

YÜZER BALIK ÇİFTLİKLERİNİN ORCAFLEX PROGRAMIYLA MODELLENMESİ

Ayhan MENTEŞ, Alperen EKİNCİOĞLU

* *İstanbul Teknik Üniversitesi, Gemi İnşaatı ve Deniz Bilimleri Fakültesi*
mentes@itu.edu.tr, ekincioglu@itu.edu.tr

ÖZET

Balık çiftliklerinin kurulumunda, bilimsel yaklaşımlar kullanılarak olası sistemlerin tasarlanması önem arz etmektedir. Farklı balık çiftliği sistemlerinin araştırılması ve maruz kalacağı değişik çevre şartları altında modellenmesi; sistemlerin davranışının anlaşılması, risklerinin azaltılması ve daha güvenilir sistemlerin tasarlanması için gereklidir. Bu çalışmada, üç farklı yüzer balık çiftliği tasarlanmış (tek kafesli, iki kafesli ve üç kafesli silindirik sistemler) ve İzmir açıklarında seçilen bölge çevre şartları dikkate alınarak OrcaFlex programı yardımıyla analiz edilmiştir. Modellenen her sistem için bağlama hatlarına gelen yükler hesaplanmış ve elde edilen bulgular değerlendirilmiştir.

Anahtar kelimeler: Akuakültür, Yüzer Balık Çiftliği, OrcaFlex.

1. Giriş

Akuakültür, insanlığın besin arayışının sonucu olarak son yıllarda hızla büyüyen sektörlerden biri haline gelmiştir. Bugünlerde neredeyse hemen hemen her birey su ürünleri yetiştiriciliğini duymuş ve balık çiftliklerinde yetiştirilen ürünlere kolayca erişebildiğini bilmektedir. Akuakültür'ün sözlük anlamı sucul hayvan ve bitkilerin yetiştirilmesidir. Dünyada ve Türkiye'de gelişen teknoloji ile birlikte büyümesi hız kazanmakta ve git gide daha yaygın hale gelmektedir. Dünyada ve ülkemizde yıldan yıla gerçekleşen üretim verileri de bunu desteklemektedir. Türkiye muazzam iç su kaynakları ve denizlerinin sahip olduğu yüzey alanı ile büyük bir su ürünleri yetiştiricilik potansiyeline sahiptir.

Karasal hayvancılık ile karşılaştırıldığında balık çiftlikleri çok daha fazla çeşitlilik gösterir. Bunun nedeni üretime alınacak birçok tür olduğu gibi, her birinin ayrı karakteristik yapısının olmasıdır. Kimi türler deniz suyu ortamına ihtiyaç duyarken, kimileri tatlı suya, kimileri acı suya ihtiyaç duyarlar. Bölgesel şartların hüküm sürdüğü alanlarda balık çiftliklerinin çeşitliliği yoğun biçimde değişim gösterir. Bu durum kapsamlı, yoğun ve yarı-yoğun yetiştiriciliğe ve bunların alt kültürlerine ihtiyaç duyacak şekilde organize edilebilir. Gelişmiş pazar ekonomisine sahip endüstriyel ülkelerde balık yetiştiriciliği aşağıda belirtilenlerden bazıları veya tümünün etkisi altındadır.

- Üretimin her aşamasında amaca uygun birimlerin kullanılması,
- Tesis edilen hacimden veya kullanılan üretim alanından maksimum oranda pazara sunulacak ürün elde edilmesi için yüksek stoklama miktarı,
- Pelet formunda türün besinsel ihtiyaçlarını karşılayabilecek bilimsel olarak formüle edilmiş yem kullanımı,
- Beslenme, sınıflandırma ve hasat gibi operasyonlarda yüksek oranda otomasyon kullanımı,

- Üretimin anahtardan elde edilen yumurtalar kullanılarak türün pazar aşamasına kadar getirilmesinin sağlanması.
- Akuakültürün avantajları ve dezavantajları ise şu şekilde ifade edilebilir.

Avantajları:

- Yıllık bazda kaliteli ürün sağlar.
- Büyük miktarda istek ve talep edilen sucul ürünlerin temin edilebilmesini sağlar.
 - İstenilen zamanda temini mümkün kılar.
- Üretim çevresi ve alanı kontrol edilebilir.
 - Balıkların geliştikleri suyun kontaminasyonu olasılıklar ortadan kaldırılır.
- İnsan beslenmesinde gerekli ve yardımcı besleyici elementlerin alınmasını sağlar.

Dezavantajları:

- Bazı ürünlerin üretilmesinde teknoloji henüz yeterli değildir.
 - Çiftçi üreteceği ürünler için üretim yollarını ve şeklini bilmelidir. Şu anda bazı ürünlerin nasıl üretileceğine ilişkin yeterli bilgi yoktur. Akuakültür ile ilgili bilgi eksikliği mevcuttur
- Denizden yakalanan doğal balıklar ve canlılar ile yetiştirilen deniz ürünleri arasında rekabet vardır.

Akuakültür üretim sistemlerinin karmaşıklığı ve bu sektörün hızlı büyümesinin yol açtığı birçok zorluk nedeniyle, üreticilere teknolojik bilgi sağlamak ve karar vericilere alternatif sistem önerileri sağlamak için kapsamlı modelleme çabalarına ihtiyaç duyulmaktadır. Akuakültür sistemlerinin modellenmesi ile hipotezlerin ve teorilerin formülasyonu, incelenmesi ve iyileştirilmesi mümkün olmaktadır. Sistemlerin modellenmesi ile olası sonuçların tahminleri yapılabilir ve üreticiler için çeşitli yönetim stratejileri geliştirilebilir. Akuakültür sistem modellemesiyle bilinenler düzenlenerek neyin bilinmediğini belirleyen mekanizmalar elde edilebilir. Modelleme ile akuakültür sistemlerinin karmaşık etkileşimlerinin değerlendirilmesi kolaylaştırılabilir. Modelleme, akuakültür araştırmalarında daha nicel ve kesin yöntemlerin kullanımını hızlandırır. Teorik bilgiyi bütünleştirmek, bilginin eksik, az ve/veya tutarsız olduğu alanları belirlemek için laboratuvar ve saha çalışmaları ile desteklemek gereklidir.

Bu çalışmada, üç farklı yüzer balık çiftliği tasarlanmış (tek kafesli, iki kafesli ve üç kafesli silindirik sistemler) ve İzmir açıklarında seçilen bölge çevre şartları dikkate alınarak bir simülasyon programı yardımıyla analiz edilmiştir. Modellenen sistemlerde bağlama hatlarına gelen çekme kuvvetleri hesaplanmış ve birtakım çıkarımlarda bulunulmuştur. Böylece, akuakültür üreticilerine ve bu konuda çalışan insanlara akuakültür sistemlerinin etkileşimlerinin değerlendirilmesinde katkı sağlanmaya çalışılmıştır.

2. Akuakültür Sınıflandırılması

Kullanılan teknolojiye veya kullanılan üretim sistemine göre su ürünleri tesislerini ve üretim sistemlerini sınıflandırmanın birçok yolu vardır. “Kapsamlı”, “yoğun” ve “yarı-yoğun” su ürünleri yetiştiriciliğini birim hacim (m³) veya birim alan (m²) başına üretim bazında sınıflandırmanın yaygın yollarıdır.

2.1 Kapsamlı Akuakültür

Kapsamlı su ürünleri yetiştiriciliği, birim hacimce düşük üretim kapasitesine sahip üretim sistemlerini içerir. Yetiştirilen türler düşük yoğunlukta tutulur ve yapay maddelerin ve insan müdahalelerinin minimal girdisi vardır. Bu teknoloji, düşük bir teknoloji seviyesi ve birim hacim başına çok düşük yatırım anlamına gelmektedir. Bazı sazan yetiştiriciliği gibi ek beslemesiz gölet tarımı tipik bir örnektir. Bu tür çiftliklere deniz gölleri ve doğal göllerin yeniden stoklanması da dahil edilebilir.

2.2 Yoğun Akuakültür

Yoğun tarımda, birim hacim başına üretim çok daha fazladır ve bunu başarmak için daha fazla teknoloji ve yapay girdiler kullanılmalıdır. Birim hacim başına yatırım maliyeti de elbette daha yüksek olacaktır. En iyi büyüme koşullarının sürdürülmesi, yetiştirilen türlerin büyüme potansiyelini elde etmek için gereklidir. Ek besleme, hastalık kontrol yöntemleri ve etkin yetiştirme sistemleri de bu tür çiftlikleri karakterize eder. Hastalık salgınları riski yaygın tarımda olduğundan daha fazladır çünkü organizma maksimum performans için sürekli olarak vurgulanmaktadır. Somon yetiştiriciliği, yoğun su ürünleri yetiştiriciliğinin tipik bir örneğidir.

2.3 Yarı-Yoğun Akuakültür

Yukarıdaki üretim sistemlerini birleştirmek de mümkündür ve buna yarı-yoğun akuakültür denir. Akuakültür sistemleri ayrıca çiftlikte üretilen türlerin yaşam evrelerine göre de (yumurta, yavru, yavru veya yetişen gibi) sınıflandırılabilir. Çiftlikler de komple üretim sürecini kapsayabilir ve buna tam üretim denir.

Kullanılan çiftçilik teknolojisine bağlı olarak, üretim biriminin tasarımına ve işlevine dayanan sınıflandırmalar da vardır. Türler ve yaşam aşamasına bağımlı olacak şekilde balıklar için aşağıdaki sınıflandırmalar kullanılabilir:

- (1) kapalı üretim birimleri, balıklar dış ortamdan ayrılmış kapalı bir üretim biriminde tutulur.
- (2) ünitenin geçirgen duvarlara (ağlar) sahip olduğu açık üretim birimleri ve böylece balıklar çevredeki ortamdan kısmen etkilenir.

3. Balık Çiftlikleri

Balık çiftlikleri birçok değişkene sahip statik ve dinamik sistemler bütünüdür. Balık çiftlikleri karada ve denizde bulunabilirler. Bu çiftliklerinin bölümleri; kafesler, pompalar, borular ve demirleme sistemleri olarak sınıflandırılabilir. Kafes sistemleri balıkların bulunduğu alanı koruyan ağlar ve bu yükleri taşıyan taşıyıcı elemanlardan oluşur.

