

# GiDB|DERGi

Sayı: 1 Yıl: 2015

## İÇİNDEKİLER

<i>Ahmet ERGİN</i> SUNUŞ	1
<i>Reşat BAYKAL</i> 1773'den GÜNÜMÜZE İTÜ'de GEMİ İNŞAATI VE DENİZ TEKNOLOJİSİ MÜHENDİSLİĞİ EĞİTİMİ	3
<i>Hakan AKYILDIZ</i> SLOSHING IN A T-BAFFLED RECTANGULAR STORAGE TANK NUMERICAL STUDY FOR 2-D PROBLEMS	13
<i>Murat ÖZDEMİR, Ahmet ERGİN,</i> STİFNERLİ PANELLERİNİN NİHAİ MUKAVEMET VE BELİRSİZLİK ANALİZİ	35
<i>Bülent FIRAT, Yalçın ÜNSAN</i> HİDROSTATİK BASINCA MARUZ DIŞTAN TAKVİYELİ SİLİNDİRİK KABUKLARIN ASİMETRİK BURKULMASI	51
<i>Serdar Aytekin KÖROĞLU</i> LİTERATÜR TARAMASI ÜZERİNE NOTLAR VE BİR TARAMA TEKNİĞİ	61

İTÜ



# GİDB|DERGİ

## KÜNYE

### İMTİYAZ SAHİBİ

Prof.Dr. Ahmet ERGİN  
(GİDB Fakültesi Dekanı)

### YAYIN KURULU

Prof.Dr. Hakan AKYILDIZ (Başkan)  
Doç.Dr. Ebru SARIÖZ  
Y.Doç.Dr. Yalçın ÜNSAN  
Y.Doç.Dr. Şafak Nur ERTÜRK BOZKURTOĞLU  
Öğr.Gör.Dr. Serdar A. KÖROĞLU

## İÇİNDEKİLER

<b>Ahmet ERGİN</b> SUNUŞ	1
<b>Reşat BAYKAL</b> 1773'den GÜNÜMÜZE İTÜ'de GEMİ İNŞAATI VE DENİZ TEKNOLOJİSİ MÜHENDİSLİĞİ EĞİTİMİ	3
<b>Hakan AKYILDIZ</b> SLOSHING IN A T-BAFFLED RECTANGULAR STORAGE TANK NUMERICAL STUDY FOR 2-D PROBLEMS	13
<b>Murat ÖZDEMİR, Ahmet ERGİN,</b> STİFNERLİ PANELLERİNİN NİHAİ MUKAVEMET VE BELİRSİZLİK ANALİZİ	35
<b>Bülent FIRAT, Yalçın ÜNSAN</b> HİDROSTATİK BASINCA MARUZ DIŞTAN TAKVİYELİ SİLİNDİRİK KABUKLARIN ASİMETRİK BURKULMASI	51
<b>Serdar Aytekin KÖROĞLU</b> LİTERATÜR TARAMASI ÜZERİNE NOTLAR VE BİR TARAMA TEKNİĞİ	61

Merhaba,

İTÜ Gemi İnşaatı ve Deniz Bilimleri Fakültesi elektronik dergisi **GİDB|DERGİ** yayın hayatına başlamış bulunmaktadır. Dergi, fakültemiz akademik personelinin yaptığı bilimsel çalışmaların yanı sıra fakültemizde gerçekleştirilen çeşitli etkinlik haberlerini sizlere ulaştıracaktır.

Mühendishane-i Bahr-i Hümayün (İmparatorluk Deniz Mühendishanesi) ile 1773 yılında başlayan ve günümüzde İTÜ Gemi İnşaatı ve Deniz Bilimleri Fakültesi ile devam eden Gemi İnşaatı Eğitimi, üniversitemizde köklü bir geçmişe sahiptir. Fakültemiz, seçkin akademik kadrosu ve güçlü alt yapısıyla bu alandaki ayrıcalıklı ve öncü konumunu devam ettirmektedir.

Fakültemiz değişen ülke ve sektör koşullarına cevap verecek şekilde eğitim-öğretim programlarını yenilemekte ve ihtiyaç duyulan alanlara yönelmektedir. Bu kapsamda, Gemi ve Deniz Teknolojisi Mühendisliği Bölümü bünyesinde ve ülkemizde bir ilk olarak **Açık Deniz Mühendisliği** (Offshore Engineering) Lisans Üstü Programı önümüzdeki akademik yıldan itibaren faaliyete geçecektir.

Fakültemizde gerçekleşen böylesine önemli yenilik ve faaliyetleri Gemi İnşaatı Sektörüne duyurmak ve kendilerinden gelecek değerli katkılara yer vermek amacıyla, **GİDB|DERGİ** önemli bir boşluğu dolduracaktır.

**GİDB|DERGİ**'nin ortaya çıkmasına ve yayın hayatına hazırlanmasına emeği geçen tüm fakülte mensuplarımıza burada bir kez daha teşekkür etmeyi bir borç bilirim.

Saygılarımla,

**Prof. Dr. Ahmet ERGİN**  
Dekan



## 1773'den GÜNÜMÜZE İTÜ'de GEMİ İNŞAATI VE DENİZ TEKNOLOJİSİ MÜHENDİSLİĞİ EĞİTİMİ

Prof. Dr. Reşat BAYKAL  
*İTÜ Gemi İnşaatı ve Deniz Bilimleri Fakültesi*

### ÖZET

Osmanlı döneminde eğitim kurumları, Sanayi öncesi bir imparatorluğun gereksinimleri ve olanaklarına uygun olarak oluşmuştu. Bu toplumda çocukların eğitiminde, daha çok dini olanaklardan yararlanmaya yönelik “sıbyan mektepleri” ya da “mahalle okulları” bir yana bırakılırsa, daha çok dini yönetici ve din adamlarını yetiştirmeye yönelik “medreseler” ve devlet görevlilerini yetiştiren “Enderun okulları” vardı. Tanzimat öncesi Osmanlı toplumunda iki aydın grubu; medreseden yetişen “ulema” ile tekkelerden gelen “veliler” oluşturuyordu. Osmanlı yönetimi, modernleşme sürecinin başlangıcında Mühendishane, Tıbbiye, Harbiye, Mülkiye ve benzeri yükseköğretim okullarına kavuşmuştur. Bu dönemde üniversite kavramının gündeme gelmesi olanaksızdı. Çünkü üniversiteden söz edilebilmesi için, bir eğitim altyapısının oluşması ve belirli bir birikimin sağlanmış olması gerekirdi. O dönemde henüz böyle bir ortam yoktu. Bu nedenle Türkiye’de 1933 yılına kadar üniversite yerine “Darülfünun” sözcüğü kullanılmıştır. [1]

Medreselerin 13 ve 14. yüzyılda Selçuklular’ın idaresi altında bulunan bölgelerde gelişmesi, 1453 den sonra İstanbul’da doruk noktasına erişti. Bazı sultanlar tarafından teşvik görmeleri sonucunda medreseler, İslam biliminin önemli merkezleri olmuşlardır. Medreselerde; geleneklerine bağlılık, dar görüşlü bir gurur ve Avrupa ile düşünsel ilişkiye girmedeki isteksizlik, inanç ve bilgiyi birleştirmeye çalışan ortaçağ felsefesi ve yeniçerilerle olan politik bağımlılık olumlu bir gelişmeyi önlemiştir. Bütün bunlara rağmen medreseler 18. yüzyılın sonlarına kadar, Osmanlı İmparatorluğu’nun tek yükseköğretim şekli olarak etkinliğini sürdürmüştür [2]

Batı etkisiyle yeni laik okullar; Fransa ve Avusturya’nın önderliğinde Tanzimat (1839-1861) ve Meşrutiyet (1876-1908) dönemlerinde açılabilmiştir. III. Selim ve II. Mahmut gibi reform yanlısı sultanlar, medrese türü eğitime ve ulemalara bağlı olmayan bir yükseköğretim tipinin gelişebilmesini, daha önce gerçekleştirdikleri reformlarla sağlamışlardır. Bu gelişme ilk önce askeri alanda meslek okulları ve yükseköğretim kuruluşları ile başladı. Daha sonra tıp, ziraat, mühendislik ve idari bilimler ile genişledi. 19. Yüzyılın ortalarında batıdaki örneklerine göre bir üniversite kurma anlayışına gelindi. Ancak Avrupa örneğine uygun bir üniversite hedefi Atatürk döneminde gerçekleşmiştir. 20. yüzyılın ilk çeyreğine kadar faaliyetlerini sürdüren medreseler 03 Mart 1924 tarihli Öğrenim Birliği Yasası (Tevhidi Tedrisat Kanunu) ile kaldırıldı. Batılılaşma, Osmanlı İmparatorluğu’nda 18. yüzyıldan beri üzerinde durulan ve tartışılan bir

kavramdır. Atatürk bu kavrama yeni bir boyut getirmiş ve “*Muasır medeniyet seviyesine erişme*” deyimini ile çağdaşlaşmayı belirtmek ve anlatmak istemiştir. [2]

Selçuklu hükümdarı Alparslan’ın, 1071 Malazgirt Savaşı sonucunda Anadolu’ya girişiyle, Türklerin bölgeye yerleşmeye başlamasından sonra, Anadolu kıyılarında Türk gemileri ve denizcileri görülmeye başlandı. Türklerin bu dönemdeki denizciliğinin temelinde, alaydan yetişme anlayışı vardı. Bu nedenle okul eğitimi görmeden uygulamalı olarak denizci yetiştirme şekli egemendi. [3] Okullaşma yeterli olmadığından genelde gençler, yaşlıların deneyimine dayalı uzmanlaşmaya yönelik bir sistem ile eğitilirdi. Osmanlı tanımlamasıyla bu şekilde yetişenlere “*Alaylı*”, bir okulda eğitim alarak yetişenlere de “*Mektepli*” denirdi. Bu nedenle Alaylı-Mektepli çatışması sıkça her alanda karşılaşılan bir durumdur.

Osmanlı Donanması için gerekli personel 18. yüzyılın yarısına kadar, bir deniz okulundan yetişen personelin yerine, babadan oğula ve ustadan çırağa geçen bir yöntemle uygulamalı olarak sağlanırdı. Aynı dönemde batı devletleri, deniz savaşı sevk ve idaresinin bilim haline geldiğini kabul ederek, deniz okulları açıp donanma personelinin bu okullarda teorik ve uygulamalı olarak eğitmeye başlamışlardı. [4]

29 Mayıs 1453’de Fatih Sultan Mehmet’in İstanbul’u fethi, Osmanlılara yeni bir çağ açmanın ötesinde, Akdeniz ve Karadeniz’in kilidini elde etme olanağını verdi. Dönemin en gelişmiş ülkelerine kıyısı olan bu iki denizden ve denizlerden elde edilen canlı ve cansız ürünlerden yararlanmanın, ancak güçlü yerli bir deniz gücü ile gerçekleştirilebileceğini çok iyi değerlendiren Fatih Sultan Mehmet, 1455 de İstanbul’da o devrin büyük tersanelerini kurma çalışmalarına başladı. Kurulacak tersane için yer olarak Haliç Kasımpaşa Deresi ve Camialtı Meydanı arasını seçti. Bu düşünceyle 11 Aralık 1455 Perşembe günü birkaç göz gemi inşa yeri ile Kaptanpaşa Divanhanesi ve cami inşaatını başlattı. Böylece Tersane-i Amire adıyla başlatılan gemi inşa girişimleri sonunda, Haliç ve Kasımpaşa arası; zamanla Haliç, Camialtı, Taşkızak ve Hasköy Tersaneleri’nden oluşan tersaneler bölgesi haline geldi. Bu tersanelerden günümüze kadar kalabilen, eski canlılığında olmasa bile, sadece Haliç Tersanesi’dir. Haliç Tersanesi 1910 yılına kadar Türk Deniz Kuvvetlerine hizmet etmiş, bu tarihten sonra sivil idareye devredilmiştir. Daha sonra 1952 yılında kurulan Denizcilik Bankası T.A.O.’ya bağlanmıştır. Bunu takiben sırasıyla Türkiye Gemi Sanayi ve Türkiye Denizcilik İşletmeleri’ne bağlanan tersane, son olarak İstanbul Büyükşehir Belediyesi Şehir Hatları İşletmesi Genel Müdürlüğü’ne bağlı olarak hizmet vermektedir.

Avrupa’da kilisenin etkisi dışında üniversiteler kurulurken, Osmanlılarda ilim kuruluşları tamamen dini kurumların etkisine girmiştir. 1577 yılında Tophane’de Takiyüddin’e kurdurulan büyük “*Rasathane*”, uğursuzluk getirir endişesiyle 1586 yılında, topa tutularak yıktırılınca, Osmanlı Devleti’nde yeni bir rasathanenin kurulması ancak 331 yıl sonra 1911 yılında gerçekleşmiştir. Pozitif bilimlerin koruyucusu olan Fatih Sultan Mehmet’ten kısa bir süre sonra, dini bilimlere ağırlık verilmeye başlanması sonucunda, matematik dersi medreselerden kaldırılmıştır. 1683 Viyana bozgunundan sonra, fen bilimlerinde çok geri kaldığının fark edilmesi üzerine, 18. yüzyılın başında Damat İbrahim Paşa tarafından medreselere matematik dersi yeniden konulmuştur. 19. yüzyılda Osmanlılarda batılılaşma kapsamında görülen bilimsel faaliyetler, Avrupa’da yazılan kitaplardan çeviriler yapmaktan ileri gitmiyordu. [5]

19. Yüzyıldan itibaren iki yüksek okul tipi vardı. Biri İslam geleneklerine bağlı medrese denen eski okul tipi, diğeri batı örneklerine göre yavaş yavaş biçimlenen laik bir eğitim sistemiydi. Öğrencilerin yanı sıra hocaların da içinde yaşadığı bir yatılı okul olan medrese, bir çeşit ortaçağ

üniversitesi idi. Öğrenci yurdu olmanın dışında medreselerin içinde ayrıca cami, hastane ve fakirleri beslemek için mutfak da olduğu gibi ayrıca kendilerine ait arazileri, binaları, dükkânlarından ve diğer dini vakıflarından elde ettikleri gelirleri vardı. [2]

Medreselerin ihtiyaçları, kendi kaynakları tarafından karşılandığı için, mali yönden devletten bağımsız gözükmekteydiler. Buna rağmen, ilmiye ricali denen medrese kökenli, müderris, kadı, müftü, kazasker, şeyhülislam, imam, vaiz, hoca gibi görevliler [6] nolu kaynakta belirtildiği gibi adeta devletin resmi politikası ve temsilcileri olarak halk tabakasına yön veriyorlardı. Bu nedenle devlet yöneticileri medreselere önem vermiş ve bu kurumların iç işlerine karışmamışlardır. Medreseler 18. yüzyılın sonlarına kadar devletin ve toplumun idari, adli, dini ve ilmi konularında gerek duyduğu personeli yetiştirmek de önemli bir eğitim kurumu olarak görev yapmışlardır. Medrese eğitiminin asıl amacı, bilgili mümin ve İslamiyeti savunan Müslümanlar yetiştirmektir. Diğer taraftan ileri görüşlü ve aydın yurttaşlarımız tarafından yapılmaya kalkışılan her yeniliğe ulema ve yeniçeriler karşı çıkmışlardır. Bu konuda bazı yazarların görüşleri kaynak [7] ye göre şöyledir: “*Ulemanın bütün düşüncesi mevki kapmak ve dini taassubu (bağnazlığı) önleyerek cehaleti meydana çıkaracak hakiki ilim ve fen sahiplerini susturmaktır. Yeniçerilerin yegâne emeli de; sınırlarda dövüşmeden, İstanbul’da ticaret hayatı ile uğraşmak, zamanı gelince maaş almak, rahatları kaçmasın diye fennin ve tekniğin dev adımlarla ilerleyişi karşısında, memleketimizde de yeni usulleri uygulamak isteyen önderlerin ve ileri fikirlerin önünü kesmektir.*” Bu iki grup biri başındaki sarığın, diğeri kavuğun gölgesinde devrin yeniliklerine ayak uydurup gelişme göstermediğinden Osmanlı devletinin yıkılmasında etkin olmuşlardır. Üçüncü Ahmet devrinin yeniliklerinin Patrona Halil İsyanı ile I. Abdülhamit ve III. Selim’in geliştirdiği ilerleme hamleleri ise, Kabakçı Mustafa isyanı ile durdurulmuştur. Güncel bilim ve teknoloji izlemede geri kalan ve gittikçe önemlerini yitiren medreselerin yerini alan, çağdaş eğitim kurumu mühendishane olmuştur.

Bu dönemden sonra, Avrupalılar belirli bir iş kolunda usta, kalfa ve çırakları içine alan kapalı lonca sisteminden imalat sistemine, oradan da sanayi devrimine geçtiler. Avrupa’da bu gelişmeler olurken, Osmanlılar yeni bir yapılanmaya gidemedi. [3] Yüzyıldan fazla süren (1519-1624) Celali isyanları gibi yöresel kavgaların ve Genç Osman olayı, Patrona Halil isyanı (1730) gibi yönetsel mücadelelerin etkisiyle, Osmanlılar güçsüzleşmeye başladı. Doğal olarak bu durumdan Osmanlı donanması da etkilendi.

Osmanlı devletinin duraklama ve gerileme devirlerine sürüklenmesinde; değişik isyanlar, çocuk, deli ve avcı gibi yeteneksiz padişahlar, kadınların saltanatı ve benzeri etmenlerin elbette etkisi vardır. Batı’nın yeni sürece; sosyo-ekonomik açıdan yeni bir anlayışla girmesi, bunu keşfedilen kıtalar, yeni denizyolları, yeni pazarlar, gelişen teknolojik atılımların ve düşünsel hareketlerin izlenmesine karşılık; Osmanlıların bu gelişmelere ayak uyduramaması geri kalmasının asıl nedenidir. Böylece klasik Osmanlı donanma anlayışının yetersiz kaldığı, teknoloji ve bilimsel görüşlerin esas alınması gerekliliği gündeme gelir. Hiç şüphesiz bu konuda en etkin yol, eğitim-öğretim sisteminin akılcı ve çağdaş bir görüşle irdelenerek geliştirilmesiydi. Bu düşüncelerin sonucunda Osmanlı dönemindeki eğitim-öğretim sisteminin yanlışlığı anlaşılabilir, çağdaş bir eğitim sürecine girmek istenilmiştir.

Bu bağlamda orduya çağdaş bilgilerle donatılmış subay yetiştirmek amacı ile üç önemli okul kurma girişimi yapılmıştır. İlk olarak, 1727 yılında III. Ahmet, ordunun çağa uygun bir düzene sokulması ve askeri bilgilerin öğretilmesi gereğini düşünerek bir çalışma yapılmasını istemiştir. Bu amaçla sadrazam Damat İbrahim Paşa tarafından hazırlatılan öneriyi padişah onaylamıştır. Ancak başlatılan çalışmalar yeniçerilerin şiddet gösterileriyle önlenmiştir. [8]

İkinci girişim, Sultan I. Mahmut devrinde (1730-1754) Yeniçeri Ocağı'ndan ümit kesildiği bir dönemde, okur yazar ve disiplinli subay yetiştirmek için, Üsküdar Topbaşı'nda Cumhuriyet dönemine kadar akıl hastanesi olarak kullanılan “*Bimarhane-Timarhane*” binasında Humbarahane veya Üsküdar Mühendishanesi adındaki okul açılmıştır. Devlete sadık hasekilerle (Bostancı Ocağı'nın küçük dereceli subayları) Boğaziçi bostancı erlerinden uygun görülenler bu okula öğrenci olarak alınmıştır. Okula bazı hendese aletleri alınmış ve dönemin matematikçisi Mehmet Sait Efendi de hendese öğretmeni olarak atanmıştır. Ne yazık ki bu okul da devletin içinde bulunduğu ağır koşullardan yararlanan yeniçerilerin saldırısına hedef olup kısa zamanda kapanmıştır.

1734 tarihinde Üsküdar Humbarahane'sinin yeni bir düzenleme ile ele alınması için Fransız soylusu Conte de Bonneval görevlendirilir. [1] Osmanlı ordusunda Avrupa tarzında gerçekleşen ilk reformu Fransız General Claude Alexandre de Bonneval'ın (1675-1747) yönetiminde 1735 de kurulan “*Ulufeli Hambaracılar Ocağı*”dır. Osmanlıların Humbaracı Ahmet Paşa olarak tanıdıkları Conte de Bonneval askerlik ve savaş teknikleri konusunda uzmandır. Osmanlı İmparatorluğu'na 1729 yılında iltica eden Bonneval önce Bosna, sonra da Gümülcine'de bulunmuş, bu arada İslamiyeti kabul ederek Ahmed adını almıştır. Bonneval Ahmet, Gümülcine'de iken Sultan I. Mahmut'a mektup yazarak hizmet etmek istediğini bildirmiştir. Bonneval Ahmet Paşa, üç Fransız subayla birlikte Bosna'dan getirtilen 300 kişiye Üsküdar'ın Doğancılar semtinde Ayazma Sarayı'nda yeni yapılan kışlada teorik ve uygulamalı savaşa hazırlık dersleri verir. Böylece yetenekli gençlerin askeri mühendis olarak yetiştirilmesi hedeflenir, ancak beklenen sonuç alınmaz. [6]

Üçüncü okul kurma girişimini 1759 da Sultan III. Mustafa yapmıştır. O tarihteki Sadrazam Ragıp Paşa, yukarıda belirtilen okulu yeniden öğretime açma düşüncesiyle evvelce bu okulda okumuş olanlardan hayatta olanları ve ölenlerin çocuklarını toplayarak Sütlüce'deki Karaağaç yöresinde bir büyük evi okul olarak açmıştır. Ancak bu okulda diğerleri gibi uzun ömürlü olamamış, gelişmek bir yana, mezun veremeden kapanmıştır. [8]

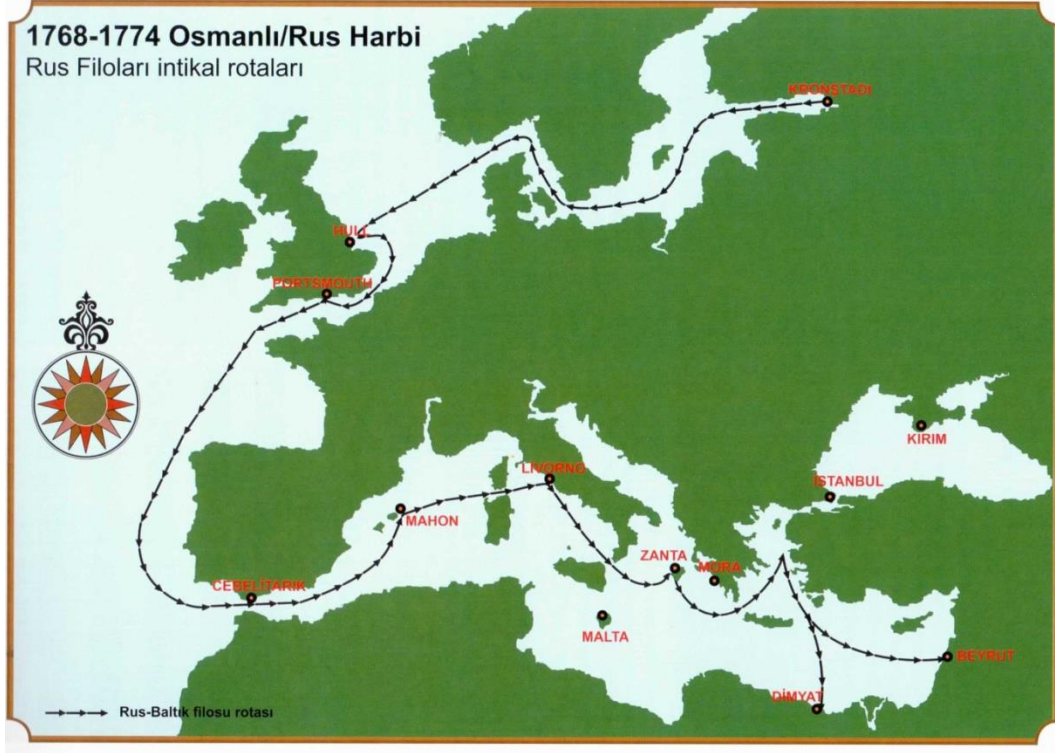
Her ne pahasına olursa olsun, Sultan III. Mustafa, bir okul açarak çağdaş bilimi orduya sokmaya kararlıdır. Özellikle Çeşme yenilgisi onun bu kararlılığını tetikleyen neden olmuştur. Çeşme yenilgisinin sebebinin teknik alanda geri kalınması olduğunun anlaşılması üzerine III. Mustafa döneminde, 1773 yılında ülkemizin en uzun ömürlü eğitim kurumu ve Osmanlı Devleti'nin batıya açılan bir penceresi olan Mühendishâne-i Bahrî-i Hümayûn kurulmuştur. Bu okulun oluşumuna zemin hazırlayan koşullar, klasik askeri devşirme alaylı anlayışının, batının bilimsel ve teknolojik anlayışı ile çelişmesi sonucunda gündeme gelmiştir.[3]

Çeşme Deniz Savaşı sonrası sürdürülen okullaşma çalışmaları sonucunda mühendishanenin kurulmasıyla “*Bir müsibet bin nasihatten evladır*” sözü, yaşanan bir olayla kanıtlanmış olmaktadır. Şimdi Osmanlı deniz tarihinde yeni bir dönemin açılmasına neden olan Çeşme Deniz Savaşı'ndan kısaca söz edelim.

