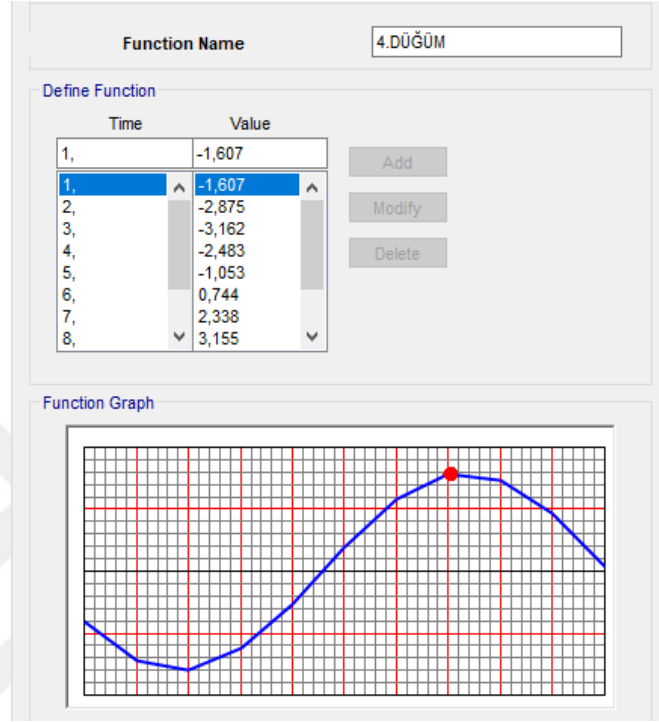
3.2.3. Zaman Tanım Alanında Analiz

Düğüm noktalarına gelen hidrodinamik kuvvetler 11 saniye boyunca hesaplanmıştır. 3 model için farklı çap ve et kalınlığına sahip çelik elemanlar seçilerek hesaplamalar tekrarlanmıştır. Tüm hidrodinamik kuvvetler, model, düğüm noktası ve çaplar düşünülerek kayıt altına alınmıştır. Modeller SAP2000 programında analiz yapmak için uygun hale getirilmiştir. Dalganın zamana bağlı değişimi nedeniyle yapıda meydana gelecek ve yapısal tasarımın performansını belirleyecek en büyük yer değiştirme ve gerilme değerleri için ihtiyaç duyulan dinamik hesaplamalar Zaman Tanım Alanında Analiz ile yapılmıştır. Bunun için aşama aşama ilerlemek gerekmektedir. Öncelikle modellerin kullanılan analiz programı üzerinde oluşturulmuştur. Çizilen modeller için malzeme cinsi, çap ve et kalınlığı gibi materyal özelliklerinin girdileri atanmıştır. Şekil 23’de yapılan atamalara ilişkin örnek verilmiştir.



Şekil 23. Modeller için Materyal Özellikleri Seçimi

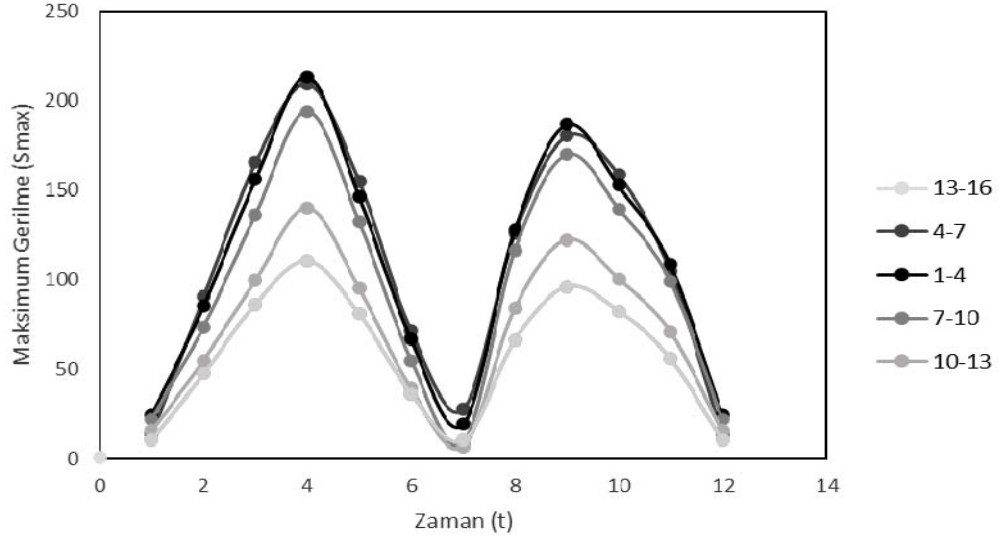
İkinci aşamada, düğüm noktalarında zamanla değişen hidrodinamik kuvvetlerin tanımlanması gerekmektedir. Bunun için program üzerinde fonksiyon ekleme kısmına geçiş yapılmıştır. Düğüm noktasında atanan hidrodinamik kuvvetlerin zamana bağlı değişimine yönelik veri girişi Şekil 24’de örneklenmiştir.



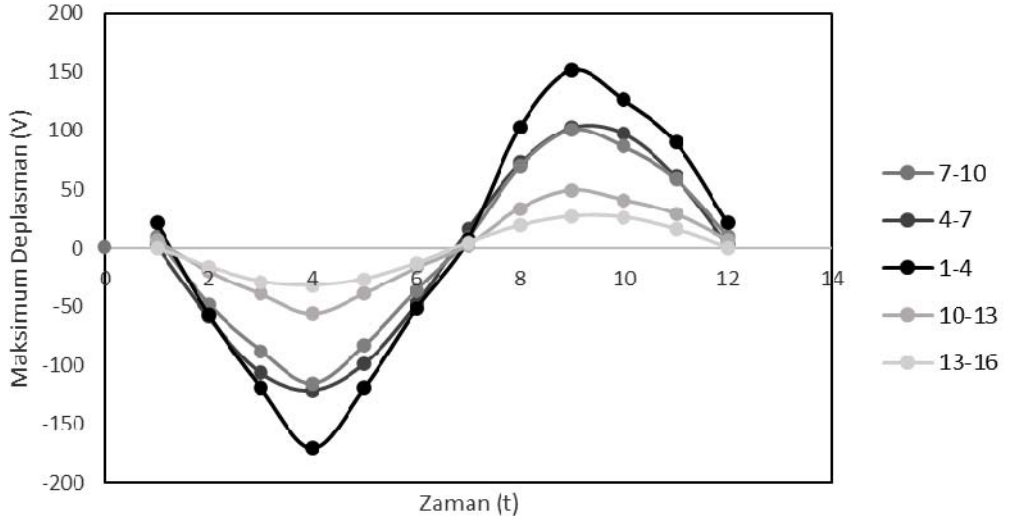
Şekil 24. Düğüm Noktaları için Fonksiyon Tanımlaması

Daha sonra, her düğüm noktası için ölü yük tanımlaması yapılmıştır. Model üzerinde bulunan her düğüm noktasına 1 birimlik yükler oluşturularak bu 1 birimlik yüklere hidrodinamik kuvvetlerinin yazıldığı fonksiyonlar atanmıştır. Atanan fonksiyonlar sayesinde anlaşılan ve yeni büyüklüklere sahip olan tüm kuvvetlerin aynı isimde birleştirilmesi ile programda hidrodinamik kuvvet oluşturma işlemi tamamlanmış olur. Dalga kuvveti dinamik bir kuvvet olduğundan modal durumunun da program üzerinde belirlenmesi gerekmektedir. 11 saniye boyunca belirlenen hidrodinamik kuvvetlerinin programa etkilmesi ve gerekli analiz kriterlerinin tanımlanması ile sistem üzerinde analiz aşamasına geçilir. Yapılan işlemler sonucunda program çalıştırılarak modelde her saniye için oluşan maksimum gerilme ve yer değiştirme değerleri elde edilmiştir.

Örnek olarak; modeller içerisinde en fazla dikmeye sahip 1. Model için çapın 500 mm olduğu durumda 1-4, 4-7, 7-10, 10-13, 13-16 dikmeleri ve simetriklerine ait maksimum gerilme ve yer değiştirme değerlerini gösteren grafikler Şekil 25-26’ da verilmiştir.



Şekil 25. 1. Model D=500 mm Dikmeler için Maksimum Gerilmeler



Şekil 26. 1. Model D=500 mm Dikmeler için Maksimum Yer Değiştirmeler

SAP2000 Programına yapılan yüklemelerle her model ve farklı materyal özellikleri için elde edilen maksimum gerilme, yer değiştirme değerleri daha sonra yapılacak olan Lineer Regresyon analizinde kullanılacak çıktıları oluşturmuştur.

3.2.4. Lineer Regresyon Analizi

İstatistiksel analizler bu çalışmada olduğu gibi uzun matematiksel işlemlerin olduğu yerlerde sonuca daha kolay ulaşmak ve bazı uzun işlem aşamalarını atlamak açısından oldukça kullanışlıdır. İstatistiksel yöntemler kullanımda kolaylık sağlamasıyla birlikte çok geniş bir kavramdır. Özellikle istatistikte lineer analiz ve modelleme kavramları önemli bir yer tutar [43].

Bu çalışmada kullanılan istatistiksel yöntem Lineer Regresyon analizidir. Regrasyon analizi gerekli istatistik programları kullanılarak yapılabilir. Regresyon analizinde, bulunan değişkenlerin yani programa girişi yapılan girdilerin arasında ilişki kurmak amaçlanır ve bu ilişkinin sonucunda programa girilen çıktıların değerleri tahmin edilir. Bu tahmin kullanılan programlarda doğrusal bir denklem oluşturarak yapılır. Tez kapsamında bulunan bağımsız değişkenler yani girdiler ile bağımlı değişken olan çıktılar arasında çıktıların girdilere bağlı koşullarını tahmin edip bunun da lineer bir denklemde ifade edilmesi Lineer Regresyon analizi ile gerçekleştirilmiştir. Lineer Regresyon analizi basit ve çoklu olarak ikiye ayrılır. Bu ayrım bağımsız değişkenlerin sayısı ile ilgilidir. Yapılan çalışmada tek bir bağımsız değişkene bağlı olarak hesap yapılıyorsa basit birden fazla bağımsız değişken kullanılıyorsa çoklu Lineer Regresyon analizi kullanılır [44].

3.2.5. Data Setinin Oluşturulması

Tez çalışması kapsamında, Lineer Regresyon analizi yapmak için Minitab istatistik programı kullanılmıştır. Programa tez içerisinde bulunan farklı topolojilerde 3 adet model için girdi ve çıktı atamaları yapılmıştır. Girdiler tez içerisinde de bahsedilen modellerde kullanılan çelik profillerin çapları, et kalınlıklarının artışı ile artıp azalan modelin ağırlığı ve dalganın çarptığı yüzeyde hesaplanan malzemeli alan yüzdesi olarak belirlenmiştir. Girdilerin programa doğru bir şekilde yüklenmesi oldukça önemli olduğundan elde edilecek değerler için ayrıca çalışmalar yapılmıştır.

Modellerin ağırlıkları, çelik boru profillerinin 1 metresinin ağırlığı ile modellerde bulunan elemanların toplam uzunluğunun çarpılması sonucu elde edilmiştir. Model 1, 2 ve 3 için belirlenen değerler Tablo 26-28’de örnek olarak gösterilmiştir. Kullanılan profillere ilişkin özelliklerin değişimine bağlı olarak yapı ağırlığı da değiştiğinden girdilerin belirlenmesi aşamasında tekrarlı hesaplamalar yapılmış ve elde edilen sonuçlar sunulmuştur.

Malzemeli alan yüzdesi, dalganın platforma ilk çarpma anında en büyük etkiyi oluşturacağı yaklaşımı benimsenerek hesaplanmıştır. Dalganın etkidiği yüzeydeki malzemeli alanının toplam yüzey alanına oranını ifade etmektedir. Her bir model için kullanılan profil dış çapına göre belirlenen yüzey alanları platformun toplam yüzey alanına oranlanmıştır. Benzer yaklaşım rüzgar etkisi ile karada inşa edilen çelik kafes sitem anten kulelerinin hesabında da katılık oranı olarak dikkate alınmaktadır. Hidrodinamik kuvvet etkisinde yapıda meydana gelecek dinamik davranışı etkilediği için önemli bir parametredir. Platformun dalga geliş yönüne göre arkada kalan yüzeyinde ise kuvvet etkisi ilk çarpma anında olduğu kadar şiddetli değildir. Bu nedenle hesaplamalar belirleyici girdi olarak kuvvetin en yıkıcı etkiye sahip olduğu yüzey alanları için elde edilen değerleri içermektedir. Model 1, 2 ve 3 için hesaplanan değerler Tablo 29-31’de verilmiştir.

Düğüm noktalarına gelen hidrodinamik kuvvetler bir dalga periyodu boyunca gerekli hesaplamalar sonucunda elde edilmiştir. Bu hidrodinamik kuvvetler her eleman için yayılı yük olarak hesaplanmıştır. Kullanılacak çap değerleri için değişim aralığı tezin başlangıcında belirlenmiş ve et kalınlığı değerleri de çaplarla orantılı olacak şekilde belirlenmiştir. Çıktılar ise modellerin SAP 2000 programında Zaman Tanım Alanında yapılan analizlerinden sonra kayıt altına alınan maksimum gerilme ve maksimum yer değiştirme değerleridir. Her model için programa atanan girdi ve çıktıların içinden seçilen dikme, enleme ve diyagonal çelik boru profillerinin 6. saniyedeki değerleri programa yüklenen kenarlara örnek olarak Tablo 32-34’de verilmiştir.

Tablo 26. 1. Model Ağırlık Hesap Tablosu

DÜĞÜM NOKTALARI	UZUNLUK (m)	AĞIRLIK (KG)							
		D=300 mm		D=400 mm		D=500 mm		D=600 mm	
		t=20 mm	t=30 mm	t=20 mm	t=30 mm	t=20 mm	t=30 mm	t=20 mm	t=30 mm
1-4	7,04	965,57	1.396,63	1.310,42	1.913,90	1.655,27	2.431,17	2.000,11	2.948,44
4-7	13,02	1.786,04	2.583,37	2.423,90	3.540,18	3.061,77	4.496,98	3.699,64	5.453,79
7-10	12,02	1.649,02	2.385,19	2.237,95	3.268,59	2.826,89	4.151,99	3.415,82	5.035,39
10-13	18,02	2.470,99	3.574,11	3.353,48	4.897,85	4.235,98	6.221,59	5.118,48	7.545,34
13-16	5,00	685,78	991,93	930,70	1.359,31	1.175,62	1.726,69	1.420,54	2.094,07
2-5	7,04	965,57	1.396,63	1.310,42	1.913,90	1.655,27	2.431,17	2.000,11	2.948,44
5-8	13,02	1.786,04	2.583,37	2.423,90	3.540,18	3.061,77	4.496,98	3.699,64	5.453,79
8-11	12,02	1.649,02	2.385,19	2.237,95	3.268,59	2.826,89	4.151,99	3.415,82	5.035,39
11-14	18,02	2.470,99	3.574,11	3.353,48	4.897,85	4.235,98	6.221,59	5.118,48	7.545,34
14-17	5,00	685,78	991,93	930,70	1.359,31	1.175,62	1.726,69	1.420,54	2.094,07
1-5	16,78	2.301,46	3.328,90	3.123,42	4.561,83	3.945,37	5.794,75	4.767,32	7.027,69
4-8	18,92	2.595,39	3.754,04	3.522,31	5.144,43	4.449,24	6.534,81	5.376,16	7.925,20
7-11	17,15	2.351,94	3.401,91	3.191,92	4.661,88	4.031,89	5.921,84	4.871,87	7.181,81
10-14	20,97	2.875,60	4.159,34	3.902,59	5.699,84	4.929,59	7.240,34	5.956,59	8.780,84
13-17	11,18	1.533,40	2.217,95	2.081,04	3.039,41	2.628,68	3.860,87	3.176,32	4.682,33
2-4	16,78	2.301,46	3.328,90	3.123,42	4.561,83	3.945,37	5.794,75	4.767,32	7.027,69
5-7	18,92	2.595,39	3.754,04	3.522,31	5.144,43	4.449,24	6.534,81	5.376,16	7.925,20
8-10	17,15	2.351,94	3.401,91	3.191,92	4.661,88	4.031,89	5.921,84	4.871,87	7.181,81
11-13	20,97	2.875,60	4.159,34	3.902,59	5.699,84	4.929,59	7.240,34	5.956,59	8.780,84
14-16	11,18	1.533,40	2.217,95	2.081,04	3.039,41	2.628,68	3.860,87	3.176,32	4.682,33
1-2	16,00	2.194,48	3.174,16	2.978,23	4.349,78	3.761,97	5.525,39	4.545,72	6.701,01
4-5	14,50	1.988,75	2.876,59	2.699,02	3.941,99	3.409,29	5.007,39	4.119,55	6.072,79
7-8	13,00	1.783,02	2.579,01	2.419,81	3.534,20	3.056,60	4.489,38	3.693,39	5.444,57

Tablo 26. (Devam)

10-11	11,50	1.577,28	2.281,43	2.140,60	3.126,40	2.703,92	3.971,38	3.267,23	4.816,35
13-14	10,00	1.371,55	1.983,85	1.861,39	2.718,61	2.351,23	3.453,37	2.841,07	4.188,13
16-17	10,00	1.371,55	1.983,85	1.861,39	2.718,61	2.351,23	3.453,37	2.841,07	4.188,13
ÜST KISIM	128,64	17.643,64	25.520,27	23.944,95	34.972,22	30.246,25	44.424,15	36.547,55	53.876,13
	TOPLAM:	66.360,62	95.985,90	90.060,85	131.536,24	113.761,07	167.086,47	137.461,29	202.636,90