Verimli bir balık çiftliği elde etmek için öncelikle uygun bir bölge seçilmelidir. Bu uygun bölgedeki veriler istenilen üretim için en uygun seviyelerde olmalıdır. Çevresel faktörler, balık çiftliklerinde yapılacak üretim için büyük önem taşımaktadır. Balık çiftliklerinde yetiştirilen balıklar, deniz suyuna, içindeki minerallere ve uygun su sıcaklığına, denizin taşıma kapasitesine (bir bölgedeki çiftlik sayısına, tek bir çiftlikteki balık yoğunluğuna ve deniz alanının diğer kullanımlarına doğrudan bağlı kirlilik ve sedimantasyon artışı gibi etkenlere), kısaca denizel ekosistemin kendini yeniden üretme kapasitesine bağımlıdır. Üretimin yanı sıra üretimden sonraki işlemler için de büyük önem taşımaktadır. Örneğin

çiftlik sahası, ulaşım ve dağıtım ağlarına yakın olmalıdır. Balık çiftlikleri istenilen işe göre farklılıklar gösterir.

3.1 Kafesli Balık Çiftliği

İlk yöntem, göllere, göletlere ve balıkları içeren okyanuslara yerleştirilmiş kafesleri kullanan kafes sistemidir. Bu yöntem aynı zamanda deniz aşırı ekim olarak da adlandırılmaktadır. Balıklar kafes benzeri yapılarda tutulur ve yapay olarak beslenir ve toplanır. Balık yetiştiriciliği kafes yöntemi, özellikle hastalıkları ve çevresel kaygıları azaltarak yıllar boyunca sayısız teknolojik gelişme sağlamıştır.

3.2 Göletli Balık Çiftliği

İkinci yöntem, balık yetiştiriciliği için sulama hendek veya gölet sistemleridir. Bu yöntemin bu temel gereksinimi, suyu tutan bir hendek veya gölete sahip olmaktır. Bu benzersiz bir sistemdir, çünkü küçük bir seviyede balıklar yapay olarak beslenir ve balıklardan elde edilen atıklar daha sonra çiftçilerin tarlalarını gübrelemek için kullanılır. Daha büyük ölçekte, çoğunlukla göletlerde, gölet balık yemi için bitki ve yosun yetiştirdiği için kendi kendini sürdürür.

3.3 Karma Balık Kültürü Sistemi

Üçüncü balık yetiştiriciliği yöntemi hem yerel balık türlerinin hem de ithal balık türlerinin aynı havuzda bir arada bulunmasını sağlayan bir tür balık yetiştiriciliği olan karma balık kültürü olarak adlandırılmaktadır. Tür sayısı önemlidir, ancak bazen tek bir havuzda bir kaç balık türü olabilir. Balık türleri, türlerin bir arada bulunmalarını ve gıda rekabetini azaltmalarını sağlamak için her zaman dikkatli bir şekilde seçilmelidir.

3.4 Balık Çiftliği Entegre Geri Dönüşüm Sistemleri

Dördüncü balık yetiştiriciliği yöntemi, saf balık yetiştiriciliğinin en büyük ölçekli yöntemi olarak kabul edilen entegre geri dönüşüm sistemleri olarak adlandırılmaktadır. Bu yaklaşım bir seranın içine yerleştirilen büyük plastik tankları kullanır. Plastik tankların yanına yerleştirilen hidroponik yataklar bulunmaktadır. Plastik tanklardaki su, balık yemi atıklarının, hidroponik yataklarda yetişen bitkilerine besin sağlamaya gittiği topraksız yataklara dolaştırılır.

Son tür balık yetiştiriciliği yöntemi klasik yavru balık yetiştiriciliği olarak adlandırılır ve bu yönteme “sistem içinden akış” adı verilir. Bu, spor balık türlerinin yumurtalardan çıkarıldığı ve akıntılara bırakıldığı zamandır.

4. Yüzer Balık Çiftliği Modellemesi

4.1 Balık Çiftliklerinin Hidrodinamik Özellikleri

Yüzer balık çiftlikleri hidrodinamik yönden incelenmelidir. Çiftlik kafes sistemleri hidrodinamik özellikler bakımından çalışılacak deniz ortamına uygun olmalıdır. Yüzen balık çiftliklerinin değişik çevre şartları altındaki davranışını model testleri, simülasyon ve sayısal teknikler ile inceleyen birçok çalışma yapılmıştır. Lader ve Fredheim (2006), değişik çevre şartlarına maruz kalan iki

boyutlu bir esnek ağ yapısının tepkilerini araştırmak için bir kafes model uygulamıştır. Zhao ve diğerleri (2008), batık esnek düzlem ağların hidrodinamik özelliklerinin deneysel ve sayısal çalışmalarını yapmışlardır. Moe (2010), ABAQUS yazılımı ile dairesel-esnek tabanlı bir kafes üzerindeki sürüklenme kuvvetini hesaplamışlardır. Huang (2006), Zhao (2007), Lee ve diğ. (2008) dalgalarda ve akıntılarda kafes sistemleri deneysel ve sayısal olarak incelemiştir.

Önceki çalışmalarda ortak olan, problemin hidrodinamik kısmının genellikle aşırı basitleştirildiği, örneğin şamandıranın rijit olduğu varsayılmış ve şamandıranın hidrodinamik kuvvetlerinin iki boyutlu (2D) tahmini yapılmıştır. Ağ kafesi üzerindeki viskoz kuvvet Morison denklemi ile ağın gölgeleme etkisini ve ağ kafesi etrafındaki akış modifikasyonunu göz ardı ederek tahmin edilmiştir (Shen ve diğerleri, 2018). Li ve Faltinsen (2012) teorik olarak izole edilmiş elastik, demirli şamandıra sisteminin normal dalgalar halinde dikey tepkilerini incelemiştir. Üç boyutlu (3D) etkilerin, şamandıra ölçeğinde önemli frekansa bağlı hidrodinamik etkileşimlere neden olabileceğini belirtmişlerdir. Kristiansen ve Faltinsen (2012, 2015) deneysel ve sayısal olarak, dalgalar ve akıntıda elastik yüzdürücüye tutturulmuş esnek bir dipsiz ağ kafesini incelemiştir. Yaptıkları çalışmalarda şamandıranın elastikiyetinin bağlama yükleri için önemli olduğunu göstermişlerdir. Çalışmalarında net kafes, Marichal (2003) tarafından önerilen bir kafes model tarafından modellenmiş ve kafes üzerindeki hidrodinamik kuvvetler, hidrodinamik gölge ve Reynolds sayı etkisini açıklayan bir ekran modeliyle tahmin edilmiştir. Kafes sisteminde deformasyonlar yaşamasına rağmen önerilen hidrodinamik modelin güvenilir sonuçlar verdiğini göstermişlerdir. He ve diğerleri (2015) esnek ve kapalı ağ kafesi üzerindeki sürtünme kuvvetlerini sayısal ve deneysel olarak karşılaştırmış ve iyi sonuçlar elde etmişlerdir.

Kafes sistemleri için hidrodinamik hesaplar yapılırken genellikle iki yöntem kullanılır. Bunlardan birincisi sayısal yöntemlerdir. Sayısal yöntemler, sayısal hidrodinamik analiz için çoğunlukla Morison denklemlerini kullanır. Sayısal hesaplamalar üzerinden belirli teoriler üretilmiştir. Sayısal simülasyon ve model testleri ile hem normal hem de düzensiz dalgalarındaki yüzer balık çiftlikleri incelenir. Burada temel amaç güvenilir bir sayısal araç geliştirmek ve bu bakımdan sistemin hayatta kalma koşullarını araştırmaktır. Sistemin modellenmesinde hangi fiziksel parametrelerin baskın olduğunu araştırmak için sayısal duyarlılık analizi yapılır.

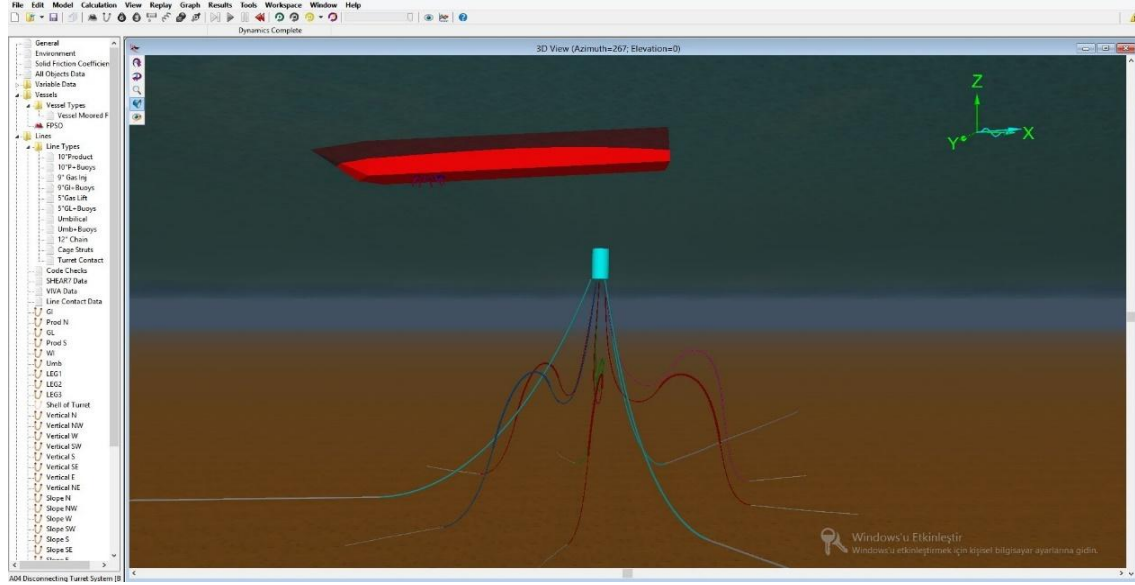
Bu çalışmada balık çiftlik modellemesi için Orcaflex programı kullanılmıştır (Orcina, 1987-2009). OrcaFlex programı tüm deniz rayzer çeşitlerini (katı ve esnek), küresel analizi, bağlama sistemlerini, montaj ve kule sistemlerini içerecek şekilde çok çeşitli sayıda açık deniz yapısının statik ve dinamik analizi için Orcina firması tarafından geliştirilmiş dinamik bir benzetim ve hesap programıdır (Şekil 1).