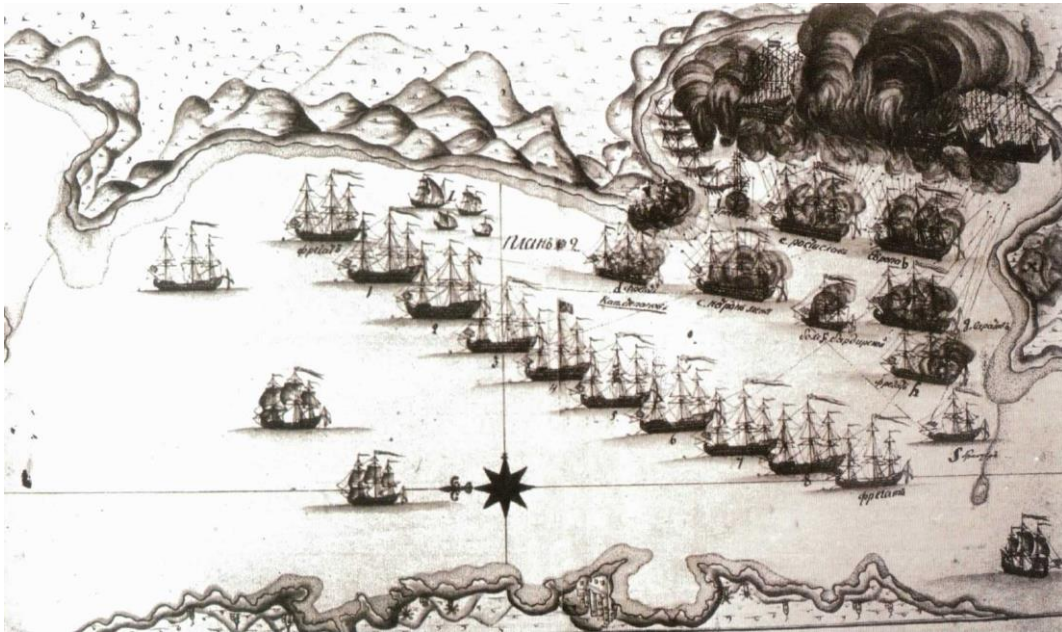
Anadolu'nun batısında İzmir civarında Ege Denizi içine girmiş Urla veya Çeşme Yarımadası'nın ucunda yer alan bir liman ve yerleşim birimi olan Çeşme'nin Türk Deniz Harp Tarihinde “*Çeşme Deniz Savaşı*” diye bilinen acı bir anısı vardır. Çeşme Deniz Savaşı, 1768-1774 Osmanlı-Rus Savaşı'nın bir parçasıdır. 8 Ekim 1768 tarihinde Osmanlıların Ruslara karşı savaş ilanıya; kara savaşları Kırım, Moldova ve Bulgaristan'da sürerken, deniz savaşı Ege'de gerçekleşir. Osmanlı tarihinin dönüm noktalarından birini oluşturan bu savaşın en çarpıcı yanı, Şekil 1'deki haritada gösterildiği gibi [9] Rus Donanması'nın; Baltık Denizi'ndeki Finlandiya



Körfezi'nde St.Petersburg'un 32 kilometre kuzeybatısındaki Kronstadt Limanı'ndan çıkıp, Baltık Denizi, Sund Boğazı, Manş Denizi ve Cebelitarık Boğazını (Septe Boğazını) geçerek, Akdeniz'e girip Çeşme'deki Osmanlı Donanmasını yakarak yok etmesidir. [10]



Şekil 1. Rus Filosunun Kronstadt-Çeşme Rotası [9]



Şekil 2. Rus Filosu Çeşme Ötünde [9]

18.Yüzyılda Osmanlı-Venedik, Osmanlı-Rus, Osmanlı-Avusturya ve Osmanlı-İran Savaşları ile Veraset Savaşları aralıksız sürüyordu. Osmanlı devlet adamları da Rus tehlikesinin büyüklüğünü sezebilmişti. Sultan III. Ahmet'in, bir önlem olarak ileri sürdüğü “*Karadeniz Politikası*”, Rusları Azak Denizi üzerinden Karadeniz'e çıkarmamaya dayanıyordu.[11] Bu nedenle Karadeniz'den Akdeniz'e geçemeyen Rus donanması, Baltık Denizi'nden Akdeniz'e geçme planlarını yapıyordu. Ruslar Karadeniz'de girişilecek her hareketi Osmanlı'nın rahatlıkla karşılayacağı bilincindedir. Bu nedenle Ruslar, Osmanlı'nın dikkatinin başka bölgelere çekilmesi gerektiğini düşünerek, Mora Yarımadası'nda ayaklanma çıkarma girişiminde bulundu. Bu dönemde Rusların sıcak denizlere çıkma istekleri doğrultusunda, Rus Baltık Filosu'nun Akdeniz'e geçeceği düşüncesi yaygınlaştı. Bu konuda Fransa'nın Bâb-ı Âli'deki elçisi Conte de Saint Priest tarafından iki Rus Filosu'nun Baltık Denizi'nden Akdeniz'e doğru hareket ettiği konusunda Osmanlı Hükümeti uyarılmıştır. Mora'daki ayaklanma hazırlıklarından habersiz, Akdeniz'in deniz bağlantıları ve coğrafi bilgileri yetersiz olan Osman Hükümeti; Rusların Akdeniz'de güvenli bir dayanak noktasının bulunmadığını ileri sürerek Fransa elçisinin uyarısını dikkate almayarak hiçbir önlem almamıştır. [11, 12, 13] Bu düşüncenin sonucu olarak Çeşme Savaşı kaybedilmiştir.

Uzun ve parlak bir tarihi geçmişi olan Üniversitemizde; Gemi İnşaatı ve Deniz Bilimleri konusunda yapılan bugünkü eğitim şekline, birçok aşamalardan geçilerek gelinmiştir. Bu eğitim, 18 Kasım 1773 tarihinde III. Mustafa zamanında, Cezayirli Hasan Paşa'nın önderliği ve Macar asilzadesi Baron Tot'un yardımı ile gemi inşaatı yapacak, deniz ve kara haritalarını çizecek elemanlar yetiştirmek amacı ile Kasımpaşa Tersanesi'nde ülkemizin ilk ciddi ve uzun ömürlü teknik eğitim kurumu olan “*Mühendishâne-i Bahrî-i Hümayûn*”un kurulmasıyla başlamıştır. Türk Donanması için ihtisaslaşmış eleman yetiştirmek amacı ile kurulan bu eğitim kurumu tarih boyunca değişik şekil ve isimler almış, zamanla gelişerek askeri ve sivil kısımlara ayrılmıştır. Askeri kısım Deniz Harp Okulu'na, sivil kısım ise İstanbul Teknik Üniversitesi'ne dönüşmüştür.

Kara ordusunun ihtiyacını karşılamak amacı ile girişilen çabalar, 1795 yılında topçu ve istihkâm subayı yetiştiren “*Mühendishâne-i Bahrî-i Hümayûn*”un, açılması ile sonuçlandı. Ordunun ihtiyacını karşılamak amacıyla 1773 Yılında “*Mühendishâne-i Bahrî-i Hümayûn*” ve 1795 yılında “*Mühendishâne-i Berrî-i Hümayûn*” adlarıyla kurulan askeri teknik öğretim kurumlarından sonra, sivil hizmetler içinde teknik eleman gereği duyulmuş ve bu amaçla yeni eğitim kurumları kurulmuştur. Kuruluş tarihlerine göre bu eğitim kurumlarını aşağıdaki gibi sıralayabiliriz. [11, 14, 15, 16, 17]

1773	Mühendishâne-î Bahrî-i Hümayûn
1795	Mühendishâne-î Berrî-i Hümayûn
1883	Hendese-i Mülkiye Mektebi
1909	Mühendis Mekteb-i Âlisi
1928	Yüksek Mühendis Mektebi
1941	İstanbul Yüksek Mühendis Okulu
1944	İstanbul Teknik Üniversitesi

Sivil mühendis ve mimarların askeri idareye bağlı olarak açılacak okulda yetiştirilmesi amacıyla, 1883 de Halıcıoğlu'ndaki Mühendishane binalarının bir bölümünde “*Hendese-i Mülkiye Mektebi*” açıldı. Hendese-i Mülkiye Mektebi, 1909 yılında Nafia Nezareti'ne (Bayındırlık Bakanlığı'na) devredilmiş ve adı “*Mühendis Mektebi Âlisi*” olmuştur. Böylece sivil mühendis yetiştiren kısım askeri yönetimden ayrılmış ve Tophane'deki Askeri Sanayi Mektebi

binasına yerleşmiştir. İlk sivil müdürlüğe Mehmet Refik Fenmen getirilmiştir. Böylece ülkemizde mühendislik eğitimi 1773 de Mühendishâne-î Bahrî-i Hümâyûn adıyla gemi inşaatı ve haritacılık konularında başlamış, 1795 de Mühendishâne-î Berrî-i Hümâyûn'la askeri kara mühendislik alanıyla genişlemiş ve 1883 de kamu yapıları için gerekli teknik elemanları yetiştirmek için Hendese-î Mülkiye Mektebi'nin açılmasıyla sivil mühendislik alanına yönelmiştir.

1928 de yol-demiryol inşaat, mimarlık şubeleri açılan eğitim kurumu “*Yüksek Mühendis Mektebi*” adını aldı. 1934 senesinde İstanbul Darülfünunu'nun kapanması üzerine Elektromekanik Enstitüsü, Yüksek Mühendis Mektebine bağlandı. 1941 Yılında Yüksek Mühendis Mektebi, Bayındırlık Bakanlığından (Nafia Vekâleti) alınarak Milli Eğitim Bakanlığına bağlandı ve adı “*İstanbul Yüksek Mühendis Okulu*” (İYMO) oldu. 1944 Yılında kabul edilen 4619 Sayılı Kanunla Yüksek Mühendis Okulu, bütün hak ve görevleriyle dört fakülteden oluşan “*İstanbul Teknik Üniversitesi*” haline geldiği zaman İYMO Makine Şubesi de, Genel Makine, Uçak İnşaatı ve Gemi İnşaatı Şubeleriyle Makine Fakültesi adıyla teşkilatlandırıldı.

Türkiye'de sivil gemi inşaatı mühendisliği eğitimi 1943 yılında İYMO-İstanbul Yüksek Mühendislik Okulu Makine Şubesine bağlı bir ihtisas kolu olarak “*Deniz İnşaatı*” kısmının açılmasıyla başlamıştır.[16] Gemi İnşaatı Şubesi'nin kurulduğunu ve mevcut öğrencilerden buraya geçmek isteyenlerin başvurmaları gerektiğini bildiren yazı, ilan tahtasına asılarak öğrencilere duyurulur. Bu duyuru üzerine; İYMO Makine Şubesi'nde 1941 yılından beri beraber okumuş yedi erkek öğrenci birbirinden habersiz olarak gemi şubesine geçiş için başvururlar. Böylece başvuruları kabul edilen, Sevim Akkeskin, Ahmet Erdem, Gafuri Ertaş, Kemal Karhan, Tarık Sabuncu, Fahri Tuncer ve Sebahattin Ülkü Gemi Şubesi'nin üçüncü sınıfı olarak eğitimlerine başlarlar. Bir yıllık eğitim sonunda dördüncü sınıfa geldiklerinde; uzun bir hastalık döneminden sonra Sevim Akkeskin vefat ettiğinden altı kişi olarak eğitimlerini sürdürürler. 1944 Yılında İstanbul Yüksek Mühendis Okulu, İstanbul Teknik Üniversitesi'ne dönüştüğünde, İTÜ Makine Fakültesi de Genel Makine, Uçak İnşaatı ve Gemi İnşaatı Bölümlerinden oluştu. Bölümün ilk öğrencileri 6 yıllık eğitim sonunda 1947 de Gemi İnşaatı Yüksek Mühendisi olarak mezun olurlar. Makine Fakültesine bağlı bir şube şeklindeki bu başlangıçtan sonra kurum, 1970 de Gemi İnşaatı Fakültesi, 1979 da Gemi inşaatı ve Deniz Bilimleri Fakültesi olarak; gemi inşaatı ve deniz teknolojisi alanında faaliyetlerini sürdürerek mezunlar vermektedir. Fakülte olarak mezunlarına gemi inşaatı mühendisi, gemi inşaatı ve gemi makinaları mühendisi, gemi ve deniz mühendisi, gemi inşaatı ve deniz mühendisi, deniz teknolojisi mühendisi ile gemi ve deniz teknolojisi mühendisliği unvanlarıyla diploma vermiştir. İTÜ Makine Fakültesi Gemi Şubesi'nden, İTÜ Gemi İnşaat Fakültesi'nden, Gemi İnşaatı ve Deniz Bilimleri Fakültesi Bölümlerin mezunu olan öğrencilerin dönemleri, mezuniyet unvanları ve mezun sayıları 1947 yılındaki ilk mezunlardan 2014 yılı sonuna kadar aşığıdaki tabloda özetlenmiştir. Tablodan görüldüğü gibi 2014 yılı sonuna kadar 255 i yüksek mühendis 2558 i mühendis olmak üzere toplam mezun sayımız 2813 dür.

**Tablo 1.** İTÜ Mezunu gemi inşaatı-gemi makinaları ile gemi ve deniz teknolojisi mühendisleri [17]



1947-2014 Mezun Öğrenci Sayıları



Fakülte	Dönem	Unvan	Mezun Sayısı	Toplam
İTÜ Makine Fak. Gemi Şubesi(1944-1969)	1947-1973 1973-1975	Yüksek Mühendis Mühendis (İTÜ)	255 67	322
İTÜ Gemi İnşaat Fakültesi 18.12.1969-31.05.1979 (1975 yılında öğrenci alımları sebebiyle İTÜ mezun verilmemiştir.)	1974-1979	Mühendis (İTÜ)	151	151
İTÜ Gemi İnşaatı ve Deniz Bilimleri Fakültesi 1979	1980-1982	Mühendis (İTÜ) Tek Program	77	
Gemi İnşaatı Bölümü Gemi İnşaatı Bölümü Gemi İnşaatı ve Gemi Makinaları Bölümü	1982 1983-2007 2007-2014 2014 Bahar-Yaz	Mühendis (İTÜ) Gemi İnş. ve Gemi Mak. Müh. (İTÜ) Gemi İnş. ve Gemi Mak. Prog. Lisans Gemi İnş. ve Gemi Mak. Müh.	48 1007 359 56	1547
Deniz Bilimleri Bölümü Deniz Teknolojisi Mühendisliği Bölümü Deniz Teknolojisi Mühendisliği Bölümü Gemi ve Deniz Teknolojisi Mühendisliği Bölümü	1987-1992 1993-2007 2007-2009 2009-2014 2014 Bahar-Yaz	Gemi ve Deniz Mühendisi (İTÜ) Gemi İnşaatı ve Deniz Mühendisi Deniz Tekn. Müh. Prog. - Lisans Gemi ve Deniz Tekn. Prog. - Lisans Gemi ve Deniz Tekn. Müh.	62 408 99 206 24	793
Toplam Mezun Sayısı (255 Yüksek Mühendis+2558 Mühendis )				2813

## Kaynaklar

- [1] Editörler: Aras N.K., Dölen E. ve Bahadır O. (2007), “Türkiye’de Üniversite Anlayışının Gelişimi 1861-1961” Türkiye Bilimler Akademisi Yayınları Sıra No: 15, Yeni Reform Matbaacılık-Ankara
- [2] Widmann, H. (1973), “Exil und Bildungshilfe-Atatürk Üniversite Reformu” Çeviri: Prof.Dr.aykut Kazancıgil ve Dr.Serpil Bozkurt – 1981, İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Özel Seri 3 - İstanbul
- [3] Ünlü, R. (2000), “Deniz Harp Okulu ve Deniz Lisesinin Tarihçesi”, Yedinci Askeri Tarih Semineri Bildirileri-1, Genelkurmay Basımevi, Ankara
- [4] Aksoydan, A.S. (1973), “Deniz Harp Okulu ve Deniz Lisesinin Tarihçesi”, Deniz Kuvvetleri Dergisi, Temmuz 1973, Cilt 75, Sayı 482
- [5] Çeçen, K. (1988), “Hüseyin Tevfik Paşa ve Linear Algebra”, İTÜ Bilim ve Teknoloji Tarihi Araştırma Merkezi, Yayın No: 5, İstanbul
- [6] Kaçar, M. ve Bir, A. (2008), “Mühendishane’den İstanbul Teknik Üniversitesine Kısa Mühendislik Tarihimiz”, “Bilgiye Yatırım Birlikteliğinin Gücü”, İTÜ Rektörlüğü, Sayı 1639, Punto Baskı Çözümler, İstanbul

- [7] Eronat, C.Y. (1988), “Hürriyet gene Hürriyet II. Cilt”, T.C. Kültür Bakanlığı Yayınları/2094, Kültür Eserleri Dizisi/220” Türk Tarih Kurumu Basımevi-Ankara
- [8] Çoker, F. (1973), “Bahriye Mektebimiz”, Deniz Harp Okulu ve Lisesi'nin 200. Yılı, Dz.K.K. Basımevi-Ankara
- [9] İşipek, A.R. (2009), “Cezayirli Gazi Hasan Paşa”, Deniz Basımevi Müdürlüğü, Kasımpaşa – İstanbul
- [10] Karaca, M. (2013), “İstanbul Teknik Üniversitesi ve Mühendislik Tarihimiz”, 2. Basım, Sayfa 49-70 ve 81-88, Cenkler Matbaacılık Amb. San. Ltd. Şti., İstanbul
- [11] Çeçen, K. (1990), İstanbul Teknik Üniversitesi'nin Kısa Tarihçesi”, İTÜ Bilim ve Teknoloji Tarihi Aratırma Merkezi, Yayın No: 7
- [12] Şengör, A.M.C. (1987), “Mühendishane'den Teknik Üniversite'ye İTÜ nün Geçmişinde Bir Gezinti”, İTÜ den Haberler, Sayı: 19-1987, Sayfa 16-27, İstanbul
- [13] İşipek, A.R. (2005), “Çeşme Deniz Savaşları ve Sonuçları” Türk Denizcilik Tarihi Cilt 2 sayfa 51-61, Deniz Basımevi Müdürlüğü, İstanbul
- [14] Uluçay, C. ve Kartekin, E. (1958), “Yüksek Mühendis Okulu”, Berksoy Matbaası, İstanbul
- [15] Kafescioğlu, R. (2010), “Yüksek Mühendis Mektebi'nden İstanbul Teknik Üniversitesi'ne Bir Dönüşümün Öyküsü ve Anılar”, YEM Yayın – İstanbul
- [16] Eken, A. (2013), “Ord.Prof.Ata Nutku – Türk Gemi İnşaatı Endüstrisi ve Mühendislik Eğitiminin Önderi”, İTÜ Vakfı Yayını, Cenkler Matbaası – İstanbul
- [17] Baykal, R. (2014), “Gemi İnşaatı ve Deniz Bilimleri Fakültesi'nin Tarihçesi”, TMMOB Gemi Mühendisleri Odası 60. Yıl Sempozyumu 11 Aralık 2014 Kartal – İstanbul



## SLOSHING IN A T-BAFFLED RECTANGULAR STORAGE TANK NUMERICAL STUDY FOR 2-D PROBLEMS

Hakan AKYILDIZ\*

\* *İstanbul Teknik Üniversitesi*

### ABSTRACT

The liquid sloshing in a moving partially filled rectangular tank with vertical and T-shape baffles is investigated. A numerical algorithm based on the volume of fluid technique (VOF) is used to study the non-linear behaviour of liquid sloshing. The numerical model solves the complete Navier-Stokes equations in primitive variables by using of finite difference approximations with the moving coordinate system. The ratio of the baffle height to the initial liquid depth has been changed in the range of  $0 \leq h_B / h \leq 1.0$ . The effect of the T-shape baffle and vertical baffle height to reach the roof of the tank have been investigated. It is observed that a vertical baffle for  $h_B / h < 0.8$  would be more effective except the maximum dynamic pressure at T2 and T-shape baffle having a height  $h_B / h \geq 0.8$  would be very effective in reducing the dynamic pressure. On the other hand, the maximum overturning moment for the T-baffled case would be much smaller. In order to assess the accuracy of the method used, some results with vertical baffle are compared with the available experimental results. The time variations of pressures have been also presented.

**Keywords:** Sloshing, Two-dimensional free surface flow, Volume of fluid technique, Finite difference method, T-Baffle

### 1. Introduction

Liquid sloshing in a moving tank constitutes major components in a number of dynamical systems such as aerospace vehicles, road tankers, liquefied natural gas carriers, elevated water towers and petroleum cylindrical tanks. Fluid motion in partially filled tanks can cause large structural loads if the period of tank motion is close to the natural period of fluid inside the tank (Ibrahim, 2005; Faltinsen and Timokha, 2009). The amplitude of the slosh, in general, depends on amplitude and frequency of the tank motion, liquid-fill depth, liquid properties and tank geometry. These parameters have direct effects on the dynamic stability and performance of moving tanks. The baffle inside a tank has investigated many researchers and the several recent studies on the effect of baffle on liquid sloshing are summarized as follows.

There has been a considerable amount of work on liquid sloshing. Some of these studies are reported by Ibrahim et al. (2001), Faltinsen and Timokha (2001). Faltinsen and Timokha, (2001) analysed the two-dimensional nonlinear sloshing of an incompressible fluid with irrotational flow in a rectangular tank by a modal theory. The theory they used is in good agreement with experimental results but the model assumes infinite tank roof height.

Akyildiz and Unal (2005; 2006) investigated the pressure variations in both baffled and unbaffled rectangular tank numerically and experimentally. They observed that the effects of the

vertical baffle are most pronounced in shallow water and consequently the pressure response is reduced by using the baffles. When an internal element is put into a tank, the liquid viscosity cannot be neglected and energy is dissipated by viscous action. Celebi and Akyildiz (2002) revealed that flow over a vertical baffle produces a shear layer and energy is dissipated by viscous action. They concluded that, in an increased fill depth; the rolling amplitude and frequency of the tank with or without baffle configurations directly affect the degrees of non-linearity of the sloshing phenomena. As a result of this, a phase shift in forces and moments occurred.

Kim (2001) analysed the sloshing flows with impact load in the two and three-dimensional containers based on a finite difference method. In this study, the Navier-Stokes equation with free boundary was solved using the SOLA scheme and the free surface profile was assumed to be a single-valued function. Armenio and La Rocca (1996) adopted the finite difference method to solve the 2D RANS equations to overcome the strong interaction between vorticity and free surface motion. The control of the sloshing behaviour with baffles is also a subject of interest in the recent years, because of the complexity and highly non-linear nature of the problem. Some researches carried out the experimental and numerical studies and pointed out the above mentioned characteristics (Akyildiz and Unal, 2006; Panigrahy et al., 2009; Pal et al., 2002; Sames et al., 2002).

Cho and Lee (2004) denoted that the liquid motion and the dynamic pressure distribution above the baffle are more active than those below the baffle by carrying out the parametric study on two-dimensional liquid sloshing. They used the baffled tank under forced horizontal excitation considering potential flow theory. Cho et al. (2005) carried out a numerical method to analyze the resonance characteristics of liquid sloshing in a 2D baffled tank. They cannot resolve the viscous and the rotational motion of the liquid sloshing because of the potential flow theory. Pal and Bhattacharyya (2010) carried out the numerical and experimental studies of liquid sloshing for 2-D problem. The resulting slosh heights for various excitation frequencies and amplitudes are compared with the data obtained numerically. It was concluded that the little variations in the data are due to the ineptness of the experimental set up and the input parameters. Younes et al. (2007) investigated the hydrodynamic damping experimentally in rectangular tanks with vertical baffles of different heights and numbers. It is pointed out that the damping ratio increases by increasing the baffle numbers.

Liu and Lin (2009) studies 3D liquid sloshing in a tank with baffles using the numerical approach. They showed that the vertical baffle is more effective than the horizontal baffle in reducing the amplitude and the pressure on the wall. The commercial CFD code has been utilized to investigate the liquid sloshing recently (Godderidge et al., 2006b, 2007; Godderidge et al., 2009a, 2009b). They showed good agreement with the experimental data.

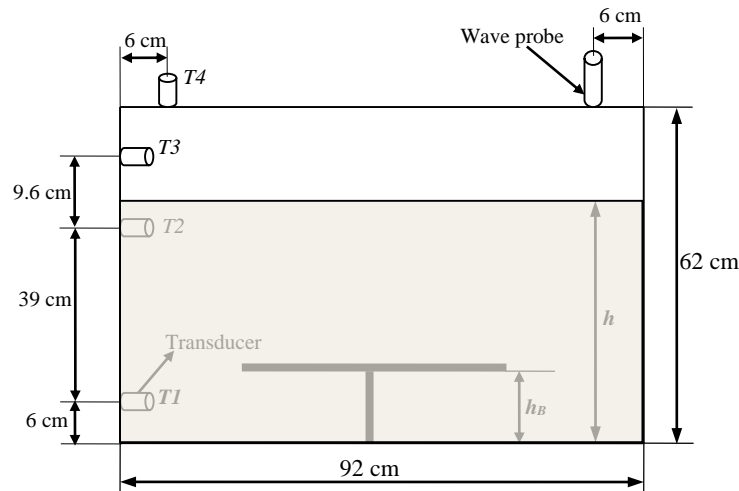
In this study, the effects of the vertical baffle height and the horizontal baffles on liquid sloshing in a rolling rectangular tank have been investigated. Furthermore, it is examined that how the vortex resulting from the baffle tip affects the liquid sloshing and flow physics. A numerical algorithm based on the volume of fluid technique (VOF) is used to study the non-linear behaviour of liquid sloshing. The numerical model solves the complete Navier-Stokes equations in primitive variables by using of finite difference approximations with the moving coordinate system. It is difficult to analyse how flow physics such as the vortex from the baffle tip could be used to understand the effect of the baffle on liquid sloshing. Therefore, the main purpose of this study is to examine the behaviour of the tip vortex and to assess numerically



how the height of the baffle relative to the initial liquid depth with horizontal baffles affects liquid sloshing. The T-baffle is located at the center of the bottom of the tank. Thus, this study provides an investigation of the free surface elevation according to the baffles and the pressure distributions on the tank wall.

**2. Mathematical formulation and numerical approach**

The fluid is assumed to be homogenous, isotropic, viscous and Newtonian. Tank and fluid motions are assumed to be two-dimensional. The domain considered here is a rigid rectangular container partially filled with liquid, as shown in Fig. 1.



**Figure 1.** Schematic diagram of the pressure transducers and baffle configuration.

The governing equations are solved simultaneously with the corresponding boundary conditions and free surface kinematics and dynamic boundary conditions in the fluid domain.

$$\nabla \mathbf{U}(u, v) = 0 \tag{1}$$

$$\frac{\partial \mathbf{U}}{\partial t} + \mathbf{U} \cdot \nabla \mathbf{U} = -\frac{1}{\rho} \cdot \nabla \mathbf{P} + \mathbf{F} + \nu \nabla^2 \mathbf{U} \tag{2}$$

where  $\mathbf{U}(u, v)$  is the velocity vector defined in the tank fixed coordinate and,  $\rho$ ,  $P$ ,  $\nu$  and  $F$  are the liquid density, pressure, kinematic viscosity and external forces respectively.

In order to include the non-linearity and avoid the complex boundary conditions of moving walls, the moving coordinate system is used. The origin of the coordinate system is at the position of the center plane of the tank and on the undisturbed free surface. The moving coordinate is translating and rotating relative to an inertial system which can be used to represent general roll or pitch of the tank.

The external force consists of gravitational forces, the translational and rotational inertia forces, which can be written as,

$$\mathbf{F} = \mathbf{g} - \frac{d\mathbf{V}}{dt} - 2\boldsymbol{\Omega} \times \mathbf{V} - \frac{d\boldsymbol{\Omega}}{dt} \times \mathbf{r} - \boldsymbol{\Omega} \times (\boldsymbol{\Omega} \times \mathbf{r}) \quad (3)$$

where  $\mathbf{g}$ ,  $\mathbf{V}$  and  $\boldsymbol{\Omega}$  are the gravitational vector, the translational velocity and the rotational velocity vector. In addition,  $\vec{r}$  is the position vector of the considered point relative to  $O$ . On the free surface, both the kinematics and dynamic conditions should be satisfied:

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \mathbf{U} \cdot \nabla (\eta - z) = 0 \quad (4)$$

$$P = P_{\text{atm}} \quad (5)$$

where  $\eta$  represents the free surface profile and  $P_{\text{atm}}$  is the air pressure or ullage pressure inside the tank. The surface tension is ignored in this study. Therefore, a no-shear is needed on the free surface. But, proper wall conditions are necessary on the tank walls and the internal members.

## 2.1 Numerical Computation

For the analysis of the sloshing flow inside a partial filled tank, a finite difference method is applied to the governing equations. A FDM (finite difference method) is useful when there are internal structures inside the tank or the fluid contacts the tank ceiling frequently. As the internal structures exist, the viscous effects may be dominant. In this study, the method concentrates on the global fluid motion, so some local effects, such as turbulence and wave breaking have been ignored. In some cases, these local effects are important, but the simulation of global flow plays a more critical role in many sloshing problems, due to the slosh-induced moment in the ship cargo (Kim, 2001).

The scheme adopted in this study is the SOLA method (Hirt and Nichols, 1981). Tank volume is discretized into Cartesian staggered grid cells. A single layer of fictitious cells (or boundary cells) surrounds the fluid region. The fictitious cells are used to set the boundary conditions so that the same difference equation can be used in the interior of the mesh (Lee et al., 2007; Liu and Lin, 2009; Eswaran et al., 2009).

Fluid velocities are located at the centers of the cell boundaries and pressure ( $P$ ) and the volume of fluid function ( $F$ ) are computed at the center of the cell. The solution algorithm works as a time cycle or 'movie frame'. The results of the time cycle act as initial conditions for the next one. At each step, suitable boundary conditions must be imposed at all boundaries.