Tablo 27. 2. Model Ağırlık Hesap Tablosu

DÜĞÜM NOKTALARI	UZUNLUK (m)	AĞIRLIK (KG)							
		D=300 mm		D=400 mm		D=500 mm		D=600 mm	
		t=20 mm	t=30 mm	t=20 mm	t=30 mm	t=20 mm	t=30 mm	t=20 mm	t=30 mm
1-4	18,15	2.489,37	3.600,69	3.378,43	4.934,28	4.267,49	6.267,87	5.156,55	7.601,46
4-7	11,06	1.517,21	2.194,54	2.059,07	3.007,33	2.600,93	3.820,12	3.142,79	4.632,91
7-10	20,14	2.761,62	3.994,49	3.747,91	5.473,93	4.734,21	6.953,36	5.720,50	8.432,80
10-13	9,08	1.244,82	1.800,54	1.689,40	2.467,41	2.133,98	3.134,28	2.578,56	3.801,15
2-5	18,15	2.489,37	3.600,69	3.378,43	4.934,28	4.267,49	6.267,87	5.156,55	7.601,46
5-8	11,06	1.517,21	2.194,54	2.059,07	3.007,33	2.600,93	3.820,12	3.142,79	4.632,91
8-11	20,14	2.761,62	3.994,49	3.747,91	5.473,93	4.734,21	6.953,36	5.720,50	8.432,80
11-14	9,08	1.244,82	1.800,54	1.689,40	2.467,41	2.133,98	3.134,28	2.578,56	3.801,15
1-5	33,01	4.527,49	6.548,70	6.144,45	8.974,14	7.761,42	11.399,57	9.378,38	13.825,02
4-8	26,56	3.642,16	5.268,12	4.942,93	7.219,27	6.243,70	9.170,42	7.544,47	11.121,58
7-11	28,76	3.944,86	5.705,96	5.353,74	7.819,27	6.762,61	9.932,58	8.171,49	12.045,91
10-14	19,39	2.658,89	3.845,90	3.608,49	5.270,30	4.558,10	6.694,70	5.507,70	8.119,11
2-4	33,01	4.527,49	6.548,70	6.144,45	8.974,14	7.761,42	11.399,57	9.378,38	13.825,02
5-7	26,56	3.642,16	5.268,12	4.942,93	7.219,27	6.243,70	9.170,42	7.544,47	11.121,58

Tablo 27. (Devam)

8-10	28,76	3.944,86	5.705,96	5.353,74	7.819,27	6.762,61	9.932,58	8.171,49	12.045,91
11-13	19,39	2.658,89	3.845,90	3.608,49	5.270,30	4.558,10	6.694,70	5.507,70	8.119,11
1-2	30,00	4.114,66	5.951,56	5.584,18	8.155,84	7.053,70	10.360,11	8.523,22	12.564,40
4-5	25,34	3.475,51	5.027,08	4.716,77	6.888,96	5.958,02	8.750,84	7.199,28	10.612,73
7-8	23,00	3.154,57	4.562,86	4.281,20	6.252,81	5.407,83	7.942,75	6.534,47	9.632,70
10-11	18,34	2.515,43	3.638,38	3.413,79	4.985,93	4.312,16	6.333,48	5.210,53	7.681,03
13-14	16,00	2.194,48	3.174,16	2.978,23	4.349,78	3.761,97	5.525,39	4.545,72	6.701,01
	TOPLAM:	61.027,48	88.271,89	82.823,01	120.965,18	104.618,54	153.658,39	126.414,07	186.351,77

Tablo 28. 3. Model Ağırlık Hesap Tablosu

DÜĞÜM NOKTALARI	UZUNLUK (m)	AĞIRLIK (KG)							
		D=300 mm		D=400 mm		D=500 mm		D=600 mm	
		t=20 mm	t=30 mm	t=20 mm	t=30 mm	t=20 mm	t=30 mm	t=20 mm	t=30 mm
1-4	17,02	2.334,66	1.396,63	3.168,46	1.913,90	4.002,27	2.431,17	4.836,07	2.948,44
4-6	16,03	2.198,46	2.583,37	2.983,63	3.540,18	3.768,79	4.496,98	4.553,95	5.453,79
6-8	15,01	2.058,97	2.385,19	2.794,32	3.268,59	3.529,67	4.151,99	4.265,02	5.035,39
8-10	10,02	1.373,88	3.574,11	1.864,56	4.897,85	2.355,23	6.221,59	2.845,90	7.545,34
2-5	17,02	2.334,66	991,93	3.168,46	1.359,31	4.002,27	1.726,69	4.836,07	2.094,07
5-7	16,03	2.198,46	1.396,63	2.983,63	1.913,90	3.768,79	2.431,17	4.553,95	2.948,44
7-9	15,01	2.058,97	2.583,37	2.794,32	3.540,18	3.529,67	4.496,98	4.265,02	5.453,79
9-11	10,02	1.373,88	2.385,19	1.864,56	3.268,59	2.355,23	4.151,99	2.845,90	5.035,39
3-5	18,08	2.479,08	3.574,11	3.364,47	4.897,85	4.249,85	6.221,59	5.135,24	7.545,34

Tablo 28. (Devam)

3-4	18,08	2.479,08	991,93	3.364,47	1.359,31	4.249,85	1.726,69
4-7	19,59	2.687,42	3.328,90	3.647,21	4.561,83	4.607,00	5.794,75
7-8	17,89	2.453,71	3.754,04	3.330,03	5.144,43	4.206,35	6.534,81
8-11	13,18	1.807,16	3.401,91	2.452,57	4.661,88	3.097,98	5.921,84
1-2	14,00	1.920,17	4.159,34	2.605,95	5.699,84	3.291,72	7.240,34
4-5	12,28	1.684,27	2.217,95	2.285,79	3.039,41	2.887,31	3.860,87
6-7	10,34	1.418,18	3.328,90	1.924,68	4.561,83	2.431,17	5.794,75
8-9	9,16	1.256,34	3.754,04	1.705,04	5.144,43	2.153,73	6.534,81
10-11	8,00	1.097,24	3.401,91	1.489,11	4.661,88	1.880,99	5.921,84
TOPLAM:		35.214,60	49.209,45	47.791,24	67.435,17	60.367,88	85.660,84

Tablo 29. 1. Model Malzemeli Alan Oran Hesap Tablosu

DÜĞÜM NOKTALARI	UZUNLUK (m)	YÜZEY ALANI (m²)			
		D=300 mm	D=400 mm	D=500 mm	D=600 mm
1-4	7,04	2,11	2,82	3,52	4,22
4-7	13,02	3,91	5,21	6,51	7,81
7-10	12,02	3,61	4,81	6,01	7,21
10-13	18,02	5,40	7,21	9,01	10,81
13-16	5,00	1,50	2,00	2,50	3,00
2-5	7,04	2,11	2,82	3,52	4,22
5-8	13,02	3,91	5,21	6,51	7,81
8-11	12,02	3,61	4,81	6,01	7,21
11-14	18,02	5,40	7,21	9,01	10,81
14-17	5,00	1,50	2,00	2,50	3,00
1-5	16,78	5,03	6,71	8,39	10,07

Tablo 29. (Devam)

4-8	18,92	5,68	7,57	9,46	11,35
7-11	17,15	5,14	6,86	8,57	10,29
10-14	20,97	6,29	8,39	10,48	12,58
13-17	11,18	3,35	4,47	5,59	6,71
2-4	16,78	5,03	6,71	8,39	10,07
5-7	18,92	5,68	7,57	9,46	11,35
8-10	17,15	5,14	6,86	8,57	10,29
11-13	20,97	6,29	8,39	10,48	12,58
14-16	11,18	3,35	4,47	5,59	6,71
1-2	16,00	4,80	6,40	8,00	9,60
4-5	14,50	4,35	5,80	7,25	8,70
7-8	13,00	3,90	5,20	6,50	7,80
10-11	11,50	3,45	4,60	5,75	6,90
13-14	10,00	3,00	4,00	5,00	6,00
16-17	10,00	3,00	4,00	5,00	6,00
ÜST KISIM	128,64	38,59	51,46	64,32	77,18
TOPLAM PROFİL YÜZEY ALANI:		145,15	193,53	241,92	290,30
DALGANIN ETKİDİĞİ TOPLAM PROFİL YÜZEY ALANI:		106,56	142,08	177,60	213,12
1. MODEL TOPLAM YÜZEY ALANI:		766,00			
ORAN:		0,14	0,19	0,23	0,28

Tablo 30. 2. Model Malzemeli Alan Oran Hesap Tablosu

DÜĞÜM NOKTALARI	UZUNLUK (m)	YÜZEY ALANI (m²)			
		D=300 mm	D=400 mm	D=500 mm	D=600 mm
1-4	18,15	5,45	7,26	9,08	10,89
4-7	11,06	3,32	4,42	5,53	6,64
7-10	20,14	6,04	8,05	10,07	12,08
10-13	9,08	2,72	3,63	4,54	5,45
2-5	18,15	5,45	7,26	9,08	10,89
5-8	11,06	3,32	4,42	5,53	6,64
8-11	20,14	6,04	8,05	10,07	12,08
11-14	9,08	2,72	3,63	4,54	5,45
1-5	33,01	9,90	13,20	16,51	19,81
4-8	26,56	7,97	10,62	13,28	15,93
7-11	28,76	8,63	11,50	14,38	17,26
10-14	19,39	5,82	7,75	9,69	11,63
2-4	33,01	9,90	13,20	16,51	19,81
5-7	26,56	7,97	10,62	13,28	15,93
8-10	28,76	8,63	11,50	14,38	17,26
11-13	19,39	5,82	7,75	9,69	11,63
1-2	30,00	9,00	12,00	15,00	18,00
4-5	25,34	7,60	10,14	12,67	15,20
7-8	23,00	6,90	9,20	11,50	13,80
10-11	18,34	5,50	7,34	9,17	11,00
13-14	16,00	4,80	6,40	8,00	9,60
DALGANIN ETKİDİĞİ TOPLAM PROFİL YÜZEY ALANI:		122,55	163,40	204,25	245,09
2. MODEL TOPLAM YÜZEY ALANI:		1.331,86			
ORAN:		0,092	0,123	0,153	0,184

Tablo 31. 3. Model Malzemeli Alan Oran Hesap Tablosu

DÜĞÜM NOKTALARI	UZUNLUK (m)	YÜZEY ALANI (m²)			
		D=300 mm	D=400 mm	D=500 mm	D=600 mm
1-4	17,02	5,11	6,81	8,51	10,21
4-6	16,03	4,81	6,41	8,01	9,62
6-8	15,01	4,50	6,00	7,51	9,01
8-10	10,02	3,01	4,01	5,01	6,01
2-5	17,02	5,11	6,81	8,51	10,21
5-7	16,03	4,81	6,41	8,01	9,62
7-9	15,01	4,50	6,00	7,51	9,01
9-11	10,02	3,01	4,01	5,01	6,01
3-5	18,08	5,42	7,23	9,04	10,85
3-4	18,08	5,42	7,23	9,04	10,85
4-7	19,59	5,88	7,84	9,80	11,76
7-8	17,89	5,37	7,16	8,95	10,73
8-11	13,18	3,95	5,27	6,59	7,91
1-2	14,00	4,20	5,60	7,00	8,40
4-5	12,28	3,68	4,91	6,14	7,37
6-7	10,34	3,10	4,14	5,17	6,20
8-9	9,16	2,75	3,66	4,58	5,50
10-11	8,00	2,40	3,20	4,00	4,80
TOPLAM PROFİL YÜZEY ALANI:		77,03	102,70	128,38	154,05
DALGANIN ETKİDİĞİ TOPLAM PROFİL YÜZEY ALANI:		75,92	100,73	125,30	149,62
3. MODEL TOPLAM YÜZEY ALANI:		636,39			
ORAN:		0,12	0,16	0,20	0,24

Tablo 32. 1. Model 6. Saniye Girdi-Çıktı Tablosu

	GİRİDİ						ÇIKTI	
	D	t	DÜĞÜM	F _H	ALAN	AĞIRLIK	GERİLME	YER DEĞİŞTİRME
DİKME	0,30	0,02	10-13	1.447,92	0,14	66.360,62	-237,04	67,66
	0,30	0,03	10-13	1.447,92	0,14	95.985,90	-219,97	61,85
	0,40	0,02	10-13	2.789,54	0,19	90.060,85	-35,60	14,04
	0,40	0,03	10-13	2.789,54	0,19	131.536,24	-19,31	8,17
	0,50	0,02	10-13	4.560,65	0,23	113.761,07	-17,04	3,73
	0,50	0,03	10-13	4.560,65	0,23	167.086,47	-15,44	2,24
	0,60	0,02	10-13	6.761,25	0,28	137.461,29	-10,65	1,06
	0,60	0,03	10-13	6.761,25	0,28	202.636,90	-5,25	0,52
DİYAGONAL	0,30	0,02	10-14	2.065,87	0,14	66.360,62	-126,44	41,05
	0,30	0,03	10-14	2.065,87	0,14	95.985,90	-88,86	22,67
	0,40	0,02	10-14	3.980,08	0,19	90.060,85	-18,98	4,23
	0,40	0,03	10-14	3.980,08	0,19	131.536,24	-10,28	2,42
	0,50	0,02	10-14	6.507,08	0,23	113.761,07	-8,80	2,37
	0,50	0,03	10-14	6.507,08	0,23	167.086,47	-6,10	0,33
	0,60	0,02	10-14	9.646,88	0,28	137.461,29	-5,49	0,32
	0,60	0,03	10-14	9.646,88	0,28	202.636,90	-1,90	0,40
ENLEME	0,30	0,02	10-11	1.406,87	0,14	66.360,62	-57,82	35,38
	0,30	0,03	10-11	1.406,87	0,14	95.985,90	-34,39	15,84
	0,40	0,02	10-11	2.666,41	0,19	90.060,85	-30,68	10,18
	0,40	0,03	10-11	2.666,41	0,19	131.536,24	-13,94	4,27
	0,50	0,02	10-11	4.321,23	0,23	113.761,07	-8,58	3,43
	0,50	0,03	10-11	4.321,23	0,23	167.086,47	-7,68	2,45
	0,60	0,02	10-11	6.371,35	0,28	137.461,29	-8,45	2,92
	0,60	0,03	10-11	6.371,35	0,28	202.636,90	-6,62	1,38

Tablo 33. 2. Model 6. Saniye Girdi-Çıktı Tablosu

	GİRDİ						ÇIKTI	
	D	t	DÜĞÜM	F _H	ALAN	AĞIRLIK	GERİLME	YER DEĞİŞTİRME
DİKME	0,30	0,02	7-10	1.277,37	0,09	61.027,48	-94,11	65,56
	0,30	0,03	7-10	1.277,37	0,09	88.271,89	-49,92	35,38
	0,40	0,02	7-10	2.444,26	0,12	82.823,01	-38,38	15,26
	0,40	0,03	7-10	2.444,26	0,12	120.965,18	-18,64	7,38
	0,50	0,02	7-10	3.981,71	0,15	104.618,54	-13,11	5,60
	0,50	0,03	7-10	3.981,71	0,15	153.658,39	-12,08	4,41
	0,60	0,02	7-10	5.889,72	0,18	126.414,07	-10,49	4,41
	0,60	0,03	7-10	5.889,72	0,18	186.351,77	-10,13	3,80
DİYAGONAL	0,30	0,02	7-11	3.066,40	0,09	61.027,48	-9,82	2,90
	0,30	0,03	7-11	3.066,40	0,09	88.271,89	-8,60	4,08
	0,40	0,02	7-11	5.867,60	0,12	82.823,01	-9,40	3,88
	0,40	0,03	7-11	5.867,60	0,12	120.965,18	-4,55	2,35
	0,50	0,02	7-11	9.558,34	0,15	104.618,54	-4,27	1,18
	0,50	0,03	7-11	9.558,34	0,15	153.658,39	-4,09	1,87
	0,60	0,02	7-11	14.138,62	0,18	126.414,07	-3,86	1,66
	0,60	0,03	7-11	14.138,62	0,18	186.351,77	-3,57	0,97
ENLEME	0,30	0,02	10-11	2.660,64	0,09	61.027,48	-3,65	1,02
	0,30	0,03	10-11	2.660,64	0,09	88.271,89	-2,71	0,80
	0,40	0,02	10-11	5.027,15	0,12	82.823,01	-0,92	0,42
	0,40	0,03	10-11	5.027,15	0,12	120.965,18	-0,46	0,20
	0,50	0,02	10-11	8.133,48	0,15	104.618,54	-0,37	0,19
	0,50	0,03	10-11	8.133,48	0,15	153.658,39	-0,31	0,12
	0,60	0,02	10-11	11.979,62	0,18	126.414,07	-0,19	0,17
	0,60	0,03	10-11	11.979,62	0,18	186.351,77	-0,14	0,09

Tablo 34. 3. Model 6. Saniye Girdi-Çıktı Tablosu

	GİRİDİ						ÇIKTI	
	D	t	DÜĞÜM	F _H	ALAN	AĞIRLIK	GERİLME	YER DEĞİŞTİRME
DİKME	0,30	0,02	4-6	1.856,71	0,12	35.214,60	-106,91	81,82
	0,30	0,03	4-6	1.856,71	0,12	49.209,45	-66,87	51,33
	0,40	0,02	4-6	3.557,28	0,16	47.791,24	-68,06	38,79
	0,40	0,03	4-6	3.557,28	0,16	67.435,17	-50,72	28,73
	0,50	0,02	4-6	5.798,67	0,20	60.367,88	-63,56	28,97
	0,50	0,03	4-6	5.798,67	0,20	85.660,84	-46,00	20,99
	0,60	0,02	4-6	8.580,89	0,24	72.944,52	-28,82	11,62
	0,60	0,03	4-6	8.580,89	0,24	103.886,61	-22,73	8,08
DİYAGONAL	0,30	0,02	4-7	2.269,66	0,12	35.214,60	-63,67	73,11
	0,30	0,03	4-7	2.269,66	0,12	49.209,45	-40,20	46,26
	0,40	0,02	4-7	4.348,45	0,16	47.791,24	-41,79	35,53
	0,40	0,03	4-7	4.348,45	0,16	67.435,17	-31,04	26,25
	0,50	0,02	4-7	7.088,35	0,20	60.367,88	-38,08	25,95
	0,50	0,03	4-7	7.088,35	0,20	85.660,84	-27,25	18,62
	0,60	0,02	4-7	10.489,36	0,24	72.944,52	-16,84	10,11
	0,60	0,03	4-7	10.489,36	0,24	103.886,61	-13,33	7,93
ENLEME	0,30	0,02	4-5	1.270,98	0,12	35.214,60	-18,51	7,21
	0,30	0,03	4-5	1.270,98	0,12	49.209,45	-11,58	4,57
	0,40	0,02	4-5	2.398,12	0,16	47.791,24	-12,09	3,66
	0,40	0,03	4-5	2.398,12	0,16	67.435,17	-9,07	2,73
	0,50	0,02	4-5	3.877,02	0,20	60.367,88	-11,19	2,62
	0,50	0,03	4-5	3.877,02	0,20	85.660,84	-8,05	1,86
	0,60	0,02	4-5	5.707,66	0,24	72.944,52	-0,88	0,88
	0,60	0,03	4-5	5.707,66	0,24	103.886,61	-3,78	0,70

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Tez çalışmasında bulunan 3 farklı topolojiye sahip model için enleme, dikme ve diyagonal elemanlar çelik boru profillerin farklı şekillerde konumlandırılarak bağlanmasından oluşturulmuştur. Dikme ve diyagonal çelik borular belirli açılar oluşturarak modellere yerleştirilmiştir. Enlemeler ise modelin gövde kısmınlarında bağlayıcı konumda bulunmaktadır. Bu farklı konumlarda bulunan çelik profillere gelen hidrodinamik kuvvetler, profillerin farklı kesit özellikleri ve sonucunda oluşan gerilme, yer değiştirme değerleri minitab istatistik programına girdi ve çıktılar olarak atanmıştır. Girilen değerler sonucunda programdan grafikler ve denklemler elde edilmiştir. Her bir model için enleme, dikme, diyagonal elemanlara ait girdi ve çıktılar arasındaki ilişkiyi tanımlayan denklemler aşağıda verilmiştir.