OrcaFlex programı dalga, akıntı ve dış tesirli hareketlerin etkisindeki esnek razyerler ve göbek bağlı (umbilical) kablolar gibi katı sistemlerinin hızlı ve doğru analizini yapmaya olanak sağlar. Elde edilen sonuçların anlaşılması için geniş bir grafik arayüzü vardır.

Bu program 3 boyutlu doğrusal olmayan sistemlerin zaman bölgesinde çözümünü yapan bir sonlu elemanlar programıdır. Matematik formülasyonu oldukça basitleştiren bir lumped-mass elemanı kullanılır ve programın çabuk ve etkili geliştirilmesi için yeni mühendislik gereksinimlerine uygun olup, sistem üzerine ilave kuvvet terimleri ve zorlamaların eklenmesine izin verir.

OrcaFlex ayrıca savunma, oşinografi ve yenilenebilir enerji sektörleri uygulamalarında da kullanılabilir. OrcaFlex ile yapılan modelleme bütünüyle üç boyutlu (3D) olup, çok kablolu sistemlerde, yüzen kablolarda, serbest bırakılan kablo dinamiğinde vb. kullanılabilir. Veriler gemi

hareketlerini, düzenli ve karışık dalgaları, rüzgar, akıntı vb. parametreleri içerir. Sonuç çıktıları grafik olarak ve sayısal veriler şeklinde elde edilir.



Şekil 1: OrcaFlex ile Modellenen FPSO Taret Sistemi

4.2 Balık Çiftliği Modellemesi ve Simülasyon Çalışmaları

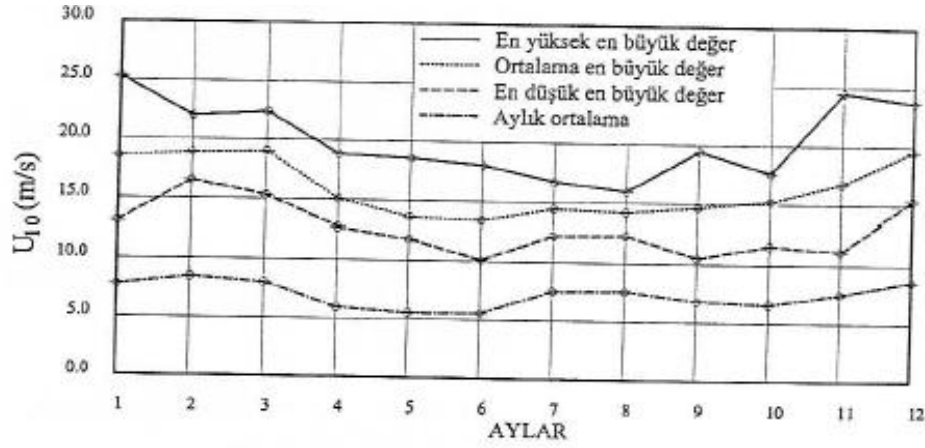
Konum ve Konuma Bağlı Veriler

İzmir ilinin Karaburun ilçe sınırlarını çevreleyen, Ege Denizi’de seçilen ve Tablo 1’de özellikleri bölgede kurulması planlanan balık çiftliği için OrcaFlex programı ile Tek Kafesli, İki Kafesli ve Üç Kafesli modeller hazırlanmış ve demirleme hatlarına gelen yükler incelenmiştir. Yapılan çalışmada bölgedeki ekstrem hava şartları dikkate alınarak gerçekleştirilmiştir.

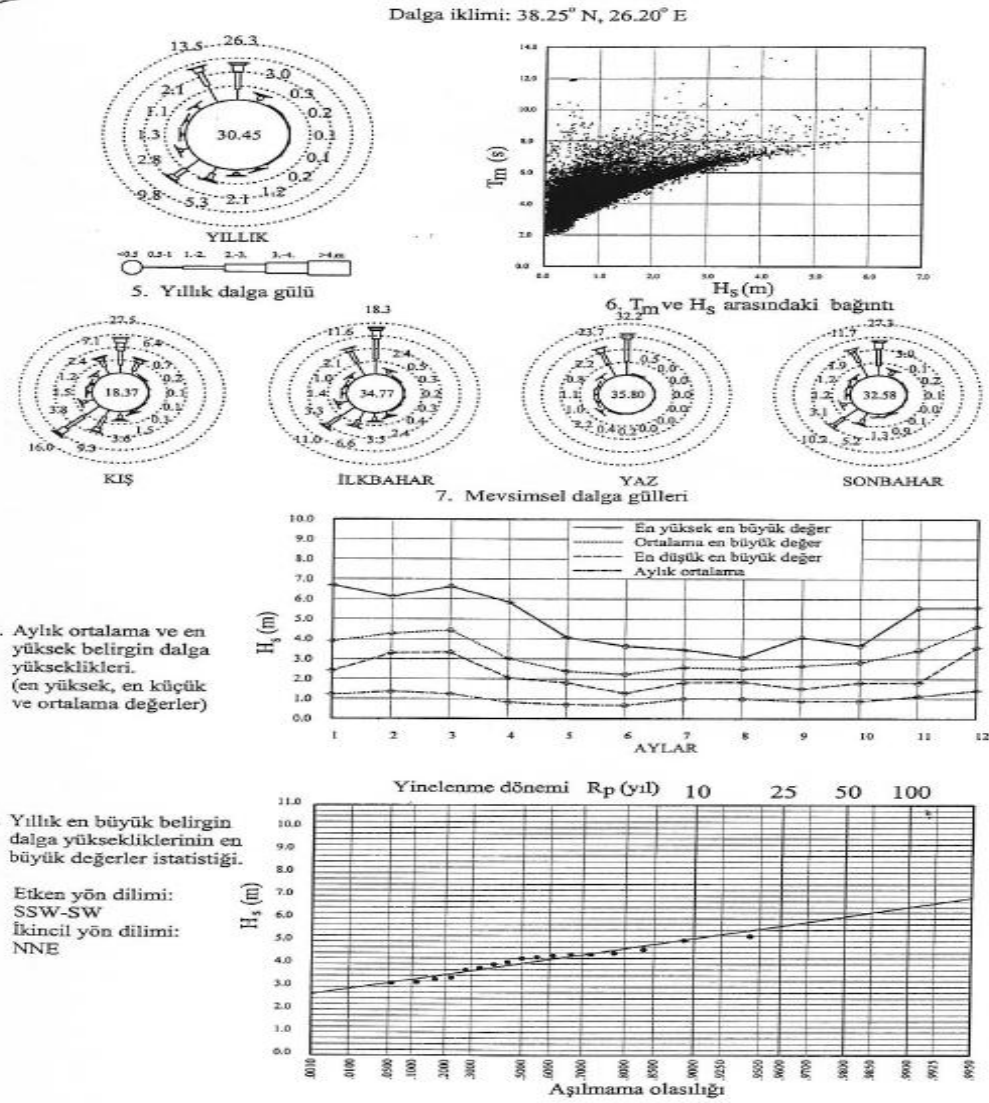
Tablo 1: Karaburun Deniz, Dalga ve Akıntı Değerleri

Konum	Maks. Dalga Yüksekliği (Hs)	T (s)	Akıntı Hızı (m/s)	Kinematik Viskozite (m ² /s)	Sıcaklık (C ⁰)	Derinlik (m)
38 ⁰ 27’10.96’’ K 26 ⁰ 28’48.31’’ D	5.2	10	0.5	1.35E-6	10	40

Dalga ve akıntı değerleri bulurken Türkiye Kıyıları Rüzgâr ve Derin Deniz Dalga Atlası (Özhan ve Abdalla, 2002) kullanılmıştır. Şekil 2 ve Şekil 3’de seçilen konumun rüzgâr ve dalga değerleri verilmiştir.



Şekil 2: Aylık Ortalama ve En Yüksek Rüzgâr Hızları (Özhan ve Abdalla, 2002).

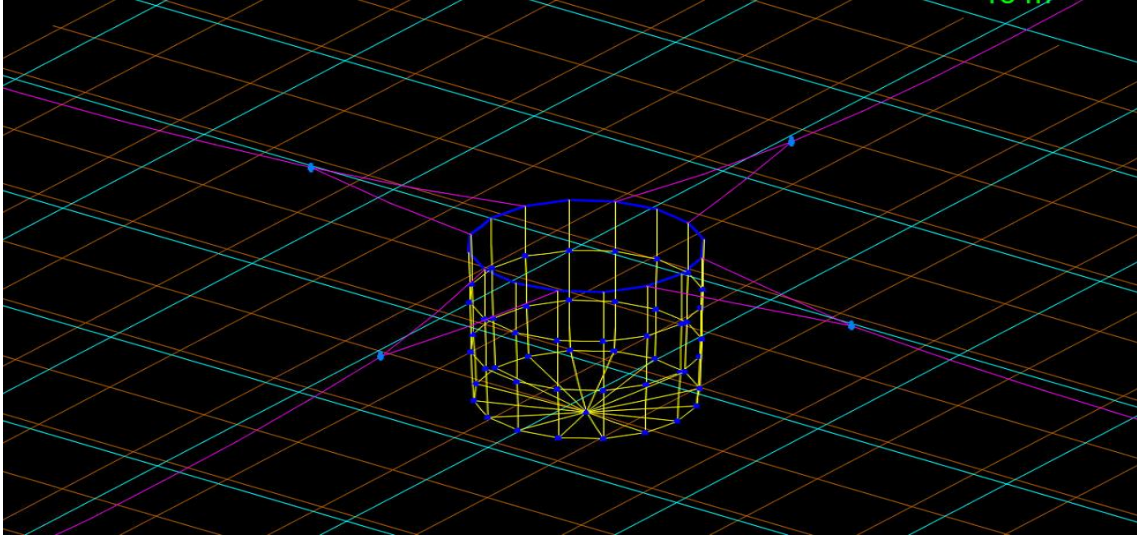


Şekil 3: Konuma Bağlı Dalga Değerleri (Özhan ve Abdalla, 2002)