There are two alternatives for the wall conditions; when the viscosity effect on the tank boundary is significant, the no-slip condition should be imposed. However, in most sloshing problems, the viscous effect is not significant and the boundary layer thickness is much less than the cell size. Therefore, the free slip condition is applied in the present study. For example, if the left boundary of the computing mesh is to be a rigid free slip wall, the normal velocity will be zero and the tangential velocity should have no normal gradients, i.e.

$$\begin{aligned} u_{1,j} &= 0 \\ v_{1,j} &= v_{2,j} \quad \text{for all } j \end{aligned} \tag{6}$$

### 2.2 Numerical Stability and Accuracy

Numerical calculations can have quantities that develop large, high frequency oscillations in space or time or both of them. This behaviour is usually referred to as a numerical instability. To prevent this type of numerical instability or inaccuracy, certain restrictions must be observed in defining the mesh increments  $\Delta x_i$  and  $\Delta y_j$ , the time increment  $\Delta t$  and the upstream differencing parameter  $\alpha$ .

For accuracy, the mesh increments must be chosen small enough to resolve the expected spatial variations in all dependent variables. Once a mesh has been chosen, the choice of the time increment necessary for stability is governed by two restrictions. First, material cannot move through more than one cell in one time step, because the difference equations assume fluxes only between adjacent cells. Therefore, the time increment must satisfy the inequality,

$$\Delta t < \frac{\Delta(x, y)}{\Delta U_{i,j}} \quad \text{or,} \tag{7}$$

$$\Delta t < \text{Min} \left\{ \frac{\Delta x_i}{|u_{i,j}|}, \frac{\Delta y_j}{|v_{i,j}|} \right\} \tag{8}$$

where the minimum is with respect to every cell in the mesh. When a non-zero value of kinematic viscosity, momentum must not diffuse more than one cell in one time step. A linear stability analysis shows that this limitation implies,

$$\nu \Delta t < \frac{1}{2 \cdot (1/\Delta x_i^2 + 1/\Delta y_j^2)} \tag{9}$$

In this study,  $\Delta t$  is automatically chosen to satisfy the above inequalities. In order to insure the numerical stability, the parameter  $\alpha$  is,

$$1 \geq \alpha \geq \text{Max} \left\{ \frac{u_{i,j} \cdot \Delta t}{\Delta x}, \frac{v_{i,j} \cdot \Delta t}{\Delta y} \right\} \tag{10}$$

### 2.3 Tank configuration

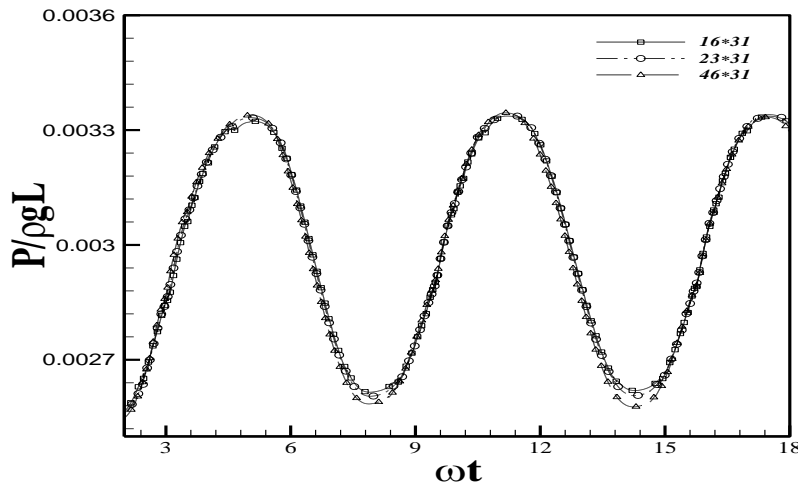
Fig. 1 denotes the 2D-rectangular tank with T-shape baffle and the locations of the transducers to obtain the pressure distributions with time (Akyildiz and Unal, 2006; Chen et al., 2009). For all cases, the fluid depth ( $h$ ) is 75% of the tank height. The baffles are assumed to be rigid and

thin enough. The height of the baffle ( $h_B$ ) is established by the ratio to liquid depth which varies from 0.2 to 1.0. The pressure transducers are installed on the left side in the center plane of the beam and one location on the top wall.

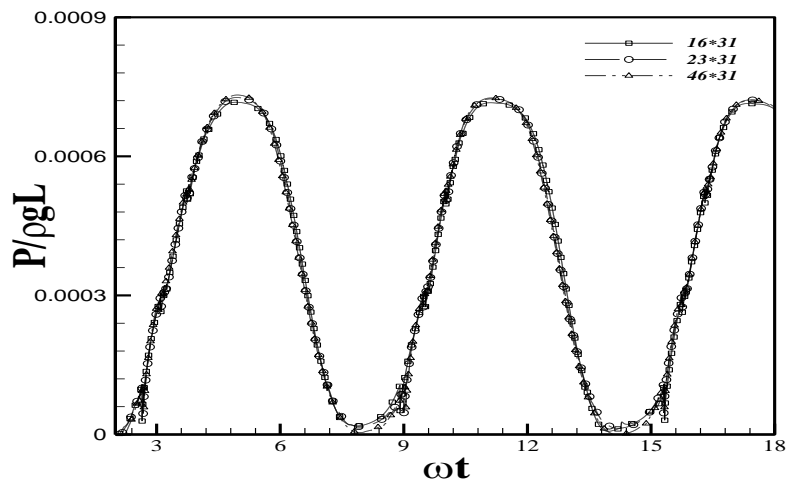
Present numerical code is set up to handle a simple harmonic forcing function. Thereafter, it advances the velocities in time explicitly using the two momentum equations. First, the angular displacement and its derivatives are calculated. The apparent acceleration terms are then calculated and finally the advective, diffusion and pressure gradients terms are calculated yielding an estimate of the velocity at the new time level. The tank motion is the pitch oscillations about y-axis only which follows the sinusoidal function given as where  $\theta_0$  and  $\omega$  are the rolling amplitude and the frequency, respectively. The rolling amplitude is chosen as 40 and 80 in this study.

In order to testify and verify the discretization of the numerical model, three different grid systems are chosen for various fill depth ( $16 \times 31$ ,  $23 \times 31$  and  $46 \times 31$ ) for the liquid fills 50% and 75% of the tank height. Generally, the choice of ' $\Delta t$ ' is of extreme importance. In explicit schemes, ' $\Delta t$ ' will govern the stability and also the accuracy, while in implicit schemes it will affect the accuracy. In this study, the value of ' $\Delta t$ ' can be automatically calculated by the program and dynamically modified to insure stability and also optimize the pressure solution. When the excitation is harmonic rolling, it has been found that the normalized time step is somewhat independent of the forcing period. Therefore, about 200 time steps are required per forcing period in this program. This seems to hold regardless of discretization. A relatively fine discretization ( $46 \times 31$ ) with a finer enforcement of the velocity divergence requires three seconds of computer time per time step comparing a coarse discretization ( $16 \times 31$ ). Therefore, ( $46 \times 31$ ) grid system is chosen to obtain results in a reasonable time considering stability and accuracy. Furthermore, as the liquid responds violently increasing the period and the amplitude of the excitation, the numerical solution becomes unstable. So, for the sake of avoidance of the instability, the rolling amplitude is chosen as 40 to testify the grid dependence.

Fig. 2 and Fig. 3 show the reasonable agreement of the time variations of the pressure for different grid systems at T1 (50% liquid fill) and T3 (75% liquid fill). To estimate the limited impact pressure on the tank top and to demonstrate the capability of the numerical code in computing impact-type loads, the liquid sloshing at 75% fill depth with the rolling amplitude 80 are chosen for all cases.



**Figure 2.** Time simulations of the pressure for three different grid systems at T1 for un-baffled tank.  $h=0.31$  m;  $\theta_0=4^0$ ;  $\omega_R=2.0$  r/s.



**Figure 3.** Time simulations of the pressure for three different grid systems at T3 for un-baffled tank.  $h=0.465$  m;  $\theta_0=4^0$ ;  $\omega_R=2.0$  r/s.

When the period and amplitude of excitation are large, the liquid responds violently and causes the numerical solution to become unstable. The instability are related to the instability of the fluid motion, such as the occurrence of turbulence, wave breaking and the transition from homogeneous flow to a two-phase flow. For these situations, the present numerical model is limited to the period prior to the inception of these flow perturbations. On the other hand, in this study, to estimate the limited impact pressure on the tank top and to demonstrate the capability of the numerical code in computing impact-type loads, the slosh of liquid at 75% fill depth with the rolling amplitude 80 are chosen for all cases. Thus, the main purpose of this study is to assess numerically how the height of the baffle relative to the initial liquid depth affects the liquid sloshing. In order to denote validation, several comparisons have been made between the numerical solution and the experimental results available in the previous studies.

### 3. Results and discussions

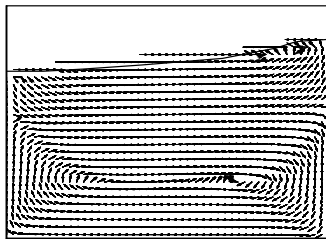
#### 3.1 Free surface elevation

Fig. 4, Fig. 5, Fig. 6, Fig. 7, Fig. 8 and Fig.9 denote the snapshots of the liquid motion including the free surface deformation and the velocity at regular intervals during one period ( $T$ ) of the rolling tank for different baffle heights. In the case of the unbaffled tank, the liquid sloshing is enough to reach to the top wall of the tank after impacting on the side walls of the tank as shown in Fig. 6(a-d). When the tank has the vertical baffle or the T-shape baffle with the height of  $h_B / h = 0.2$  and  $h_B / h = 0.4$ , the pattern of liquid sloshing is almost similar to the case of the unbaffled tank as shown in Fig. 7(a-d) and Fig. 8(a-d). T-shape baffle represents the shallow water effects and the free surface behavior is getting stable slowly due to the wave breaking and the inertial forces. As the vertical baffle height increases continuously, the rolling motion of the liquid becomes slightly weaker due to the blockage effects of the baffles on the liquid convection. Additionally, the free surface behavior is getting stable and the inertial forces are not enough to propel the liquid to reach to the top wall of the tank as shown in Fig. 9, Fig. 10 and Fig. 11.

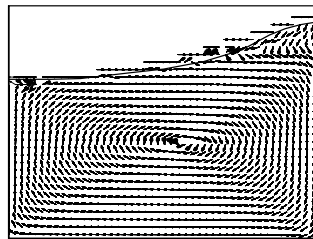
In the snapshots of the velocity vectors for one period ( $T$ ) of the rolling motion of the tank for the various  $h_B / h$ , the velocity vectors near the left wall moves upward after the liquid impacts on the left wall. The vortex almost starts to form left behind the vertical baffle and T-shape baffle represents the shallow water effects. At this instant, the liquid shows the roof impact on the left top corner of the tank. This pattern is almost a reverse result when the tank moves right side.

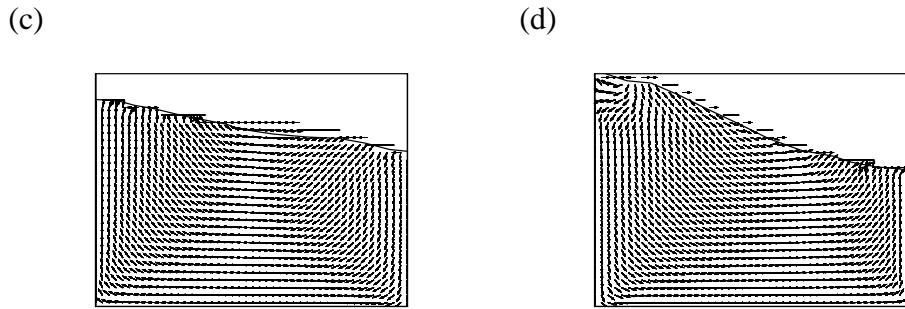
As the vertical baffle height increases, the blockage effect of the vertical baffle on the liquid convection is predominant to the tip vortex. the strength of the vortex by liquid flow separation from the vertical baffle tip become weaker. The value of the maximum free surface elevation also keeps decreasing.

(a)

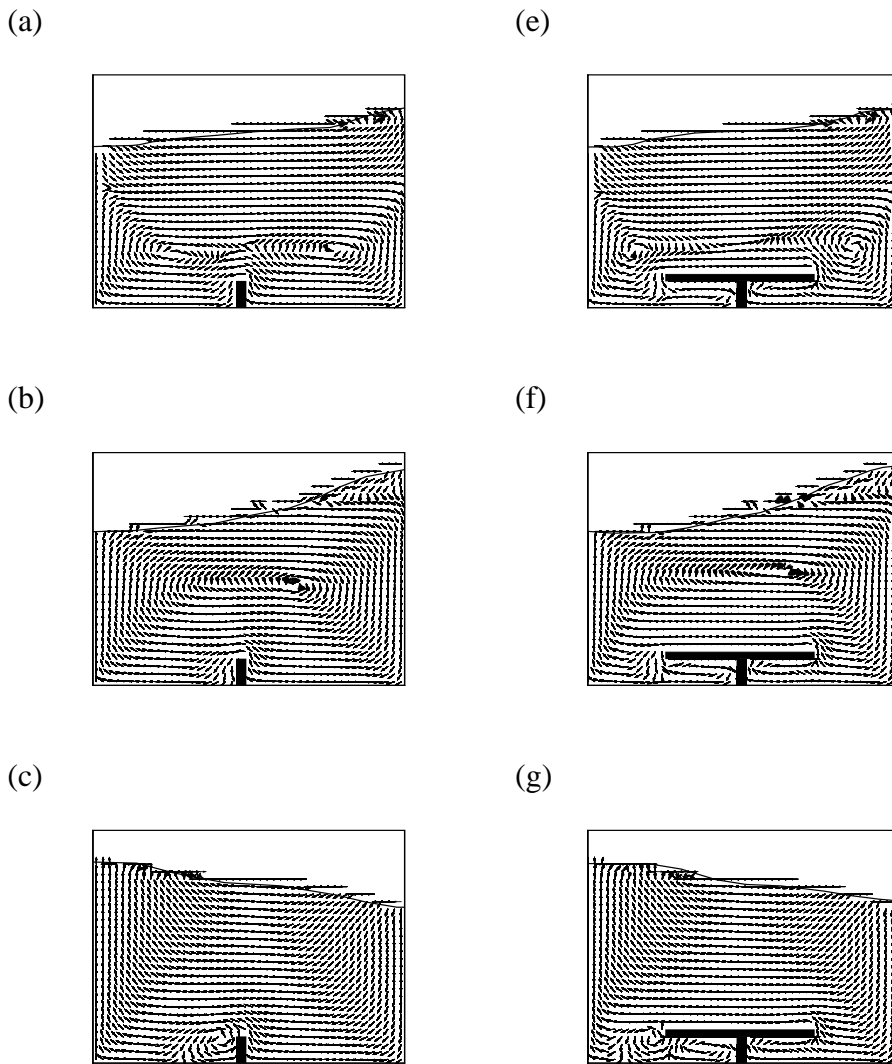


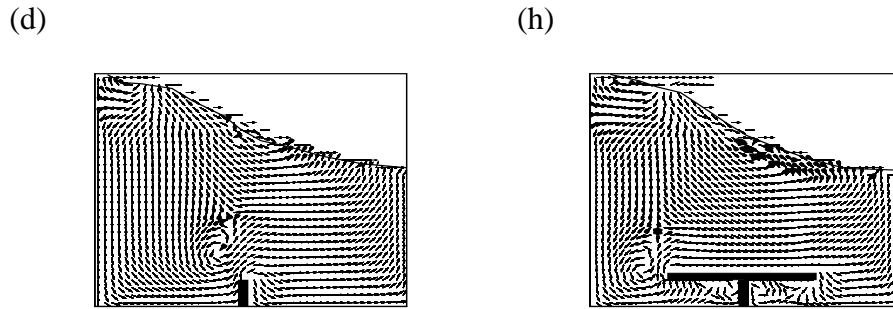
(b)



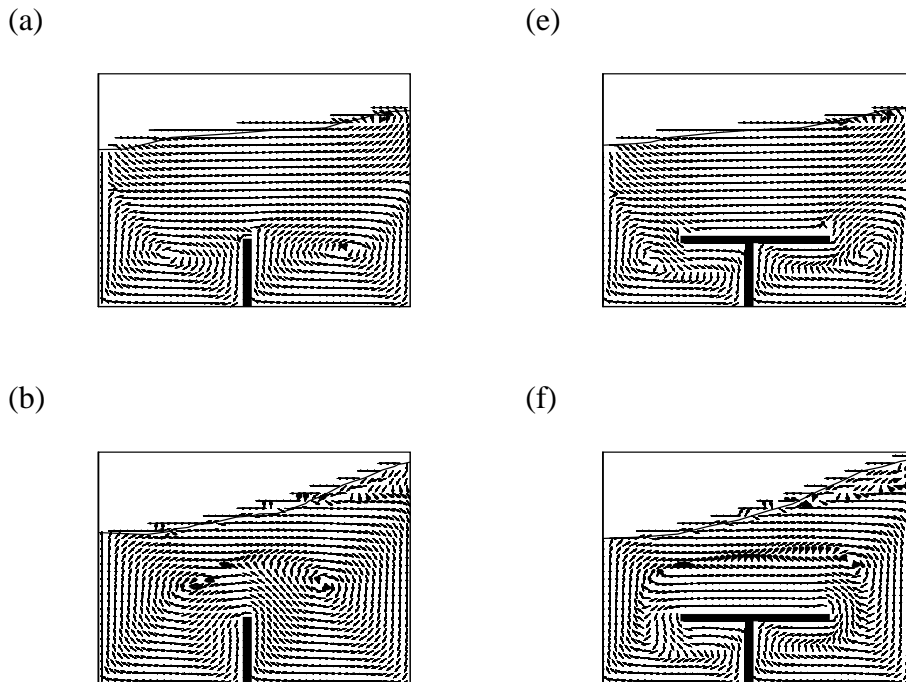


**Figure 4.** Snapshots of the velocity for one period ( $T$ ) of the un-baffled tank motion, (a)  $t = T/4$ , (b)  $t = T/2$ , (c)  $t = 3T/4$ , (d)  $t = T$ ,  $\omega_R = 5.0$  r/s;  $\theta_0 = 8^\circ$ .

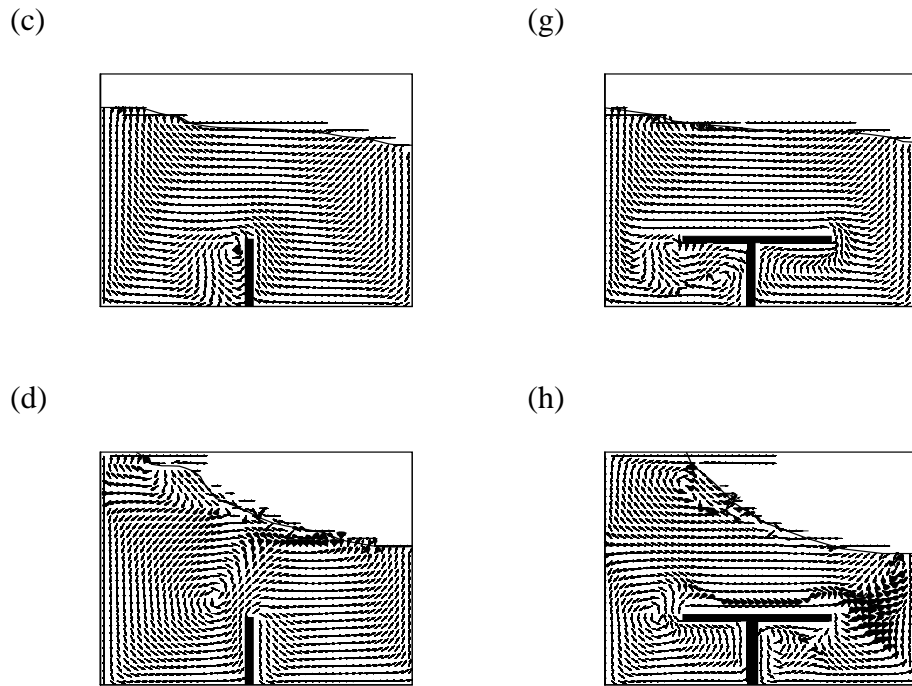




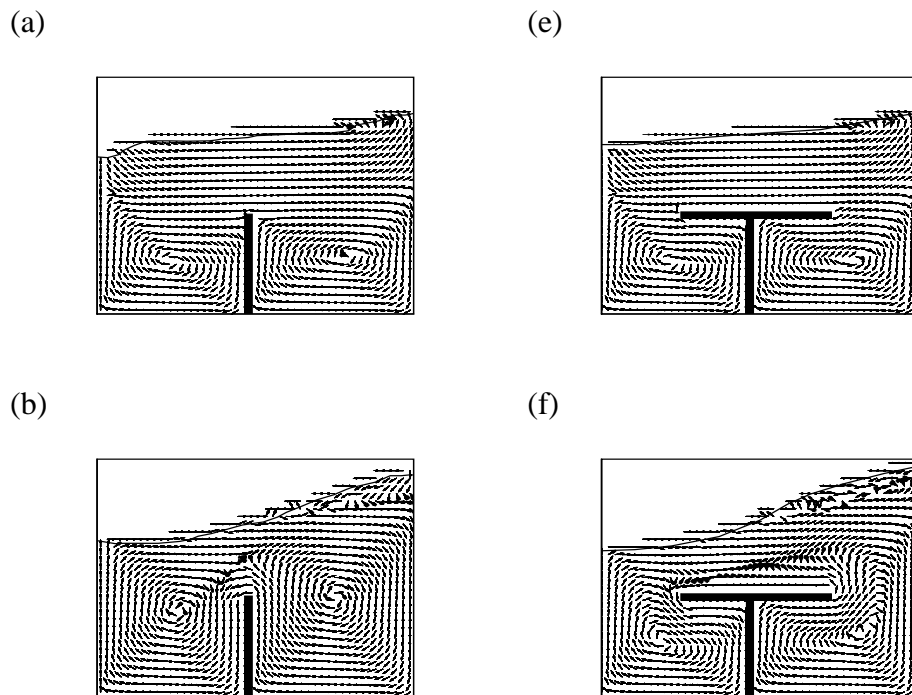
**Figure 5.** Snapshots of the velocity for one period ( $T$ ) of the tank motion,  $h_B / h = 0.2$ , in the case of vertical baffle and in the case of T-Baffle. (a)  $t = T/4$ , (b)  $t = T/2$ , (c)  $t = 3T/4$ , (d)  $t = T$ , (e)  $t = T/4$ , (f)  $t = T/2$ , (g)  $t = 3T/4$ , (h)  $t = T$ ,  $\omega_R = 5.0$  r/s;  $\theta_0 = 8^\circ$

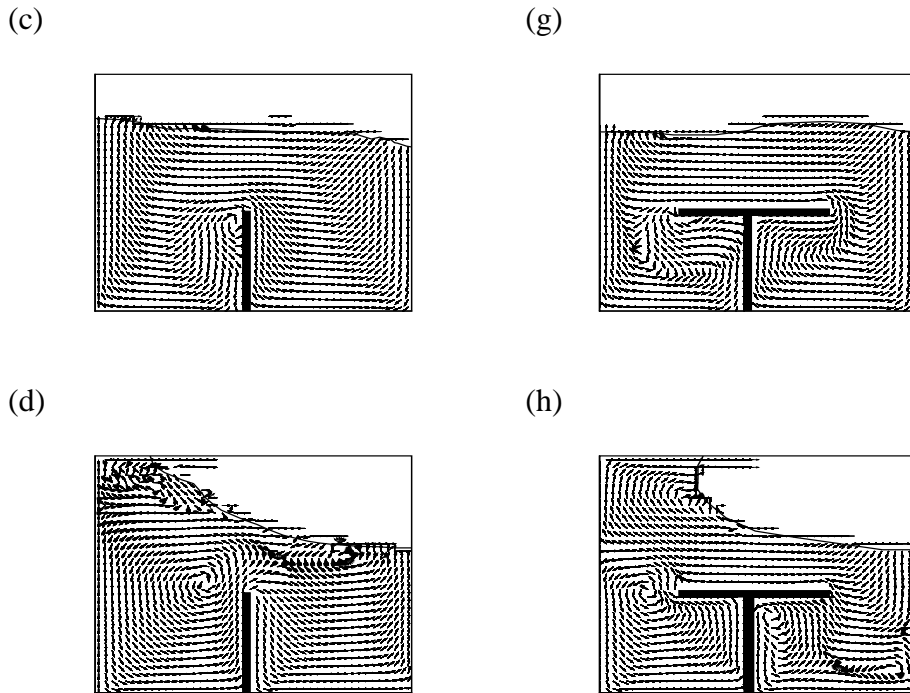




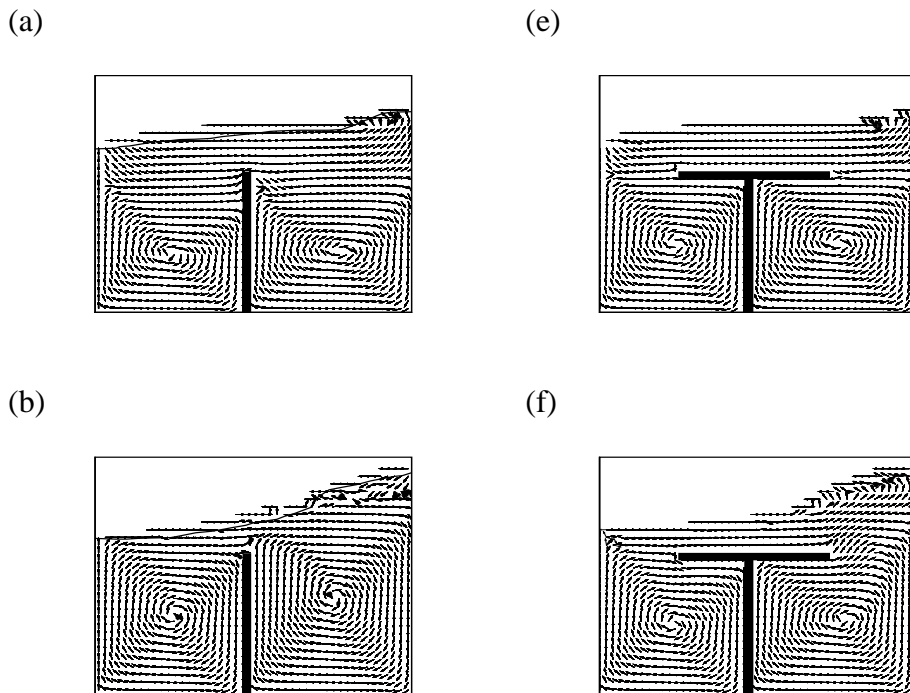


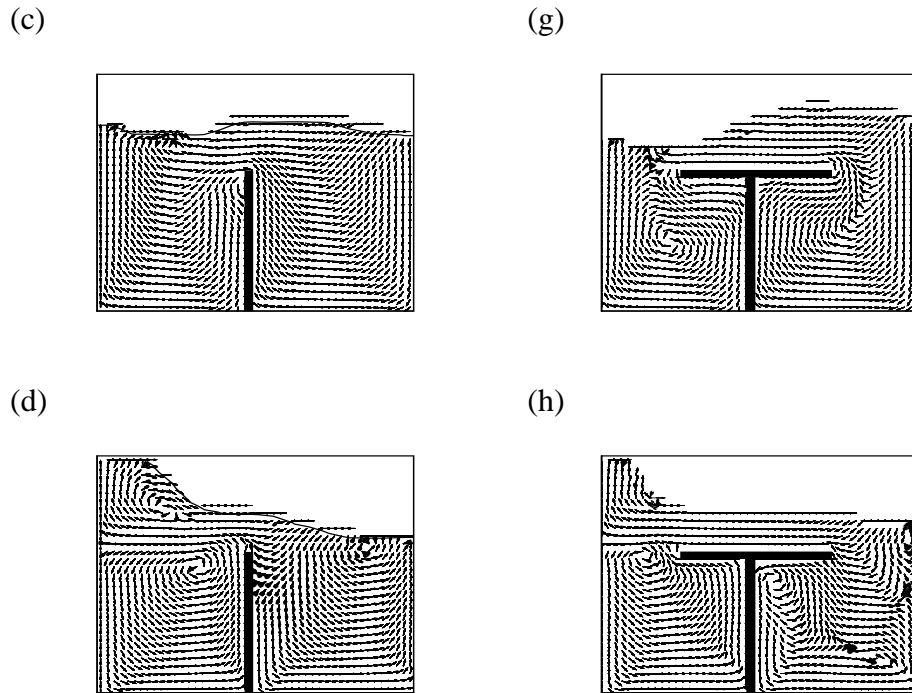
**Figure 6.** Snapshots of the velocity for one period ( $T$ ) of the tank motion,  $h_B / h = 0.4$ , in the case of vertical baffle and in the case of T-Baffle. (a)  $t = T/4$ , (b)  $t = T/2$ , (c)  $t = 3T/4$ , (d)  $t = T$ , (e)  $t = T/4$ , (f)  $t = T/2$ , (g)  $t = 3T/4$ , (h)  $t = T$ ,  $\omega_R = 5.0$  r/s;  $\theta_0 = 8^\circ$ .