Model 1 enleme elemanları için elde edilen denklemler;

$$S_{max} = 2,34 - 0,5 D - 34,4 a + 0,000037 m + 0,015974 FH \\ + 0,000000 FH*FH - 0,04389 D*FH - 0,1344 a*FH + 0,000000 m*FH \quad (16)$$

$$V_{max} = -0,488 - 0,19 D + 6,3 a - 0,000006 m - 0,00182 FH \\ - 0,000000 FH*FH + 0,005674 D*FH + 0,01480 a*FH - 0,000000 m*FH \quad (17)$$

Model 2 enleme elemanları için elde edilen denklemler;

$$S_{max} = -1,657 + 2,31 D + 13,0 a - 0,000012 m - 0,00492 FH \\ - 0,000000 FH*FH - 0,00374 D*FH + 0,0328 a*FH + 0,000000 m*FH \quad (18)$$

$$V_{max} = 2,209 - 3,08 D - 17,3 a + 0,000016 m + 0,00656 FH \\ + 0,000001 FH*FH + 0,004999 D*FH - 0,0438 a*FH - 0,000000 m*FH \quad (19)$$

Model 3 enleme elemanları için elde edilen denklemler;

$$S_{max} = -0,869 + 0,3 D + 9,5 a - 0,000016 m - 0,00107 FH \\ + 0,000000 FH*FH - 0,01092 D*FH + 0,0323 a*FH - 0,000000 m*FH \quad (20)$$

$$\begin{aligned}
V_{max} = & 0,0653 - 0,1040 D - 0,537 a + 0,000001 m + 0,000069 FH \\
& - 0,000000 FH*FH + 0,000479 D*FH - 0,000776 a*FH - 0,000000 m*FH
\end{aligned} \quad (21)$$

Model 1 dikme elemanları için elde edilen denklemler;

$$\begin{aligned}
S_{max} = & -12,1 - 39 D + 12 a + 0,000160 m + 0,0547 FH + 0,000004 FH*FH \\
& - 1,026 D*FH - 0,263 a*FH + 0,000002 m*FH
\end{aligned} \quad (22)$$

$$\begin{aligned}
V_{max} = & 1,04 + 1,53 D - 8,2 a + 0,000004 m + 0,00503 FH \\
& - 0,000000 FH*FH + 0,03138 D*FH - 0,0464 a*FH - 0,000000 m*FH
\end{aligned} \quad (23)$$

Model 2 dikme elemanları için elde edilen denklemler;

$$\begin{aligned}
S_{max} = & -19 + 53 D + 156 a - 0,00027 m + 0,565 FH + 0,000023 FH*FH \\
& - 3,28 D*FH + 5,46 a*FH - 0,000004 m*FH
\end{aligned} \quad (24)$$

$$\begin{aligned}
V_{max} = & 50 - 182 D + 142 a - 0,00005 m - 0,535 FH - 0,000025 FH*FH \\
& + 3,09 D*FH - 5,07 a*FH + 0,000003 m*FH
\end{aligned} \quad (25)$$

Model 3 dikme elemanları için elde edilen denklemler;

$$\begin{aligned}
S_{max} = & -54 + 41 D - 56 a + 0,00045 m - 0,465 FH - 0,000036 FH*FH \\
& - 0,36 D*FH + 2,99 a*FH - 0,000001 m*FH
\end{aligned} \quad (26)$$

$$\begin{aligned}
V_{max} = & 46 - 33 D - 22 a - 0,00022 m + 0,342 FH + 0,000026 FH*FH \\
& + 0,286 D*FH - 2,24 a*FH + 0,000001 m*FH
\end{aligned} \quad (27)$$

Model 1 diyagonal elemanları için elde edilen denklemler;

$$\begin{aligned}
S_{max} = & -3,48 - 5,1 D + 43,0 a - 0,000040 m - 0,00365 FH \\
& + 0,000001 FH*FH - 0,2241 D*FH + 0,0687 a*FH + 0,000000 m*FH
\end{aligned} \quad (28)$$

$$\begin{aligned}
V_{max} = & 0,173 + 0,293 D - 2,36 a + 0,000002 m + 0,002052 FH \\
& - 0,000000 FH*FH + 0,011490 D*FH - 0,01993 a*FH - 0,000000 m*FH
\end{aligned} \quad (29)$$

Model 2 diyagonal elemanları için elde edilen denklemler;

$$S_{max} = -31,6 + 43 D + 453 a - 0,00043 m - 0,038 FH + 0,000018 FH*FH - 0,970 D*FH + 2,38 a*FH + 0,000000 m*FH \quad (30)$$

$$V_{max} = 29,7 - 27 D - 488 a + 0,00044 m + 0,028 FH - 0,000017 FH*FH + 0,937 D*FH - 2,32 a*FH - 0,000000 m*FH \quad (31)$$

Model 3 diyagonal elemanları için elde edilen denklemler;

$$S_{max} = 255,8 - 731 D - 5396 a + 0,01581 m - 2,526 FH - 0,000281 FH*FH + 2,88 D*FH + 21,6 a*FH - 0,000050 m*FH \quad (32)$$

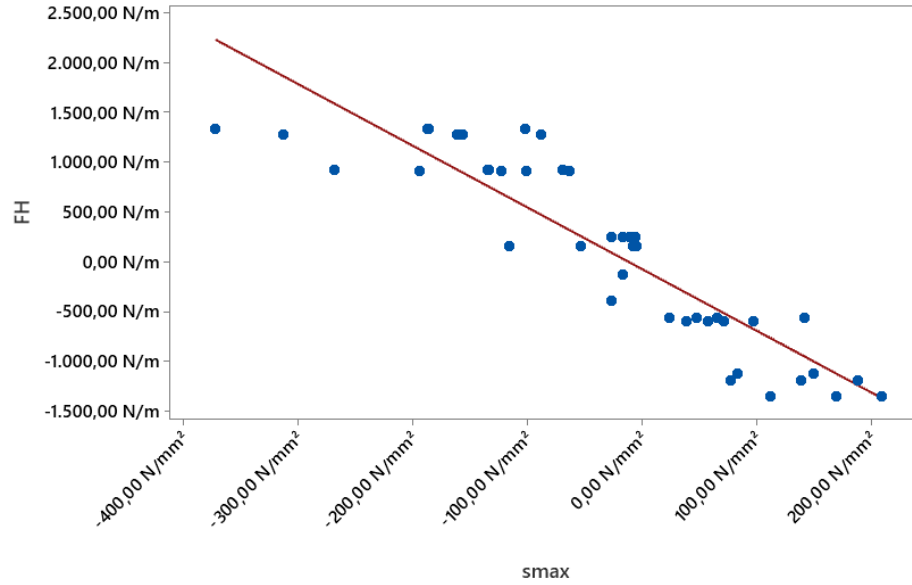
$$V_{max} = -242,8 + 709 D + 5284 a - 0,01550 m + 2,498 FH + 0,000327 FH*FH - 3,34 D*FH - 19,3 a*FH + 0,000046 m*FH \quad (33)$$

Elde edilen bağıntıların kontrolü için denklemde çap (D), ağırlık (m), hidrodinamik kuvvet (F_H), malzemeli alan yüzdesi (a) değerleri yerine yazılarak analiz sonuçları ve elde edilen değerler arasındaki sapma gözlenmiştir. Her bir model için sırasıyla enleme, dikme ve diyagonal elemanlardan örnekler dikkate alınarak karşılaştırılmış olup Tablo 35’de gösterilmiştir.

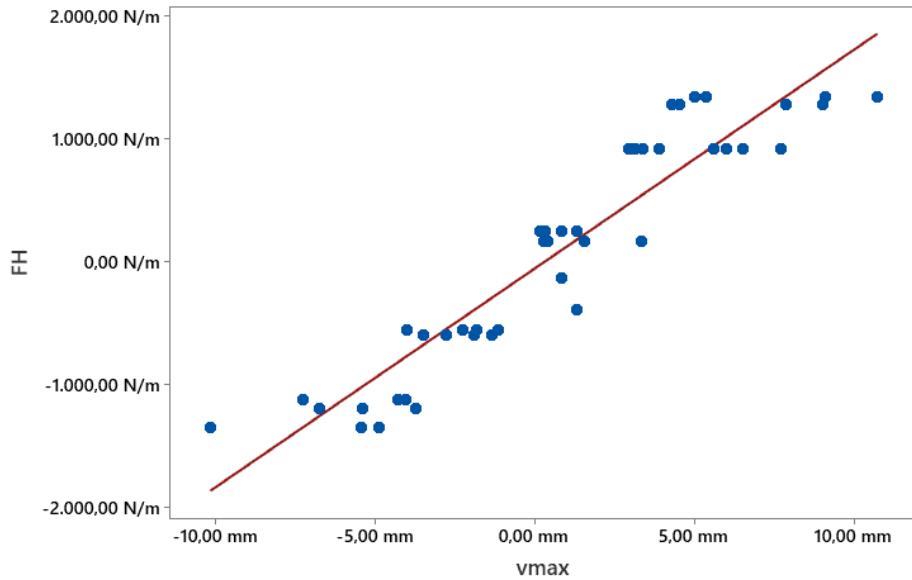
Tablo 35. Modeller için Hata Oranı Tablosu

	Model	Düğüm	D (m)	a	m (kg)	F _H (N/m)	Hesaplanan S _{max} (N/mm ²)	Hesaplanan V _{max} mm	Gözlenen S _{max} (N/mm ²)	Gözlenen V _{max} mm	Hata Oranı S _{max} %	Hata Oranı V _{max} %
ENLEME	1	4-5	0,50	0,28	167.086,47	-395,31	16,15	-1,86	16,34	-1,86	%1,20	0,29%
	2	10-11	0,50	0,15	104.618,54	767,84	-1,14	2,07	-1,12	2,07	1,74%	0,47%
	3	8-9	0,30	0,12	35.214,60	-1.084,90	0,33	-0,12	0,33	-0,13	1,37%	0,46%
DİKME	1	13-16	0,30	0,00	66.360,62	-1.347,72	212,96	-10,18	207,30	-10,14	2,66%	0,39%
	2	7-10	0,30	0,09	61.027,48	-1.103,40	191,16	-146,50	200,12	-144,83	4,69%	1,14%
	3	7-9	0,30	0,12	35.214,60	-1.218,75	230,61	-175,90	220,54	-174,28	4,37%	0,92%
DİYAGONAL	1	13-17	0,30	0,14	66.360,62	-1.347,72	80,15	-3,66	82,78	-3,61	3,28%	1,20%
	2	8-10	0,30	0,09	61.027,48	164,26	-21,79	19,54	-20,85	18,80	4,33%	3,79%
	3	3-4	0,30	0,16	49.209,45	-411,98	194,62	-197,80	202,52	-191,29	4,06%	3,29%

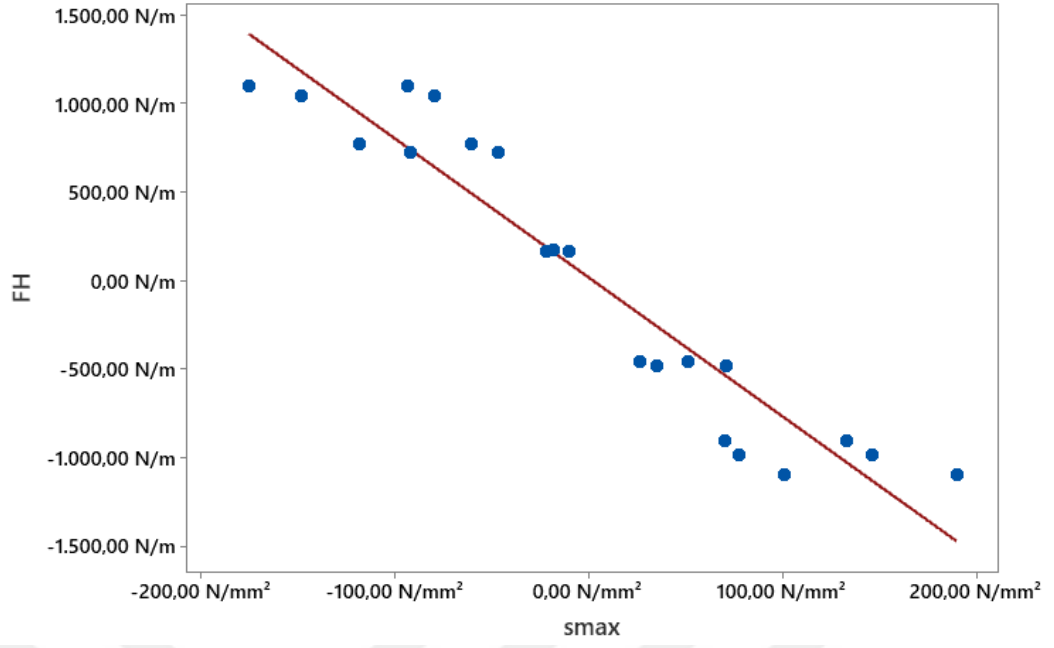
Bağımsız değişkenler için kullanılan değerlerin yerlerine yazılması ile elde edilen maksimum gerilme ve yer değiştirme değerlerinin analiz ile ulaşılan değere yakınsadığı görülmektedir. Bu durumda yapılan lineer regresyon analizinin sonuçlarının modellere ait elemanlar üzerinde anlamlı değerlerden oluştuğu söylenebilmektedir. Yapılan analizlere ait her modelin dikme, enleme ve diyagonal elemanları için elde edilen maksimum gerilme, yer değiştirme ve hidrodinamik kuvvetler arasındaki ilişkiyi gösteren grafiklere Şekil 27-44'de yer verilmiştir.