Sistem Modellenmesi

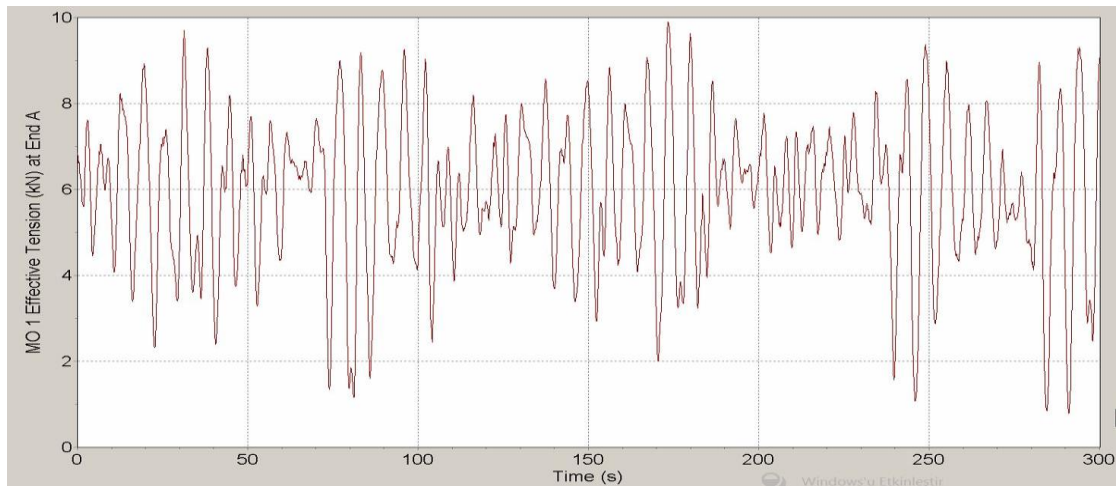
Bu çalışmada, Orcasflex programında değişik çevre şartları altında üç farklı akuakültür sistemi modellenmiş, farklı senaryolar için hesaplamalar yapılmış ama sadece uç çevre şartları için hesaplanan çekme kuvveti değerleri verilmiştir. Modeller 300 saniyelik zaman diliminde analiz edilmiştir.

Tek Kafesli Sistem

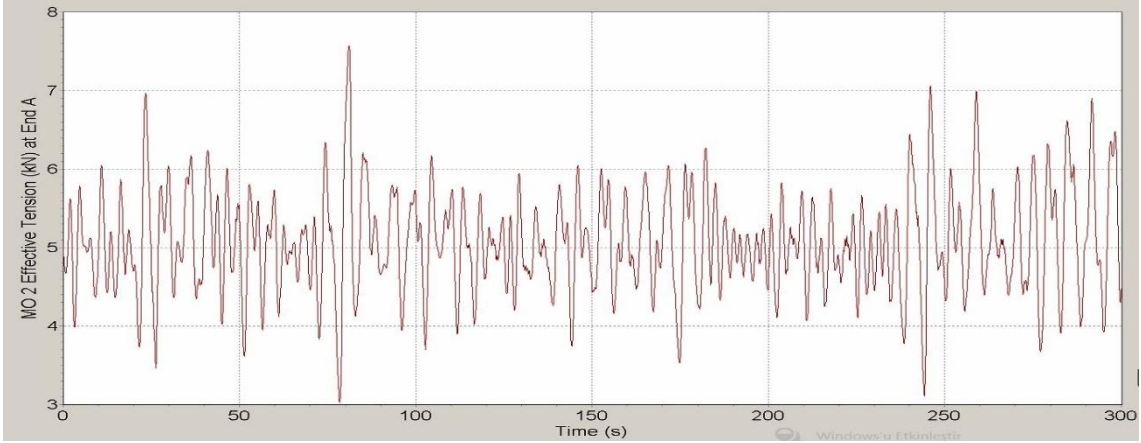


Şekil 4: Tek Kafesli Balık Çiftliği Modeli

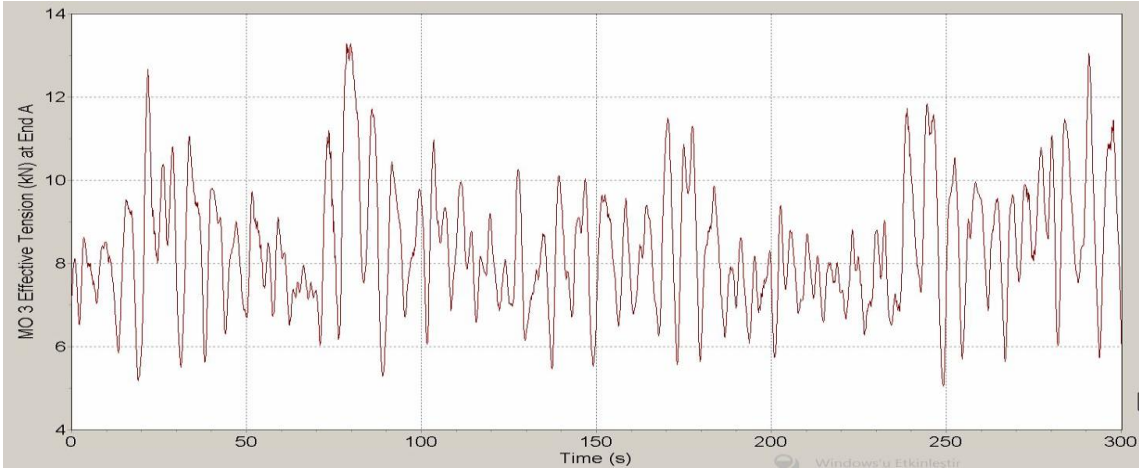
Tek Kafesli Sisteme gelen yükleri hesaplamak amacıyla Orcasflex programında modellemesi yapılmıştır. Tek kafesli sisteme (Şekil 4) gelen dalga ve akıntı yükleri için demirleme hatlarına etkiyen yükler Şekil 5-8'de verilmiştir.



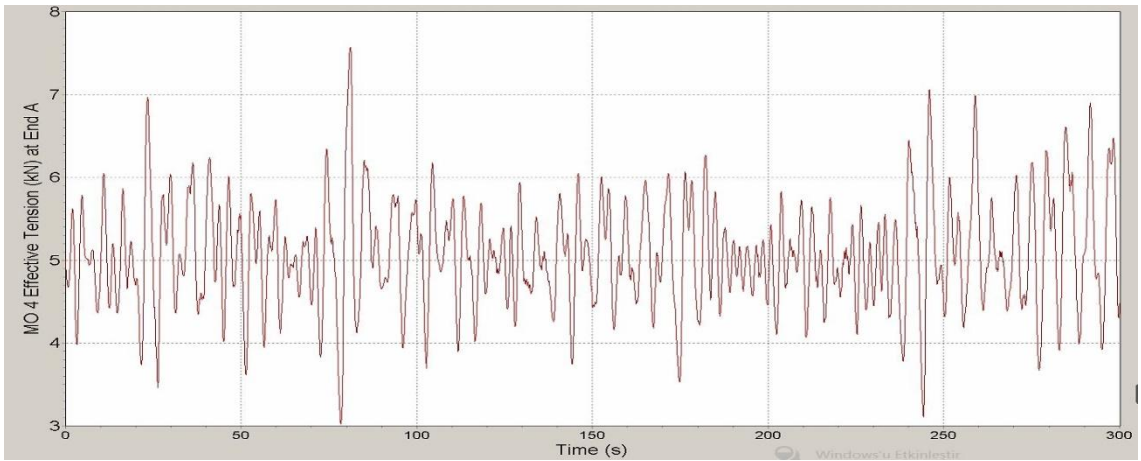
Şekil 5: Tek Kafesli Sistem Demirleme Hattı 1 Zamanla Çekme Kuvveti Değişimi



Şekil 6: Tek Kafesli Sistem Demirleme Hattı 2 Zamanla Çekme Kuvveti Değişimi



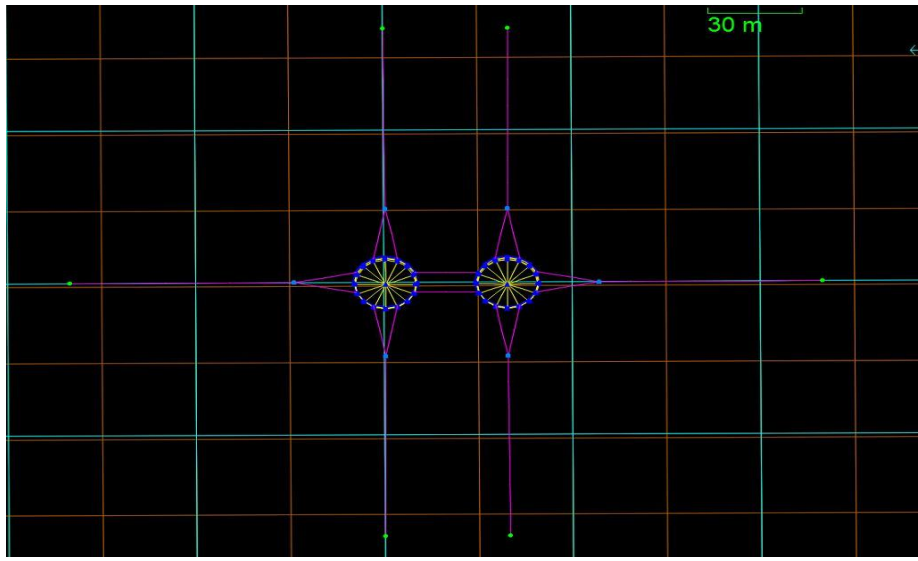
Şekil 7: Tek Kafesli Sistem Demirleme Hattı 3 Zamanla Çekme Kuvveti Değişimi