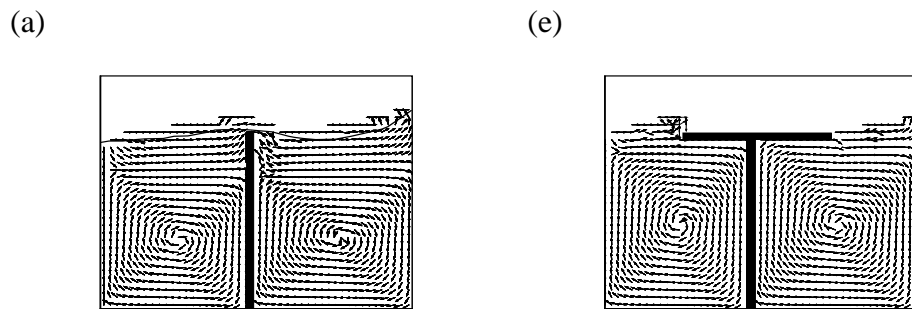


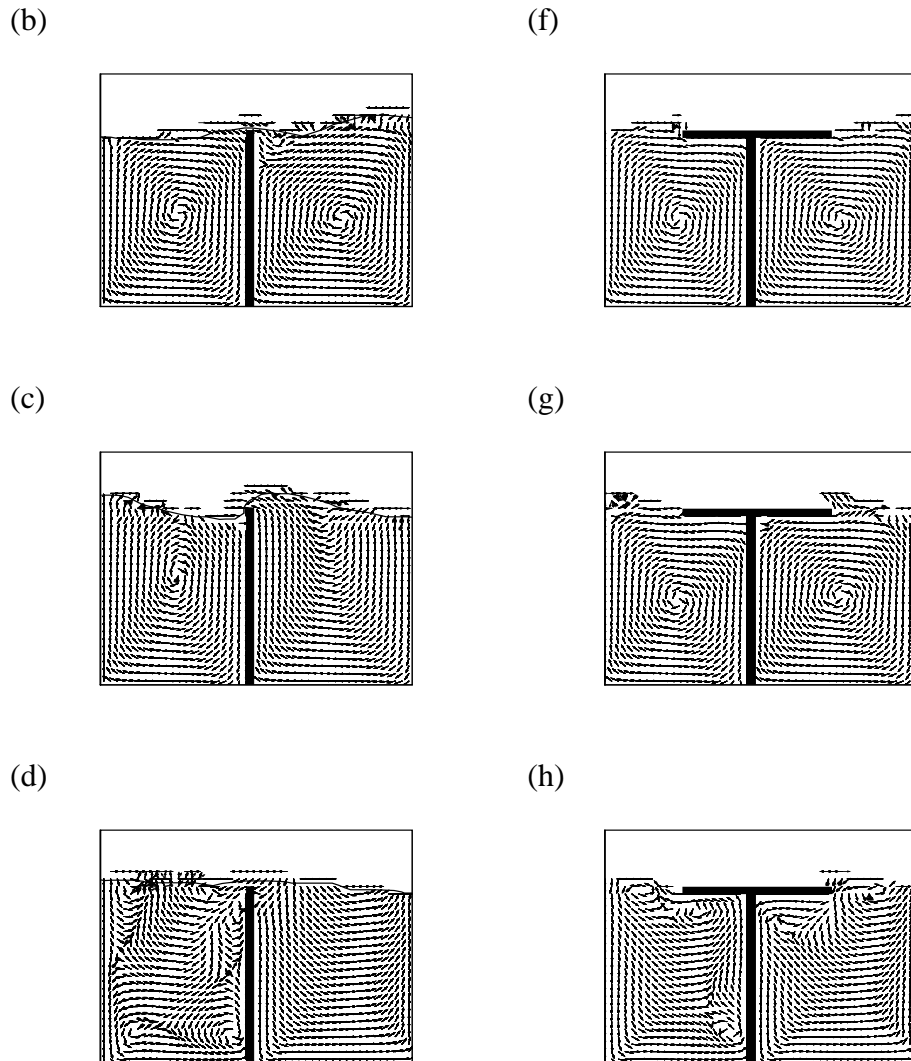
**Figure 7.** Snapshots of the velocity for one period ( $T$ ) of the tank motion,  $h_B / h = 0.6$ , in the case of vertical baffle and in the case of T-Baffle. (a)  $t = T/4$ , (b)  $t = T/2$ , (c)  $t = 3T/4$ , (d)  $t = T$ , (e)  $t = T/4$ , (f)  $t = T/2$ , (g)  $t = 3T/4$ , (h)  $t = T$ ,  $\omega_R = 5.0$  r/s;  $\theta_0 = 8^\circ$ .





**Figure 8.** Snapshots of the velocity for one period ( $T$ ) of the tank motion,  $h_B / h = 0.8$ , in the case of vertical baffle and in the case of T-Baffle. (a)  $t = T/4$ , (b)  $t = T/2$ , (c)  $t = 3T/4$ , (d)  $t = T$ , (e)  $t = T/4$ , (f)  $t = T/2$ , (g)  $t = 3T/4$ , (h)  $t = T$ ,  $\omega_R = 5.0$  r/s;  $\theta_0 = 8^\circ$ .



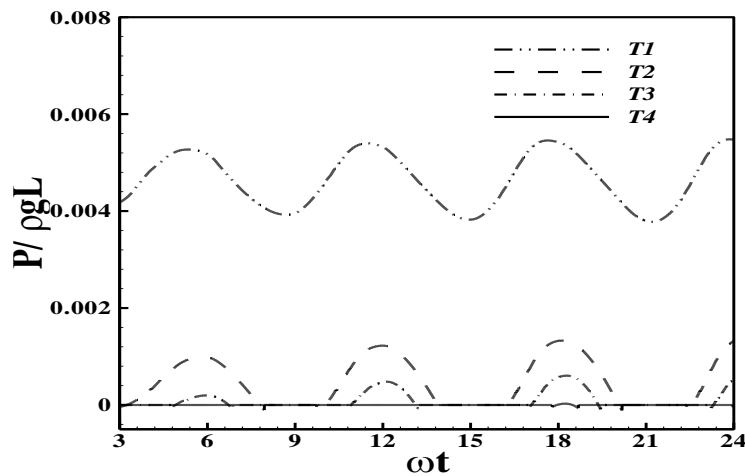


**Figure 9.** Snapshots of the velocity for one period ( $T$ ) of the tank motion,  $h_B / h = 1.0$ , in the case of vertical baffle and in the case of T-Baffle. (a)  $t = T/4$ , (b)  $t = T/2$ , (c)  $t = 3T/4$ , (d)  $t = T$ , (e)  $t = T/4$ , (f)  $t = T/2$ , (g)  $t = 3T/4$ , (h)  $t = T$ ,  $\omega_R = 5.0$  r/s;  $\theta_0 = 8^\circ$ .

### 3.2 Wall pressures

The time simulations of the pressure due to the liquid sloshing at different transducers are presented in Fig. 10, Fig. 11, Fig. 12, Fig. 13, Fig. 14 and Fig. 15. In the cases of the vertical and T-shape baffled tank, except T4 for the un-baffled tank, the values of the pressure at T1, T2 and T3 behave almost periodically. At T4, the pressure is sensed when the roof impact occurs. At this probe, the roof impact of the liquid doesn't occur at any instant beyond the baffle height of  $h_B / h \geq 0.65$ . As  $h_B / h$  increases, the value of the maximum free surface elevation keeps decreasing and does not reach the top wall due to the suppression of the liquid sloshing by the hydrodynamic damping of the baffles.

It is of great importance to know the maximum pressure exerting on the tank wall in the design of the liquid tanks. Thus, the instantaneous peak values in the time histories of the pressure at each transducer have been averaged to obtain the mean maximum pressure according to the baffle height. Fig. 16 and Fig. 17 show the dependence of the mean maximum pressure on the baffle height. Since the transducers of T3 and T4 locate above the initial free surface height, the values of pressure at these transducers are obtained by net liquid impact, resulting in the dynamic pressures. As  $h_B/h$  and the rolling amplitude increase continuously,  $P_{max}$  diminishes rapidly. For smaller rolling amplitude ( $4^\circ$ ), the maximum pressures decrease slowly as shown in Fig. 16 and Fig. 17. The values of  $P_{max}$  for  $h_B/h = 0.4$  and  $0.8$  are about 10% and 15 % less than that of  $h_B/h = 0.0$  at T1 for the rolling amplitude  $8^\circ$ . On the other hand, the values of  $P_{max}$  for  $h_B/h = 0.4$  and  $0.8$  are about 0.25% and 1% less than that of  $h_B/h = 0.0$  at T1 for the rolling amplitude  $4^\circ$ . In the case of the vertical and horizontal baffles, the maximum pressures decrease approximately 6% more than that of the vertical baffle case and remain almost unchanged for all  $h_B/h$  (Fig. 17).  $P_{max}$  at T4 does not also reach the top wall due to the suppression of the liquid sloshing by the hydrodynamic damping and the shallow water effect of the T-shape baffle. In general, at T1, the static pressure is mainly predominant over the dynamic pressure. As  $h_B/h$  and the rolling amplitude increase continuously,  $P_{max}$  diminishes slowly for  $h_B/h < 0.8$  and rapidly for  $h_B/h \geq 0.8$ . Then, It can be concluded that a vertical baffle for  $h_B/h < 0.8$  would be more effective except the maximum dynamic pressure at T2 and T-shape baffle having a height  $h_B/h \geq 0.8$  would be very effective in reducing the dynamic pressure.



**Figure 10.** Pressure distributions at the transducers in T-baffled tank under the rolling motion.  $h_B/h = 0.0$ ;  $h = 0.465$  m;  $\omega_R = 5.0$  r/s;  $\theta_0 = 4^\circ$ .

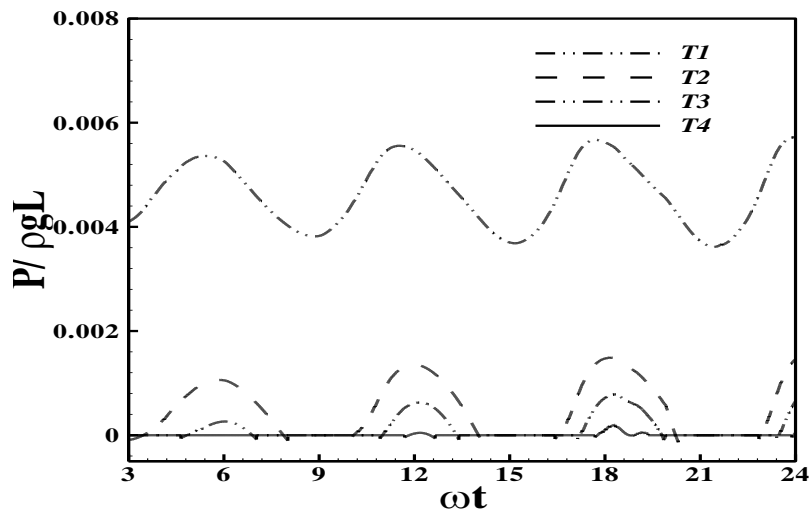


Figure 11. Pressure distributions at the transducers in T-baffled tank under the rolling motion.  $h_B / h = 0.2$ ;  $h = 0.465$  m;  $\omega_R = 5.0$  r/s;  $\theta_0 = 4^\circ$ .

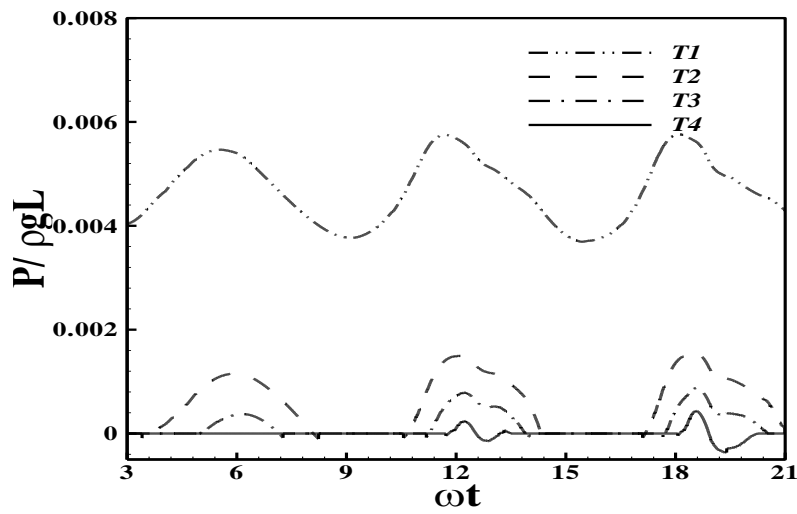


Figure 12. Pressure distributions at the transducers in T-baffled tank under the rolling motion.  $h_B / h = 0.4$ ;  $h = 0.465$  m;  $\omega_R = 5.0$  r/s;  $\theta_0 = 4^\circ$ .

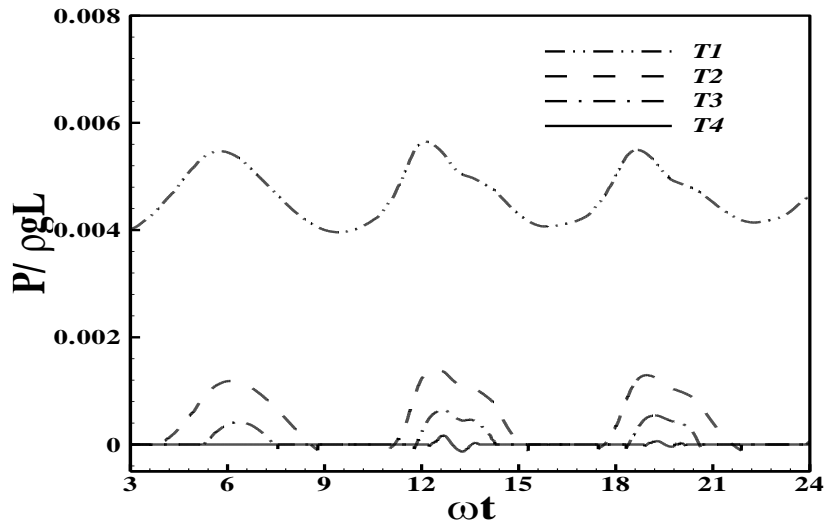


Figure 13. Pressure distributions at the transducers in a T-baffled tank under the rolling motion.  $h_B / h = 0.6$ ;  $h = 0.465$  m;  $\omega_R = 5.0$  r/s;  $\theta_0 = 4^\circ$ .

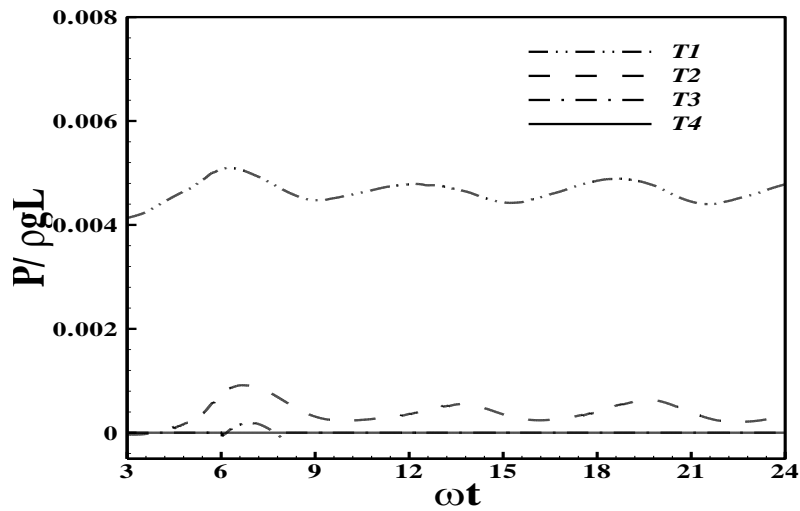


Figure 14. Pressure distributions at the transducers in a T-baffled tank under the rolling motion.  $h_B / h = 0.8$ ;  $h = 0.465$  m;  $\omega_R = 5.0$  r/s;  $\theta_0 = 4^\circ$ .

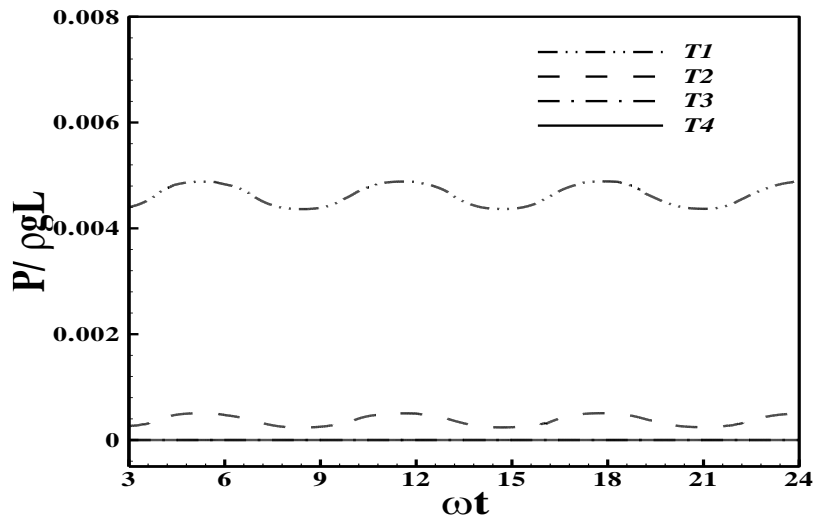


Figure 15. Pressure distributions at the transducers in a T-baffled tank under the rolling motion.  $h_b/h = 1.0$ ;  $h = 0.465$  m;  $\omega_R = 5.0$  r/s;  $\theta_0 = 4^\circ$ .

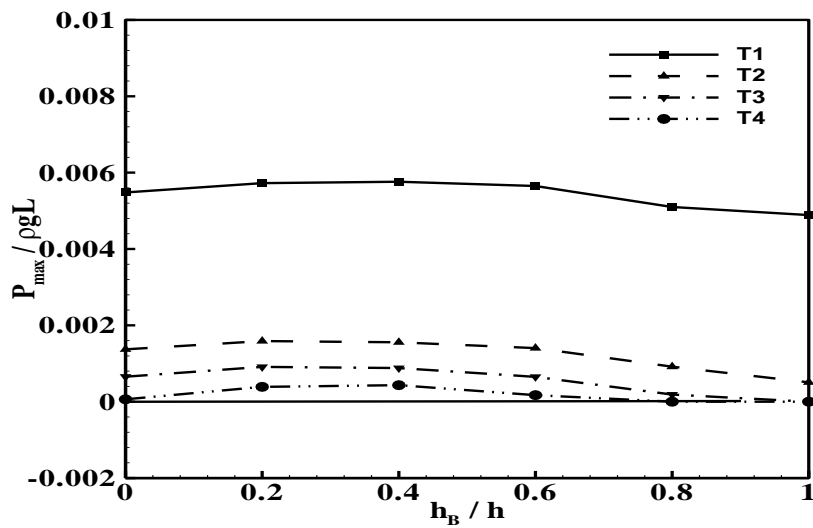


Figure 16. The mean maximum pressures in a T-baffled tank,  $\theta_0 = 4^\circ$ .



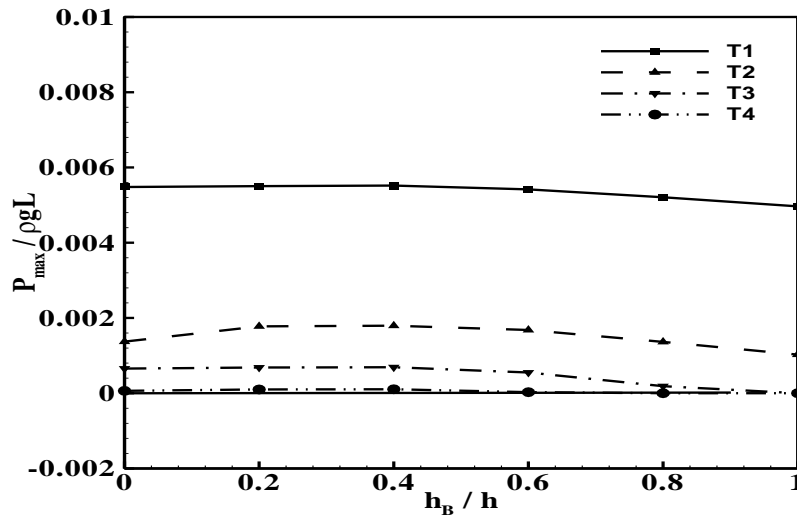


Figure 17. The mean maximum pressures in a vertical baffled tank,  $\theta_0 = 4^0$ .

#### 4. Conclusions

In this study, the effects of the vertical baffle and the T-shape baffle are investigated based on the liquid sloshing in a moving partially filled 2D-rectangular tank. A numerical algorithm based on the volume of fluid technique (VOF) is used to study the non-linear behaviour of liquid sloshing. The numerical model solves the complete Navier-Stokes equations in primitive variables by using of finite difference approximations with the moving coordinate system. The ratio of the baffle height to the initial liquid depth has been changed in the range of  $0 \leq h_B / h \leq 1.0$ . For all cases, the fluid depth ( $h$ ) is 75% of the tank height. The present time simulations of the pressure at T1 give a reasonable agreement with the experimental results of Akyildiz and Unal (2005), (2006). The little variations in the data are due to the ineptness of the experimental set up and the input parameters.

In the cases of the vertical and T-baffled tank, at T4, the roof impact of the liquid doesn't occur at any instant beyond the baffle height of  $h_B / h \geq 0.65$ . As  $h_B / h$  increases, the value of the maximum free surface elevation keeps decreasing and does not reach the top wall due to the suppression of the liquid sloshing by the hydrodynamic damping of the baffles including the blockage effects and the viscosity of baffle walls. The blockage effect of the vertical baffle on the liquid convection is predominant to the tip vortex and the strength of the vortex by liquid flow separation from the vertical baffle tip become weaker as  $h_B / h$  increases. The T-shape baffles also represent the shallow water effect and the inertial forces are not enough to propel the liquid to reach to the top wall of the tank. On the other hand, the maximum overturning moment for the T-baffled case would be much smaller.

Since the transducers of T3 and T4 locate above the initial free surface height, the values of pressure at these transducers are obtained by net liquid impact, resulting in the dynamic pressures. At T1, the static pressure is mainly predominant over the dynamic pressure. As  $h_B / h$  and the rolling amplitude increase continuously,  $P_{max}$  diminishes slowly for  $h_B / h < 0.8$  and rapidly for  $h_B / h \geq 0.8$ . Then, It can be concluded that a vertical baffle for  $h_B / h < 0.8$  would

be more effective except the maximum dynamic pressure at T2 and T-shape baffle having a height  $h_B / h \geq 0.8$  would be very effective in reducing the dynamic pressure. Also seen is the fact that the maximum pressure at T2 installed at the still liquid surface, is less than that of the vertical baffle case due to the shallow water effect.

The effect of the vertical baffle is most pronounced in shallow water. It is revealed that flow over a vertical baffle produced a shear layer, and energy was dissipated by viscous action. On the other hand, the T-shape baffle is more effective in introducing the shallow water effects for deep water case which dissipated energy by forming a hydraulic jump and a breaking wave.

### References:

- Armenio, V., Rocca, M.L., 1996. On The Analysis of Sloshing of Water in Rectangular Containers: Numerical Study and Experimental Validation, *Ocean Engineering*, 23(8), pp. 705-739.
- Akyildiz, H., Unal, E.N., 2005. Experimental investigation of pressure distribution on a rectangular tank due to the liquid sloshing, *Ocean Engineering*, 32, pp. 1503-1516.
- Akyildiz, H., Unal, E.N., 2006. Sloshing in a three dimensional rectangular tank: Numerical simulation and experimental validation, *Ocean Engineering*, 33(16), pp. 2135-2149.
- Celebi, M.S., Akyildiz, H., 2002. Nonlinear Modelling of Liquid Sloshing in a Moving Rectangular Tank, *Ocean Engineering*, 29(12), pp. 1527-1553.
- Chen, Y.G., Djidjeli, K., Price, W.G., 2009. Numerical simulation of liquid sloshing phenomena in partially filled containers, *Computers & Fluids*, 38, pp. 830– 842.
- Cho, J.R., Lee, H.W., 2004. Numerical study on liquid sloshing in baffled tank by nonlinear finite element method, *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, 193(23–26), pp. 2581–2598.
- Cho, J.R., Lee, H.W., Ha, S.Y., 2005. Finite element analysis of resonant sloshing response in a 2D baffled tank, *Journal of Sound and Vibration*, 228 (4–5), pp. 829–845.
- Eswaran, M., Saha, U.K., Maity, D., 2009. Effect of baffles on a partially filled cubic tank: Numerical simulation and experimental validation, *Computers and Structures*, 87, pp. 198– 205.
- Faltinsen, O.M., Timokha, A.N., 2009. *Sloshing*. Cambridge University Press, New York.
- Faltinsen, O.M., Timokha, A.N., 2001. An adaptive Multimodal Approach to Nonlinear Sloshing in a Rectangular Tank, *Journal of Fluid Mechanics*, 432, pp. 167-200.
- Ibrahim, R.A., 2005. *Liquid Sloshing Dynamics: Theory and Applications*. Cambridge University Press, New York.