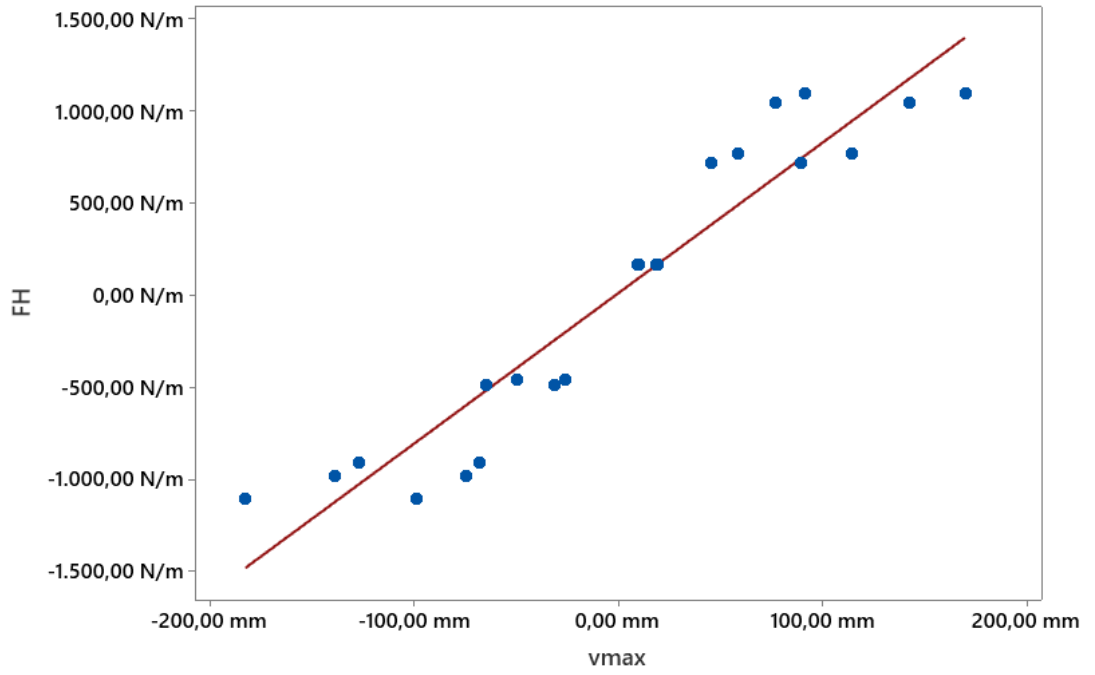
Şekil 27. 1. Model Dikme Elemanları Gerilme ve Hidrodinamik Kuvvet Arasındaki İlişki



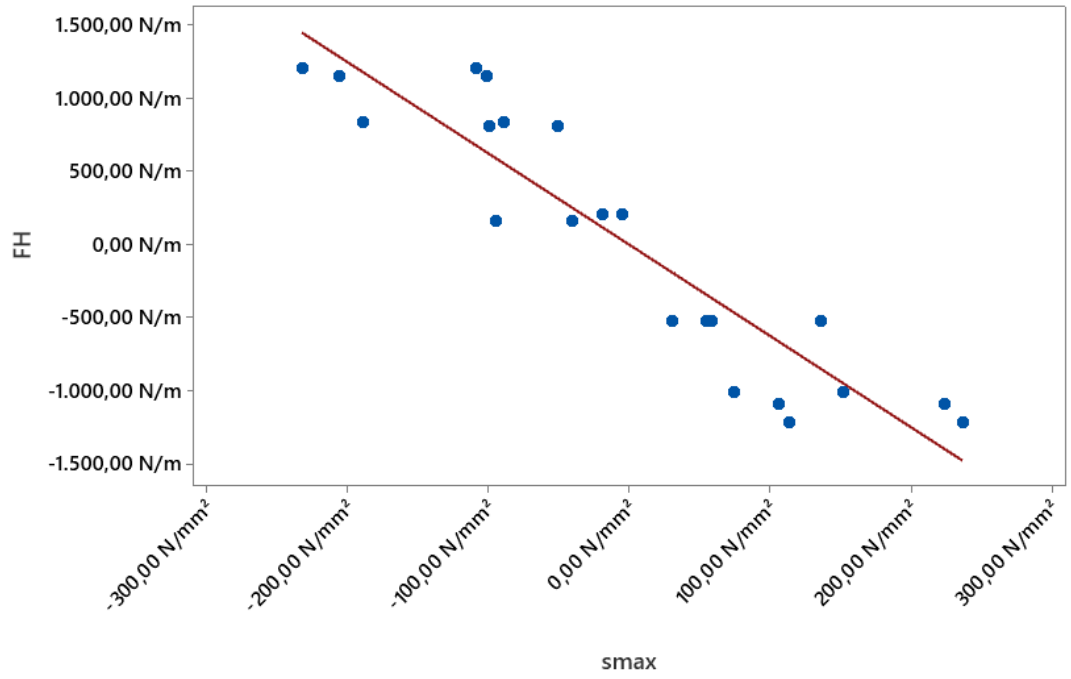
Şekil 28. 1. Model Dikme Elemanları Yer Değiştirme ve Hidrodinamik Kuvvet Arasındaki İlişki



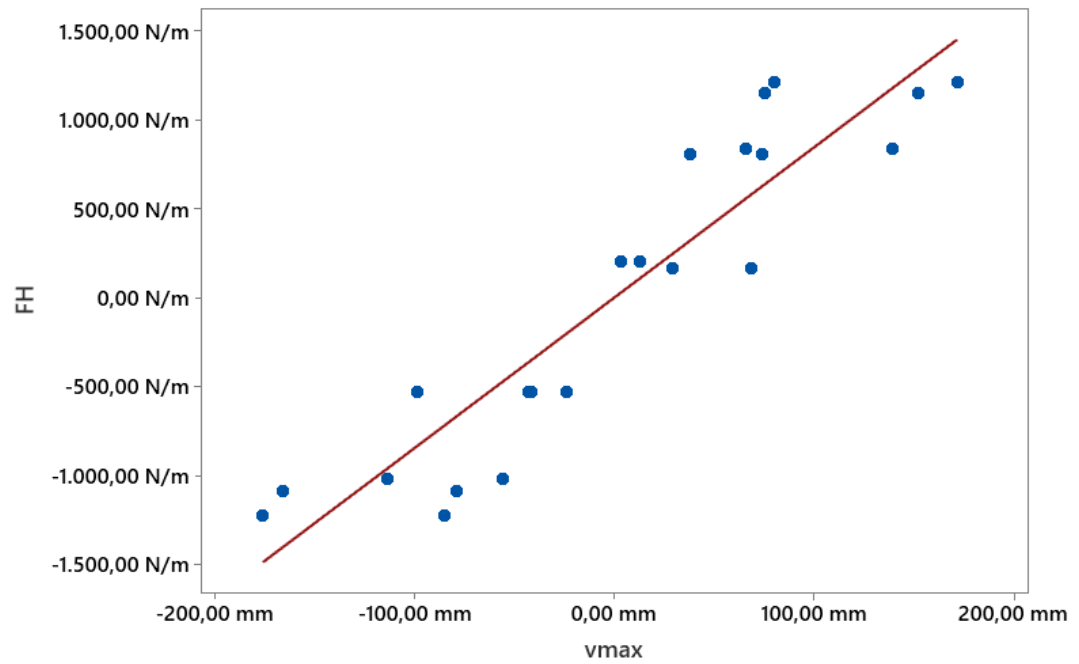
Şekil 29. 2. Model Dikme Elemanları Gerilme ve Hidrodinamik Kuvvet Arasındaki İlişki



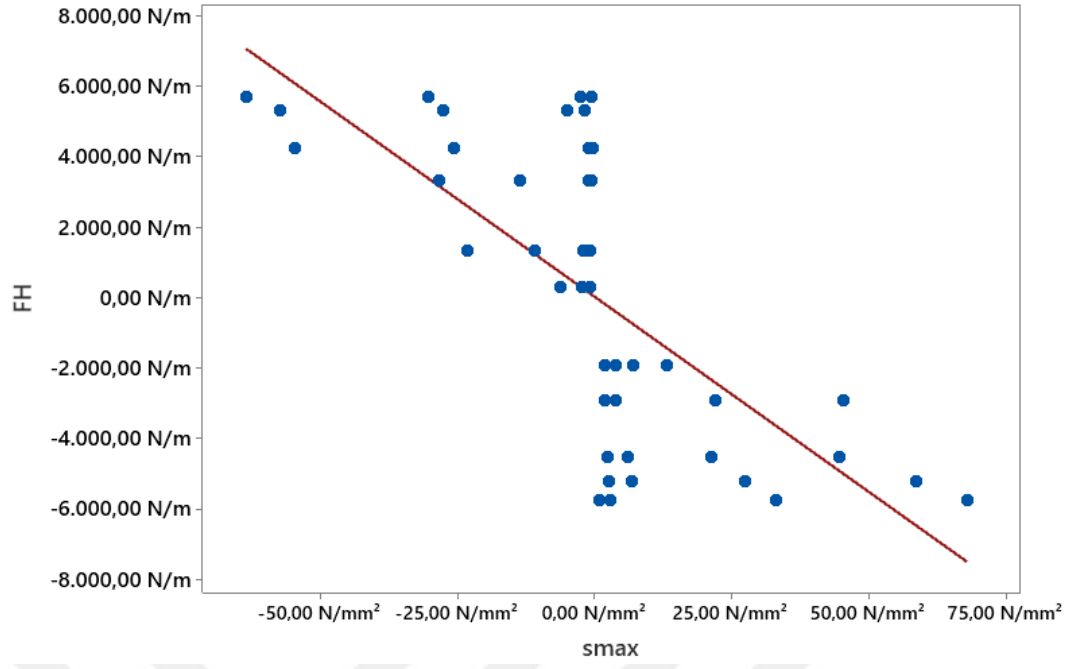
Şekil 30. 2. Model Dikme Elemanları Yer Değiştirme ve Hidrodinamik Kuvvet Arasındaki İlişki



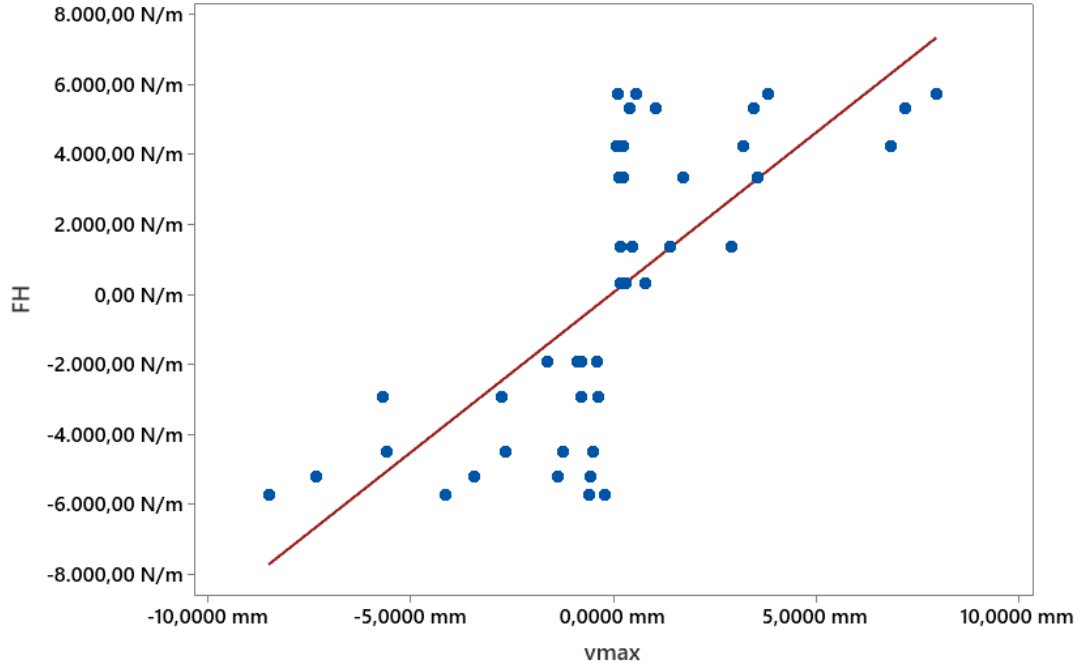
Şekil 31. 3. Model Dikme Elemanları Gerilme ve Hidrodinamik Kuvvet Arasındaki İlişki



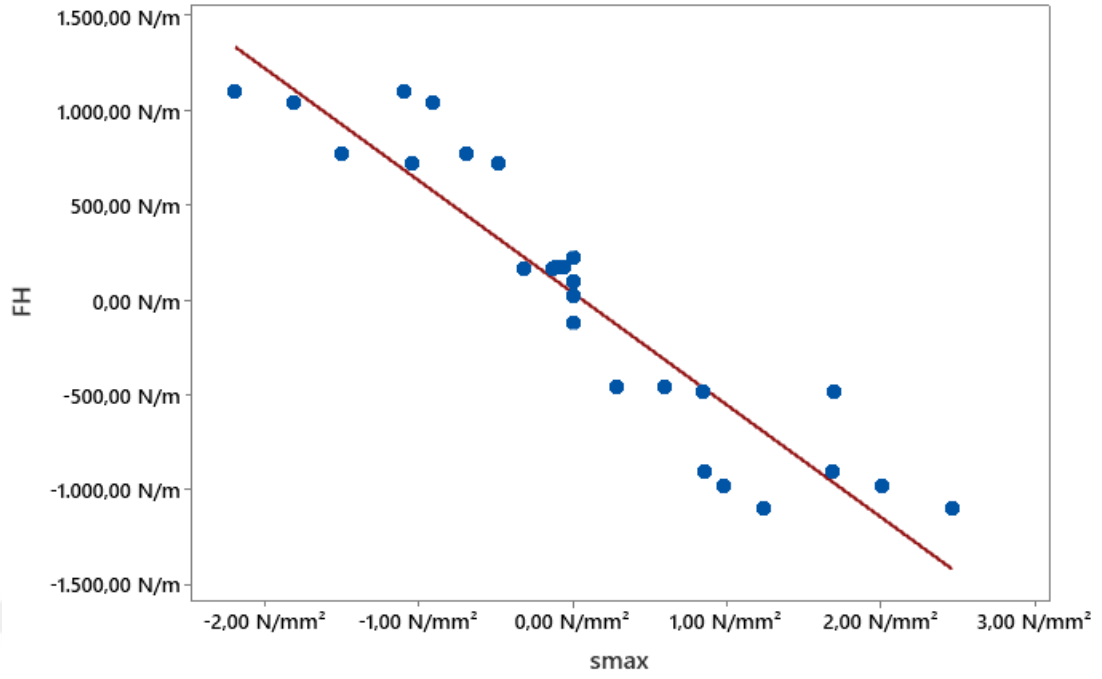
Şekil 32. 3. Model Dikme Elemanları Yer Değiştirme ve Hidrodinamik Kuvvet Arasındaki İlişki



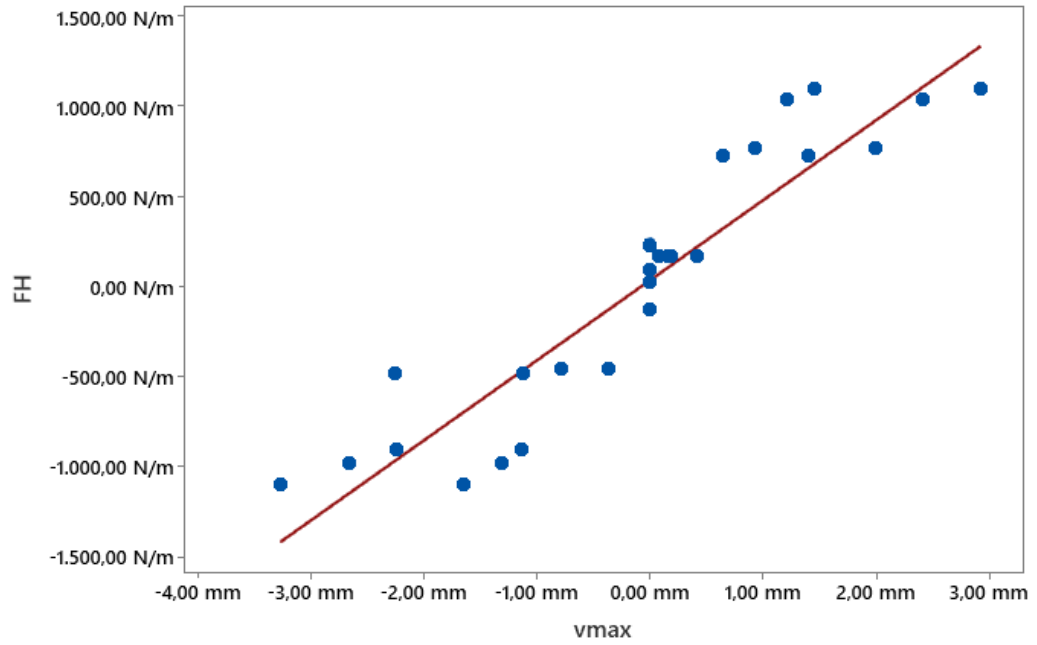
Şekil 33. 1. Model Enleme Elemanları Gerilme ve Hidrodinamik Kuvvet Arasındaki İlişki



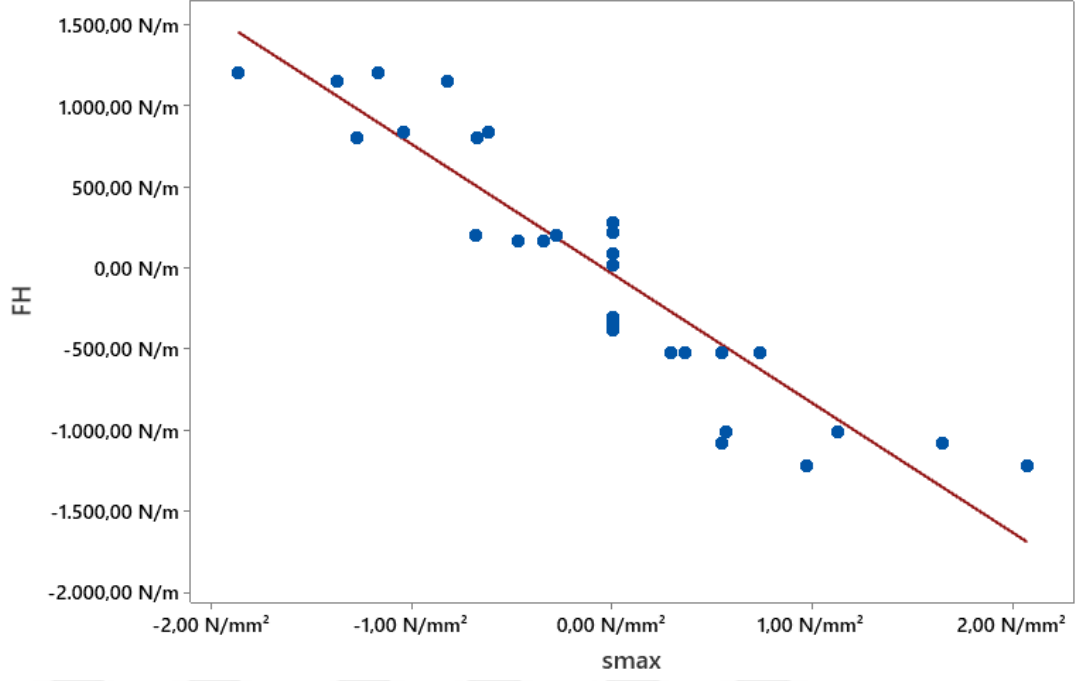
Şekil 34. 1. Model Enleme Elemanları Yer Değiştirme ve Hidrodinamik Kuvvet Arasındaki İlişki