Şekil 8: Tek Kafesli Sistem Demirleme Hattı 4 Zamanla Çekme Kuvveti Değişimi

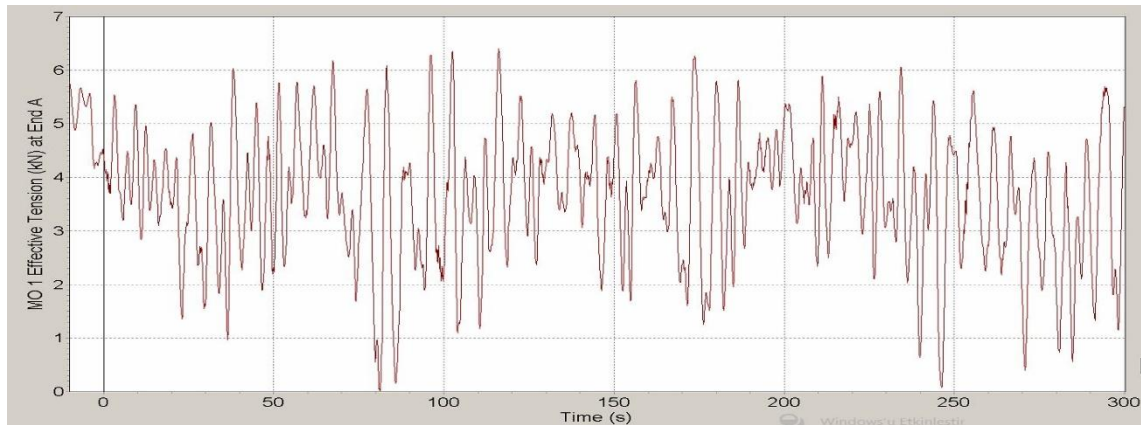
Şekil 4-7’de görüldüğü gibi, dinamik sistemde hatlar sürekli hareket halinde olduğu için demirleme hatlarına gelen çekme kuvvetleri de sürekli değişim halindedir. Demirleme Hattı 1’in maruz kaldığı maksimum yük 9,903 kN ‘dur. Ortalama çekme kuvveti ise 5,931 kN hesaplanmıştır. Demirleme Hattı 3’ün maruz kaldığı maksimum çekme kuvveti 13,286 kN ‘dur. Ortalama çekme kuvveti ise 8,354 kN olarak hesaplanmıştır. Demirleme 2 için maksimum çekme kuvveti 7,573 kN ve ortalama çekme kuvveti 5,069 kN hesaplanmıştır. Demirleme 4 için maksimum çekme kuvveti değeri 7,573 kN ve ortalama çekme kuvveti değeri 5,069 kN bulunmuştur. Sistemde ön gerilme olduğu için çekme kuvvetleri değerleri hep sıfırın üzerindedir.

İki Kafesli Model

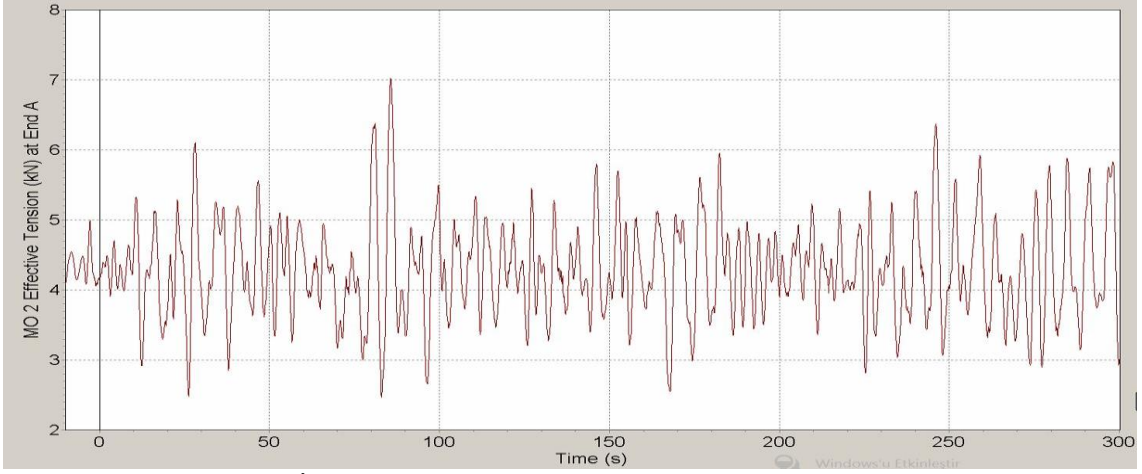


Şekil 9: İki Kafesli Sistem

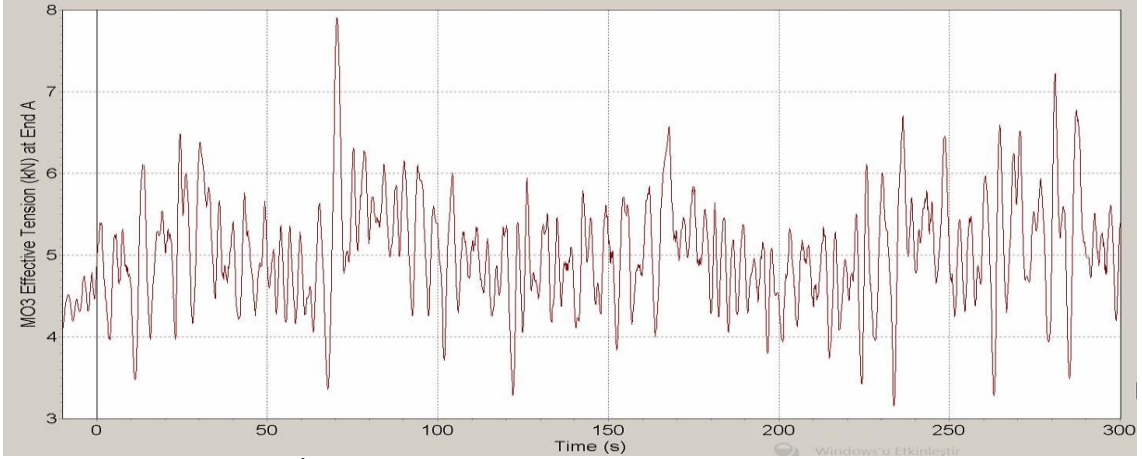
İki kafes sisteminde (Şekil 9) çevre yükleri farklı şekilde etki ettiği için çekme kuvvetleri de değişkenlik göstermiştir. Ek olarak da kafesler arası bağlama hatları hesaba katılmıştır. Demirleme hatları ve bağlama hatlarına gelen çekme kuvvetleri Şekil 10-17’de verilmektedir.



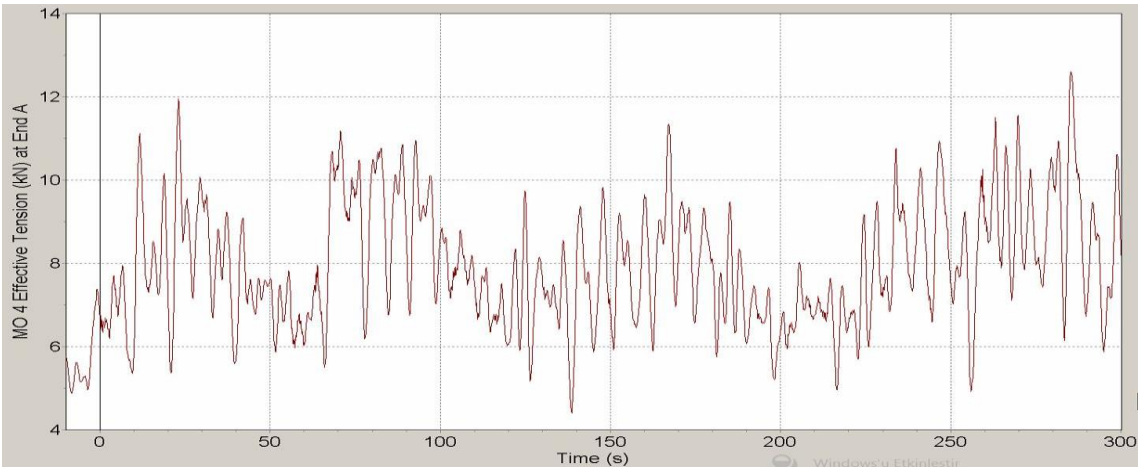
Şekil 10: İki Kafesli Model Demirleme 1 Çekme Kuvveti Değişimi



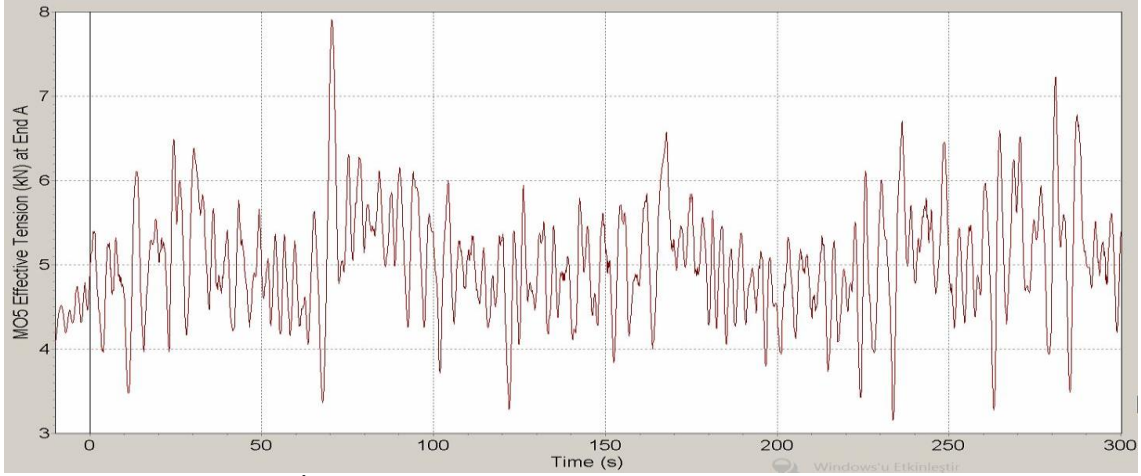
Şekil 11: İki Kafes Model Demirleme 2 Çekme Kuvveti Değişimi