- Godderidge, B., Tan, M., Earl, C., Turnock, S., 2006b. Multiphase CFD modelling of a lateralsloshing tank. In: Proceedings of the Ninth Numerical Towing Tank Symposium, Le Croisic.
- Godderidge, B., Tan, M., Earl, C., Turnock, S., 2007. Boundary layer resolution for modeling of a sloshing liquid. In: Proceedings of the Seventeenth Annual Conference of the International Society of Offshore and Polar Engineers, 3, pp. 1905–1911.
- Godderidge, B., Turnock, S., Tan, M., Earl, C., 2009a. An investigation of multiphase CFD modelling of a lateral sloshing tank, *Computers and Fluids*, 38, pp. 183–193.
- Godderidge, B., Turnock, S., Earl, C., Tan, M., 2009b. The effect of fluid compressibility on the simulation of sloshing impacts, *Ocean Engineering*, 36, pp. 578–587.
- Hirt, C.W., Nichols, B.D., 1981. Volume of fluid (VOF) method for the dynamics of free boundaries, *Journal of Computational Physics*, 39, pp. 201–225.
- Ibrahim, R.A., Pilipchuk, V.N., Ikeda, T., 2001. Recent Advances in Liquid Sloshing Dynamics, *Applied Mechanical Review* 54(2), pp. 133-199.
- Kim, Y., 2001. Numerical Simulation of Sloshing Flows with Impact Load, *Applied Ocean Research*, 23, pp. 53-62.
- Lee, D.H., Kim, M.H., Kwon, S.H., Kim, J.W., Lee, Y.B., 2007. A parametric sensitivity study on LNG tank sloshing loads by numerical simulations, *Ocean Engineering*, 34, 3–9.
- Liu, D., Lin, P., 2009. A numerical study of three-dimensional liquid sloshing in tanks, *Ocean Engineering*, 36, pp. 202–212.
- Pal, N.C., Bhattacharyya, S.K., Sinha, P.K., 2002. Non-Linear Coupled Slosh Dynamics of Liquid-Filled Laminated Composite Containers: a Two Dimensional Finite Element Approach, *Journal of Sound and Vibration*, 261(1), pp. 729-49.
- Pal, P., Bhattacharyya, S.K., 2010. Sloshing in partially filled liquid containers – Numerical and experimental study for 2-D problems, *Journal of Sound and Vibration*, 329, pp. 4466-4485.
- Panigrahy, P.K., Saha, U.K., Maity, D., 2009. Experimental studies on sloshing behavior due to horizontal movement of liquids in baffled tanks, *Ocean Engineering*, 36(3-4), pp. 213-222.
- Sames, P.C., Marcouly, D., Schellin, E.T., 2002. Sloshing in rectangular and cylindrical tanks, *Journal of Ship Research*, 46(3), pp. 186-200.
- Younes, M.F., Younes, Y.K., El-Madah, M., Ibrahim, I.M., El-Dannanh, E.H., 2007. An experimental investigation of hydrodynamic damping due to vertical baffle arrangements in a rectangular tank, *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part M: Journal of Engineering for the Maritime Environment*, 221, pp. 115-123



## STİFNERLİ PANELLERİNİN NİHAİ MUKAVEMET VE BELİRSİZLİK ANALİZİ

Murat ÖZDEMİR\*, Ahmet ERGİN  
*\*İstanbul Teknik Üniversitesi*

### ÖZET

Gemi panellerinin nihai mukavemetlerinin doğru bir şekilde hesaplanması oldukça önemlidir. Bu çalışmada stifnerli paneller için Sonlu Elemanlar Yöntemi(SEY) ile elasto-plastik göçme analizleri gerçekleştirilmiş ve elde edilen sonuçlar literatürle karşılaştırılmıştır. Ayrıca panel nihai mukavemetini yaklaşık olarak tahmin etmek amacıyla bir Yapay Sinir Ağları (YSA) modeli geliştirilmiştir. Panel nihai mukavemet değerini etkileyen parametreler ve bu parametrelerin kendi içlerindeki belirsizlikler dikkate alınarak YSA temelli Monte Carlo Simülasyonu(MCS) gerçekleştirilmiş ve hesaplanan nihai mukavemet değerlerindeki belirsizlikler tayin edilmiştir. Bu çalışma, stifnerli panellerin güvenilirlik analizleri için bir başlangıç olarak değerlendirilebilir.

**Anahtar kelimeler:** Nihai Mukavemet, Stifnerli Panel, Yapay Sinir Ağları, Monte Carlo Simülasyonu, Belirsizlik Analizi

### 1. Giriş

Günümüz yapısal tasarımlarında müsaade edilebilir gerilme kriterinin yanı sıra limit durum dizaynı(limit state design) da önem kazanmıştır. Bunların en başında yapının taşıyabileceği maksimum yük miktarını temsil eden nihai durum dizaynı gelmektedir. Bu sebeple gemi panellerinin nihai mukavemet analizlerinin doğru şekilde yapılması oldukça elzemdir.

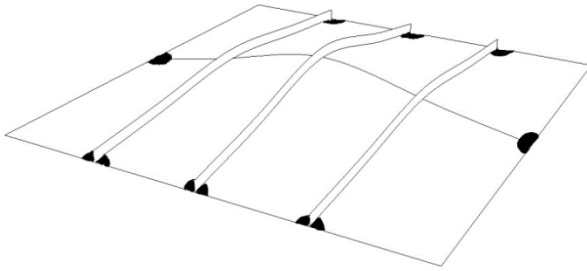
Yapıların göçme davranışları ve nihai mukavemet değerleri yükleme durumu, geometrik ve malzeme özellikleri ile doğrudan ilişkilidir. Stifnerli panellerin göçme davranışı ve nihai mukavemetini etkileyen tüm parametreler kendi içlerinde belirsizlik barındırır, bu sebeple hesaplanan panel yapısal kapasitesinde bir belirsizlik söz konusu olacaktır. Yapısal kapasitedeki bu belirsizliğin hesaplanması yapısal güvenlik bakımından oldukça önemlidir. Güvenilirlik yöntemleri yıllardır gelişim içerisinde[1]. Bu yöntemler ilk olarak matematiksel formda 1926 yılında Mayer[2] tarafından ortaya atılmış, Streletzki [3] ve Wierzbicki[4] tarafından geliştirilmiştir. Yapısal güvenlik açısından, yük taşıma kapasitesi ve yük karakteristiğindeki tüm belirsizlikler olasılıksal modellerle dikkate alınmalıdır [5].

Ivanov ve Rousev [6] levha burkulma problemine olasılıksal bir bakış getiren ilk çalışmalardan birini yapmıştır. Soares[7] ise levha burkulma probleminde çeşitli durumlar için belirsizlik analizleri yapmıştır. Soares [7] in çalışmasında özel olarak problemin matematiksel modelinden kaynaklanan belirsizlikler ve belirsizlik modeli üzerinde durulmuştur. Kimiecik ve Soares [8] nonlineer sonlu elemanlar yönteminden elde edilen sonuçları kullanarak cevap yüzey metodolojisi ile limit durum fonksiyonu tanımlamışlar ve eksenel yükleme altındaki levhaların yapısal kapasitelerinin kümülatif dağılım fonksiyonları için bir metot geliştirmişlerdir. Stifnerli panellerin güvenilirlik ve belirsizlik analizleri ile ilgili yakın zamanda yapılan çalışmalar [9,10] tarafından gerçekleştirilmiştir.

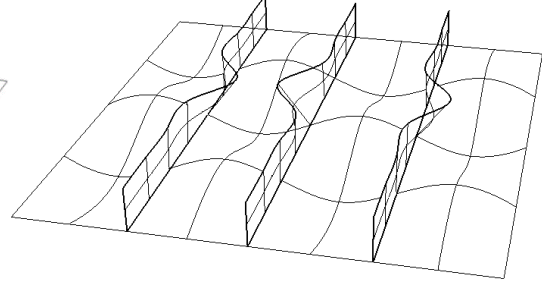
## 2. Stifnerli Panellerin Nihai Mukavemet Analizi

Stifnerli panellerin elasto-plastik göçme analizleri için çeşitli yöntemler mevcuttur. Bu yöntemler analitik, nümerik, deneysel, yaklaşık yöntemler ve ampirik formüller olarak gruplandırılabilir. Analitik yöntemler çok basit problemler için kullanılabilecek de gerçekte var olan yapılar oldukça karmaşık geometri ve sınır koşullarına sahiptir. Bu tür karmaşık problemlerin göçme analizlerinin analitik olarak yapılması çoğu zaman imkânsızdır. Deneysel yöntemler ise oldukça maliyetlidir ve kısıtlı sayıda yapılabilmektedir. Yaklaşık yöntemler ise genel olarak belirli aralıklarda ve belirli kısıtlar altında kabul edilebilir doğrulukta sonuç vermektedir. Son olarak bir nümerik yöntem olan Sonlu Elemanlar Yöntemi (SEY) araştırmacının bilgi ve deneyimine bağlı olarak yüksek doğrulukta sonuç vermektedir. Bu çalışmada stifnerli panellerin göçme davranışı geometrik ve malzeme kaynaklı nonlinearlikler de dikkate alınarak ticari bir sonlu eleman yazılım olan ANSYS [11] ile incelenmiştir. Stifnerli panellerin göçme modları 6 gruba ayrılabilir[12].

Stifnerlerin eğilme rijitliği büyükse, stifnerler arası levahının lokal burkulması meydana gelir. Stifner eğilme rijitliğinin küçük olduğu durumlarda ise stifnerli panelin genel burkulması (overall buckling) meydana gelir. Ayrıca stifnerlerin çok narin olduğu durumlarda stifnerin lokal burkulması veya burulmalı burkulması(tripping) gözlemlenebilir.

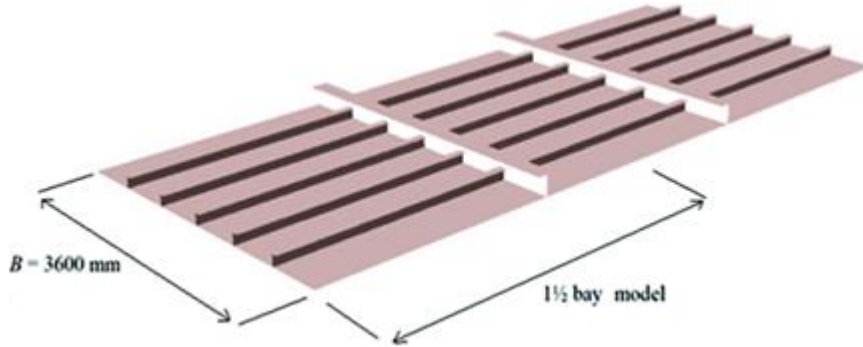


Şekil 1. Stifnerli panelin genel burkulması.



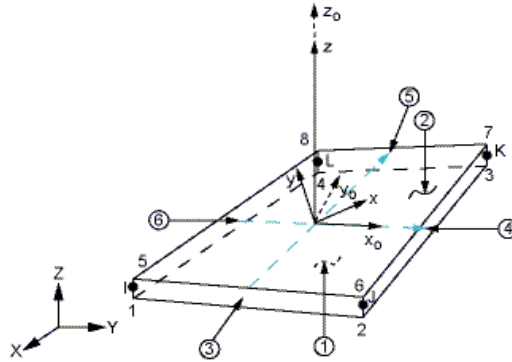
Şekil 2. Stifnerin burulmalı burkulması.

Bu çalışmada stifnerli panellerin genel burkulması ve buna bağlı olarak genel göçmesi ele alınmıştır. Stifnerli panelin nonlinear yapısal davranışı çatalanma burkulması problemi değildir, yapının sürekli tepki problemidir. Bu sebeple yapının elasto-plastik göçme davranışını analiz edebilmek için yapıya bir başlangıç deformasyonu veya tetikleyici kuvvet uygulanması gerekmektedir. Stifnerli panele tetikleyici bir kuvvet uygulamak gerçekçi bir yaklaşım olmayacaktır, panele bir başlangıç deformasyonunun verilmesi daha gerçekçi bir yaklaşımdır. İlk olarak stifnerli panellerin burkulma mod şekillerini ve kritik burkulma değerlerini hesaplamak amacıyla SEY özdeğer analizleri gerçekleştirilmiştir. Elde edilen genel burkulma mod şekli göçme analizi için başlangıç deformasyonu olarak sonlu elemanlar modeline uygulanmıştır.



Şekil 3. Stifnerli panel modeli.

Stifnerli panel göçme analizi için geliştirilen sonlu elemanlar modeli göçmeye sebep olacak tüm mekanizmaları simüle edebilecek kapasitede olmalıdır. İnelastik göçme analizinde enine derin elemanlar arası panelin bir kısmı yukarı yönde deforme olurken diğer kısmı aşağı yönde deforme olacaktır, bu sebeple, stifnerli panel sonlu eleman modelinin iki enine eleman arasında(1 bay) alınması tüm göçme modları simüle edebilecek kapasitede olmayacaktır. Ayrıca enine derin eleman sınır koşulu basit mesnet ile ankastre mesnet arasındadır, derin eleman bölgesi yüklü kenar olarak doğru şekilde modellenemeyebilir[13]. Bahsedilen tüm bu sebeplerden dolayı stifnerli panel sonlu eleman modeli Şekil 3'te görüldüğü gibi  $1 \frac{1}{2}$  aralık alınarak oluşturulmuştur. Stifnerli panel Shell181 kabuk elemanı ile modellenmiştir. Son derece gelişmiş olan kabuk elemanı yapıların lineer ve büyük deformasyon-büyük dönme davranışlarını simüle edebilecek kapasiteye sahiptir. Ayrıca kayma deformasyonları Mindlin-Reissener plak-kabul teorisine göre dikkate alınmıştır [11]. Kabuk elemanı üzerinde her köşede 1 nod yer almaktadır. Her nodun ise 3 öteleme ve 3 dönme olmak üzere toplam 6 serbestlik derecesi vardır. Shell181 kabuk elemanında kalınlık boyunca Gauss nokta sayısı 3 tür, problemin doğasına göre bu sayı değiştirilebilmektedir.



Şekil 4. Shell181 kabuk elemanı[11].

## 2.1 Sınır koşulları

- Panel boyuna kenarları(uzun kenarlar) basit mesnetli olarak kabul edilmiştir. Düşey yöndeki (z-yönü) deplasmanlar ve y ve z eksenini etrafındaki dönmeler kısıtlanmıştır.

Ayrıca komşu panellerin de etkisini dikkate alacak şekilde bu kenarların  $y$ -yönünde uniform deplasman yapması sağlanmıştır.

- Enine derin elemanlar modellenmemiş, bunun yerine düşey yöndeki deplasmanlar kısıtlanmıştır.
- 3 aralıklı modelin (Şekil 3.) ortasındaki kısa kenar simetrik sınır şartına sahip olacak şekilde modellenmiştir. Simetrik sınır şartı panel boyu doğrultusunda deplasmanlar ( $x$ -yönü) ve  $y$  eksenine etrafındaki dönmeler kısıtlanarak sağlanmıştır.
- İki kısa kenarın orta noktalarında  $y$ -yönündeki deplasmanlar kısıtlanarak panelin rijit kütle hareketi yapması engellenmiştir.

## 2.2 Başlangıç kusurları

Stifnerli panel göçme analizinde levha ve stifner için özdeğer analizlerinden elde edilen genel burkulma modu şeklinde başlangıç deformasyonu uygulanmıştır. Uygulanan başlangıç deformasyonu Şekil 5'te tam aralık kısmında yukarı yönde (levha etkili), yarım aralık kısmında ise aşağı yönlü (stifner etkili) deformasyona sahiptir. Başlangıç deformasyonunun maksimum değeri  $w_0 = 0.0025a$  şeklinde hesaplanmıştır. Burada  $a$  iki enine derin eleman arası mesafedir.



Şekil 5. Stifnerli panel genel burkulma modu.

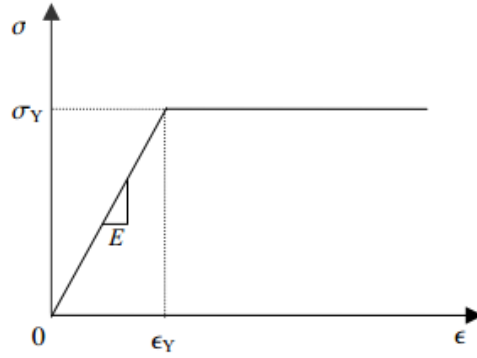
Bu çalışmada 3 ve 5 stifnerli paneller incelenmiştir. İki boyuna derin eleman arası mesafe tüm paneller için aynı ve  $B=3600$  mm dir. Malzeme olarak yüksek mukavemetli çelik kullanılmıştır, özellikleri ise aşağıdaki gibidir.

Tablo 1. Malzeme özellikleri.

Elastisite Modülü ' $E$ ' (MPa)	205800
Poisson oranı ' $\nu$ '	0.3
Akma Gerilmesi ' $\sigma_y$ ' (MPa)	352.8

Malzemenin akma sonrası pekleşmeye maruz kalmadığı, yani elastik-tam plastik özellik gösterdiği kabul edilmiştir.



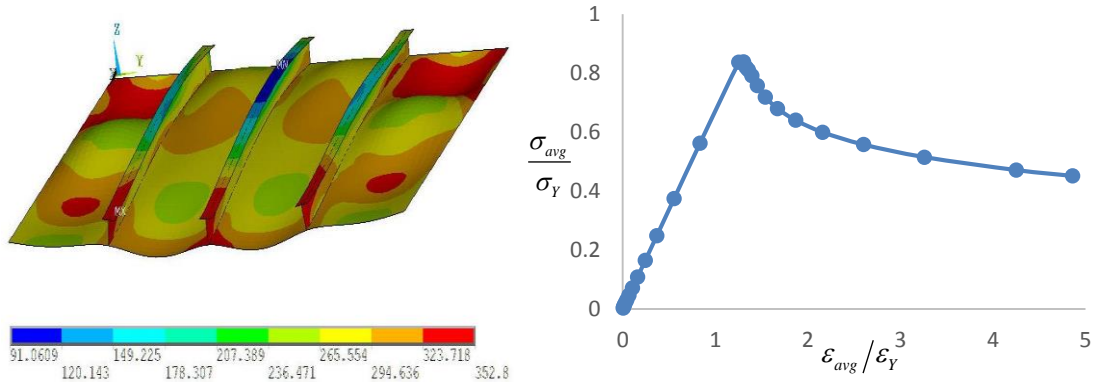


Şekil 6. Malzeme gerilme-şekil değiştirme ilişkisi.

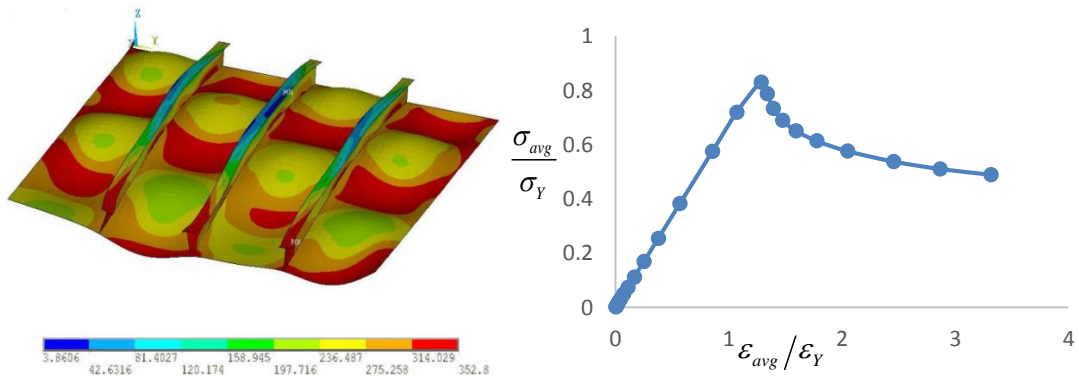
İncelenen toplam panel sayısı 107 dir. Panellerin geometrik özellikleri Ek A’da verilmiştir.

### 2.3 Sonuçlar

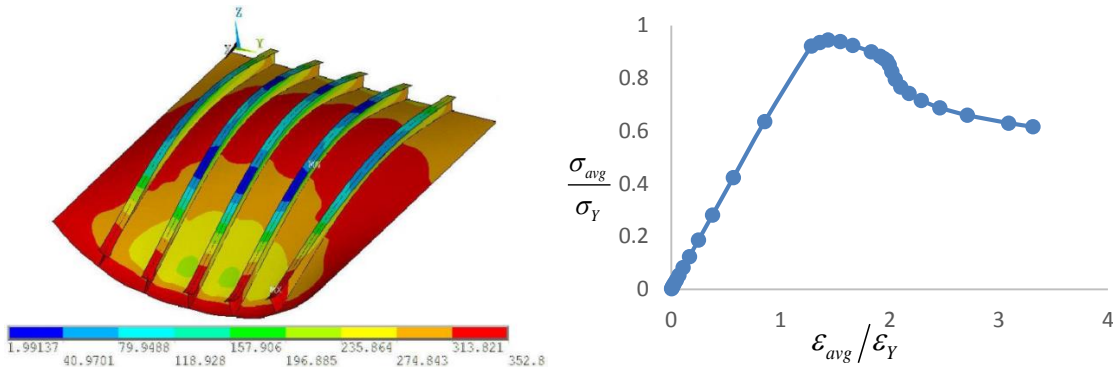
Gerçekleştirilen elasto-plastik göçme analizleri sonucunda tüm paneller için nihai mukavemet değerleri hesaplanmış, göçme modları ve ortalama gerilme-şekil değiştirme ilişkileri elde edilmiştir. Tüm paneller yerine aşağıda bazı panellerin göçme modları ve ortalama gerilme-şekil değiştirme ilişkileri verilmiştir.



Şekil 7. P16 için göçme modu ve ortalama gerilme-şekil değiştirme eğrisi.

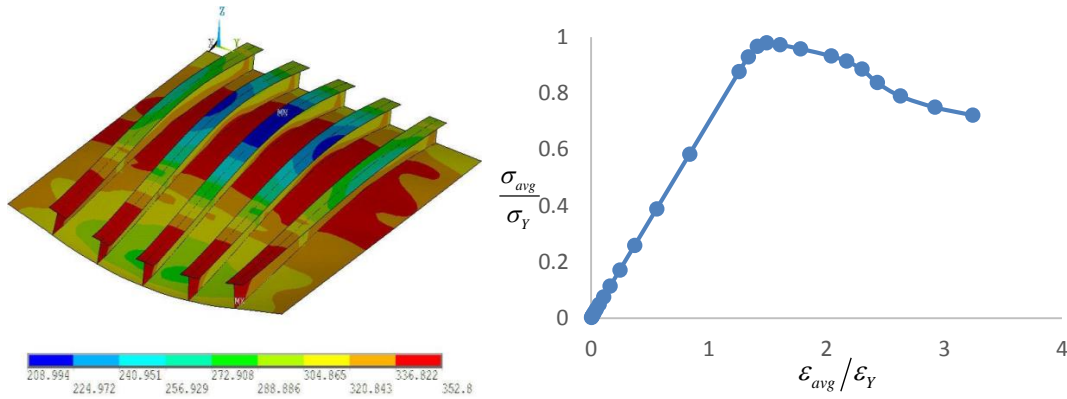


Şekil 8. P17 için göçme modu ve ortalama gerilme-şekil değiştirme eğrisi.



Şekil 9. P93 için göçme modu ve ortalama gerilme-şekil değiştirme eğrisi.

Yapılan analizler sonucunda göçme modlarının stifner eğilme rijitliğine ve levha narinlik oranına bağlı olarak değişiklik gösterdiği gözlemlenmiştir. P16 ve P17 de stifner eğilme rijitliğinin görece büyük olması ve stifnerler arası levhanın narin olması sebebiyle ilk olarak levhanın lokal burkulması gerçekleşmiş, yük arttıkça genel burkulma deformasyonları da artmıştır. P93 ve P98 gibi 5 stifnerli panellerde ise stifner eğilme rijitliğinin yanı sıra levha narinliği düşük olduğundan (panel genişliği sabit stifner sayısı arttı.) genel olarak panelin genel burkulmaya ve genel göçmeye maruz kaldığı gözlemlenmiştir. Genel göçmeye maruz kalan panellerde eğilme gerilmeleri daha baskın olduğundan panel üzerindeki akma ilk olarak stifner alın lamasında başlayıp stifner gövdesine ve levhaya doğru yayılmıştır. Yüksek gövdeli stifnerlere sahip panellerin genel göçmesi sonrasında yükün daha da artması ile stifnerlerin burulmalı burkulması gözlemlenmiştir. Lokal burkulma sonrası göçmelerde ise eğilme gerilmelerinin yanı sıra düzlem içi gerilmeler de önem kazanmaktadır, bu sebeple stifner alın lamasının yanı sıra levhalarda da akma başlangıcı gözlemlenmiştir.



Şekil 10. P98 için göçme modu ve ortalama gerilme-şekil değiştirme eğrisi.

### 3. Stifnerli Panellerin Belirsizlik Analizi

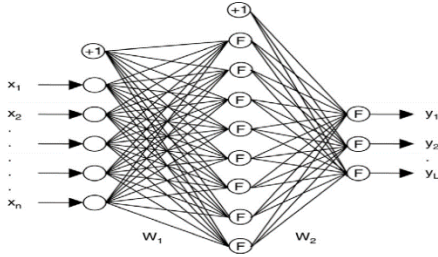
Stifnerli panellerin nihai mukavemetini etkileyen çeşitli faktörler vardır, bu faktörler geleneksel yöntemlerle yapılan analizlerde deterministik olarak ele alınır. Fakat bu parametrelerin kendi içlerinde barındırdıkları belirsizlikler sebebiyle hesaplanan nihai mukavemet değeri değişiklik

gösterecektir. Stifnerli panellerin göçme davranışını etkileyen parametreler pratik olarak üç grupta toplanabilir, bunlar; fiziksel faktörler, kullanıma bağlı faktörler ve modelleme kaynaklı belirsizliklerdir[14].

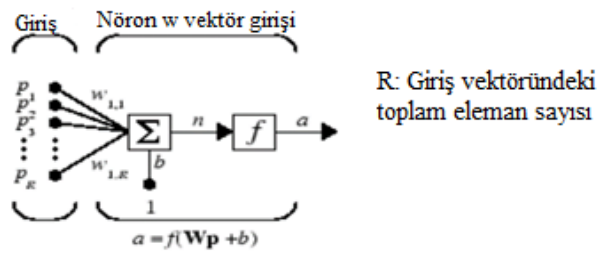
### 3.1 Yapay sinir ağları(YSA)

Yapay sinir ağları (YSA) birçok alanda uygulanabilen, gruplama, eğri uydurma gibi işlemleri başarıyla gerçekleştiren bir yöntemdir. Bu çalışmada ise stifnerli panellerin nihai mukavemet değerlerinin sayısal olarak tahmini amacıyla kullanılmıştır. Elde edilen sonuçların fiziksel bir anlamı olmayacaktır, ancak stifnerli panellerin yapısal kapasitelerini açık formda fonksiyonlarla elde etmek oldukça zor olduğundan bu tür bir nümerik yaklaşım tercih edilmiştir.

YSA'nın genel yapısı Şekil 11'de verilmiştir. Burada, ilk katman veri giriş katmanıdır ve ham veriler eğitim için hazırlanır. İkinci katman gizli katman olarak adlandırılır ve nöronların büyük bir kısmı bu katmanda yer almaktadır, son katman ise çıkış katmanıdır ve YSA tarafından tahmin edilen sonuçların verildiği kısımdır. Tek bir nöronun yapısı ise Şekil 12'de verilmiştir. 3 stifnerli ve 5 stifnerli paneller için ayrı iki model oluşturulmuştur. Her bir modelin eğitimi için ayrı 270 adet göçme analizi gerçekleştirilmiştir.



Şekil 11. YSA genel yapısı.



Şekil 12. Nöron yapısı.

#### 3.1.1 Matematiksel altyapı

Matematiksel açıdan, deneysel ve nümerik sonuçlardan yola çıkarak yaklaşık fonksiyon bulmak için problem, giriş ve çıkış verileri arasındaki ilişkiyi en iyi temsil eden ampirik formülün bulunmasıdır[15].

Bir YSA'nın girdi ve çıktı vektörleri sırasıyla aşağıdaki gibi verilsin:

$$\mathbf{X}^T = (x_1, x_2, x_3, \dots, x_n) \quad (1)$$

$$\mathbf{Y}^T = (y_1, y_2, y_3, \dots, y_L) \quad (2)$$

Gizli katmanda yer alan  $i$ -inci nöronun çıktısı aşağıdaki gibi olmaktadır.

$$\varphi_i(\mathbf{X}) = f \left( \sum_{k=1}^n w_{i,k} x_k + b_i \right) \quad (i=1,2,\dots,m) \quad (3)$$

Verilen (3) ifadesinde  $w_{i,k}$  ifadesi giriş katmanındaki  $k$ -ıncı değişkenin gizli katmandaki  $i$ -inci nörona giderken ki ağırlık çarpanıdır,  $b_i$  ise sabittir.