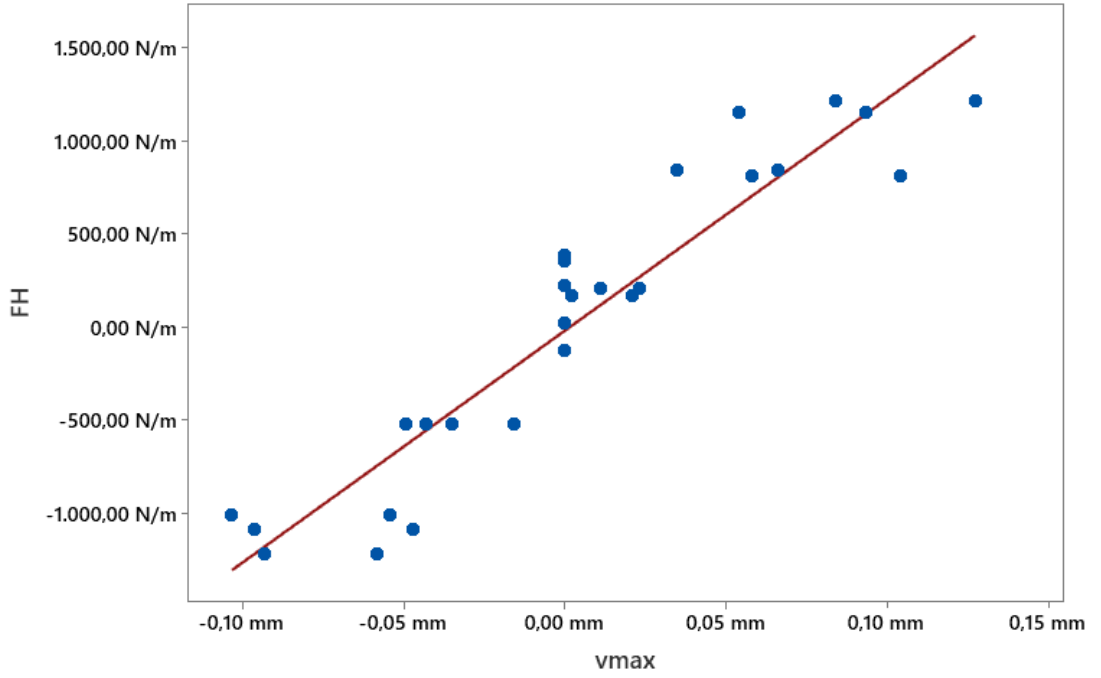
Şekil 35. 2. Model Enleme Elemanları Gerilme ve Hidrodinamik Kuvvet Arasındaki İlişki



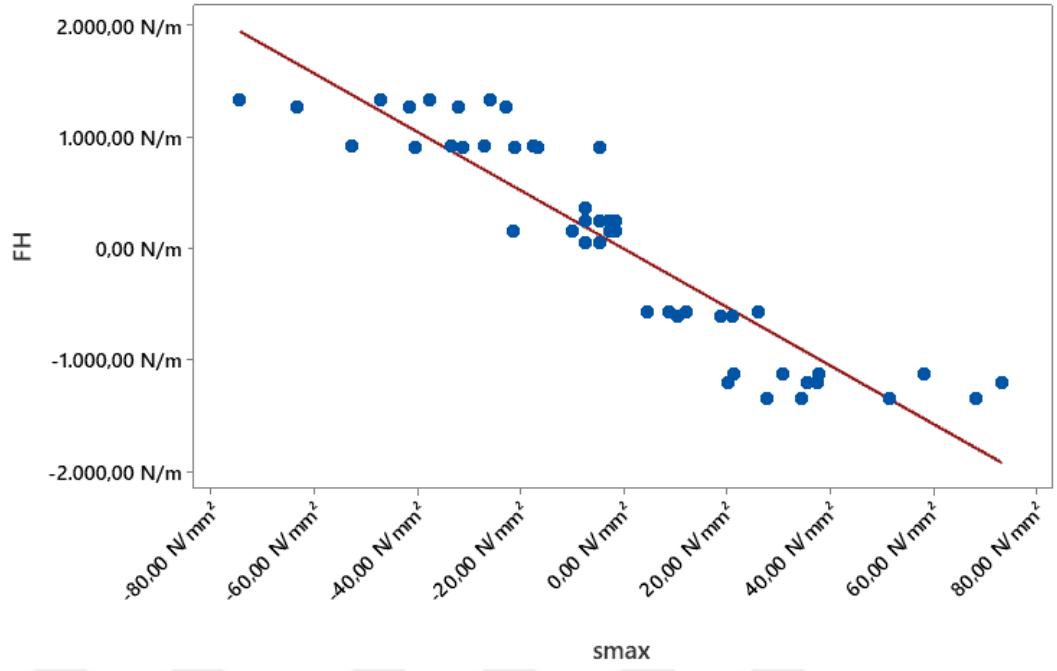
Şekil 36. 2. Model Enleme Elemanları Yer Değiştirme ve Hidrodinamik Kuvvet Arasındaki İlişki



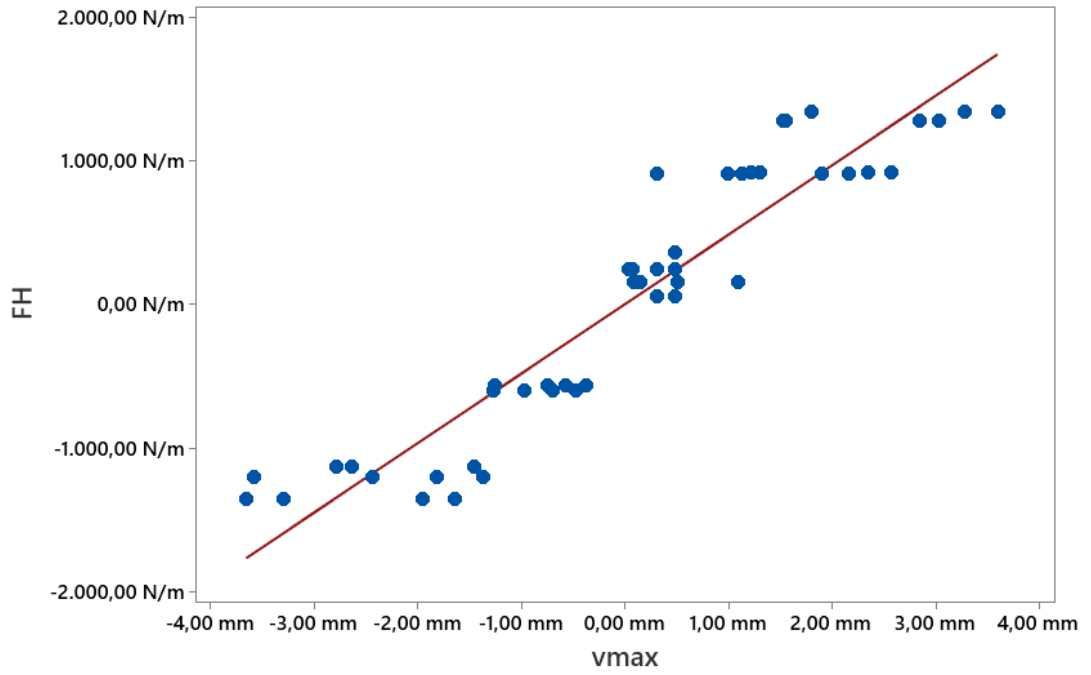
Şekil 37. 3. Model Enleme Elemanları Gerilme ve Hidrodinamik Kuvvet Arasındaki İlişki



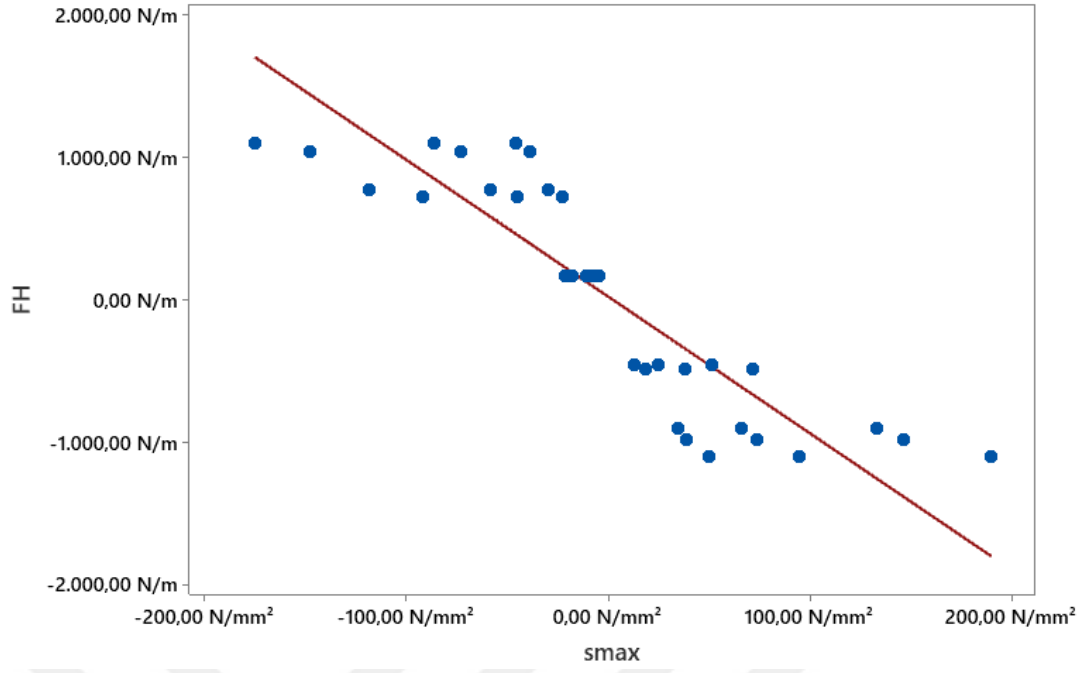
Şekil 38. 3. Model Enleme Elemanları Yer Değiştirme ve Hidrodinamik Kuvvet Arasındaki İlişki



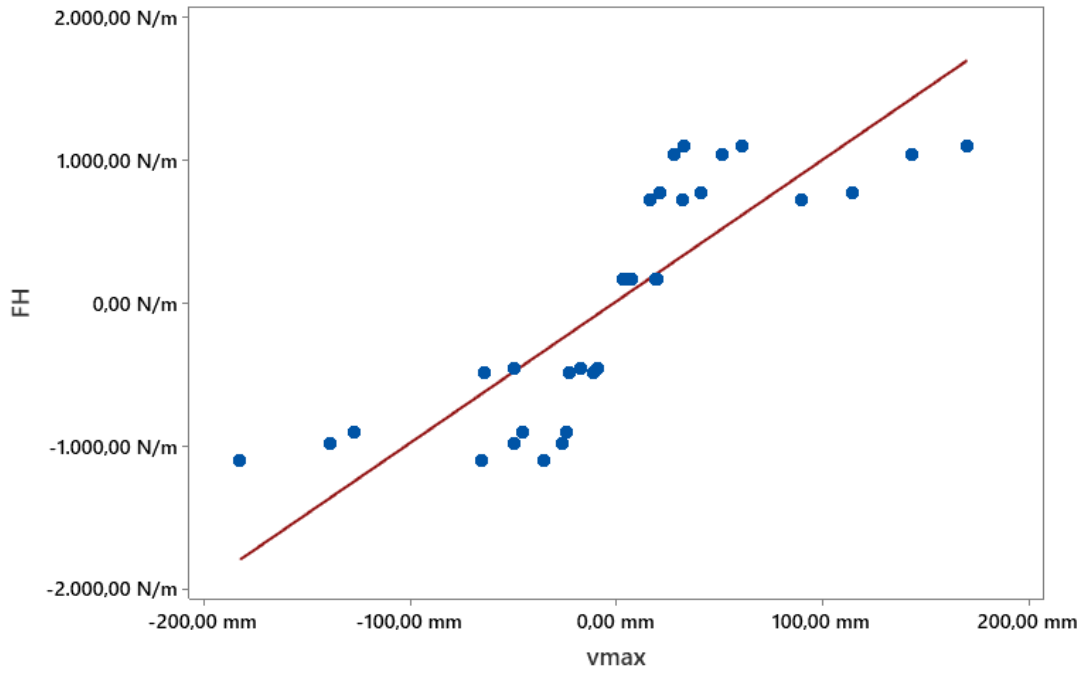
Şekil 39. 1. Model Diyagonal Elemanları Gerilme ve Hidrodinamik Kuvvet Arasındaki İlişki



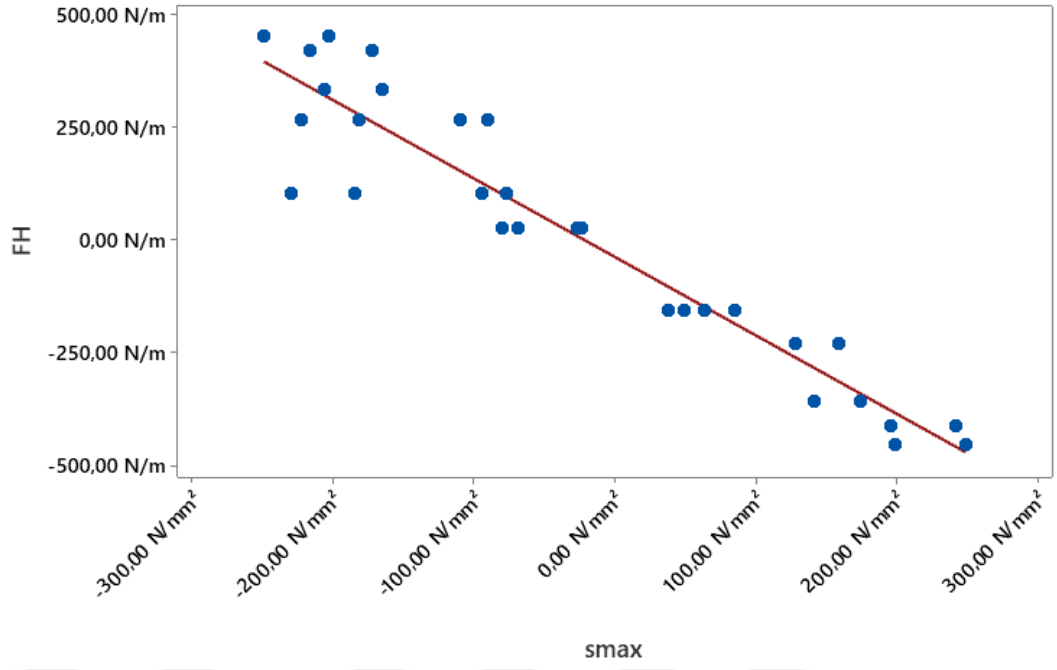
Şekil 40. 1. Model Diyagonal Elemanları Yer Değiştirme ve Hidrodinamik Kuvvet Arasındaki İlişki



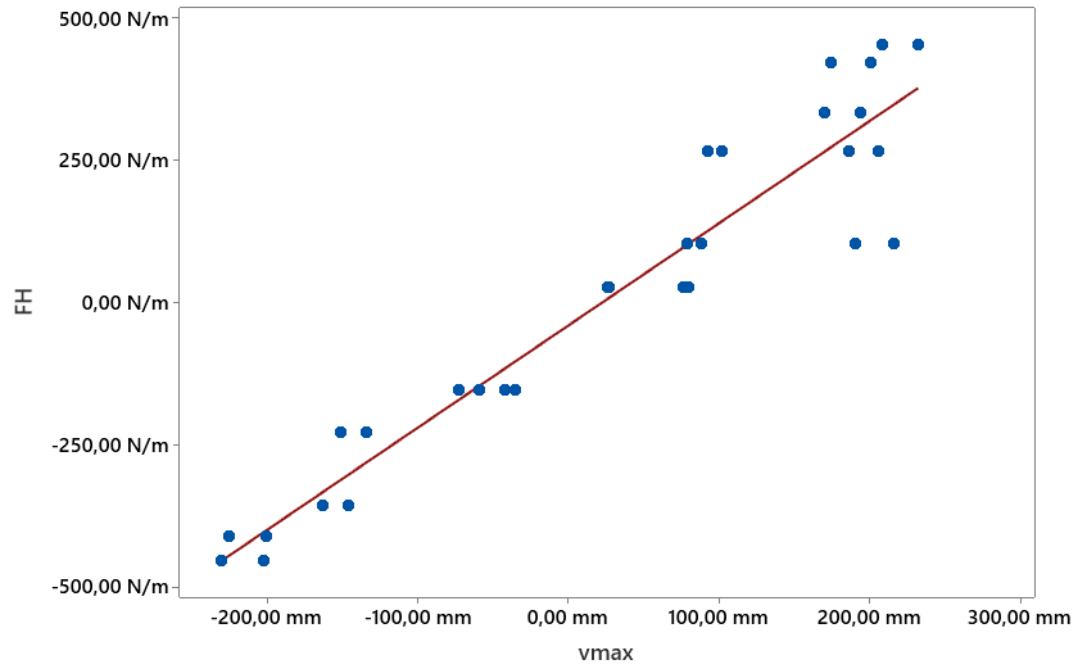
Şekil 41. 2. Model Diyagonal Elemanları Gerilme ve Hidrodinamik Kuvvet Arasındaki İlişki



Şekil 42. 2. Model Diyagonal Elemanları Yer Değiştirme ve Hidrodinamik Kuvvet Arasındaki İlişki



Şekil 43. 3. Model Diyagonal Elemanları Gerilme ve Hidrodinamik Kuvvet Arasındaki İlişki



Şekil 44. 3. Model Diyagonal Elemanları Yer Değiştirme ve Hidrodinamik Kuvvet Arasındaki İlişki

Verilen grafiklerin her biri tez kapsamında üzerinde çalışılan modellerin enleme, dikme ve diyagonal elemanlarına aittir. Grafiklerin her biri elde edilirken aynı zamanda ve aynı sayıda kesit özelliği ile elde edilen girdi çıktı değerleri her modelin enleme dikme ve diyagonal elemanlarına etki ettirilmiştir. Model 1 için 1-2, 4-5, 7-8, 10-11, 13-14, 16-17 ve simetrikleri olmak üzere farklı değerlere sahip 6 adet; Model 2 için 1-2, 4-5, 4-7, 8-9 kenarları toplam 4 adet, Model 3 için 1-2, 4-5, 7-8, 10-11 kenarları olmak üzere 4 adet enleme elemanı bulunmaktadır. Aynı şekilde her model için farklı sayılarda dikme ve diyagonal elemanlar bulunmaktadır. 4 farklı çap ve 2 farklı et kalınlığından elde edilen kombinasyonlardan her elemenda 8 farklı kesit özelliği için girdi çıktı değerleri bulunmaktadır. Bu durumda verilen grafikler elde edilirken 3 modelin enleme elemanları için sırasıyla 48, 32 ve 32 adet; dikme elemanları için 40, 24 ve 24; diyagonal elemanları için 80, 48 ve 32 adet girdi çıktı değerleri programa yüklenmiş bunun sonucunda da bu miktarda değere ait grafikler elde edilmiştir.