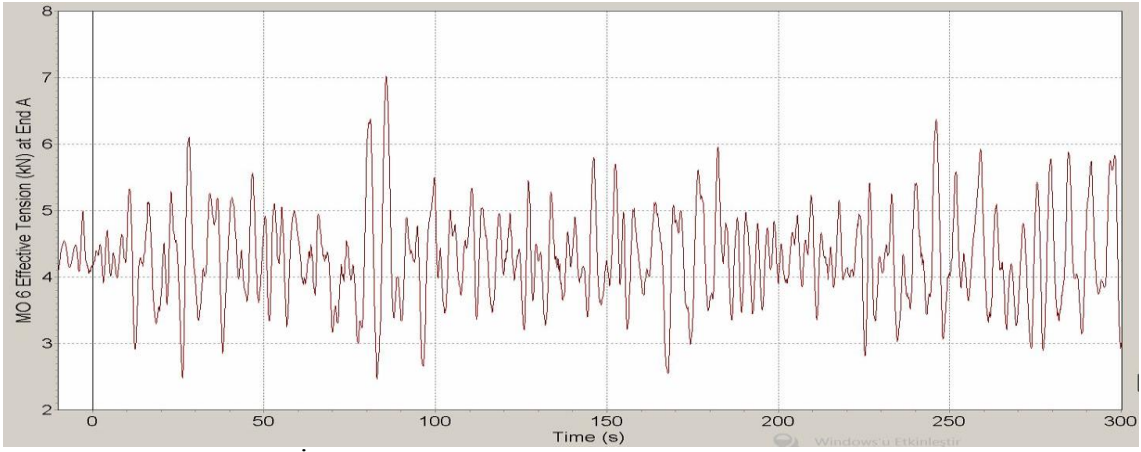
Şekil 12: İki Kafes Model Demirleme 3 Çekme Kuvveti Değişimi



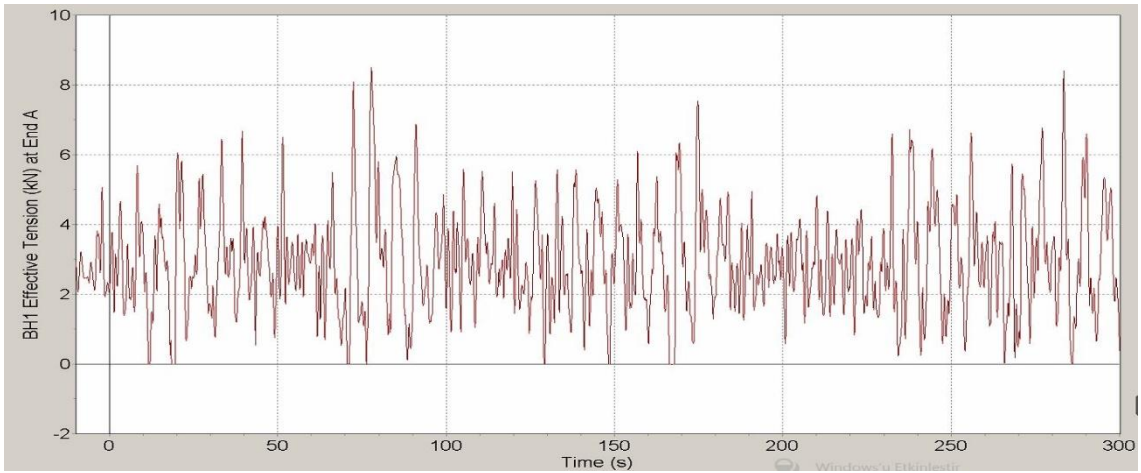
Şekil 13: İki Kafes Model Demirleme 4 Çekme Kuvveti Değişimi



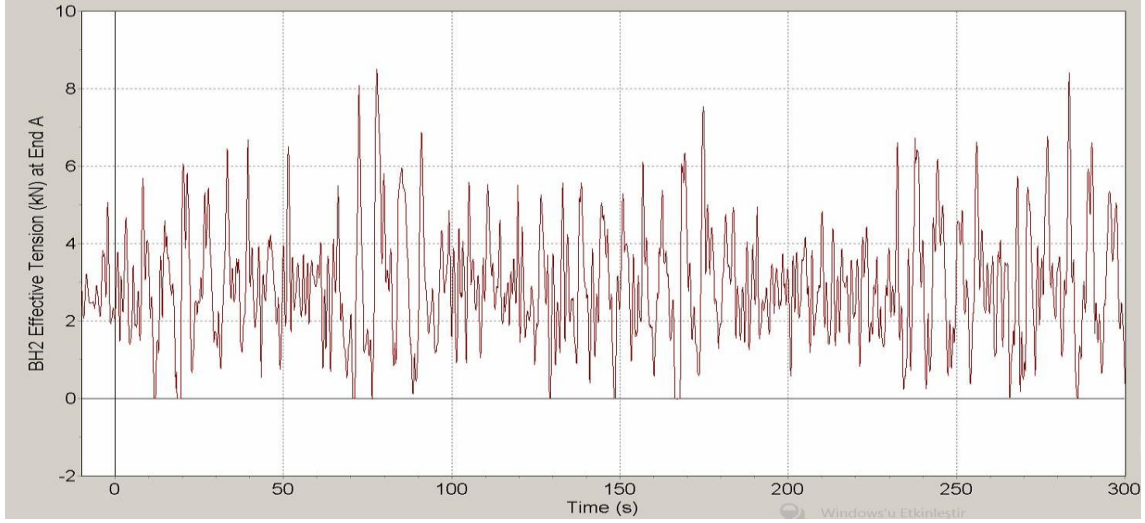
Şekil 14: İki Kafes Model Demirleme 5 Çekme Kuvveti Değişimi



Şekil 15: İki Kafes Model Demirleme 6 Çekme Kuvveti Değişimi



Şekil 16: İki Kafes Model Bağlantı Hattı 1 Çekme Kuvveti Değişimi



Şekil 17: İki Kafes Model Bağlantı Hattı 2 Çekme Kuvveti Değişimi

İki kafes sistemlerinin bağlama ve demirleme sistemlerine gelen yükleri iki ayrı grupta incelenmiştir. Bağlama hatları kafesler arasında kurulan tutucu hatlardır. Demirleme hatları ise komple sistemi taşıyan sabitleyici hatlardır. Demirleme ve bağlantı hatlarına gelen maksimum ve ortalama çekme kuvvetleri Tablo 2 ve Tablo 3’de paylaşılmıştır.

Tablo 2: İki Kafes Sistemi Demirleme Hatları

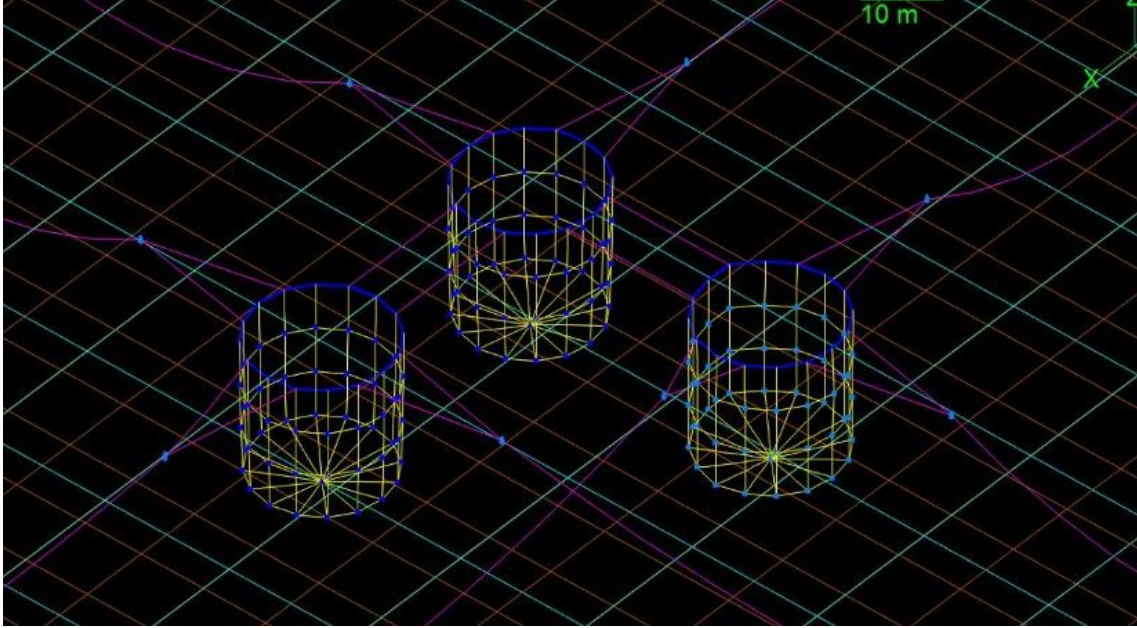
Demirleme No	Hat	Maksimum Çekme Kuvveti (kN)	Ortalama Çekme Kuvveti (kN)
Demirleme 1		6,400	5,025
Demirleme 2		7,022	4,286
Demirleme 3		7,900	5,037
Demirleme 4		12,604	7,972
Demirleme 5		2,905	5,037
Demirleme 6		7,021	4,341

Tablo 3: İki Kafes Sistemi Bağlantı Hatları

Bağlama Hat No	Maksimum Çekme Kuvveti (kN)	Ortalama Çekme Kuvveti (kN)
Bağlantı 1	8,505	2,919
Bağlantı 2	8,506	2,919