Çıkış katmanında yer alan  $j$ -inci değişken ise aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır.

$$y_j = f \left( \sum_{k=1}^n w_{kj} \phi_k(\mathbf{X}) + c_j \right) \quad (j=1,2,\dots,L) \quad (4)$$

(3) ve (4) ifadeleri matris formunda yazılmak istenirse:

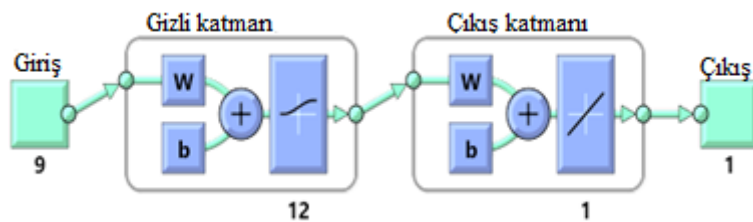
$$\mathbf{Y} = f \left\{ \mathbf{W}_2^T \times \left[ f \left( \mathbf{W}_1 \times \begin{bmatrix} \mathbf{I} \\ \mathbf{X} \end{bmatrix} \right) \right] \right\} \quad (5)$$

(5) ifadesinde  $\mathbf{I}$ , 1x1 boyutunda birim matristir,  $\mathbf{W}_1$  ve  $\mathbf{W}_2$  ise ağırlık matrisleridir.

Geliştirilen bir YSA modelinde katmanlardaki nöron sayıları genellikle deneme yanılma yöntemleri ile belirlenmektedir, aynı şekilde transfer fonksiyonlarının seçimi de deneme yanılma yöntemiyle belirlenebilir. Burada dikkat edilmesi gereken nokta ise nöron sayısı gerekenden az olursa model iyi eğitilmemiş olacak ve geliştirilen yaklaşım doğru sonuçlar vermeyecektir. Çok fazla nöron seçilmesi durumunda ise hem hesaplama maliyetinde artış olacak hem de fazla-eğitilmiş model, kullanılan veri kümesinde iyi sonuç verse de farklı verilerle simülasyon yapıldığında doğru sonuç vermeyecektir. Transfer fonksiyonunun seçilmesinde ise çıkış katmanında lineer fonksiyonun seçilmesi çoğunlukla iyi sonuç vermektedir. Gizli katmanda ise genel olarak tanjant hiperbolik veya sigmoid fonksiyon seçilebilir.

Bu çalışma da geliştirilen her iki ağ için de gizli katmanda sigmoid fonksiyonu, çıkış katmanında ise lineer fonksiyon seçilmiştir. Sigmoid fonksiyon (6) ifadesinde verilmiştir, ve sadece 0-1 aralığında değer alır.

$$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}} \quad (6)$$

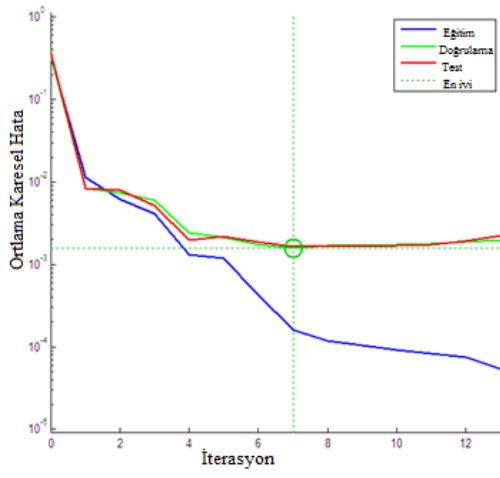


Şekil 13. YSA akış diyagramı.

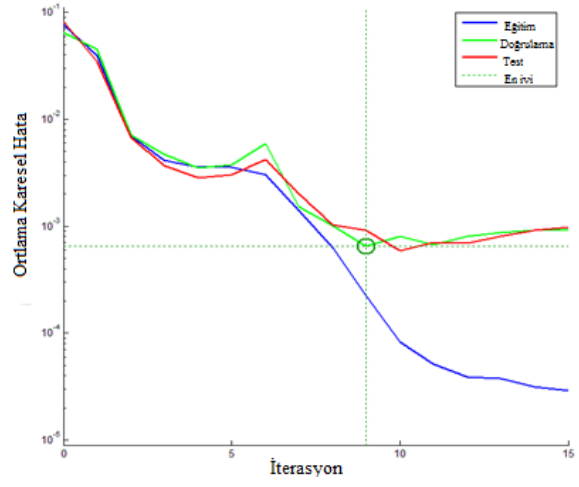
Burada her iki model için aynı akış diyagramı görülmektedir, ancak her iki model için ağırlık çarpan matrisleri ve sabit metrisleri farklıdır. Matrisler yer kısıtlaması sebebiyle burada verilmeyecektir.

Geliştirilen YSA modelinde giriş verileri panel boyutları ve malzeme özellikleridir. Poisson oranı sabit kabul edilmiş, belirsizlik analizine dahil edilmemiştir. Başlangıç deformasyonu büyüklüğü doğrudan panel boyuna bağlı olarak tanımlandığından ayrıca giriş parametresi olarak tanımlanmamıştır.

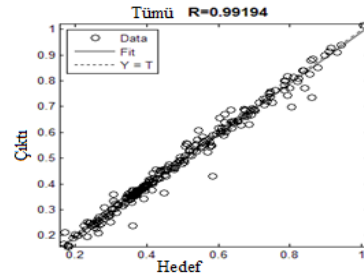
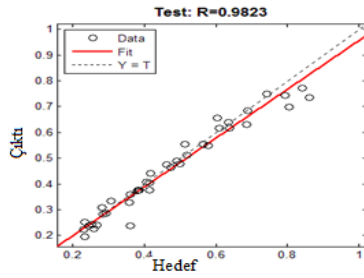
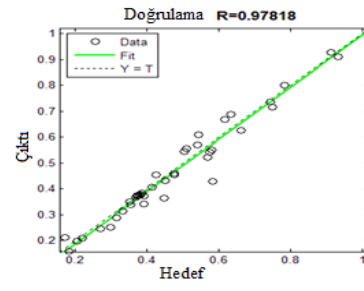
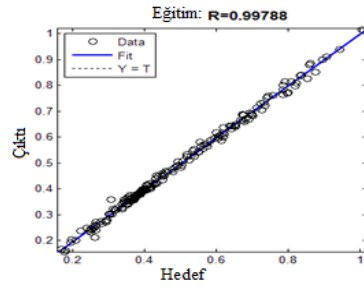
Çıkış verisi ise panel nihai yük taşıma kapasitesinin akma gerilmesi ile normalize edilmiş halidir.



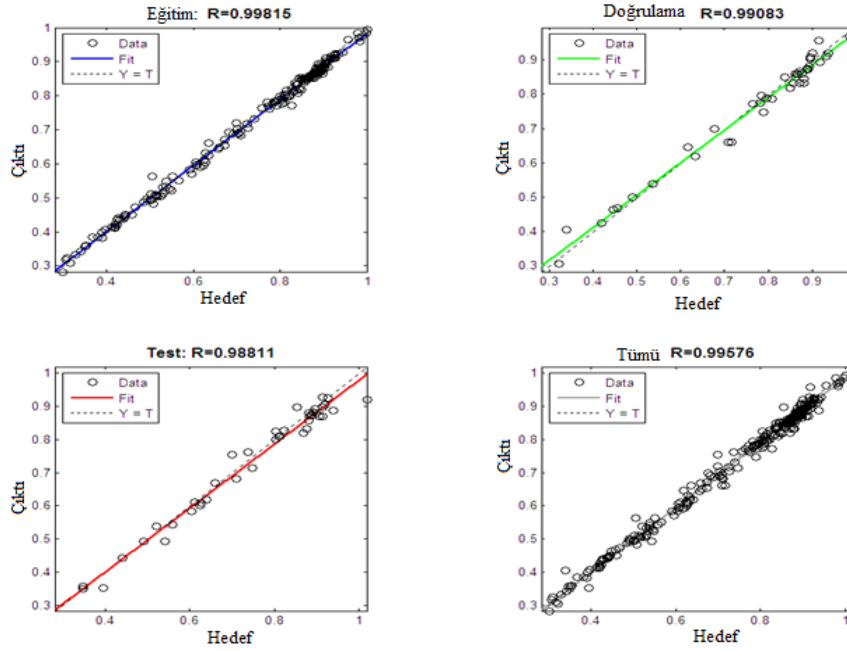
Şekil 14. 3 stifnerli panel doğrulama performansı.



Şekil 15. 5 stifnerli panel doğrulama performansı.



Şekil 16. 3 stifnerli panel için regresyon performansı.



Şekil 17. 5 stifnerli panel için regresyon performansı.

Şekil 16 ve 17 den görüldüğü üzere YSA ile geliştirilen yaklaşık model stifnerli panellerin nihai mukavemetinin tahmini için oldukça iyi sonuç vermiştir.

### 3.2 Monte carlo simülasyonu (MCS)

Yapısal güvenilirlik veya belirsizlik analizinde, MCS genellikle analitik çözümün mümkün olmadığı ve göçme bölgesinin analitik olarak ifade edilemediği durumlarda kullanılır.

Yapısal güvenilirlik analizlerinde ilk olarak limit durum fonksiyonu olan  $G(x)$  belirlenmelidir. Limit durum fonksiyonu yapısal kapasiteyi ve yük karakteristiklerini tanımlayan rastgele değişken vektörünü içerir.

Geleneksel güvenilirlik analizinde, yapının göçme olasılığı aşağıdaki gibi belirlenir:

$$p_f = \int_{G(x) \leq 0} f_x(x) dx \quad (7)$$

(7) ifadesinde  $f_x(x)$ , rastgele değişkenlerin bağımlı olasılık dağılım fonksiyonunu temsil etmektedir. (7) ifadesinin analitik olarak çözümü oldukça uzun ve zahmetli olacağından, yapının göçme olasılığı MCS ile aşağıdaki gibi belirlenebilir.

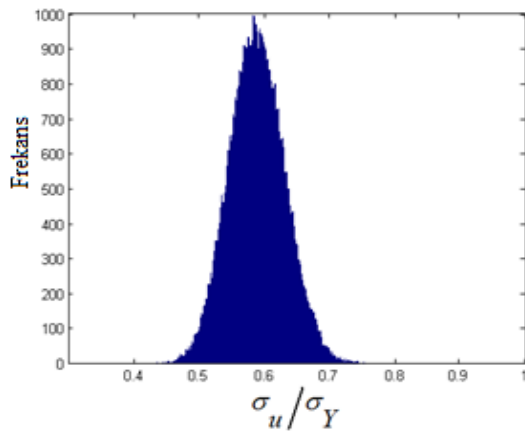
$$p_f = \frac{1}{N_\infty} \sum_{j=1}^{N_\infty} I(x_j) \quad (8)$$

Belirsizlik analizi sırasından tüm değişkenlerin normal dağılım gösterdiği ve standart sapmasının dizayn değerinin %3 ü olduğu kabul edilmiştir. Simülasyon sırasında basit rastgele örnekleme yöntemi kullanılmıştır.

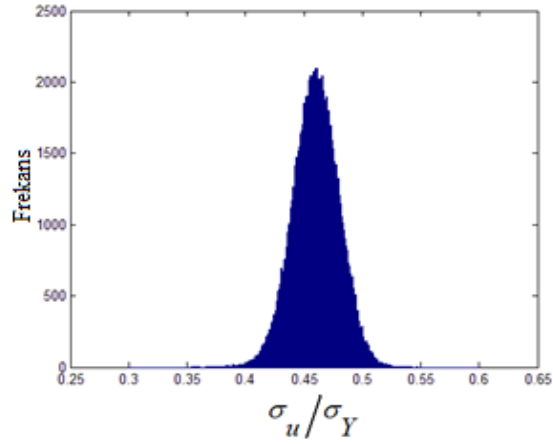
### 3.3 Sonuç

Stifnerli panellerin nihai mukavemetlerinin tayini amacıyla bir seri elasto-plastik sonlu elemanlar analizi gerçekleştirilmiştir. Bu analizlerden elde edilen sonuçlar kullanılarak panel nihai mukavemetinin tayini amacıyla YSA modelleri geliştirilmiş, YSA modelleri ile elde edilen sonuçların sonlu elemanlar sonuçları ile oldukça uyumlu olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca geliştirilen YSA modeli temel alınarak MCS ile panel nihai mukavemet değerlerindeki dağılım gözlemlenmiştir.

Tüm sonuçlar Ek B ve Ek C’de tablo halinde verilmiştir. Bu alt başlıkta ise sadece iki panel için nihai mukavemet değerinin dağılımı verilmiştir.



Şekil 18. P6 için nihai mukavemet dağılımı.



Şekil 19. P28 için nihai mukavemet dağılımı.

## 4. Değerlendirme

Gerçekleştirilen çalışmalar sonucunda aşağıdaki bulgulara ulaşılmıştır.

- YSA, yapıların nihai mukavemetinin tayini ve belirsizlik analizleri için güçlü bir araçtır ve kullanımı uygun sonuçlar verebilmektedir.
- Dizayn parametrelerinin belirsizliği (C.O.V: %3), bazı panellerde panel nihai mukavemeti ortalama değerinin % 11 ine kadar belirsizliğe sebep olmuştur.
- Yapısal güvenlik açısından yapının kapasitesindeki ve yük karakteristiğindeki belirsizliklerin tayini oldukça önemlidir.

### Kaynaklar:

[1] Sobey A.J, Blake J.I.R, Sheno R.A., Monto Carlo Reliability Analysis of Tophat Stiffened Composite Plate Structures Under Out of Plane Loading. Reliability Engineering and System Safety, 2013; 110: 41-49.

[2] Mayer M., *Die Sicherheit Der Bauwerke und Ihre Berechnung Nach Grenzkraften Statt Nach Zulassigen Spannung*, Springer-Verlag, 1926.

- [3] Streletzki N.S., Statistical Basis for the Evaluation of the Structural Safety Factor. State Publishing House for Buildings, Moscow, Stroizdat, 1947.
- [4] Wierzbicki W., Safety of Structures as a Probabilistic Problem, Technical Report. Warsaw, Poland: Przegląd Techniczny.
- [5] Gaspar B, Guedes Soares C., Hull Girder Reliability Using a Monte Carlo based Simulation Method, Probabilistic Engineering Mechanics, 2013; 31: 65-75.
- [6] Ivanov L.D, Rousev S.G., Statistical Estimation of Reduction Coefficient of Ship's Hull Plates with Initial Deflections, Naval Architecture, 1979; 4: 158-160.
- [7] Guedes Soares C., Uncertainty Modeling in Plate Buckling, Structural Safety, 1988; 5:17-34.
- [8] Kmiecik M, Guedes Soares C., Response Surface Approach to The Probability Distribution of The Strength of Compressed Plates, Marine Structures, 2002; 15: 139-156.
- [9] Garbatov Y, Tekgoz M, Guedes Soares C., Uncertainty Assessment of the Ultimate Strength of a Stiffened Panel. Proceedings of the 4<sup>th</sup> International conference on Marine Structures, Espoo, Finland, 2013.
- [10] Gaspar B, Naess A, Leira B. J, Guedes Soares C., System Reliability Analysis of Stiffened Panel Under Combined Uniaxial compression and Lateral Pressure Loads. Structural Safety, 2012; 39: 30-43.
- [11] ANSYS 14.5 user's manual.
- [12] Paik J. K, Thayamballi A. K., Ultimate Limit State Design of Steel-Plated Structures, Wiley, 2003.
- [13] Chen Y. Ultimate Strength Analysis of Stiffened Panels Using A Beam-Column Method. Doctoral Dissertation, Virginia Polytechnic Institute and State University 2003; Virginia, USA.
- [14] Proceedings of the 18<sup>th</sup> International Ship and Offshore Structures Congress, Committee III.1 Ultimate Strength, Rostock, Germany, 2012.
- [15] Pu Y, Mesbahi E., Application of Artificial Neural Networks to evaluation of Ultimate Strength of Steel Panels, Engineering Structures, 2006; 28: 1190-1196.



Ekler:

Ek A: Stifnerli panel boyutları.

Panel	$a(mm)$	$b(mm)$	$t_p(mm)$	$ns$	$h_w(mm)$	$t_w(mm)$	$b_f(mm)$	$t_f(mm)$	$\beta$
P1	1800	900	21	3	42	12	100	15	1.7745
P2	2640	900	21	3	48	12	100	15	1.7745
P3	3600	900	21	3	80	12	100	15	1.7745
P4	1800	900	21	3	80	12	100	15	1.7745
P5	2640	900	21	3	90	12	100	15	1.7745
P6	3600	900	21	3	150	12	100	15	1.7745
P7	1800	900	21	3	150	12	100	15	1.7745
P8	2640	900	21	3	150	12	100	15	1.7745
P9	3600	900	21	3	200	12	100	15	1.7745
P10	1800	900	16	3	40	9	100	14	2.3290
P11	2640	900	16	3	45	9	100	14	2.3290
P12	3600	900	16	3	72	9	100	14	2.3290
P13	1800	900	16	3	60	9	100	14	2.3290
P14	2640	900	16	3	80	9	100	14	2.3290
P15	3600	900	16	3	100	9	100	14	2.3290
P16	1800	900	16	3	120	9	100	14	2.3290
P17	2640	900	16	3	160	9	100	14	2.3290
P18	3600	900	16	3	180	9	100	14	2.3290
P19	1800	900	10	3	40	6	80	10	3.7264
P20	2640	900	10	3	60	6	80	10	3.7264
P21	3600	900	10	3	60	6	80	10	3.7264
P22	1800	900	10	3	90	6	80	10	3.7264
P23	2640	900	10	3	120	6	80	10	3.7264
P24	3600	900	10	3	150	6	80	10	3.7264
P25	2640	900	21	3	24	12	100	15	1.7745
P50	1800	900	21	3	50	20	200	30	1.7745
P51	1800	900	21	3	84	12	100	15	1.7745
P52	1800	900	21	3	50	10	200	30	1.7745
P53	1800	900	16	3	36	20	200	30	2.3290
P54	1800	900	16	3	56	12	100	15	2.3290
P55	1800	900	16	3	81	5	60	10	2.3290
P56	1800	900	16	3	31	10	200	30	2.3290
P57	2640	900	21	3	60	12	100	15	1.7745
P58	1800	900	10	3	28	12	100	15	3.7264
P59	1800	900	10	3	41	5	60	10	3.7264
P60	2640	900	21	3	80	20	200	30	1.7745
P61	2640	900	21	3	123	12	100	15	1.7745
P62	2640	900	21	3	75	10	200	30	1.7745
P63	2640	900	16	3	58	20	200	30	2.3290
P64	2640	900	16	3	84	12	100	15	2.3290
P65	2640	900	16	3	53	10	200	30	2.3290
P66	2640	900	21	3	95	12	100	15	1.7745
P67	2640	900	10	3	45	12	100	15	3.7264
P68	2640	900	10	3	62	5	60	10	3.7264
P69	3600	900	21	3	112	20	200	30	1.7745
P70	3600	900	21	3	166	12	100	15	1.7745
P71	3600	900	21	3	106	10	200	30	1.7745
P72	3600	900	16	3	83	20	200	30	2.3290
P73	3600	900	16	3	120	12	100	15	2.3290
P74	3600	900	16	3	76	10	200	30	2.3290
P75	2640	900	21	3	150	12	100	15	1.7745
P76	3600	900	10	3	65	12	100	15	3.7264
P77	3600	900	10	3	86	5	60	10	3.7264

<i>Panel</i>	<i>a(mm)</i>	<i>b(mm)</i>	<i>t<sub>p</sub>(mm)</i>	<i>ns</i>	<i>h<sub>w</sub>(mm)</i>	<i>t<sub>w</sub>(mm)</i>	<i>b<sub>f</sub>(mm)</i>	<i>t<sub>f</sub>(mm)</i>	<i>β</i>
P26	1800	600	21	5	42	12	100	15	1.1830
P27	2640	600	21	5	48	12	100	15	1.1830
P28	3600	600	21	5	80	12	100	15	1.1830
P29	1800	600	21	5	80	12	100	15	1.1830
P30	2640	600	21	5	90	12	100	15	1.1830
P31	3600	600	21	5	150	12	100	15	1.1830
P32	1800	600	21	5	150	12	100	15	1.1830
P33	2640	600	21	5	150	12	100	15	1.1830
P34	3600	600	21	5	200	12	100	15	1.1830
P35	1800	600	16	5	40	9	100	14	1.5527
P36	2640	600	16	5	45	9	100	14	1.5527
P37	3600	600	16	5	72	9	100	14	1.5527
P38	1800	600	16	5	60	9	100	14	1.5527
P39	2640	600	16	5	80	9	100	14	1.5527
P40	3600	600	16	5	100	9	100	14	1.5527
P41	1800	600	16	5	120	9	100	14	1.5527
P42	2640	600	16	5	160	9	100	14	1.5527
P43	3600	600	16	5	180	9	100	14	1.5527
P44	1800	600	10	5	40	6	80	10	2.4842
P45	2640	600	10	5	60	6	80	10	2.4842
P46	3600	600	10	5	80	6	80	10	2.4842
P47	1800	600	10	5	90	6	80	10	2.4842
P48	2640	600	10	5	120	6	80	10	2.4842
P49	3600	600	10	5	150	6	80	10	2.4842
P78	1800	600	21	5	84	20	200	30	1.1830
P79	1800	600	21	5	116	12	100	15	1.1830
P80	1800	600	21	5	93	10	160	20	1.1830
P81	1800	600	21	5	77	10	200	30	1.1830
P82	1800	600	16	5	60	20	200	30	1.5527
P83	1800	600	16	5	82	12	100	15	1.5527
P84	1800	600	16	5	54	10	200	30	1.5527
P85	1800	600	10	5	31	20	200	30	2.4842
P86	1800	600	10	5	45	12	100	15	2.4842
P87	1800	600	10	5	56	5	60	10	2.4842
P88	2640	600	21	5	126	20	200	30	1.1830
P89	2640	600	21	5	168	12	100	15	1.1830
P90	2640	600	21	5	136	10	160	20	1.1830
P91	2640	600	21	5	116	10	200	30	1.1830
P92	2640	600	16	5	93	20	200	30	1.5527
P93	2640	600	16	5	120	12	100	15	1.5527
P94	2640	600	16	5	82	10	200	30	1.5527
P95	2640	600	10	5	52	20	200	30	2.4842
P96	2640	600	10	5	68	12	100	15	2.4842
P97	2640	600	10	5	84	5	60	10	2.4842
P98	3600	600	21	5	174	20	200	30	1.1830
P99	3600	600	21	5	223	12	100	15	1.1830
P100	3600	600	21	5	185	10	160	20	1.1830
P101	3600	600	21	5	159	10	200	30	1.1830
P102	3600	600	16	5	131	20	200	30	1.5527
P103	3600	600	16	5	164	12	100	15	1.5527
P104	3600	600	16	5	133	10	160	20	1.5527
P105	3600	600	16	5	115	10	200	30	1.5527
P106	3600	600	10	5	76	20	200	30	2.4842
P107	3600	600	10	5	95	12	100	15	2.4842

Ek B: Sonuçlar (3 stifnerli paneller)

PANEL	SEY	YSA	ORT.	STD	MIN	MAKS.	PANEL	SEY	YSA	ORT.	STD	MIN	MAKS.
P1	0.39	0.38	0.39	0.02	0.28	0.50	P52	0.72	0.73	0.72	0.03	0.59	0.82
P2	0.33	0.31	0.31	0.02	0.22	0.39	P53	0.62	0.64	0.64	0.03	0.53	0.74
P3	0.31	0.36	0.36	0.02	0.25	0.46	P54	0.48	0.46	0.46	0.03	0.35	0.61
P4	0.66	0.64	0.64	0.04	0.48	0.79	P55	0.40	0.40	0.40	0.03	0.30	0.54
P5	0.50	0.48	0.48	0.03	0.35	0.63	P56	0.56	0.58	0.58	0.03	0.46	0.69
P6	0.61	0.59	0.59	0.04	0.41	0.79	P57	0.36	0.35	0.35	0.02	0.26	0.45
P7	0.93	0.91	0.90	0.03	0.76	1.01	P58	0.26	0.26	0.26	0.02	0.19	0.38
P8	0.78	0.80	0.80	0.04	0.64	0.94	P59	0.22	0.21	0.21	0.01	0.16	0.29
P9	0.76	0.76	0.76	0.04	0.61	0.90	P60	0.74	0.75	0.75	0.03	0.63	0.88
P10	0.34	0.33	0.33	0.02	0.26	0.44	P61	0.67	0.69	0.68	0.04	0.51	0.85
P11	0.28	0.28	0.28	0.02	0.21	0.36	P62	0.70	0.69	0.69	0.03	0.55	0.84
P12	0.35	0.34	0.34	0.02	0.22	0.43	P63	0.62	0.61	0.61	0.02	0.52	0.73
P13	0.48	0.45	0.46	0.03	0.33	0.63	P64	0.48	0.46	0.47	0.03	0.35	0.60
P14	0.43	0.42	0.42	0.03	0.29	0.54	P65	0.58	0.55	0.55	0.02	0.45	0.66
P15	0.39	0.39	0.39	0.03	0.27	0.52	P66	0.52	0.51	0.51	0.03	0.39	0.66
P16	0.80	0.77	0.77	0.04	0.61	0.92	P67	0.28	0.26	0.27	0.01	0.20	0.33
P17	0.79	0.74	0.74	0.03	0.62	0.87	P68	0.23	0.22	0.22	0.02	0.15	0.30
P18	0.70	0.69	0.68	0.03	0.55	0.83	P69	0.73	0.73	0.73	0.03	0.62	0.89
P19	0.25	0.24	0.24	0.01	0.18	0.31	P70	0.67	0.66	0.66	0.04	0.49	0.85
P20	0.26	0.25	0.25	0.02	0.18	0.33	P71	0.69	0.68	0.68	0.04	0.55	0.86
P21	0.22	0.24	0.23	0.02	0.15	0.32	P72	0.62	0.60	0.60	0.02	0.51	0.71
P22	0.46	0.48	0.48	0.02	0.38	0.59	P73	0.50	0.48	0.48	0.03	0.35	0.63
P23	0.47	0.46	0.46	0.02	0.36	0.58	P74	0.58	0.54	0.54	0.03	0.44	0.65
P24	0.45	0.45	0.45	0.03	0.33	0.61	P75	0.79	0.80	0.80	0.04	0.65	0.95
P25	0.27	0.25	0.25	0.02	0.18	0.31	P76	0.30	0.30	0.30	0.02	0.22	0.40
P50	0.74	0.76	0.76	0.02	0.65	0.85	P77	0.25	0.24	0.24	0.03	0.14	0.36
P51	0.68	0.67	0.67	0.04	0.49	0.81							

Ek C: Sonuçlar (5 stifnerli paneller)

PANEL	SEY	YSA	ORT.	STD	MIN	MAKS.	PANEL	SEY	YSA	ORT.	STD	MIN	MAKS.
P26	0.49	0.49	0.50	0.02	0.40	0.61	P81	0.90	0.90	0.90	0.03	0.78	1.02
P27	0.39	0.40	0.40	0.02	0.30	0.50	P82	0.86	0.85	0.85	0.04	0.73	1.00
P28	0.45	0.46	0.46	0.02	0.33	0.57	P83	0.80	0.77	0.77	0.03	0.63	0.93
P29	0.79	0.75	0.74	0.03	0.63	0.87	P84	0.84	0.83	0.83	0.03	0.75	0.97
P30	0.61	0.61	0.61	0.03	0.48	0.72	P85	0.62	0.60	0.61	0.02	0.52	0.74
P31	0.70	0.69	0.69	0.03	0.56	0.84	P86	0.56	0.54	0.54	0.02	0.45	0.64
P32	0.96	0.96	0.97	0.03	0.88	1.11	P87	0.42	0.44	0.44	0.03	0.33	0.57
P33	0.87	0.86	0.86	0.02	0.76	0.98	P88	0.91	0.88	0.89	0.02	0.79	1.02
P34	0.86	0.83	0.84	0.03	0.70	0.95	P89	0.91	0.89	0.90	0.02	0.80	1.01
P35	0.44	0.44	0.45	0.02	0.36	0.54	P90	0.90	0.88	0.88	0.03	0.77	1.01
P36	0.35	0.35	0.35	0.02	0.25	0.43	P91	0.89	0.89	0.89	0.02	0.79	1.01
P37	0.40	0.41	0.40	0.02	0.29	0.48	P92	0.85	0.82	0.82	0.03	0.72	0.96
P38	0.61	0.60	0.60	0.03	0.47	0.73	P93	0.78	0.77	0.77	0.03	0.66	0.89
P39	0.54	0.53	0.53	0.03	0.40	0.65	P94	0.82	0.80	0.80	0.02	0.72	0.94
P40	0.49	0.49	0.49	0.02	0.36	0.59	P95	0.63	0.61	0.61	0.03	0.51	0.74
P41	0.93	0.92	0.92	0.02	0.81	1.05	P96	0.55	0.52	0.52	0.03	0.41	0.62
P42	0.89	0.88	0.88	0.02	0.78	0.99	P97	0.43	0.44	0.43	0.03	0.26	0.55
P43	0.81	0.79	0.78	0.03	0.64	0.92	P98	0.90	0.89	0.89	0.01	0.80	1.01
P44	0.35	0.36	0.36	0.02	0.28	0.47	P99	0.89	0.87	0.87	0.03	0.74	0.96
P45	0.35	0.36	0.35	0.02	0.23	0.43	P100	0.89	0.88	0.88	0.03	0.75	0.98
P46	0.35	0.36	0.35	0.02	0.19	0.42	P101	0.89	0.88	0.88	0.03	0.76	0.99
P47	0.72	0.72	0.71	0.03	0.56	0.84	P102	0.84	0.81	0.81	0.03	0.72	0.95
P48	0.64	0.66	0.66	0.03	0.51	0.77	P103	0.77	0.77	0.76	0.02	0.64	0.88
P49	0.63	0.62	0.62	0.04	0.43	0.75	P104	0.78	0.78	0.77	0.02	0.64	0.89
P78	0.92	0.91	0.91	0.04	0.75	1.03	P105	0.81	0.79	0.79	0.02	0.71	0.91
P79	0.92	0.91	0.91	0.02	0.81	1.03	P106	0.63	0.61	0.62	0.03	0.51	0.75
P80	0.91	0.90	0.90	0.03	0.79	1.03	P107	0.55	0.53	0.52	0.03	0.39	0.63

## HİDROSTATİK BASINCA MARUZ DIŞTAN TAKVİYELİ SİLİNDİRİK KABUKLARIN ASİMETRİK BURKULMASI

Bülent FIRAT\*, Yalçın ÜNSAN\*

*\*İstanbul Teknik Üniversitesi, Gemi İnşaatı ve Deniz Bilimleri Fakültesi*

### ÖZET

Bu çalışmada denizaltı mukavim teknelerinde ana yapısal eleman olarak yaygın biçimde kullanılmakta olan takviyeli silindirik kabukların türdeş hidrostatik basınç altında burkulması incelenmiştir. Bu tip yapıların temel burkulma modlarından biri olan asimetrik burkulma modu, gerçekleştirilmiş olan deneysel çalışmada incelenmekte ve deneyin sonuçları sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak gerçekleştirilen sayısal çözüm ile karşılaştırılmalı olarak verilmektedir. Oluşturulan bir denizaltı mukavim teknesinin boyutları ölçeklenerek küçük ölçekli model oluşturulmuş ve bu model imal edilerek modelin boyutlarına uygun şekilde imal edilmiş olan test tankında deney gerçekleştirilmiştir. Sayısal çözümü gerçekleştirebilmek için ABAQUS sonlu elemanlar paket programından faydalanılmıştır.