Sunulan her grafiğin ait olduğu elemanlar için Minitab istatistik programı üzerinden determinasyon katsayısı (R^2) değerleri elde edilmiştir. Bağımsız değişken olarak sunulan değerlerin bağımlı değişken olarak verilen değerleri ne kadar anlamlı bir şekilde açıkladığını determinasyon katsayısı ile yorumlamak mümkündür. R^2 çalışma sonucunun ne kadar anlamlı olduğunu, istatistiksel olarak yapılan çalışmanın kullanılabilir, geçerli bir model olup olmadığını gösteren aynı zamanda geçerlilik durumu ile orantılı olarak artış ve azalış gösteren bir değerdir. Düzeltilmiş R^2 değerleri de aynı şekilde program üzerinden elde edilebilen bir diğer sonuçtur. Düzeltilmiş R^2 program üzerine eklenen bağımsız değişkenlerle ilişkili bir değerdir. Gereksiz sayıda bağımsız değişkenin programa yüklenmesi sonucunda istatistiksel sonucun uyumu azalır ve düzeltilmiş R^2 , R^2 den farklı olarak model uyumunu bağımsız değişkeninin gereklilik durumu üzerinden yorumlar. Yapılan analizin modelin yüzde kaçını açıkladığı R^2 ve düzeltilmiş R^2 değerleri yorumlanarak anlaşılabilir. Sunulan grafiklere ait modellerde R^2 ve düzeltilmiş R^2 , yüksek yüzdelerde ve birbirlerine yakın değerlerde sonuçlar vermiştir. Bu durumda elde edilen grafiklerin sağlıklı olduğu düşünülebilmektedir.

Model 1, 2, 3 için ayrı ayrı hesaplanan maksimum yer değiştirme ve gerilme değerlerine ait denklem ve grafikleri sunulan analizler için enleme elemanlarındaki R^2 değerleri sırasıyla yüzde 98,27; 97,93; 97,57; 97,43; 97,75; 97,65 olarak, dikme elemanlarında yüzde 96,10; 96,04; 91,44; 82,37; 95,96; 83,15 olarak, diyagonal elemanlarında yüzde 95,74; 91,10; 90,36; 89,57; 91,26; 90,34 olarak bulunmuştur. Verilen yüzdelerden de anlaşılabileceği gibi tüm modeller birbirleri ile kıyaslandığında en iyi sonuçlar 1. Modelden elde edilmiştir. Aynı zamanda her modelin kendi enleme, dikme ve diyagonal elemanları birbirleriyle kıyaslandığında ise en iyi değerlerin enleme elemanlarında olduğu gözlemlenmiştir. Genel olarak ise yer değiştirme değerlerinin gerilme değerlerinden daha yüksek oranda modelleri karşıladığı söylenebilmektedir. Modeller için yapılan hata tablosu olan Tablo 35'e bakılacak olursa en düşük hata oranının %0,29 ile 1. Model enleme elemanı yer değiştirme değerinde, en yüksek hata oranının ise %4,69 ile 2. Model dikme elemanın gerilme değerinde olması; bulunan R^2 değerlerinde ise en yüksek yüzdenin %98,27 ile 1. Model enleme elemanı yer değiştirme değerlerinde, en düşük yüzdenin %82,37 ile 2. Model dikme elemanın gerilme değerinde olması, R^2 değerleri ile hata oranlarının aynı şekilde sonuçlar verdiğini kanıtlar niteliktedir.

Grafiklerde yer verilen hidrodinamik kuvvet ile gerilme ve yer değiştirme değerleri arasındaki ilişkiye, hem yapı modelinde etkisi olan hem de program girdisi olarak kabul edilen malzemeli alan yüzdesinin etkisi de bulunmaktadır. Programa girdi olarak atanan malzemeli alan yüzdesi her model için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Çelik boru profillerin en çok kullanıldığı tasarım olan Modeli 1 ve onu takip eden Model 3 için toplam malzemeli alan oranı en küçük kesit özelliklerinde bile 0,14 ve 0,12 çıkmıştır. En küçük oran ise platform alanı en geniş fakat malzemeli alanı en düşük olan Model 3 için 0,092 çıkmıştır. Bu oranlar en büyük kesit özellikleri için 3 modelde sırasıyla 0,28; 0,184; 0,24 şeklinde hesaplanmıştır. Bunu takip eden diğer girdi ise platformun ağırlığıdır ve malzemeli alan arttıkça platform ağırlıkları da aynı şekilde artış göstermiştir. Bir platformun malzemeli alanı ve ağırlığının artış göstermesi yapısal tasarımının daha kompleks olduğunu da göstermektedir.

Grafiklerde ve öncesinde verilen tablolarda elde edilen hidrodinamik kuvvetlere ait değerler mevcuttur. Hidrodinamik kuvvet tez çalışması içerisinde birçok kez bahsedildiği gibi yıkıcı etkileri ile modellerde en fazla deformasyonu yaratabileceğinden çalışmanın analiz aşamasında en önemli girdi olarak kullanılmıştır. Dolayısıyla hidrodinamik kuvvetin artış veya azalışına sebep olabilen et kalınlığındaki artış ile doğru orantılı olarak artan platform ağırlığı ve çap değerleri de aynı oranda modeller için yapılan analizler üzerinde önem arz etmektedir. Aynı zamanda modellerde bulunan elemanların dış çapının Morison Denklemi ile hesaplanan hidrodinamik kuvvetler üzerinde etkili olduğu düşünüldüğünde dış çapın değişmediği ancak et kalınlığının değişmesi ile gerilme ve yer değiştirme değerlerinin değiştiği durumlar çalışma için yapılan analizlerde veri çeşitliliğine katkı sağlamıştır.

Verilen tablolar ve grafiklerden program girdileri kadar çıktıları içinde oldukça önemli yorumlar çıkarılabilmektedir. 3 model için de verilen girdi çıktı tablolarında gözlemlenebileceği gibi çap ve et kalınlığı değerlerindeki artış ile birlikte maksimum gerilme ve yer değiştirme değerleri azalmıştır. Aynı şekilde 8 farklı kesit özelliği için programdan elde edilen grafiklerde de kesit büyüklükleri arttıkça azalan maksimum gerilme ve yer değiştirme değerleri mevcuttur. Örneğin Model 3'te 8-9 nolu düğüm noktaları arasındaki enleme elemanı için çap değeri 300 mm iken $t=8,0$ s anında maksimum gerilme $1,54 \text{ N/mm}^2$, yer değiştirme değeri $-0,2980 \text{ mm}$ olarak bulunmuştur. Buna karşılık olarak çap değeri 400 mm olduğunda aynı zaman aralığı için maksimum gerilme $0,732 \text{ N/mm}^2$ ve yer değiştirme $-0,2280 \text{ mm}$, 500 mm olduğunda maksimum gerilme $0,476 \text{ N/mm}^2$ ve yer değiştirme $-0,0970 \text{ mm}$, 600 mm olduğunda ise gerilme değeri $0,137 \text{ N/mm}^2$ ve yer değiştirme değeri $-0,0670 \text{ mm}$ gibi düşük değerler olarak gözlemlenmiştir. Bu durum sunulan girdi çıktı tablolarındaki örnek elemanlara ait değerlerden de gözlemlenebileceği gibi tüm modeller için kullanılan çelik boru profillerin et kalınlığı ve çap değerlerindeki her artışta aynı şekilde devam etmiştir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapılan tez çalışması kapsamında, enerji ihtiyacının giderek arttığı günümüz dünyasında önemi büyük olan ceket tip platformların tasarımları, ön boyutlandırma işlemleri ve bazı durumlarda yıkıcı sonuçları olabilen dalga kökenli hidrodinamik kuvvetlerin platformlar üzerindeki etkileri ile ilgili araştırmalar yapılmıştır. Bunun için 3 adet açık deniz yapısı olan ceket tipi platform modeli belirlenmiştir. Modellerin her biri literatürde yaygın olarak kullanılan tasarımlar dikkate alınarak farklı topolojik özelliklerde modellenmiştir. Bunun için modellerin yükseklikleri birbirleri ile aynı seçilmiş fakat kafes sistemi meydana getiren enleme, dikme ve diyagonal elemanların yerleşimi, sayısı ve özellikleri farklı olacak şekilde tasarlanmıştır. Aynı zamanda enleme, dikme ve diyagonal elemanlar için kullanılan çelik boru profillere ait çap aralığı belirlenmiş, çap değerleri ile orantılı şekilde de et kalınlıkları seçilmiştir. Modellerde bulunan düğüm noktaları yapılan işlemlerin anlaşılabilirliği için numaralandırılmıştır. Her modelde bulunan ve numaralandırılan düğüm noktaları için Morison bağıntısı ile hidrodinamik kuvvet hesaplamaları yapılmıştır SAP 2000 paket programı ile Zaman Tanım Alanında analiz edilmesi sonucunda modellerdeki maksimum gerilme ve yer değiştirme değerleri kayıt altına alınmıştır. Bu aşama 3 farklı modelde 300 ve 600 mm arasında değişen toplam 4 farklı çap değeri ve et kalınlığının 20 ve 30 mm olması koşulları altında 2 farklı et kalınlığı değeri için tekrar edilmiştir.

Platformların topolojik özelliklerindeki değişimi temsil eden malzemeli yüzey alanı oranı, et kalınlığı ile orantılı olarak artan yapı ağırlığı, boru profil çap değerleri ile denizel ortam koşullarını temsil eden hidrodinamik kuvvetlerin girdi, yapısal analiz sonucunda elde edilen maksimum gerilme ve yer değiştirme değerlerinin çıktı kabul edildiği verilerden oluşan data seti hazırlanmıştır. Data setinin Lineer Regresyon analizinde kullanılması ile elde edilen sonuçlar istatistiksel yaklaşım ile değerlendirilmiştir. Bu yöntem yapılan çalışmada da olduğu gibi çok fazla verinin bulunduğu durumlarda çıktı değerlerini daha kolay bir şekilde tahminlemeye fırsat sağlayan önemli bir istatistiksel yöntemidir. Bunun için çıktı değerleri kadar girdilerin de belirlenmesi oldukça önemlidir.

Yapılan bu tez çalışması ile öncelikle farklı topolojik özelliklere sahip platformların farklı davranışlar gösterdiği açıklanmaya çalışılmıştır. Platformların farklı yer değiştirme ve gerilme değerlerine sahip olmaları bu durumu kanıtlar niteliktedir. Hem ceket tip yapı topolojisi hem de ortam koşulları göz önünde bulundurularak veri çeşitliliği sağlanmıştır. Bu çeşitlilik sayesinde bazı bilgiler rahatlıkla gözlemlenmiştir. Yer değiştirme ve gerilme değerlerinin platform tabanından, platformun üst kısımlarına doğru etkileri azalmaktadır. Platformlardaki çelik profillerin çapları arttıkça gerilme değerlerinde düşüş olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca et kalınlığının da çap gibi etkili olduğu ve artması sonucu platformların hidrodinamik kuvvetlerine karşı daha fazla direnç gösterebildiği bu sayede yer değiştirmenin de azaldığı gözlemlenmiştir. Bu gözlemler, veri çeşitliliği sayesinde yapılan istatistiksel analizlerle tekrar yapılmış ve buradan çıkan istatistiksel sonuçlarla da desteklenmiştir. Lineer Regresyon analizi sonucunda desteklenebilen bir diğer konu ise malzemeli alan yüzdesi ve malzemeli alan yüzdesi ile doğru orantılı olarak artan yapı ağırlığının artmasıyla daha kompleks bir yapı haline gelen modellerde gözlem yapmanın daha kolay olması durumudur. Her model için yapılan karşılaştırmalarda malzemeli alan yüzdesinin sırasıyla azaldığı model 1, 3 ve 2 için R^2 değerinin giderek azaldığı gözlemlenmiştir. Bu da daha kompleks bir şekilde tasarlanan modellerin daha yüksek bir yüzde ile açıklanabiliyor olması durumunu göstermiştir. Her üç model için enleme elemanlarına ait girdi ve çıktı değerlerinin istatistiksel açıdan değerlendirilmesi sonucunda elde edilen sonuçlar dikme ve diyagonal elemanlara oranla daha tutarlıdır. Program üzerinden elde edilen denklemlerden çıkan sonuçlar ile analiz sonuçlarının karşılaştırılması sonucu elde edilen hata oranlarında en düşük hata oranının enleme elemanlarından çıkarak analiz sonuçlarına daha fazla yakınsaması ve R^2 değerlerinin en yüksek enleme elemanlarına ait olması sayesinde bu yorum yapılabilmiştir. R^2 değerleri ve elde edilen hata oranları tablosundan yola çıkarak fark edilen bir diğer durum ise modellere ait maksimum gerilme ve yer değiştirme değerlerinden yer değiştirmelerin gerilmelere göre daha iyi sonuçlarla açıklanabiliyor olmasıdır. Gerilme değerlerinin hata oranları yer değiştirme değerlerine göre daha yüksek sonuçlar vermiştir. Ayrıca R^2 değerleri de gerilmeler için daha düşük çıkmış ve açıklanabilirliği yer değiştirmeye göre daha düşük kalmıştır.

Sonuç olarak, dalga parametreleri ve yapısal reaksiyonlar kullanılarak uzun ve karmaşık analizlere dayanan çözüm yöntemlerinin kullanımının önüne geçilmeye ve daha pratik bir tasarım metodu geliştirilmeye çalışılmıştır. Yapılan çalışma kapsamında, modellerde kullanılan çelik boru profillerin çapları ve et kalınlıkları arttıkça çıktı değerleri olan maksimum gerilme ve yer değiştirme değerlerinde düşüş olduğu gözlemlenmiştir. Modellerde kullanılan elamanların dış çap değerlerinin artışı Morison Denklemi ile elde edilen hidrodinamik kuvvetlerin de artışına yol açmaktadır. Bu durum dalganın yıkıcı etkisinin artması anlamına gelmektedir. Fakat modelin yapısının dalgalara karşı daha dayanıklı hale getirilmesini sağlayan çap ve et kalınlığındaki artış, kuvveti karşılamış ve dayanımı arttırmıştır. Birçok açık deniz yapısı gibi yapımı yüksek maliyetlerle sahip olan ceket tip platformların tasarımında düşük maliyetli ve yüksek dayanımlı bir yapı oluşturmak esastır. Bu sonuçları elde etmek için, uzun ve kapsamlı çalışmalar gerektiren platform tasarımlarında ön boyutlandırma işleminin sürecini kısaltmak adına farklı bir yaklaşım ortaya koymak için yapılan bu çalışma sayesinde girdi ve çıktı değerleri arasındaki ilişki tahminlenerek fazla analiz yapmadan da ön boyutlandırma aşamasında kullanılabilecek sonuçlara ulaşılmıştır. Bu sonuçlara ulaşırken çalışmada yöntem olarak istatistiksel bir yaklaşım olan Lineer Regresyon analizi kullanılmıştır fakat farklı analiz yöntemleri ile de çalışmalar yapılarak sonuçlar daha fazla geliştirilebilir.