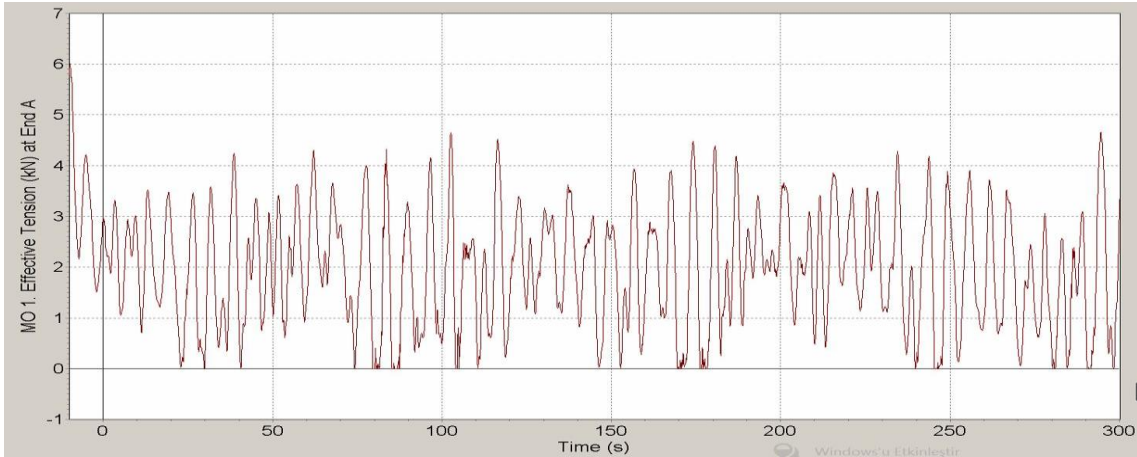
Tablo 3’de görüldüğü üzere hatlardaki maksimum çekme kuvvetleri, tekli sisteme göre bir miktar daha azalmıştır. Ortalama çekme kuvvetlerinde de daha da azalmıştır. Sonuçlar üzerinden hareketle, İki kafes sisteminde taşıyıcı hat sayısı fazla olduğu için hatlardaki çekme kuvvetlerinde azalmalar görülmüştür.

3'lü Kafes Modeli

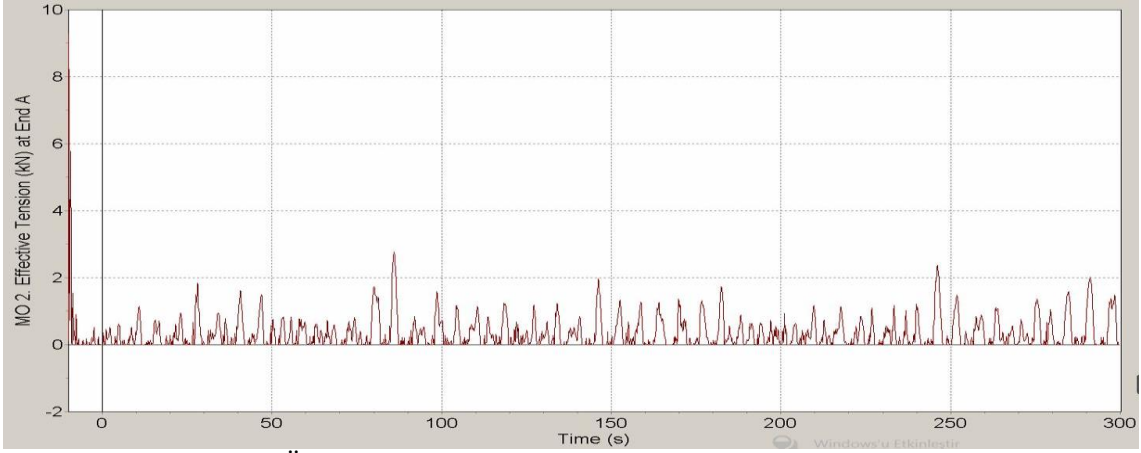


Şekil 18: Üçlü Kafes Modeli

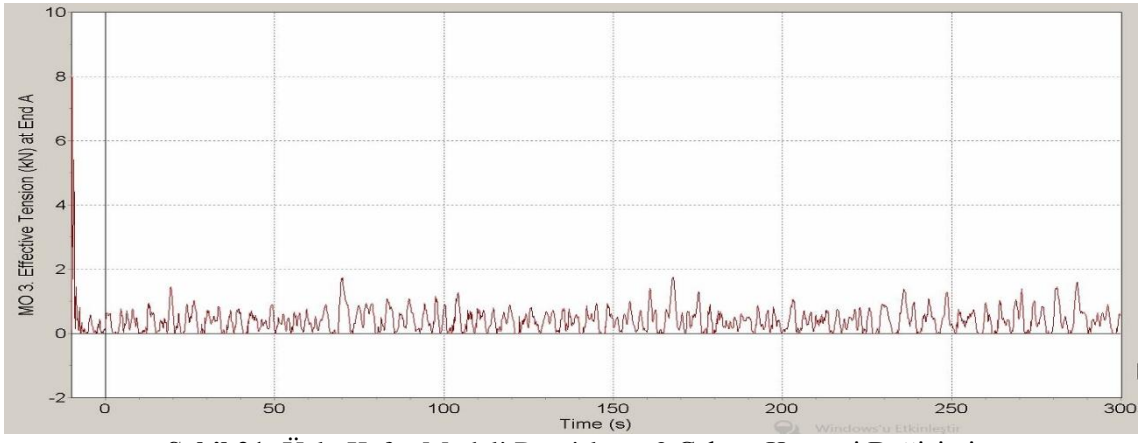
Üçlü kafes sistemi (Şekil 18) sistemin asimetrik davranışlarını incelemek için tasarlanmıştır. Simetriyi bozan elemanlar içeren model, davranış bakımından farklı hareket edeceği düşünülmüştür. Analiz ile birlikte amaçlanan doğrultuda çekme kuvvetleri incelenmiştir. Her bir hat için etki altında kaldığı çekme kuvvetleri zamana bağlı olarak Şekil 19-26'de verilmektedir.



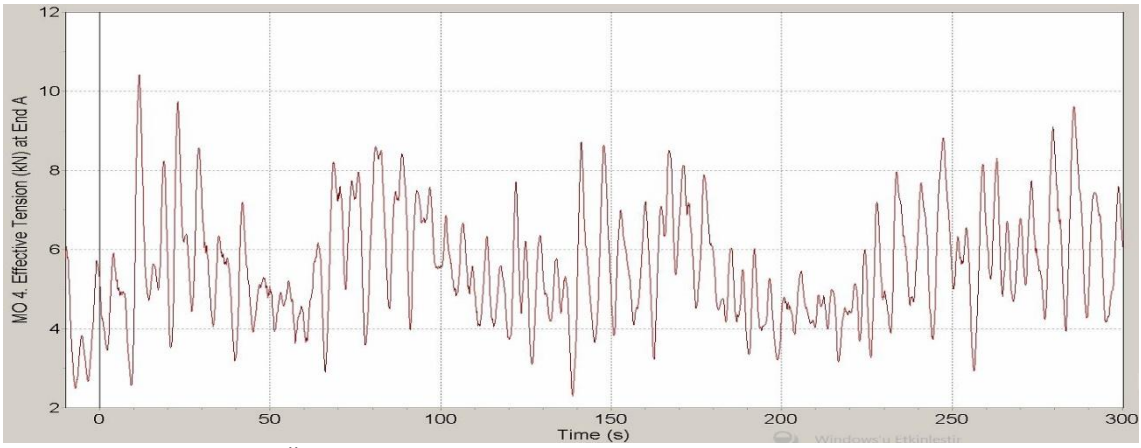
Şekil 19: Üçlü Kafes Modeli Demirleme 1 Çekme Kuvveti Değişimi



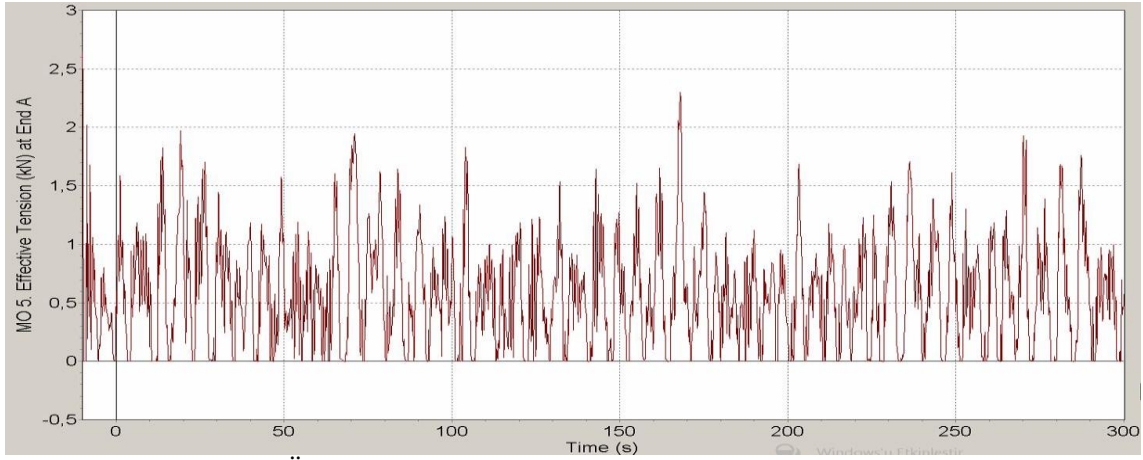
Şekil 20: Üçlü Kafes Modeli Demirleme 2 Çekme Kuvveti Değişimi



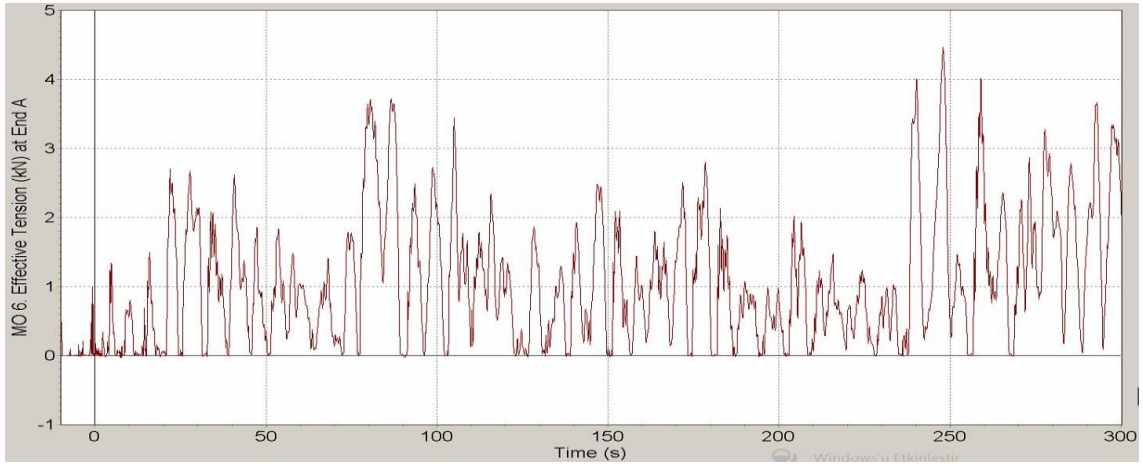
Şekil 21: Üçlü Kafes Modeli Demirleme 3 Çekme Kuvveti Değişimi