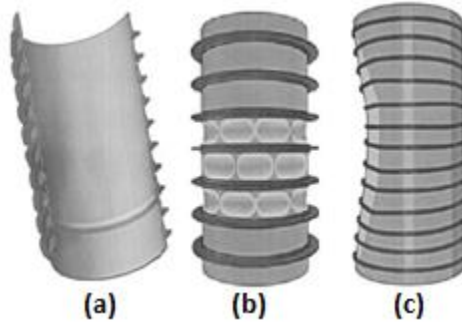
**Anahtar kelimeler:** Asimetrik burkulma; Hidrostatik basınç; Takviyeli silindirik kabuklar; Nonlineer Burkulma.

### 1. Giriş

Kabuk yapılar ağırlıklarına oranla oldukça etkin bir mukavemet elemanı olmaları sebebiyle mühendislik yapılarında sıkça tercih edilirler. Bu yapıların kiriş elemanlarla desteklenmesi ile yapısal etkinlikleri çok daha fazla artırılabilir. Bu makalede ele alınan konu ise enine halka şeklinde takviyelerle desteklenmiş silindirik kabuk yapıların türdeş dış basınç altında yapısal stabilite problemidir. Makalede seçilen bu takviyeli silindirik kabuk geometrisi ise denizaltı mukavim teknelerinin ana yapısal elemanı olarak yaygın biçimde kullanılmaktadır. Dış basınç altındaki yapıların en önemli yapısal sorunlarının başında üzerinde oluşan basma gerilmelerinin etkisinden dolayı burkulma olayı yer almaktadır. Denizaltı mukavim tekneleri de dış basınca maruz kaldıklarında, üzerlerine etkiyen basınç belli bir değere ulaştığı zaman stabiliteyi kaybederek burkulurlar. Bu makalede takviyeli silindirik kabukların asimetrik burkulması deneysel ve sayısal çalışmalar ile incelenmiş ve sonuçlar karşılaştırılmıştır.

### 2. Takviyeli Silindirlerin Burkulması

Dış basınca maruz takviyeli silindirlerde üç temel burkulma modu bulunmaktadır. Bunlar takviyeler arasındaki kabuğun simetrik burkulması, asimetrik burkulması ve takviyelerle sacın birlikte çöktüğü genel kararsızlık burkulma modudur [1]. Aşağıdaki şekilde bu üç burkulma moduna ait temsili resimler yer almaktadır.

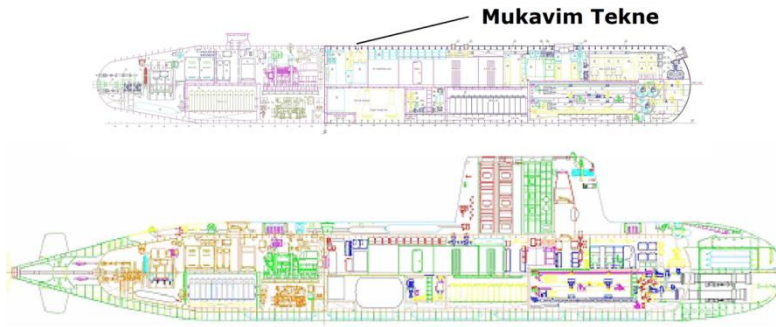


**Şekil 1 :** Takviyeli silindirik kabuk için burkulma modları  
a) Simetrik burkulma b) Asimetrik burkulma c) Genel kararsızlık

Asimetrik burkulma ve simetrik burkulma takviyeler arasındaki sacın stabilite sorunu olarak karşımıza çıkmakta iken genel kararsızlık modu takviye ve sacın birlikte çökmesi şeklinde meydana gelmektedir [2]. Bu üç burkulma modundan hangisinin yapının karakteristiği olduğu seçilen sac kalınlığı, takviyelerin atalet momenti ve silindirin toplam uzunluğuna bağlıdır. Bu makalede deneyi yapılan ve sayısal yöntemle çözümü yapılan takviyeli silindirin burkulma modu asimetrik burkulmadır.

## 2.1 Denizaltı mukavim tekneleri

Denizaltılarda hidrostatik basıncı karşılayan yapıya mukavim tekne ismi verilir. Aşağıdaki şekilde örnek bir denizaltıya ait mukavim tekne gösterilmektedir.



**Şekil 2 :** Mukavim tekne

Denizaltı mukavim tekneleri takviyeli silindirik kabuk şeklinde tasarlanırlar. Bu takviyeler silindirik saca içten veya dıştan bağlanmış olabilir.

## 3. Deneysel Çalışma

Bu bölümde takviyeli silindirik model için yapılan deney sunulmaktadır.

### 3.1 Kurulan deney sistemi

Takviyeli silindirik kabuk olarak tasarlanan ölçekli denizaltı mukavim teknesi

modellerinin dış basınç altında test edilmesi için bir basınç tankı tasarlanmıştır. Bu basınç tankının en önemli özelliği içinde testi yapılacak olan modellerin çökme basıncını karşılayacak mukavemete sahip olmasıdır. Basınç tankının boyutlandırılması sonlu elemanlar yöntemiyle yapılmıştır. İç basınca maruz kalacak bu basınç tankı takviyesiz silindirik kısım ve bu silindirin uçlarına kaynatılmış düz plaklardan oluşmaktadır. Basınçlı kap tasarımında silindir gövdenin uçlarının bombelerle kapatılması, düz saclarla kapatılmasından daha avantajlı olmasına rağmen bu tasarımda bombe kullanılmamıştır. Bu sebeple düz sac kısımların et kalınlığı silindirik gövdenin et kalınlığından bir hayli fazla olması gerekmiştir. Şekil 3'te üretilen bu deney düzeneği bileşenleriyle birlikte tanıtılmıştır.



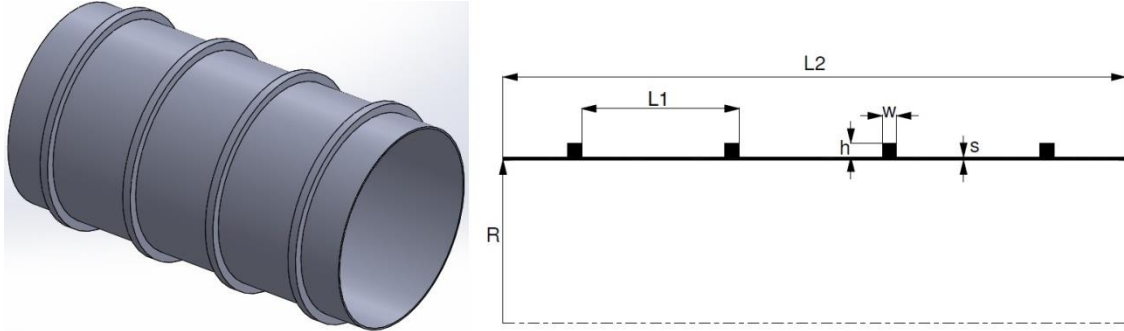
Şekil 3 : Deney düzeneği ve bileşenleri

### 3.2 Deneyi yapılan model

Tam ölçekli takviyeli silindirik kabuk ölçeklenerek küçük ölçekli modellerin deneyi gerçekleştirilebilir. Küçük ölçekli - modelin çökme basıncı ile tam ölçekli modelin çökme basıncı modeller arasında benzerlik sağlandığı zaman aynı olmaktadır. Bu benzerliğin tam olarak sağlanabilmesi için tam ölçek ve küçük ölçekli modelin geometrik olarak benzer olması, başka deyişle küçük ölçekli modelin tüm ölçülerinin tam ölçekli modelde aynı oranda olması gerekmektedir. Bunun yanı sıra üretim sırasında oluşacak bütün hataların da benzerliğinin sağlanması gerekmektedir. Bu hatalar silindirik kabukta üretim kaynaklı oluşan dairesel ovalik ve kaynak işlemi sırasında oluşacak artık gerilmeler gibi hatalardır. Ayrıca küçük ölçekli model ve tam ölçekli model üretimi sırasında kullanılan malzemenin de aynı olması gerekmektedir [3].

Basınç tankında basınç kademeli olarak modelin çökme basıncına ulaşılan kadar artırılır ve buna paralel olarak yapıda oluşan deformasyonlar ölçülür. Büyük veya tam ölçekli modeller üretim toleranslarını dikkate alarak sacın bükülüp takviyelere kaynaklanması şeklinde oluşturulurken, küçük ölçekli modeller torna tezgâhlarında üretilir. Bu çalışmada kullanılan model de kalın silindirik borunun dıştan torna edilmesiyle üzerinde takviyeler bırakacak şekilde oluşturulmuştur.

Deneyde kullanılan modelin boyutları Tablo 1’de gösterilmiştir. Ölçek oranı 1/15 tir.



Şekil 4 : Model boyutları

Tablo 1. Model boyutları

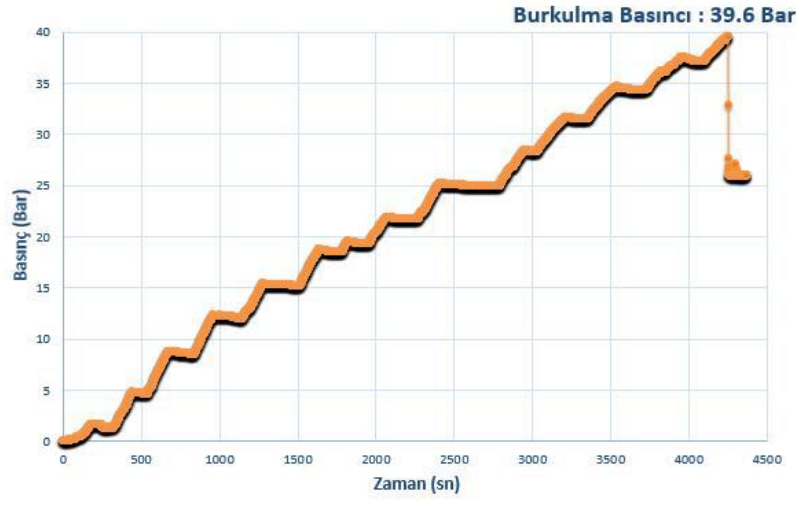
Model	R (mm)	s (mm)	L1 (mm)	h (mm)	w (mm)	Malzeme
Tam ölçekli model	1695	26	1500	105	45	St 42
Küçük ölçekli model	113	1.73	100	7	3	St 42

Tam ölçekli model gerçekte var olan bir yapı olmayıp boyutları temsili olarak seçilmiştir. Model imalatında kullanılan malzeme St 42 olarak seçilmiştir. Analizlerde kullanmak üzere malzemenin özelliklerinin belirlenmesi amacıyla çekme testi gerçekleştirilmiştir.

### 3.3 Deney sonucu

Yapılan deneyde düzeneğin basıncını artırmak için bir el pompası kullanılmaktadır. Fakat bu pompanın tek seferde basabileceği su miktarı kısıtlı olduğu için modelin burkulma basıncına tek seferde ulaşamamaktadır. Bu sebeple tanktaki basınç deney süresince pompanın tekrar doldurulduğu zamanlarda sabit kalmaktadır. Şekil 5’te deney esnasında tanktaki basıncın değişimini zamana bağlı olarak gösteren bir grafik yer almaktadır. 39.6 bar basınca ulaşıldığında silindirik kabuk stabilitesini kaybetmekte ve silindir çevresi boyunca çöküntüler oluşturacak şekilde burkulmaktadır.





Şekil 5 : Deney sonucu

Şekil 6 ve 7’de küçük ölçekli modelin deney sonrası burkulmuş resmi yer almaktadır.



Şekil 6 : Deney sonrası modelin dıştan görünümü



Şekil 7 : Deney sonrası modelin içten görünümü

#### 4. Sonlu Elemanlar Metodu ile Çözüm

Çalışmanın bu bölümünde çalışmada kullanılan sonlu elemanlar analiz tiplerine ait teorik altyapı sunulduktan sonra çalışmada kullanılan modele ait sonlu elemanlar modelinin özellikleri aktarılmıştır. Modele ait lineer burkulma, nonlinear burkulma analizlerine ait görseller ve nonlinear burkulma analizi sonucu modelin nihai mukavemetini gösteren grafik de bu bölümde yer almaktadır

##### 4.1 Lineer burkulma analizi

Lineer elastik burkulma analizi ile ideal lineer elastik bir yapının teorik elastik burkulma yükü belirlenebilir. Lineer elastik burkulma analizi iki aşamadan oluşur. Birinci aşamada yapıya yük uygulanarak lineer statik analiz gerçekleştirilir. İkinci aşamada ise özdeğer problemi çözülerek yapının lineer elastik burkulma yükü tespit edilir. Lineer burkulma analizi için özdeğer probleminde ait denklem aşağıdaki şekildedir [4].

$$[K]\{\phi_i\} + \lambda_i [S]\{\phi_i\} = 0 \quad (4.1)$$

Denklemden  $[K]$  yapısal katılık matrisini,  $[S]$  gerilme katılık matrisini,  $\{\phi_i\}$  özvektörleri ve  $\lambda_i$  özdeğerleri göstermektedir.  $i$  indisi kadar özdeğer ve özvektör hesaplanabilir. Bulunan özdeğerler yapının kritik burkulma yüklerini ve bulunan özvektörler yapının burkulma modunu göstermektedir. Hesaplanan en küçük burkulma yükü yapıya ait teorik elastik burkulma yüküdür.

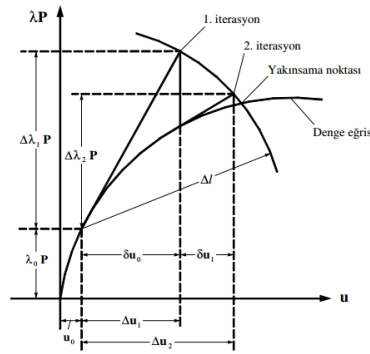
Burkulma analizi sonucu elde edilen yer değiştirme değerleri gerçek değerler değil normalize edilmiş değerlerdir. Yer değiştirme değerleri, en büyük yer değiştirme değeri kullanılan birime göre 1.0 olacak şekilde normalize edilir.

Lineer burkulma analizinde imalat kusurları ve lineer olmayan etkiler çözüme dahil edilmez.

Abaqus programında lineer burkulma analizi yapılırken hangi çözücünün kullanılacağı ve kaç burkulma modunun bulunacağı seçilir. Lineer burkulma analizi nonlinear analize göre çok hızlı çözülebildiği için oluşturulan ağ yapısının yakınsama çalışmasının lineer burkulma analiziyle yapılması uygundur. Bu çalışmada da yakınsama analizi lineer burkulma analizi ile yapılmış ve sonlu eleman modelinin eleman büyüklüğü bu şekilde tespit edilmiştir.

#### 4.2 Nonlinear burkulma analizi

Lineer burkulma analizi ile ideal bir yapının elastik kritik burkulma yükü tespit edilir. Gerçek yapıların burkulma yükü ise genellikle bu değer altında kalır. Bu sebeple hesaplamaların daha gerçekçi olabilmesi için burkulma analizinin, malzeme plastisitesini ve yapıda imalat sonrası oluşmuş geometrik kusurları da içerecek şekilde genişletilmesi gerekir. Bu çalışmada nonlinear çözüm yöntemi olarak iteratif bir yöntem olan modifiye edilmiş Riks yöntemi (Arc-length method) kullanılmıştır [5]. Şekil 8’de Arc-length methodunun grafiksel gösterimi mevcuttur.



Şekil 8 : Arc-Length yönteminin grafiksel gösterimi

Bu metotta yük seviyesi parametresi  $\lambda$ , denge denklemlerine ilave bir değişken olarak girer.

$$\mathbf{R}(\mathbf{u}, \lambda) = \mathbf{F}(\mathbf{u}) - \lambda \mathbf{P} = 0 \quad (4.2)$$

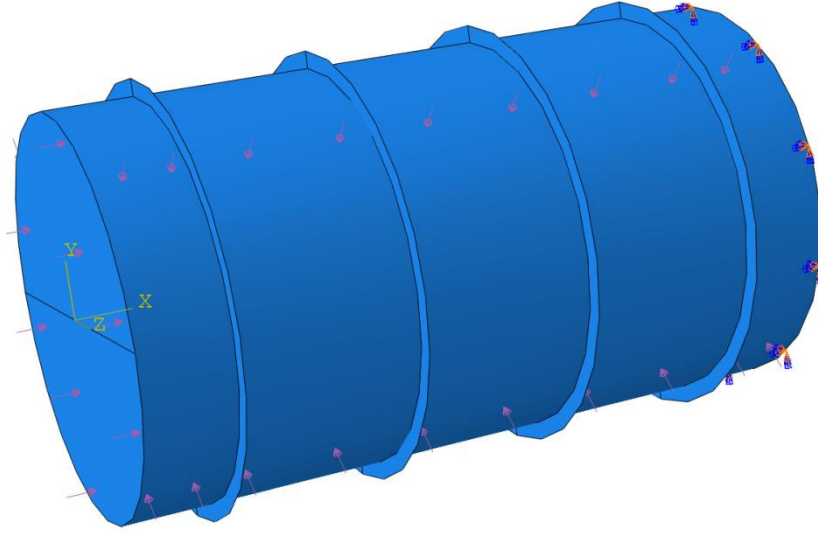
Arc-length metodunun amacı (4.2) denklemi ile l sabit yay boyu arasındaki kesişimi bulmaktır.  $\Psi$  yük ölçeklendirme parametresini göstermek üzere, l sabit yay boyu diferansiyel olarak şu şekildedir [6]:

$$l = \int \sqrt{d\mathbf{u}^T d\mathbf{u} + d\lambda^2 \Psi^2 \mathbf{P}^T \mathbf{P}} \quad (4.3)$$

Bu çalışmada nonlinear burkulma analizi gerçekleştirilirken model için geometrik kusur tanımlaması kullanılmış ve malzeme özellikleri de çekme testinden elde edilen değerlerden elde edilmiştir.

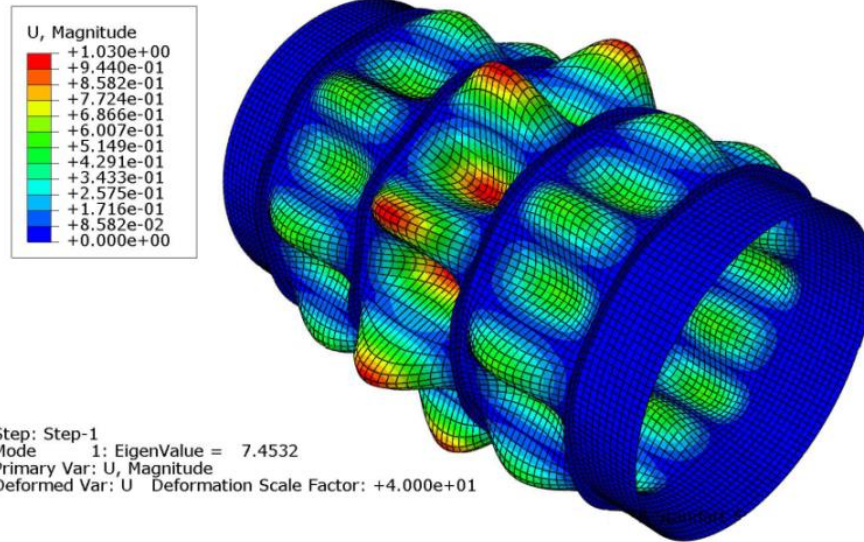
#### 4.3 Sınır şartları, yükleme koşulu ve analiz sonuçları

Sonlu elemanlar analizinde kullanılan takviyeli silindirlerin boyutları 2. bölümde verildiği gibidir. Silindirlerin bir ucundaki yer değiştirmeler ve dönmeler Şekil 9’da görüldüğü gibi sıfır kabul edilmiştir. Diğer ucu ise deneyde de kullanıldığı gibi 20 mm sac ile kapatılmıştır. Daha sonra ise basınç yükü modelin bütün dış yüzeylerine uygulanmıştır.

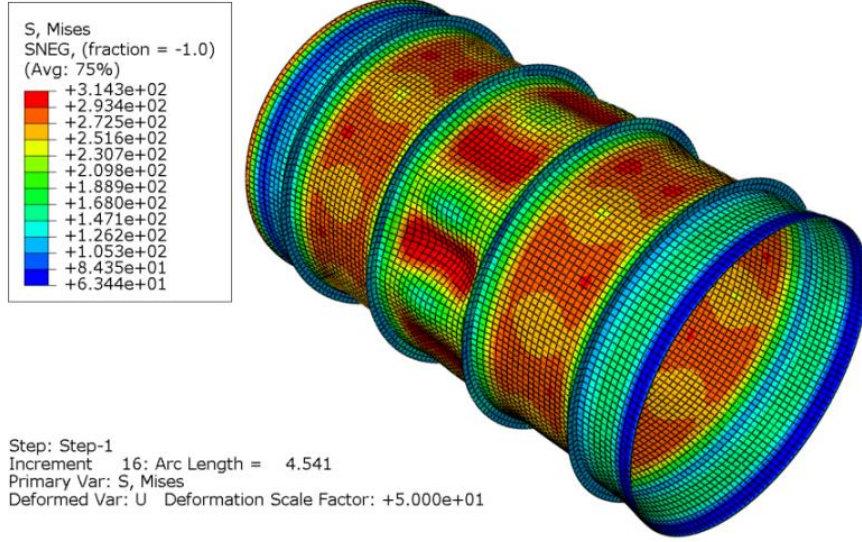


Şekil 9 : Sonlu elemanlar modeli sınır koşulları ve yükleme durumu

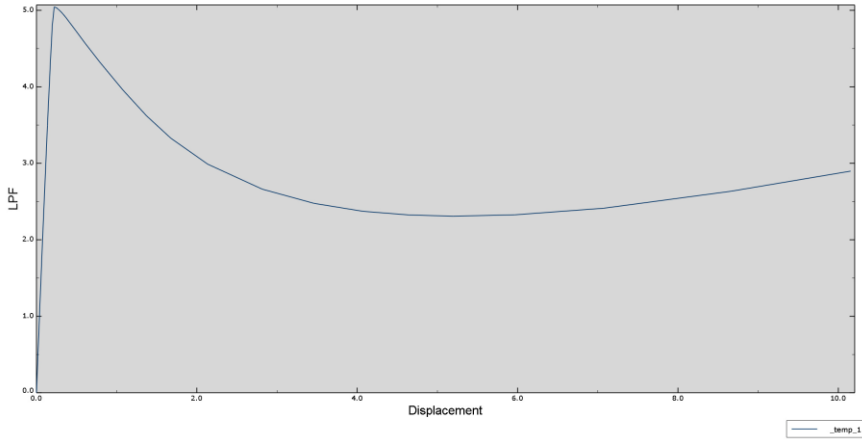
Modeldeki bütün yapılar kabuk elemanlar ile modellenmiştir. Sonlu elemanlar analizlerinde elde edilen basınç değerlerinin birimi MPa'dır. Deney sonucunun verildiği grafikte ise birim bar olarak verilmiştir. Bu farklılığı gidermek için sonuçların karşılaştırıldığı bölümde basınç birimi olarak bar kullanılmıştır.



Şekil 10 : Lineer burkulma analizi



Şekil 11 : Nonlineer burkulma analizi



Şekil 12 : Nonlineer burkulma analizi sonucu elde edilen LPF-deplasman grafiği

LPF yük orantılık sabitini göstermekte olup aldığı en büyük değer yapının burkulma basıncıdır. Analiz neticesinde yapının burkulma basıncı 50.44 bar olarak tespit edilmiştir.

## 5. Sonuçlar ve Karşılaştırma

Bu çalışmada dış basınca maruz takviyeli silindirik kabukların yapısal stabilitesi deneysel ve sayısal yöntemler kullanılarak incelenmiş ve sonuçlar sunulmuştur. Dış basınca maruz takviyeli silindirik kabuklar üzerindeki basınç belli bir değere ulaştığında yapı stabilitesini kaybederek burkulur. İlgili yapı denizaltıların mukavim teknesi olarak yaygın biçimde kullanılır. Denizaltıların nominal dalma derinliğinin çok üstünde gerçekleşen bu hadisenin ne zaman ortaya çıkacağını öngörülmesi önemli bir mühendislik problemidir. Bu problemi çözmek için farklı analiz yöntemleri mevcuttur. Çalışmada ele alınan problem nihai mukavemet problemi olduğu için kullanılan malzemenin çeşitli kaynaklarda sunulan minimum özellikleriyle yetinilmemiş ve kullanılan malzeme çekme testine tabi tutulmuştur. Sayısal çözümlerde bu testin çıktıları kullanılmıştır.