KAYNAKLAR

- [1] Ishwarya S. Nonlinear Static And Dynamic Analyses Of Jacket-Type Offshore Platform, Anna University, Civil Engineering Department, Structural Engineering Programme, Hindistan, 2016, 64 s. (Yüksek Lisans Tezi)
- [2] Uğur S., Çelik İ.D. Dalga ve Sismik Yükler Etkisinde Ceket Tipi Açık Deniz Yapısının İncelenmesi. 5. Uluslararası Değişen Dünyada Fen, Sosyal Ve Sağlık Bilimleri Kongresi, 26-27 Mart, Isparta
- [3] Anis, A.M.A., Al-Kadhimi A., Shaker M. Dynamic behavior of jacket type offshore structure. (2012). *Jordan Journal of Civil Engineering*, 6(4), 418-435.
- [4] Erez E. Metocean Pushover Analysis of a Jacket-Type Offshore Platform with Different Bracing Systems, Istanbul Technical University, Civil Engineering Department, Structural Engineering Programme, İstanbul, 2020, 99 s. (Yüksek Lisans Tezi)
- [5] Hu, Z.Z., Mai, T., Greaves D., & Raby A. (2017). Investigations of offshore breaking wave impacts on a large offshore structure. *Journal of Fluids and Structures*, 75, 99-116.
- [6] Sarhan, O., & Raslan, M. Offshore petroleum rigs/platforms: An overview of analysis, design, construction and installation. (2021). *International Journal of Advanced Engineering, Sciences and Applications (IJAESA)*, 2(1), 7-12.
- [7] Çelik, İ.D., Kocaman, T.B., & Öztürk, Y. (2020). Değişen dalga periyotları etkisindeki açık deniz yapılarının davranışının incelenmesi. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 25(2), 623-638.
- [8] Erduran, K.S., Dokuz, A.Ş., & Ünal, U. (2019). Görüntü işleme tekniği yardımıyla elde edilen deneysel sonuçların hibrid sayısal dalga modelinin performans analizinde kullanımı. *Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 8(3), 183-196.
- [9] Adnar, S., & Erdoğan, E. ITTC Yarı Batık Açık Deniz Platformu Tasarımı, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gemi İnşaatı ve Makineleri Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, 2016, 30 s. (Tasarım Projesi)
- [10] Beltcov, A.Y. Development concepts for Sakhalin's offshore field development, University of Stavanger, Faculty of Science and Technology, Offshore Technology/ Marine and Subsea Technology, Stavanger, 2016, 148 s. (Yüksek Lisans Tezi)

- [11] Aguire, A., Lozano, A., Villamane, M., Ferrero B., & Matey L. OLYMPUS: An intelligent interactive learning platform for procedural tasks, The International Conference on Computer Graphics Theory and Applications, Şubat, 2012, (Bildiri Özetleri, 543-550)
- [12] Taha, W.A. Disturbance Rejection Optimization Algorithm for A Grid-Connected Voltage Source Converter, The Petroleum Institute, Electrical Engineering, Abu Dhabi, 2015, 136 s. (Yüksek Lisans Tezi)
- [13] Abbas, Y.M.E. Studies on The Nonlinear Interactions Associated with Moored Semi Submersible Offshore Platforms, Petronas University, Civil Engineering Department, Perak, 2011, 244 s. (Doktora Tezi)
- [14] Thoma, M.I. Modeling Near Surface, Gas-Induced Seafloor Deformation Using Thin Plate Mechanics in the Thunder Horse Oil Field, Gulf of Mexico and Ninilchik Field, Cook Inlet Basin, Alaska, Louisiana State University, The Department of Geology and Geophysics, Science, ABD, 2014, 90 s. (Yüksek Lisans Tezi)
- [15] Kuuskraa V.A., Oudinot A., & Wallace M., Petronius Offshore Oil Field Case Study, National Energy Technology Laboratory, ABD, 16 Mayıs, 2020, (Teknik Rapor, 30 s.)
- [16] Cabrera, J.H., & Avilar, J.M. (2016). Structural design of a jacket platform to the colombian caribbean sea. *Ship Science & Technology*, (10)19, 61-69.
- [17] Gökçe, K.T., & Keyder E. (1991). Açık deniz yapı tipleri ve tasarım ilkeleri. *İMO Teknik Dergi*, 30, 395-403.
- [18] Mohan P., & Sidhaarth K.R.A. (2013). Kumar v.s., modeling and analysis of offshore jacket platform. *Int. J. Adv. Eng. Technol*, 6(3), 1160-1168.
- [19] Asgarian, B., Mohebbinejad, A., & Soltani, R.H. (2004). Simplified method to assess dynamic response of jacket type offshore platforms subjected to wave loading, *International Conference on Offshore Mechanics and Arctic Engineering*, 37432, 685-692.
- [20] Frieze, P.A. (2007). Offshore structure design and construction. *Ships and Offshore Structures*, 2, 172.
- [21] Toğan V., Daloğlu A., & Karadeniz H. (2010). Yapı sistemlerinin sürekli ve ayrık tasarım değişkenleri ile güvenilirliğe dayalı optimizasyonu. *İMO Teknik Dergi*, 335, 5135-5159.
- [22] Yalçın, Y., Çevik, E., & Çelikoğlu, Y. (1998). *Kıyı ve Liman Mühendisliği*, İMO Ankara Şube, 401 s.

- [23] Thompson P. Statistical Techniques for Extreme Wave Condition Analysis in Coastal Design, University of Plymouth, School of Engineering, Faculty of Technology, United Kingdom, 2009, 22 s. (Doktora Tezi)
- [24] Sen, B. Gravitation Wave Data Analysis and Parameter Estimation, University Leiden, Faculty of Physics, The Netherlands, 2022, 54 s. (Yüksek Lisans Tezi)
- [25] Khalid M.Y. Laboratory Experiments on Water Wave Generation, University of Dundee, School of Science and Engineering, United Kingdom, 2020, 41 S. (Honours Project)
- [26] Berkhoff, J.C.W. Mathematical Models for Simple Harmonic Linear Water Waves Wave Diffraction and Refraction, Electrical Engineering, Mathematics and Computer Science, 1976, 103 s. (Doktora Tezi)
- [27] Holmes P., Coastal Processes: Waves, Professional Development Programme: Coastal Infrastructure Design, Construction and Maintenance, 18-21 Haziran, 2001, Saint Lucia, (A Course in Coastal Defense Systems I, 22 s.)
- [28] Berkhoff, J.C.W. (1990). Nonlinear wave theories. *Ocean Engineering Science*, 9, 1-19.
- [29] Dommermuth, D., Yue, K.P.D., Lin, W.M., Rapp, R.J. (1988). Deep-water plunging breakers: a comparison between potential theory and experiments. *Journal of Fluid Mechanics*, 189, 423-442
- [30] Berkhoff, J.C.W. (1996). Fundamentals concerning stokes waves. *Transactions on Engineering Science*, 9, 289-298.
- [31] Tsuchiya. Y., & Yasuda, T. (1981). A new approach to stokes wave theory. *Bulletin of the Disaster Prevention Research Institute*, 31(1), 17-34.
- [32] Terro, M.J., & Rohman, M.A. (2007). Wave induced forces in offshore structures using linear and nonlinear forms of morison's equation. *Journal of Vibration and Control*, 13(2), 139-157.
- [33] Dağlı, B. Y., Uncu D., & Tuskan Y. (2019). Deniz boru hattı dinamik davranışının sonlu elemanlar yöntemi ile analizi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 23(2), 404-410.
- [34] Gökkuş Ü., & Varol B.Y. (2013). Düzenli dalga etkisinde ve asılı konumda bulunan deniz boru hattının tesir çizgisi yöntemi ile analizi. *C.B.Ü. Fen Bilimleri Dergisi*, 8(2), 31-42.

- [35] Ergin İ. Uzak Kafes Tipi Açık Deniz Yapılarının Dinamik Analizi, Celal Bayar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Manisa, 2015, 53 s. (Yüksek Lisans Tezi)
- [36] Sarker, S., Kim, D., Azad, M.S., Chana, S., & Guk, S. (2021). Influence of Optimal Intensity Measures Selection in Engineering Demand Parameter of Fixed Jacket Offshore Platform. *Applied Sciences*, 11(22), 2-17.
- [37] Mirtaheri M., Alanjari P., Asareh, M., & Zakeri H. (2009). Effect of joint flexibility on overall behavior of jacket type offshore platforms. *American Journal of Engineering and Applied Sciences*. 2(1), 25-30.
- [38] Iskandar, M.A.A.B.M. Numerical Study of Topology Optimization of Jacket Platform: A Review, Petronas University, Mechanical Engineering Department, Perak, 2020, 244 s. (Yüksek Lisans Tezi)
- [39] Ni, L., & Ge, Y. (2019). Structural optimization of jacket platform based on genetic algorithm, *Conference Series Earth and Environmental Science*, 242(3), 1-7.
- [40] Dağlı B.Y., Deniz Boru Hatları Dinamik Analizi, Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Manisa, 2008, 129 s. (Yüksek Lisans Tezi)
- [41] Rolfes, R., Gebhardt, C.G., & Hafele, J. (2019). A comparison study on jacket substructures for offshore wind turbines based on optimization. *Wind Energy Science*, 4(1), 23-40.
- [42] Yiğit, M.E. Dalga, Sediment Ve Sıvılaştan Zemin İtkilerine Maruz Rıhtım Kazıklarının Dinamik Davranışlarının Modellenmesi, Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Manisa, 2019, 173 s. (Doktora Tezi)
- [43] Gezin H., Lineer İstatistiksel Modeller, Çok Değişkenli Lineer Regresyonda İstatistiksel Testlerin Geometrik Yorumu ve Geometrik Olarak Kolay Korelasyon Bilgileri. Ordu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Matematik Anabilim Dalı, Ordu, 2016, 125 s. (Yüksek Lisans Tezi)
- [44] Sunthornjittanon S., Linear Regression Analysis on Net Income of an Agrochemical Company in Thailand, Portland State University, Mathematics and Statistics, Portland, 2015, 29 s. (Honors Theses)



EKLER

Tablo 36. EK A1. 3. Model D=400 mm Hidrodinamik Kuvvetler

Tablo 37. EK A2. 3. Model D=500 mm Hidrodinamik Kuvvetler

Tablo 38. EK A3. 3. Model D=600 mm Hidrodinamik Kuvvetler



EK A1. 3. Model D=400 mm Hidrodinamik Kuvvet

DÜĞÜM	t	T	H	D	z	u	w	F _D	F _I	F _H (N/m)
1	1	11	5	0,4	-55	0,36	0,00	14,05	-209,49	-195,44
1	2	11	5	0,4	-55	0,18	0,00	3,40	-352,38	-348,98
1	3	11	5	0,4	-55	-0,06	0,00	-0,41	-383,31	-383,72
1	4	11	5	0,4	-55	-0,28	0,00	-8,51	-292,57	-301,08
1	5	11	5	0,4	-55	-0,41	0,00	-18,19	-109,04	-127,24
1	6	11	5	0,4	-55	-0,41	0,00	-18,19	109,04	90,85
1	7	11	5	0,4	-55	-0,28	0,00	-8,51	292,57	284,06
1	8	11	5	0,4	-55	-0,06	0,00	-0,41	383,31	382,90
1	9	11	5	0,4	-55	0,18	0,00	3,40	352,38	355,78
1	10	11	5	0,4	-55	0,36	0,00	14,05	209,49	223,54
1	11	11	5	0,4	-55	0,43	0,00	19,89	0,00	19,89
2	1	11	5	0,4	-55	0,36	0,00	14,05	-209,49	-195,44
2	2	11	5	0,4	-55	0,18	0,00	3,40	-352,38	-348,98
2	3	11	5	0,4	-55	-0,06	0,00	-0,41	-383,31	-383,72
2	4	11	5	0,4	-55	-0,28	0,00	-8,51	-292,57	-301,08
2	5	11	5	0,4	-55	-0,41	0,00	-18,19	-109,04	-127,24
2	6	11	5	0,4	-55	-0,41	0,00	-18,19	109,04	90,85
2	7	11	5	0,4	-55	-0,28	0,00	-8,51	292,57	284,06
2	8	11	5	0,4	-55	-0,06	0,00	-0,41	383,31	382,90
2	9	11	5	0,4	-55	0,18	0,00	3,40	352,38	355,78
2	10	11	5	0,4	-55	0,36	0,00	14,05	209,49	223,54
2	11	11	5	0,4	-55	0,43	0,00	19,89	0,00	19,89
3	1	11	5	0,4	-55	0,36	0,00	14,05	-209,49	-195,44
3	2	11	5	0,4	-55	0,18	0,00	3,40	-352,38	-348,98
3	3	11	5	0,4	-55	-0,06	0,00	-0,41	-383,31	-383,72
3	4	11	5	0,4	-55	-0,28	0,00	-8,51	-292,57	-301,08
3	5	11	5	0,4	-55	-0,41	0,00	-18,19	-109,04	-127,24
3	6	11	5	0,4	-55	-0,41	0,00	-18,19	109,04	90,85
3	7	11	5	0,4	-55	-0,28	0,00	-8,51	292,57	284,06
3	8	11	5	0,4	-55	-0,06	0,00	-0,41	383,31	382,90
3	9	11	5	0,4	-55	0,18	0,00	3,40	352,38	355,78
3	10	11	5	0,4	-55	0,36	0,00	14,05	209,49	223,54
3	11	11	5	0,4	-55	0,43	0,00	19,89	0,00	19,89
4	1	11	5	0,4	-38	0,43	0,49	19,67	-247,78	-228,11
4	2	11	5	0,4	-38	0,21	0,83	4,74	-416,72	-411,98
4	3	11	5	0,4	-38	-0,07	0,89	-0,58	-453,21	-453,80
4	4	11	5	0,4	-38	-0,33	0,68	-11,90	-345,87	-357,77
4	5	11	5	0,4	-38	-0,49	0,25	-25,40	-128,90	-154,29
4	6	11	5	0,4	-38	-0,49	-0,25	-25,40	128,90	103,50
4	7	11	5	0,4	-38	-0,33	-0,68	-11,90	345,87	333,97

4	8	11	5	0,4	-38	-0,07	-0,89	-0,58	453,21	452,63
4	9	11	5	0,4	-38	0,21	-0,83	4,74	416,72	421,46
4	10	11	5	0,4	-38	0,43	-0,49	19,67	247,78	267,44
4	11	11	5	0,4	-38	0,51	0,00	27,86	0,00	27,86
5	1	11	5	0,4	-38	0,43	0,49	19,67	-247,78	-228,11
5	2	11	5	0,4	-38	0,21	0,83	4,74	-416,72	-411,98
5	3	11	5	0,4	-38	-0,07	0,89	-0,58	-453,21	-453,80
5	4	11	5	0,4	-38	-0,33	0,68	-11,90	-345,87	-357,77
5	5	11	5	0,4	-38	-0,49	0,25	-25,40	-128,90	-154,29
5	6	11	5	0,4	-38	-0,49	-0,25	-25,40	128,90	103,50
5	7	11	5	0,4	-38	-0,33	-0,68	-11,90	345,87	333,97
5	8	11	5	0,4	-38	-0,07	-0,89	-0,58	453,21	452,63
5	9	11	5	0,4	-38	0,21	-0,83	4,74	416,72	421,46
5	10	11	5	0,4	-38	0,43	-0,49	19,67	247,78	267,44
5	11	11	5	0,4	-38	0,51	0,00	27,86	0,00	27,86
6	1	11	5	0,4	-25	0,58	0,98	36,27	-336,37	-300,10
6	2	11	5	0,4	-25	0,28	1,64	8,68	-565,55	-556,87
6	3	11	5	0,4	-25	-0,10	1,78	-1,10	-614,84	-615,94
6	4	11	5	0,4	-25	-0,45	1,35	-21,92	-469,05	-490,97
6	5	11	5	0,4	-25	-0,66	0,50	-46,60	-174,77	-221,37
6	6	11	5	0,4	-25	-0,66	-0,50	-46,60	174,77	128,17
6	7	11	5	0,4	-25	-0,45	-1,35	-21,92	469,05	447,13
6	8	11	5	0,4	-25	-0,10	-1,78	-1,10	614,84	613,75
6	9	11	5	0,4	-25	0,28	-1,64	8,68	565,55	574,23
6	10	11	5	0,4	-25	0,58	-0,98	36,27	336,37	372,63
6	11	11	5	0,4	-25	0,69	0,00	51,48	0,00	51,48
7	1	11	5	0,4	-25	0,58	0,98	36,27	-336,37	-300,10
7	2	11	5	0,4	-25	0,28	1,64	8,68	-565,55	-556,87
7	3	11	5	0,4	-25	-0,10	1,78	-1,10	-614,84	-615,94
7	4	11	5	0,4	-25	-0,45	1,35	-21,92	-469,05	-490,97
7	5	11	5	0,4	-25	-0,66	0,50	-46,60	-174,77	-221,37
7	6	11	5	0,4	-25	-0,66	-0,50	-46,60	174,77	128,17
7	7	11	5	0,4	-25	-0,45	-1,35	-21,92	469,05	447,13
7	8	11	5	0,4	-25	-0,10	-1,78	-1,10	614,84	613,75
7	9	11	5	0,4	-25	0,28	-1,64	8,68	565,55	574,23
7	10	11	5	0,4	-25	0,58	-0,98	36,27	336,37	372,63
7	11	11	5	0,4	-25	0,69	0,00	51,48	0,00	51,48
8	1	11	5	0,4	-3	1,15	2,37	142,34	-665,64	-523,30
8	2	11	5	0,4	-3	0,56	3,96	33,23	-1118,13	-1084,90
8	3	11	5	0,4	-3	-0,21	4,25	-4,62	-1214,13	-1218,75
8	4	11	5	0,4	-3	-0,89	3,21	-85,75	-925,21	-1010,96
8	5	11	5	0,4	-3	-1,29	1,19	-179,92	-344,50	-524,42
8	6	11	5	0,4	-3	-1,29	-1,19	-179,92	344,50	164,58
8	7	11	5	0,4	-3	-0,89	-3,21	-85,75	925,21	839,45

8	8	11	5	0,4	-3	-0,21	-4,25	-4,62	1214,13	1209,51
8	9	11	5	0,4	-3	0,56	-3,96	33,23	1118,13	1151,36
8	10	11	5	0,4	-3	1,15	-2,37	142,34	665,64	807,97
8	11	11	5	0,4	-3	1,37	0,00	203,24	0,00	203,24
9	1	11	5	0,4	-3	1,15	2,37	142,34	-665,64	-523,30
9	2	11	5	0,4	-3	0,56	3,96	33,23	-1118,13	-1084,90
9	3	11	5	0,4	-3	-0,21	4,25	-4,62	-1214,13	-1218,75
9	4	11	5	0,4	-3	-0,89	3,21	-85,75	-925,21	-1010,96
9	5	11	5	0,4	-3	-1,29	1,19	-179,92	-344,50	-524,42
9	6	11	5	0,4	-3	-1,29	-1,19	-179,92	344,50	164,58
9	7	11	5	0,4	-3	-0,89	-3,21	-85,75	925,21	839,45
9	8	11	5	0,4	-3	-0,21	-4,25	-4,62	1214,13	1209,51
9	9	11	5	0,4	-3	0,56	-3,96	33,23	1118,13	1151,36
9	10	11	5	0,4	-3	1,15	-2,37	142,34	665,64	807,97
9	11	11	5	0,4	-3	1,37	0,00	203,24	0,00	203,24