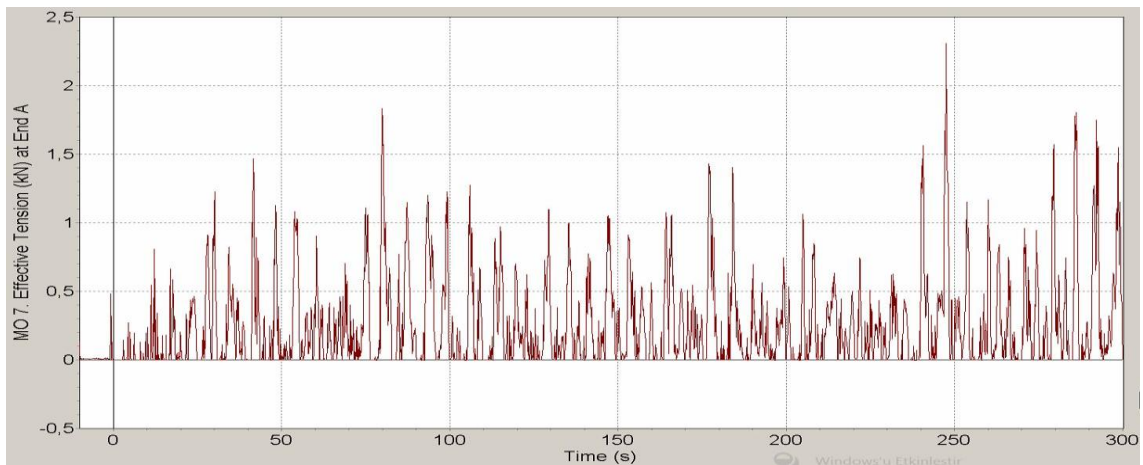
Şekil 22: Üçlü Kafes Modeli Demirleme 4 Çekme Kuvveti Değişimi



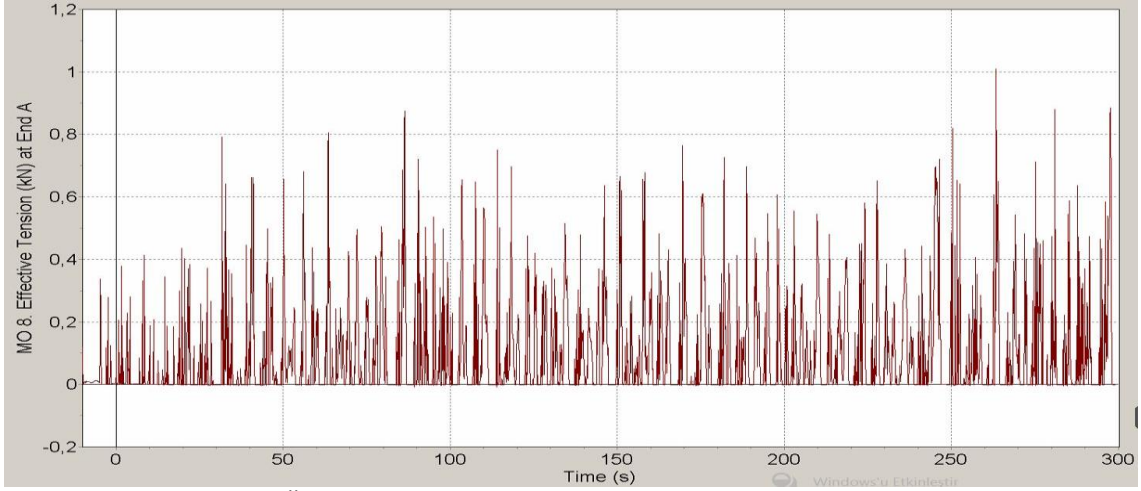
Şekil 23: Üçlü Kafes Modeli Demirleme 5 Çekme Kuvveti Değişimi



Şekil 24: Üçlü Kafes Modeli Demirleme 6 Çekme Kuvveti Değişimi



Şekil 25: Üçlü Kafes Modeli Demirleme 7 Çekme Kuvveti Değişimi



Şekil 26: Üçlü Kafes Modeli Demirleme 8 Çekme Kuvveti Değişimi

Tablo 4’de görüldüğü gibi maksimum ve ortalama çekme kuvveti değerlerinde dikkate değer bir düşüş bulunmaktadır. Bu durum hatların fazlaşmasından kaynaklanmaktadır. İkili kafes modelinde 6 hat bulunurken Üçlü kafes modelinde 8 demirleme hattı bulunmaktadır. Bu durum çekme kuvvetinin dağılmasına ve hat başına düşen yük miktarının azalmasına yol açmıştır.

Tablo 4: Üçlü Kafes Modeli Demirleme Hatları Maksimum ve Ortalama Çekme Kuvvetleri

Demirleme No	Hat	Maksimum Çekme Kuvveti (kN)	Ortalama Çekme Kuvveti (kN)
Demirleme 1		4,657	1,940
Demirleme 2		2,769	0,346
Demirleme 3		1,750	0,414
Demirleme 4		10,420	5,601
Demirleme 5		2,643	0,583
Demirleme 6		4,465	1,096
Demirleme 7		2,306	0,258
Demirleme 8		1,009	0,099

Tablo 5: Üçlü Kafes Modeli Bağlantı Hatları Maksimum ve Ortalama Çekme Kuvvetleri

Bağlantı No	Hat	Maksimum Çekme Kuvveti (kN)	Ortalama Çekme Kuvveti (kN)
Bağlantı 1		4.613	0.187
Bağlantı 2		3.502	0.108
Bağlantı 3		9.840	1.699
Bağlantı 4		9.653	2.125

Bağlantı hatlarında, demirleme hatlarından farklı olarak maksimum çekme kuvvetleri artmıştır. Bu artışın sebebi asimetriden kaynaklanan beklenmedik yüklerin aynı anda aynı bölgede etki etmesidir. Model, dalga yüküyle birlikte salınım yaparken simetrik olmayan bölgeler asimetrik hareket yaparak yük dağılımında baskın konumlanarak hatlara fazladan yük taşır.

5. SONUÇLAR

Bu çalışmada üç farklı balık çiftliği modeli (tek kafesli, iki kafesli ve üç kafesli sistemler) OrcaFlex programı yardımıyla tasarlanmış ve İzmir açıklarında seçilen bölge çevre şartları dikkate alınarak analiz yapılmıştır. Her bir sistem için bağlama hatlarına gelen yükler hesaplanmış ve uç hava şartları için elde edilen zaman – çekme kuvveti değerleri grafik olarak verilmiştir.

Türkiye’de balık çiftliklerin kurulumunda daha bilimsel yaklaşımlar kullanılarak sistem tasarımı önem arz etmektedir. Farklı balık çiftlikleri sistemlerinin araştırılması, değişik çevre şartlarında modellenmesi sistem davranışının anlaşılması için önemli olacaktır. Bu çalışmanın devamında, farklı fiziksel özelliklere sahip bağlama hatları ve farklı kafes sistemleri kullanılarak modelleme yapılması ve sistemlerin risk değerlendirmesi daha güvenilir sistemlerin elde edilmesi için önemli olacaktır.

Kaynaklar

- Faltinsen, O. (1990). *Sea Load on Ships and Offshore Structures*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- He, Z., Faltinsen, O.M., Fredheim, A., Kristiansen, T., (2015). The influence of fish on the mooring loads of a floating fish farm. *In: Proceedings 7th International Conference on Hydroelasticity in Marine Technology*.
- Lader, P., & Fredheim, A. (2006). *Dynamic properties of a flexible net sheet in waves and current—A numerical approach*. Trondheim: SINTEF Fisheries and Aquaculture.
- Lekang, O.-I. (2013). *Aquaculture Engineering*. John Wiley & Sons, Ltd..
- Li, P., & Faltinsen, O. (2012). Wave induced vertical response of an elastic circular collar of a floating fish farm. *In: The International Conference on Hydrodynamics (ICH 2012)*. St.Petersburg.
- Moe, H. F. (2010). Structural analysis of aquaculture net cages in current. *Journal of Fluids and Structures*, 503–516.
- Orcina Ltd.. OrcaFlex Manual. *Version 9.3a*. İngiltere.
- Özhan, E., & Abdalla, S. (2002). *Türkiye Kıyıları Rüzgar ve Derin Deniz Dalga Atlası*. Kıyı Alanları Yönetimi Türk Milli Komitesi & MEDCOAST Sekreteryası.
- Shen, Y., Greco, M., Faltinsen, O. M., & Nygaard, I. (2018). Numerical and experimental investigations on mooring loads of a marine fish farm in waves and current. *Journal of Fluids and Structures*, s. 115-136.
- The Food and Agriculture Organization (FAO). (1996). *FAO Fish Circ. 914*. The Food and Agriculture Organization Web Sitesi : <http://www.fao.org/statistics/databases/en/> adresinden alındı
- Vincent, B., Marichal, D. (1997). *Numerical and Experimental Study of the Flow Field in the Codend*. Lorient, Fransa: International Workshop.
- Zhao, Y., Xu, T., Bi, C., Dong, G., & Liu, S. (2012). The Numerical Simulation of Hydrodynamics of Fishing Net Cage. J.-H. Zheng içinde, *Hydrodynamics - Theory and Model* (s. 300-304). Dalian, Çin: Dalian Tianzheng Sanayi Şirketi, Ltd.