Tam ölçekli model ile küçük ölçekli modelin sonlu elemanlar sonuçları olması gerektiği gibi birebir aynı bulunmuş ve aynı görseller elde edildiği için yalnızca küçük ölçekli modelin görselleri sunulmuştur.

Deney sonucu ile sayısal çözüm karşılaştırıldığında, sonlu elemanlar yönteminin sonucunun daha büyük olduğu görülmektedir. Bunun nedeni olarak imalat kusurlarının modelde çok daha yüksek olduğu sonucuna varılmaktadır. İmalat kusurlarının yüksek olmasının sebebi modelde çok küçük kalınlıklarla çalışıldığından imalatta kullanılan torna makinesinin hassasiyetinin yeterli olmayışdır. Ayrıca makinenin hassasiyeti yeterli olsa bile üretilirken modelin yatay durması sebebiyle kendi ağırlığı da imalat sırasında kusurlar oluşmasına katkıda bulunmaktadır. Diğer taraftan nihai mukavemet gibi bir konuda sayısal yöntemler ile deneysel yöntemlerin bire bir aynı sonuç vermesi neredeyse imkansızdır. Sonlu elemanlar yöntemini bu problemde etkin biçimde kullanabilmek için benzer deneylerden daha fazla sayıda seri halinde gerçekleştirmek ve çıkan sonuçlara göre uygun bir güvenlik faktörü kullanmak yerinde olacaktır.

#### **Kaynaklar:**

- [1] Nash, W.A., Hydrostatically Loaded Structures, Pergamon Press, Oxford, England, 1995.
- [2] Fırat, B., Dış Basınca Maruz Takviyeli Silindirik Kabukların Yapısal Stabilesinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Ocak 2015.
- [3] Arentzen, E.S., Mandel, P. Naval Architecture Aspects of Submarine Design. SNAME. 1960.
- [4] MacKay J.R., Structural Analysis and Design of Pressure Hulls: the State of the Art and Future Trends. Technical Memorandum DRDC Atlantic TM 2007-188. Kanada. 2007.
- [5] Dassault Systemes Simulia Corp. Abaqus 6.10, Theory Manual. USA. 2010.
- [6] Polat C. ve Calayır Y., Lineer Olmayan Yapı Sistemlerinin Analizi İçin Yay-Boyu Metodu. Fırat Üniv. Fen ve Müh. Bil. Dergisi. Elazığ. 2007.

## LİTERATÜR TARAMASI ÜZERİNE NOTLAR VE BİR TARAMA TEKNİĞİ

Serdar Aytekin KÖROĞLU\*  
\*İstanbul Teknik Üniversitesi

### ÖZET

Literatür taraması araştırma çalışmalarında önemli bir süreçtir. Doğru yönetilmeyen bir tarama araştırmacının çok zaman kaybetmesine ve hatta yeterli içeriğe ulaşamamasına yol açabilir. Bu yazıda sürecin iyi yönetilebilmesi adına tarama hakkında genel bilgiler verilmiştir. Güncel bazı araçların tanıtılması ile araştırmacının daha etkili bir arama yapabilmesi hedeflenmektedir. Ayrıca bir konuda derinlemesine bir tarama yapılabilmesi için yol gösterecek bir tekniğin tanıtımı yapılmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Literatür taraması, atıf veritabanı, etiket

### 1. Giriş

Literatür taraması, sadece akademik çalışmalarda değil, yenilikçi her alanda başvurulması gereken ilk adımlardan biridir. Gash bu süreci, belirli bir konuda yayınlanmış olabildiğince çok eserin derinlemesine ve sistematik olarak araştırılması ve belirlenmesi olarak tanımlamıştır[1].

Gall, Borg ve Gall [2](lr5p2) literatür taramasının,

- Araştırma probleminin sınırlarının tanımlanmasına,
- Yeni araştırma konuları yakalanabilmesine,
- Daha önce denenmiş fakat işe yaramayan yöntemlerin elenmesine,
- Gelecek çalışmaların neler olabileceğinin belirlenmesine,
- Kullanılacak yöntemler açısından fikir edinmeye

katkı sağladığını tespit etmiştir.

Genel olarak amaç, çalışmanın hangi bağlamda yürüyeceğinin ve özellikle süregelen çalışmalardan sentez yoluyla hangi boşlukların doldurulmak üzere hedef alındığının gösterilmesidir.

Yapılan taramanın derinliği de yapılacak çalışmanın tipine göre değişiklik gösterebilmektedir. Örneğin bir durum değerlendirmesi amacıyla yazılacak olan bir inceleme makalesinde çok sayıda yayının göz önünde bulundurulması gerekebilir. Öte yandan bir araştırmacının sunulduğu makalede veya bir proje başvurusu için yazılan öneri yazısında nispeten daha az yayına yer verilebilmektedir.

Anlatım tarihsel akışı göstermek adına kronolojik olarak yapılabileceği gibi tematik bir yaklaşım da tercih edilebilir. Önceki çalışmalarla birlikte mevcut durum da genelde

vurgulanmaktadır. Tabii bu da çalışma süresince yeni ortaya çıkacak yayınların takibini zorunlu kılacaktır.

## 2. Araştırma

Araştırma yapmak hem bu çalışmayı yapan kişiye yol gösterir hem de daha zengin ve doyurucu bir sunum yapabilmesi için gerekli içeriği sağlar. Kişi ilgilendiği konular hakkında araştırma yapabilmesi için sağlıklı bir rota izlemelidir. Aksi takdirde bir insanın ömrü yetmeyecek kadar çok sayıda yayının ve kaynağın içinde kaybolması işten bile değildir.

Yumurta-tavuk ilişkisi ne yazık ki araştırma için de geçerlidir. Yani araştırma yapmadan bilgi sahibi olmak gerekir. Hangi konuda olursa olsun kısa ve pratik bilgilerle başlayıp, gittikçe daha detaylı bilgileri ele almak daha verimli bir yaklaşım olacaktır. Bu nedenle internet üzerinden Wikipedia (<http://www.wikipedia.com>) gibi özet içerik sunan bir kaynakla başlamak, konu hakkında fikir sahibi olmaya yardımcı olabilir. Devamında “tutorial” veya “lecture notes” gibi anahtar kelimeler kullanılarak bulunacak kaynaklar, daha detaylı ve uygulamaya dönük içerikleriyle konunun kavranmasına yardımcı olabilirler.

Bu aşamadan sonra yavaş yavaş kitaplar değerlendirilebilir. Genelden özele tarama yapma tekniği, kitabın içerisinde de uygulanmalıdır. Birçok kitapta çekirdek içerik genelde kitabın ilk bölümlerinde olur. İlerleyen bölümler daha idareli değerlendirilmelidir.

Son olarak en detay içerik özgün araştırma makalelerinde bulunabilmektedir. Çoğu zaman, konunun çok özel veya yeni olması nedeniyle önceki adımlara ulaşamayacağınızdan, ilk durağınız da bir makale olabilir.

### 2.1 Göz atma (Browse) / Arama (Search) Kavramları

Göz atma ve arama bilgiye ulaşmak için 2 temel felsefedir. Kısaca özetlersek, göz atma bir başlangıç noktasından itibaren bağlantıları takip ederek bilgiye ulaşmak; arama ise önceden tespit edilen anahtar kelimeler aracılığıyla bilgiye veya yeni anahtar kelimelere ulaşmaktır.

Göz atma eylemi genellikle konuya daha mesafeli olduğunuz zaman veya elinizdeki bilgiyi tükettiğiniz zaman işe yarar. Bu teknikle araştırdığınız konunun nerelere uzandığını, hangi konularla ilişkili olduğunu görmek daha mümkündür. Örnek olarak internet sitelerinde kategorisel bir gezinme yapısı (wiki kategoriler, amazon.com’da konu başlıklarına göre kitaplara erişim vb.), verilen konu başlıklarına göre rastgele tavsiye edilen sitelerin keşfine imkân sağlayan StumbleUpon (<http://www.stumbleupon.com>) hizmeti, ders kitapları verilebilir.



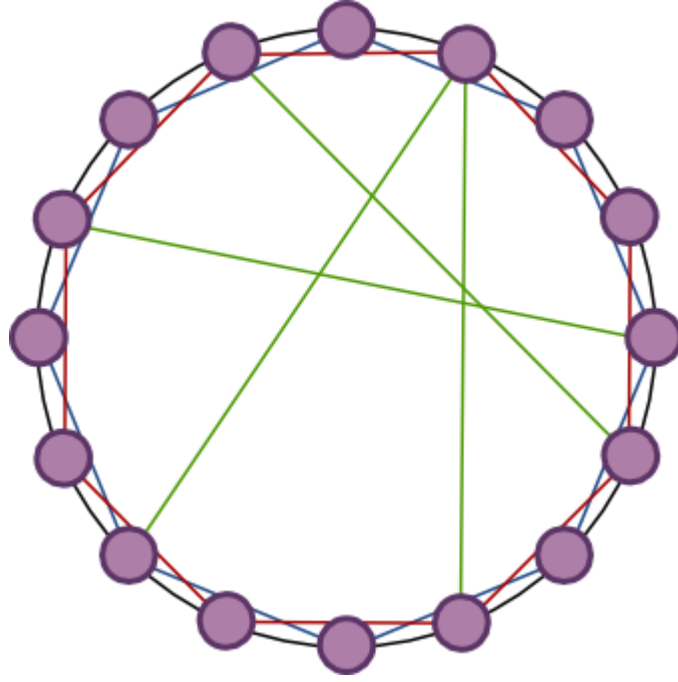
V·T·E	Integrals	[hide]
<b>Numerical integration</b>	Riemann integral · Lebesgue integral · Burkill integral · Bochner integral · Daniell integral · Darboux integral · Henstock–Kurzweil integral · Haar integral · Hellinger integral · Khinchin integral · Kolmogorov integral · Lebesgue–Stieltjes integral · Pettis integral · Pfeffer integral · Riemann–Stieltjes integral · Regulated integral	
<b>Methods</b>	Integration by parts · Integration by substitution · Inverse function integration · Order of integration (calculus) · trigonometric substitution · Integration by partial fractions · Integration by reduction formulae · Integration using parametric derivatives · Integration using Euler's formula · Differentiation under the integral sign · Contour integration	
<b>Improper Integrals</b>	Improper integral · Gaussian integral	
<b>Stochastic integrals</b>	Itô integral · Stratonovich integral · Skorokhod integral	

Şekil 1. Gözetme için wikipedia kategorileri (sayfanın altında yer alır)

Arama daha çok, özel bir konuyla ilgili derinlemesine bilgi sahibi olmak amacıyla kullanılır. Arama için anahtar kelimelerin önemi büyüktür. Bu kelimeler (veya kelime grupları) önden yapılan bir göz atma süreciyle elde edilebilir. Arama yönteminin kullanılabileceği yerlere örnek olarak Web of Science (<http://webofknowledge.com>) atıf veritabanı, arama motorları, wikipedia, belirli konularda başucu kitabı olarak kullanılabilecek el kitapları veya ansiklopediler verilebilir. Kitapların genellikle sonunda yer alan index kısmı yine arama kullanımına örnek olarak verilebilir. İçindekiler kısmında konuların hiyerarşik olarak düzeni verildiğinden burası daha çok göz atma olarak değerlendirilir.

Bu iki teknik birbirinden bağımsız düşünülmemelidir. Çoğunlukla iki teknik ardı ardına sürekli uygulanır. Birlikte kullanımın gücünü daha genel bir model olan Watts ve Strogatz'ın [3] modelinde de görmekteyiz.

Şekil 2'de görülen bağlantı şeması bu modeli özetlemektedir. Eğer dairelerle gösterilenler, bilgi öbekleri olarak düşünülürse yakın komşulukta olan bilgilere göz atma eylemiyle, daha uzaktaki bilgilere de arama eylemiyle erişilebilir. Bu yaklaşımla gösterilmiştir ki sadece yakın komşuluk veya tamamen rasgele bağlantılardan daha verimli ulaşım sağlanmaktadır.



Şekil 2. Watts-Strogatz modeli örneği

## 2.1 Anahtar Kelimeler

Arama sürecindeki kilit rol anahtar kelimelere düşmektedir ve onlar olmadan bilgiye ulaşmak pek mümkün olamamaktadır. Uygun anahtar kelimeleri bulmak için konuyla ilgili kitaplar, makaleler veya internetteki wikipedia gibi yüzeysel içerik sunan kaynaklar değerlendirilebilir.

Aramada sonuç verecek kelimeler yerine aynı anlamda farklı kelimelerin kullanılması aramada sonuç vermeyecektir. Bu nedenle eş anlamlar sözlüğü (thesaurus) kullanımı olası kayıpları kurtaracaktır.

DeeperCloud arama sonuçları:

angle basic blades configuration degree  
design driven drives ducted dynamics  
electric fixed high line marine offshore  
pitch pod propulsion propulsors rudder  
service shafts ships system  
**thruster** twin unit vessel voith

DeeperCloud arama sonuçları:

autodesk·inventor bow·thruster  
contra·rotating controllable·pitch  
degree·rotation degrees·around ducted·thrusters  
dynamic·positioning electric·motor  
**fixed·pitch** fixed·rudder  
propulsion·system provided·twin  
rmk·marine rolls·royce  
stern·drive thruster·marine twin·units  
units·aft voith·inline

Şekil 3: Deeper Web arama sonucu

Etiket bulutu (tag cloud) adı verilen bir arama teknolojisinde, aranılan kelimelerle yakın bağlantısı olan diğer kelimeler sonuçlarda gösterilmektedir. Böylelikle eş anlamlı olmasalar da yakınlık ilişkileriyle yeni anahtar kelimeler aramayı güçlendireceklerdir. Örnek bir site olarak Deeper Web'e (<http://deeperweb.com>) başvurulabilir. Şekil 3'te "azimuth propeller" anahtar kelimeleri ile arama yapınca ortaya çıkan etiket bulutları görülmektedir. Bu yolla aranan kelimelerle sıklıkla beraber geçen kelime, kelime öbekleri ve hatta internet siteleri keşfedilebilir.

Başlangıçta bulunan kelimeler, araştırma derinleştikçe daha zenginleştirilebilir. Bu kelimeler keşfedildikçe, tıpkı makale ve kitaplarda olduğu gibi saklanırsa, yapılacak aramaların daha verimli geçmesine olanak sağlar.

Anahtar kelimelerin keşfedilmesi kadar doğru kullanılmaları da önemlidir. İlk önce konuya özgü kelimeler tercih edilmelidir. Bunun mümkün olmadığı durumlarda aramayı daraltabilecek yardımcı kelimeler eklenebilir. Bu kelimeler eğer birlikte kullanılmanın ötesinde yan yana kullanılıyorsa kelime grubu iki tırnak işaretinin (" ") arasına yazılmalıdır.

Çoğu zaman aranılan kelimenin ilgilenilmeyen başka bir konuda da kullanılması ilgisiz sonuçları arttıracaktır. Bu durumda da ilgilenilmeyen konuya ait, fakat bizim konumuzda geçmesi mümkün olmayan bir anahtar kelimenin önüne eksi (-) işareti koyarak arama filtrelenebilir. Örneğin yalnızca "double bottom" anahtar kelimesi, finans alanında da sonuçların listelenmesine sebep olurken yanına eklenecek -stock -trade -chart, sonuçları gemi inşaatına daha yaklaştıracaktır.

### 3. Bir derinlemesine literatür tarama tekniği

Bir atıf veritabanında bir iki anahtar kelime ile yapılan arama sonucu çoğu zaman cesaret kırıcı olabilir. Sonuç sayısının on binlerle ifade edilmesi sıklıkla karşılaşılabılır. Bu sonuçların her birinin araştırma konusuyla ilgili olduğunu beklenmez. Fakat yine de doğru kelimelerle ve veritabanının sağlamış olduğu bazı ek filtrelerle bile bu sonuç 1-2 bin seviyelerinden aşağı inmeyebilir.

Genelde yaklaşım, bazı kriterler kullanılarak idare edilebilir bir alt kümenin incelenmesi şeklinde olmaktadır ve bu ne yazık ki kapsamlı bir araştırma için yeterli değildir. Bu bölümde 1-2 bin mertebesindeki sonuçların dahi organize bir biçimde incelenebileceğini gösteren bir teknikten bahsedilecektir. Aramaların yapıldığı veritabanı olarak Web of Science seçilmiştir ama diğer veritabanları da benzer hizmetleri vermektedir.

#### 3.1 Adım 1: Anahtar kelimelerin belirlenmesi

Anahtar kelimelerin önemi ve nasıl elde edilebilecekleri konusunda önceki bölümde bilgi verilmişti. Bu adım her araştırma için vazgeçilmezdir.

#### 3.2 Adım 2: Atıf veritabanı sonuçlarının elde edilmesi

Web of Science'ta belirlenen anahtar kelimeler ile arama yapılır. Arama sonuçlarına en azından mühendislik için "Engineering" filtresi ve daha detaylı olarak konuyla ilgili kategoriler aracılığıyla filtre uygulanmalıdır. Sonra sonuçlar "tab delimited" yazı dosyası olarak bilgisayara indirmelidir. Bu uygulama verilerin Excel gibi hesap tablosu programlarının içine kolay

aktarılabilmesi için yapılmaktadır. Daha sonra kullanılacağı için verilerin içerisinde özet (abstract) kısmı da mutlaka yer almalıdır.

Bu prosedür her bir anahtar kelime (veya kelime grubu) için tekrarlanmalıdır. Yani her anahtar kelimeye ait bir veri dosyası oluşturulmalıdır.

### 3.3 Adım 3: Sonuçların işlenmesi

Oluşturulan bütün veri dosyaları hesap tablosuna aktarılabılır. Bu sayede her veritabanı kaydı bir hesap tablosundan erişilebilir olacaktır. Bu adımda ilk yapılması gereken, farklı anahtar kelimelerin ortak bulunduğu makalelerin mükerrer olarak kayıtlarda yer almasını düzeltmek olmalıdır. Uygulanacak basit bir sıralama operasyonu, aynı makalenin birden fazla kaydının tespit edilip silinmesi için yeterli olacaktır.

Daha sonra her bir girdiye özgün bir sıra numarası verilerek daha sonra referans verirken kolaylık sağlanabilmektedir.

### 3.4 Adım 4: Kayıtların kademeli taranması

Bu adımda artık sonuçların incelenmesi gerekmektedir. Bu teknikte inceleme kademeli olarak yapılmaktadır.

İlk kademede sıra no ile makale başlıkları ayrı bir dosyada listelenir. Bu liste hızla taranarak ilgisiz olan makaleler elenir.

İkinci kademede kalan makaleler sıra no.ları aracılığıyla kayıtlarda işaretlenir ve bu makalelerin özetleri yine sıra no. ile ayrı bir dosyaya kaydedilir. Başlıklarda olduğu gibi özetler de ilgisiz makalelerin tespiti için taranır ve yine ilgili makaleler işaretlenir.

Son olarak kalan makalelerin incelenmesi gerekmektedir. Eğer hala altından kalkılamayacak seviyede ise ilk olarak yüzeysel gözden geçirme ile en ilişkili olanlar tespit edilebilir veya Web of Science'ın bu kalan makaleleri atıf sayısına göre sıralamasını bir nebze olsun önem sırası olarak kabul edip en önemlilere öncelik verilebilir.

Yukarıdaki adımların bir özeti Şekil 4'te yer almaktadır.

anahtar kelimeler

ARA

Anahtar kelimeler ile arama  
yapma

	A	B	C	D	E	F
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						

Sonuçların hesap tablosuna  
aktarılmasıMükerrer kayıtların  
elenmesi için sıralama

1. Makalelere kayıt numarası
2. atanması
- 3.
- 4.

## Özet tarama

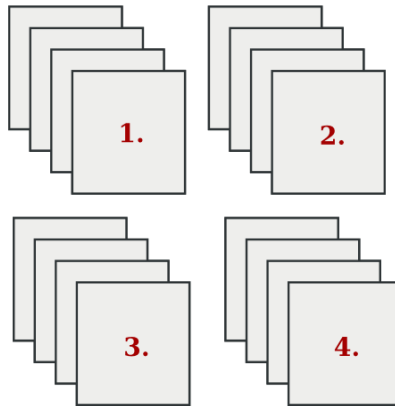
1. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Fusce posuere, sapien id egestas venenatis, mauris odio semper mi, ut faucibus ante massa ut mi. Aenean facilisis, eros sit amet dapibus placerat, nulla urna rhoncus leo, sit amet ultrices nisi mi eu urna. Curabitur nec purus nec tortor faucibus posuere non vitae orci. Sed nulla risus, vehicula eget blandit id, dapibus et lacus. Donec interdum tempus nibh ac auctor. Nam ornare nulla sed blandit laoreet. Nunc et massa vel enim viverra blandit. Suspendisse ligula nunc, scelerisque et dui id, fringilla mollis metus. Fusce laoreet ac nulla eu aliquet. Sed pellentesque venenatis enim, et semper metus ultrices at. Morbi ut velit in lacus elementum bibendum. Vivamus pretium odio convallis est sollicitudin, id pellentesque tortor imperdiet.

2. Suspendisse semper sapien ac dictum eleifend. Phasellus rhoncus sagittis turpis in cursus. Etiam malesuada aliquam arcu, at ullamcorper odio gravida in. Integer ultrices pharetra ante eu porta. Integer gravida ornare ligula, a vulputate leo sagittis semper. Pellentesque in velit nec elit egestas interdum in nec justo. Etiam pharetra dui quis ante sollicitudin maximus. Sed non elementum nulla. Phasellus consectetur eget velit ac fringilla. Nullam eget posuere arcu. Etiam fermentum ligula vel dui interdum volutpat. Maecenas feugiat sodales lorem, sit amet iaculis tellus pretium a. Cras et sapien ut tortor ultrices suscipit sit amet vitae felis.

3. Aenean tincidunt eros vel commodo laoreet. Nulla fermentum sem tellus, a consequat lectus posuere ac. Suspendisse convallis nec nisi nec tempus. Praesent rhoncus, mauris sit amet varius consetetur, neque justo faucibus punis, euismod fringilla sapien arcu sed libero. Proin ultrices lacus sit amet ultrices venenatis. Aenean eget ex nibh. Vivamus vestibulum dui ac tristique condimentum. Morbi convallis risus magna, et tincidunt odio mollis in. Praesent varius aliquam justo, ac laoreet tortor mollis non.

## Başlık tarama

1. Ut nec augue semper arcu rhoncus congue.
2. Aliquam porta orci vitae mauris dignissim sagittis.
3. Mauris aliquam eros sit amet placerat porttitor.
4. Curabitur at diam tempus augue bibendum iaculis.
5. Vivamus eget lectus vitae sapien finibus sagittis vitae nec enim.
6. Morbi vitae risus non velit commodo efficitur.



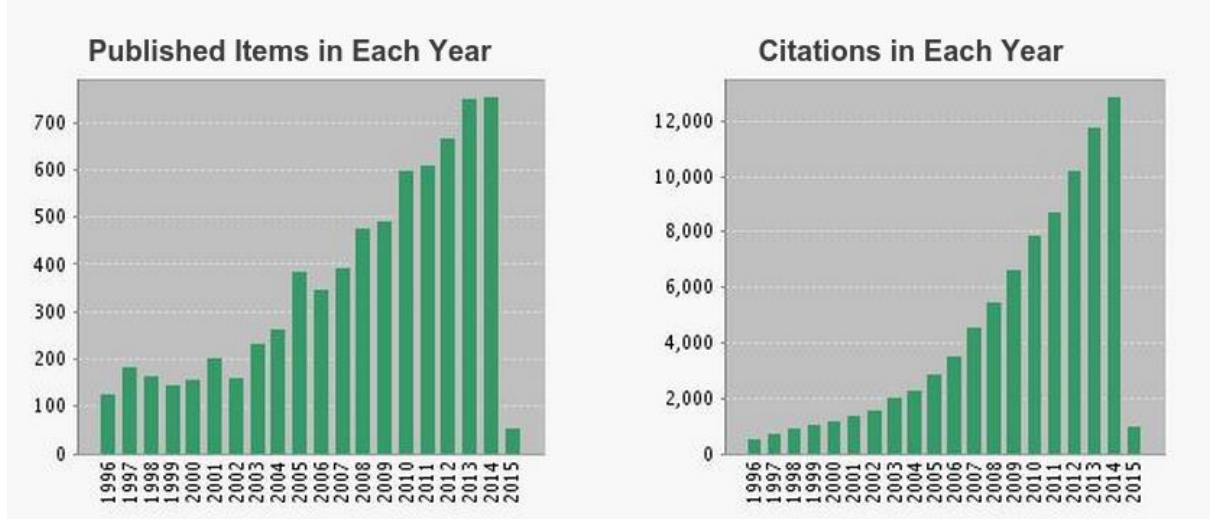
## Makale tarama

Şekil 4: Derinlemesine literatür tarama tekniği

## 4. Atıf veritabanlarının diğer faydalı özellikleri

Web of Science sunduğu atıf raporlama özelliği, arama sonuçlarında gizli olarak bulunan eğilimleri grafiksel olarak inceleme imkânı sağlar. Şekil 5'te de görüldüğü gibi, anahtar

kelimeleri barındıran makalelerin sayısının yıllara göre değişimi ve o makalelerin yine yıllara göre aldığı atıflar grafik olarak oluşturulabilir.



Şekil 5: Atıf Raporlama

Bu özellik sayesinde popülerliği artan konular üzerinde çalışma yapmak üzere tespit edilebilir. Aynı şekilde bir problem için çözüm yöntemi araştırılırken uygun çözümler yine bu yolla bulunabilir. Son olarak, yazarların performansı da bu yolla değerlendirilerek makaleler arasında derecelendirme yapılabilir.

Arama sonuçlarında başlık, yazar ismi gibi birçok künye bilgisi yanında anahtar kelimeler de listelenir. Bu da yeni anahtar kelimelerin keşfedilmesi için alternatif bir yöntem olarak değerlendirilebilir.

Önceki bölümde de değinildiği gibi fazla sayıda makale ile başa çıkmak için filtrelemenin yanında atıf sayısına göre sıralama yaparak öncelikli olarak ele alınmasında fayda olabilecek makalelerin keşfedilmesi sağlanabilir.

Atıf haritası adı verilen bir diğer özellik sayesinde incelenen makalenin atıfta bulunduğu makaleler ve yine yayımlandıktan sonra makaleye atıfta bulunan diğer makalelerden oluşan bir harita ile konunun zaman içerisindeki izlediği yol incelenebilir.

## 5. Sonuç

Literatür taraması planlı bir biçimde yapıldığında oldukça etkili geçebilir. Her ne kadar farklı konularda şans faktörü farklı işlese de arama teknolojilerinin sunduğu birçok yardımcı araçla bu süreç en verimli şekilde değerlendirilebilir.

Bilgiye erişim konusunda hala daha alınacak çok yol var. [Anlamsal ağ](#) (semantic web) gibi erişimi daha kolaylaştıracak yeni teknolojiler geldikçe veya arama motorlarındaki yapay zekâ uygulamalarında gelişme kaydedildikçe aranan bilgilere daha kolay ve daha hızlı ulaşılabilecektir.

**Kaynaklar:**

- [1] Gash, S. Effective Literature Searching for Research (2nd edn). Aldershot: Gower Publishing Ltd., 1999
- [2] Gall, M. D., Borg, W. R., & Gall, J. P. Education research: An introduction (6th ed.). White Plains, NY: Longman, 1996
- [3] Watts, D. J., & Strogatz, S. H. Collective dynamics of ‘small-world’ networks. nature, 1998; 393(6684), 440-442.