EK A2. 3. Model D=500 mm Hidrodinamik Kuvvet

DÜĞÜM	t	T	H	D	z	u	w1	F_D	F_I	F_H (N/m)
1	1	11	5	0,5	-55	0,36	0,00	14,05	-209,49	-195,44
1	2	11	5	0,5	-55	0,18	0,00	3,40	-352,38	-348,98
1	3	11	5	0,5	-55	-0,06	0,00	-0,41	-383,31	-383,72
1	4	11	5	0,5	-55	-0,28	0,00	-8,51	-292,57	-301,08
1	5	11	5	0,5	-55	-0,41	0,00	-18,19	-109,04	-127,24
1	6	11	5	0,5	-55	-0,41	0,00	-18,19	109,04	90,85
1	7	11	5	0,5	-55	-0,28	0,00	-8,51	292,57	284,06
1	8	11	5	0,5	-55	-0,06	0,00	-0,41	383,31	382,90
1	9	11	5	0,5	-55	0,18	0,00	3,40	352,38	355,78
1	10	11	5	0,5	-55	0,36	0,00	14,05	209,49	223,54
1	11	11	5	0,5	-55	0,43	0,00	19,89	0,00	19,89
2	1	11	5	0,5	-55	0,36	0,00	14,05	-209,49	-195,44
2	2	11	5	0,5	-55	0,18	0,00	3,40	-352,38	-348,98
2	3	11	5	0,5	-55	-0,06	0,00	-0,41	-383,31	-383,72
2	4	11	5	0,5	-55	-0,28	0,00	-8,51	-292,57	-301,08
2	5	11	5	0,5	-55	-0,41	0,00	-18,19	-109,04	-127,24
2	6	11	5	0,5	-55	-0,41	0,00	-18,19	109,04	90,85
2	7	11	5	0,5	-55	-0,28	0,00	-8,51	292,57	284,06
2	8	11	5	0,5	-55	-0,06	0,00	-0,41	383,31	382,90
2	9	11	5	0,5	-55	0,18	0,00	3,40	352,38	355,78
2	10	11	5	0,5	-55	0,36	0,00	14,05	209,49	223,54
2	11	11	5	0,5	-55	0,43	0,00	19,89	0,00	19,89
3	1	11	5	0,5	-55	0,36	0,00	14,05	-209,49	-195,44
3	2	11	5	0,5	-55	0,18	0,00	3,40	-352,38	-348,98

3	3	11	5	0,5	-55	-0,06	0,00	-0,41	-383,31	-383,72
3	4	11	5	0,5	-55	-0,28	0,00	-8,51	-292,57	-301,08
3	5	11	5	0,5	-55	-0,41	0,00	-18,19	-109,04	-127,24
3	6	11	5	0,5	-55	-0,41	0,00	-18,19	109,04	90,85
3	7	11	5	0,5	-55	-0,28	0,00	-8,51	292,57	284,06
3	8	11	5	0,5	-55	-0,06	0,00	-0,41	383,31	382,90
3	9	11	5	0,5	-55	0,18	0,00	3,40	352,38	355,78
3	10	11	5	0,5	-55	0,36	0,00	14,05	209,49	223,54
3	11	11	5	0,5	-55	0,43	0,00	19,89	0,00	19,89
4	1	11	5	0,5	-38	0,43	0,49	19,67	-247,78	-228,11
4	2	11	5	0,5	-38	0,21	0,83	4,74	-416,72	-411,98
4	3	11	5	0,5	-38	-0,07	0,89	-0,58	-453,21	-453,80
4	4	11	5	0,5	-38	-0,33	0,68	-11,90	-345,87	-357,77
4	5	11	5	0,5	-38	-0,49	0,25	-25,40	-128,90	-154,29
4	6	11	5	0,5	-38	-0,49	-0,25	-25,40	128,90	103,50
4	7	11	5	0,5	-38	-0,33	-0,68	-11,90	345,87	333,97
4	8	11	5	0,5	-38	-0,07	-0,89	-0,58	453,21	452,63
4	9	11	5	0,5	-38	0,21	-0,83	4,74	416,72	421,46
4	10	11	5	0,5	-38	0,43	-0,49	19,67	247,78	267,44
4	11	11	5	0,5	-38	0,51	0,00	27,86	0,00	27,86
5	1	11	5	0,5	-38	0,43	0,49	19,67	-247,78	-228,11
5	2	11	5	0,5	-38	0,21	0,83	4,74	-416,72	-411,98
5	3	11	5	0,5	-38	-0,07	0,89	-0,58	-453,21	-453,80
5	4	11	5	0,5	-38	-0,33	0,68	-11,90	-345,87	-357,77
5	5	11	5	0,5	-38	-0,49	0,25	-25,40	-128,90	-154,29
5	6	11	5	0,5	-38	-0,49	-0,25	-25,40	128,90	103,50
5	7	11	5	0,5	-38	-0,33	-0,68	-11,90	345,87	333,97
5	8	11	5	0,5	-38	-0,07	-0,89	-0,58	453,21	452,63
5	9	11	5	0,5	-38	0,21	-0,83	4,74	416,72	421,46
5	10	11	5	0,5	-38	0,43	-0,49	19,67	247,78	267,44
5	11	11	5	0,5	-38	0,51	0,00	27,86	0,00	27,86
6	1	11	5	0,5	-25	0,58	0,98	36,27	-336,37	-300,10
6	2	11	5	0,5	-25	0,28	1,64	8,68	-565,55	-556,87
6	3	11	5	0,5	-25	-0,10	1,78	-1,10	-614,84	-615,94
6	4	11	5	0,5	-25	-0,45	1,35	-21,92	-469,05	-490,97
6	5	11	5	0,5	-25	-0,66	0,50	-46,60	-174,77	-221,37
6	6	11	5	0,5	-25	-0,66	-0,50	-46,60	174,77	128,17
6	7	11	5	0,5	-25	-0,45	-1,35	-21,92	469,05	447,13
6	8	11	5	0,5	-25	-0,10	-1,78	-1,10	614,84	613,75
6	9	11	5	0,5	-25	0,28	-1,64	8,68	565,55	574,23
6	10	11	5	0,5	-25	0,58	-0,98	36,27	336,37	372,63
6	11	11	5	0,5	-25	0,69	0,00	51,48	0,00	51,48
7	1	11	5	0,5	-25	0,58	0,98	36,27	-336,37	-300,10
7	2	11	5	0,5	-25	0,28	1,64	8,68	-565,55	-556,87

7	3	11	5	0,5	-25	-0,10	1,78	-1,10	-614,84	-615,94
7	4	11	5	0,5	-25	-0,45	1,35	-21,92	-469,05	-490,97
7	5	11	5	0,5	-25	-0,66	0,50	-46,60	-174,77	-221,37
7	6	11	5	0,5	-25	-0,66	-0,50	-46,60	174,77	128,17
7	7	11	5	0,5	-25	-0,45	-1,35	-21,92	469,05	447,13
7	8	11	5	0,5	-25	-0,10	-1,78	-1,10	614,84	613,75
7	9	11	5	0,5	-25	0,28	-1,64	8,68	565,55	574,23
7	10	11	5	0,5	-25	0,58	-0,98	36,27	336,37	372,63
7	11	11	5	0,5	-25	0,69	0,00	51,48	0,00	51,48
8	1	11	5	0,5	-3	1,15	2,37	142,34	-665,64	-523,30
8	2	11	5	0,5	-3	0,56	3,96	33,23	-1118,13	-1084,90
8	3	11	5	0,5	-3	-0,21	4,25	-4,62	-1214,13	-1218,75
8	4	11	5	0,5	-3	-0,89	3,21	-85,75	-925,21	-1010,96
8	5	11	5	0,5	-3	-1,29	1,19	-179,92	-344,50	-524,42
8	6	11	5	0,5	-3	-1,29	-1,19	-179,92	344,50	164,58
8	7	11	5	0,5	-3	-0,89	-3,21	-85,75	925,21	839,45
8	8	11	5	0,5	-3	-0,21	-4,25	-4,62	1214,13	1209,51
8	9	11	5	0,5	-3	0,56	-3,96	33,23	1118,13	1151,36
8	10	11	5	0,5	-3	1,15	-2,37	142,34	665,64	807,97
8	11	11	5	0,5	-3	1,37	0,00	203,24	0,00	203,24
9	1	11	5	0,5	-3	1,15	2,37	142,34	-665,64	-523,30
9	2	11	5	0,5	-3	0,56	3,96	33,23	-1118,13	-1084,90
9	3	11	5	0,5	-3	-0,21	4,25	-4,62	-1214,13	-1218,75
9	4	11	5	0,5	-3	-0,89	3,21	-85,75	-925,21	-1010,96
9	5	11	5	0,5	-3	-1,29	1,19	-179,92	-344,50	-524,42
9	6	11	5	0,5	-3	-1,29	-1,19	-179,92	344,50	164,58
9	7	11	5	0,5	-3	-0,89	-3,21	-85,75	925,21	839,45
9	8	11	5	0,5	-3	-0,21	-4,25	-4,62	1214,13	1209,51
9	9	11	5	0,5	-3	0,56	-3,96	33,23	1118,13	1151,36
9	10	11	5	0,5	-3	1,15	-2,37	142,34	665,64	807,97
9	11	11	5	0,5	-3	1,37	0,00	203,24	0,00	203,24

EK A3. 3. Model D=600 mm Hidrodinamik Kuvvet

DÜĞÜM	t	T	H	D	z	u	w1	F_D	F_I	F_H (N/m)
1	1	11	5	0,6	-55	0,36	0,00	14,05	-209,49	-195,44
1	2	11	5	0,6	-55	0,18	0,00	3,40	-352,38	-348,98
1	3	11	5	0,6	-55	-0,06	0,00	-0,41	-383,31	-383,72
1	4	11	5	0,6	-55	-0,28	0,00	-8,51	-292,57	-301,08
1	5	11	5	0,6	-55	-0,41	0,00	-18,19	-109,04	-127,24
1	6	11	5	0,6	-55	-0,41	0,00	-18,19	109,04	90,85
1	7	11	5	0,6	-55	-0,28	0,00	-8,51	292,57	284,06
1	8	11	5	0,6	-55	-0,06	0,00	-0,41	383,31	382,90
1	9	11	5	0,6	-55	0,18	0,00	3,40	352,38	355,78
1	10	11	5	0,6	-55	0,36	0,00	14,05	209,49	223,54
1	11	11	5	0,6	-55	0,43	0,00	19,89	0,00	19,89
2	1	11	5	0,6	-55	0,36	0,00	14,05	-209,49	-195,44
2	2	11	5	0,6	-55	0,18	0,00	3,40	-352,38	-348,98
2	3	11	5	0,6	-55	-0,06	0,00	-0,41	-383,31	-383,72
2	4	11	5	0,6	-55	-0,28	0,00	-8,51	-292,57	-301,08
2	5	11	5	0,6	-55	-0,41	0,00	-18,19	-109,04	-127,24
2	6	11	5	0,6	-55	-0,41	0,00	-18,19	109,04	90,85
2	7	11	5	0,6	-55	-0,28	0,00	-8,51	292,57	284,06
2	8	11	5	0,6	-55	-0,06	0,00	-0,41	383,31	382,90
2	9	11	5	0,6	-55	0,18	0,00	3,40	352,38	355,78
2	10	11	5	0,6	-55	0,36	0,00	14,05	209,49	223,54
2	11	11	5	0,6	-55	0,43	0,00	19,89	0,00	19,89
3	1	11	5	0,6	-55	0,36	0,00	14,05	-209,49	-195,44
3	2	11	5	0,6	-55	0,18	0,00	3,40	-352,38	-348,98
3	3	11	5	0,6	-55	-0,06	0,00	-0,41	-383,31	-383,72
3	4	11	5	0,6	-55	-0,28	0,00	-8,51	-292,57	-301,08
3	5	11	5	0,6	-55	-0,41	0,00	-18,19	-109,04	-127,24
3	6	11	5	0,6	-55	-0,41	0,00	-18,19	109,04	90,85
3	7	11	5	0,6	-55	-0,28	0,00	-8,51	292,57	284,06
3	8	11	5	0,6	-55	-0,06	0,00	-0,41	383,31	382,90
3	9	11	5	0,6	-55	0,18	0,00	3,40	352,38	355,78
3	10	11	5	0,6	-55	0,36	0,00	14,05	209,49	223,54
3	11	11	5	0,6	-55	0,43	0,00	19,89	0,00	19,89
4	1	11	5	0,6	-38	0,43	0,49	19,67	-247,78	-228,11
4	2	11	5	0,6	-38	0,21	0,83	4,74	-416,72	-411,98
4	3	11	5	0,6	-38	-0,07	0,89	-0,58	-453,21	-453,80
4	4	11	5	0,6	-38	-0,33	0,68	-11,90	-345,87	-357,77
4	5	11	5	0,6	-38	-0,49	0,25	-25,40	-128,90	-154,29
4	6	11	5	0,6	-38	-0,49	-0,25	-25,40	128,90	103,50
4	7	11	5	0,6	-38	-0,33	-0,68	-11,90	345,87	333,97
4	8	11	5	0,6	-38	-0,07	-0,89	-0,58	453,21	452,63

4	9	11	5	0,6	-38	0,21	-0,83	4,74	416,72	421,46
4	10	11	5	0,6	-38	0,43	-0,49	19,67	247,78	267,44
4	11	11	5	0,6	-38	0,51	0,00	27,86	0,00	27,86
5	1	11	5	0,6	-38	0,43	0,49	19,67	-247,78	-228,11
5	2	11	5	0,6	-38	0,21	0,83	4,74	-416,72	-411,98
5	3	11	5	0,6	-38	-0,07	0,89	-0,58	-453,21	-453,80
5	4	11	5	0,6	-38	-0,33	0,68	-11,90	-345,87	-357,77
5	5	11	5	0,6	-38	-0,49	0,25	-25,40	-128,90	-154,29
5	6	11	5	0,6	-38	-0,49	-0,25	-25,40	128,90	103,50
5	7	11	5	0,6	-38	-0,33	-0,68	-11,90	345,87	333,97
5	8	11	5	0,6	-38	-0,07	-0,89	-0,58	453,21	452,63
5	9	11	5	0,6	-38	0,21	-0,83	4,74	416,72	421,46
5	10	11	5	0,6	-38	0,43	-0,49	19,67	247,78	267,44
5	11	11	5	0,6	-38	0,51	0,00	27,86	0,00	27,86
6	1	11	5	0,6	-25	0,58	0,98	36,27	-336,37	-300,10
6	2	11	5	0,6	-25	0,28	1,64	8,68	-565,55	-556,87
6	3	11	5	0,6	-25	-0,10	1,78	-1,10	-614,84	-615,94
6	4	11	5	0,6	-25	-0,45	1,35	-21,92	-469,05	-490,97
6	5	11	5	0,6	-25	-0,66	0,50	-46,60	-174,77	-221,37
6	6	11	5	0,6	-25	-0,66	-0,50	-46,60	174,77	128,17
6	7	11	5	0,6	-25	-0,45	-1,35	-21,92	469,05	447,13
6	8	11	5	0,6	-25	-0,10	-1,78	-1,10	614,84	613,75
6	9	11	5	0,6	-25	0,28	-1,64	8,68	565,55	574,23
6	10	11	5	0,6	-25	0,58	-0,98	36,27	336,37	372,63
6	11	11	5	0,6	-25	0,69	0,00	51,48	0,00	51,48
7	1	11	5	0,6	-25	0,58	0,98	36,27	-336,37	-300,10
7	2	11	5	0,6	-25	0,28	1,64	8,68	-565,55	-556,87
7	3	11	5	0,6	-25	-0,10	1,78	-1,10	-614,84	-615,94
7	4	11	5	0,6	-25	-0,45	1,35	-21,92	-469,05	-490,97
7	5	11	5	0,6	-25	-0,66	0,50	-46,60	-174,77	-221,37
7	6	11	5	0,6	-25	-0,66	-0,50	-46,60	174,77	128,17
7	7	11	5	0,6	-25	-0,45	-1,35	-21,92	469,05	447,13
7	8	11	5	0,6	-25	-0,10	-1,78	-1,10	614,84	613,75
7	9	11	5	0,6	-25	0,28	-1,64	8,68	565,55	574,23
7	10	11	5	0,6	-25	0,58	-0,98	36,27	336,37	372,63
7	11	11	5	0,6	-25	0,69	0,00	51,48	0,00	51,48
8	1	11	5	0,6	-3	1,15	2,37	142,34	-665,64	-523,30
8	2	11	5	0,6	-3	0,56	3,96	33,23	-1118,13	-1084,90
8	3	11	5	0,6	-3	-0,21	4,25	-4,62	-1214,13	-1218,75
8	4	11	5	0,6	-3	-0,89	3,21	-85,75	-925,21	-1010,96
8	5	11	5	0,6	-3	-1,29	1,19	-179,92	-344,50	-524,42
8	6	11	5	0,6	-3	-1,29	-1,19	-179,92	344,50	164,58
8	7	11	5	0,6	-3	-0,89	-3,21	-85,75	925,21	839,45
8	8	11	5	0,6	-3	-0,21	-4,25	-4,62	1214,13	1209,51

8	9	11	5	0,6	-3	0,56	-3,96	33,23	1118,13	1151,36
8	10	11	5	0,6	-3	1,15	-2,37	142,34	665,64	807,97
8	11	11	5	0,6	-3	1,37	0,00	203,24	0,00	203,24
9	1	11	5	0,6	-3	1,15	2,37	142,34	-665,64	-523,30
9	2	11	5	0,6	-3	0,56	3,96	33,23	-1118,13	-1084,90
9	3	11	5	0,6	-3	-0,21	4,25	-4,62	-1214,13	-1218,75
9	4	11	5	0,6	-3	-0,89	3,21	-85,75	-925,21	-1010,96
9	5	11	5	0,6	-3	-1,29	1,19	-179,92	-344,50	-524,42
9	6	11	5	0,6	-3	-1,29	-1,19	-179,92	344,50	164,58
9	7	11	5	0,6	-3	-0,89	-3,21	-85,75	925,21	839,45
9	8	11	5	0,6	-3	-0,21	-4,25	-4,62	1214,13	1209,51
9	9	11	5	0,6	-3	0,56	-3,96	33,23	1118,13	1151,36
9	10	11	5	0,6	-3	1,15	-2,37	142,34	665,64	807,97
9	11	11	5	0,6	-3	1,37	0,00	203,24	0,00	203,24