

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**GEMİ DONATIMINDA DETAY DİZAYN ve
MODELLEME**

Gemi İnş. ve Gemi Mak. Müh. Güven GONCA

**FBE Gemi İnşaatı ve Gemi Makineleri Mühendisliği Anabilim Dalında
Hazırlanan**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Fuat ALARÇİN

İSTANBUL, 2009

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ	iv
KISALTMA LİSTESİ	vi
ŞEKİL LİSTESİ	vii
ÇİZELGE LİSTESİ	ix
ÖNSÖZ	x
ÖZET	xi
ABSTRACT	xii
1. GİRİŞ	1
1.1 Literatür Araştırması ve Model Çalışmaları	2
2. GENEL OLARAK GEMİ DİZAYN AŞAMALARI	4
2.1 Temel Dizayn	5
2.1.1 Kavram Dizayn Aşaması	5
2.1.2 Ön Dizayn Aşaması	5
2.1.3 Kontrat Dizayn Aşaması	7
2.1.4 Fonksiyonel Dizayn	8
2.1.5 Geçiş Dizayn Aşaması	8
2.1.6 Detay Dizaynı ve İmalat Resimleri	9
3. GEMİ DONATIMI	12
3.1 Gemi Donatımında Genel Kurallar	12
3.1.1 Donatım Elemanlarının Çalışma Şartları	12
3.1.2 Makine Donanımının Dizaynı ve Yapımı	13
3.1.3 İşletmeye Hazır Olma	14
3.1.4 Kumanda ve Ayar Teçhizatı	14
3.1.5 Sevk Donanımı	14
3.1.6 Makine Kontrol Daireleri	15
3.1.7 Geminin Yürütülmesi için Kullanılan Önemli Yardımcı Makineler	15
3.2 Boru Donatımında Malzeme Sınıflandırılması	17
3.3 Boru Et Kalınlıklarının Hesabı	17
3.3.1 Müsaade Edilebilen Gerilme ($\sigma_{müs}$)	18
3.3.2 Dizayn Sıcaklığı	19
3.3.3 Kaynak Faktörü, v	19
3.3.4 Korozyon Artımı, c	19
3.3.5 Tolerans Artımı, (t)	20

4.	GEMİ DONATIMINDA MODELLEME.....	21
4.1	Modellemenin Avantajları.....	21
4.2	Modelleme Programları.....	24
4.3	Fonksiyonel Dizayn-Detay Dizayn Etkileşimi	25
4.4	Fonksiyonel Dizaynın Tribon Programıyla Detay Dizayna Çevrilmesi	26
4.5	Gemi Donatımında Statik Yapıların Ansys Programıyla Sonlu Elemanlar Model Analizinin Yapılması.....	30
4.5.1	İçme Suyu Genleşme Tankı Gerilme Analizi.....	30
4.5.2	Köpük-Yangın Pompaları Destek Yapılarının Gerilme Analizi.....	36
4.5.3	Yakıt Pompaları Destek Yapısı Gerilme Analizi.....	41
4.6	Gemi Şaftının İncelenmesi ve Şaftın Ansys Programıyla Sonlu Elemanlar Model Analizinin Yapılması.....	45
4.6.1	Klas Kuruluşuna Göre Şaftın İncelenmesi	45
4.6.2	Şaftın Mukavemet Açısından İncelenmesi.....	47
4.6.3	Şaftın Rijitlik ve Titreşim Açısından İncelenmesi.....	47
4.6.4	Ansys Programında Şaftın Analizi.....	50
4.6.4.1	Şaftın Statik Analizi	50
4.6.4.2.	Şaftın Dinamik Analizi.....	52
5.	SONUÇLAR.....	65
	KAYNAKLAR	66
	ÖZGEÇMİŞ	67

SİMGE LİSTESİ

α	Boru et kalınlıklarının negatif üretim toleransı
b	Boruda büküm için artım
c	Korozyon artımı
c_1, c_2	İntegrasyon sabitleri
C_w	Malzeme faktörü
d	Şaftın gereken dış çapı
d_i	İçi boş olan şaftlarda iç çap
d_a	Şaft gerçek dış çapı veya boru dış çapı
E	Elastiklik modülü
F	Sevk sistemine ait boyutsuz faktör
G	Kayma elastiklik modülü
I_p	Polar atalet momenti
J	Pervane ve suyun toplam kütle atalet momenti
k	Şaft tipine ait faktör
k_b	Burulma rijitliği
k_e	Eğilme rijitliği
K_1	Şaftta yataklar arası max mesafeyi bulmakta kullanılan katsayı
K_2	350 d/d üzerindeki şaftlarda yataklar arası mesafeyi bulmakta kullanılan katsayı
ℓ	Şaft yatakları arası mesafe
ℓ_b	Burulan yataklarası boy
ℓ_{maks}	Şaftta yataklar arası maximum mesafe
m	Pervane kütlesi
M_b	Burulma momenti
M_{bo}	Ortalama burulma momenti
M_e	Eğilme momenti
n	Devir sayısı
P	Güç
P_c	Dizayn basıncı
P_w	Şaftın ilettiği güç
R_e	Akma sınırı
R_{eH}	Üst akma sınırı
$R_{eH,t}$	Dizayn sıcaklığındaki en düşük akma sınırı

R_m	Minimum çekme mukavemeti
$R_{m,20^\circ}$	Oda sıcaklığındaki en düşük çekme mukavemeti
R_{mt}	Dizayn sıcaklığındaki en küçük çekme mukavemeti
$R_{p0,2t}$	Dizayn sıcaklığındaki en düşük %0,2 uzama sınırı
$R_{p0,2}$	% 0,2 uzama sınırı
S	Boru et kalınlığı
S_o	Boru et kalınlığı hesabında hesaplanan et kalınlığı
t	Boru et kalınlığı hesabında tolerans artımı
v	Kaynak faktörü
W	Kesit direnç modülü
W_p	Polar kesit direnç modülü
δ	Sehim
δ_{em}	Emniyetli sehim
δ_{din}	Dinamik sehim
δ_{st}	Statik sehim
σ_{AK}	Akma gerilmesi
σ_B	Bileşik gerilme
σ_e	Eğilme gerilmesi
σ_{em}	Emniyetli gerilme
$\sigma_{Max. tank}$	Maksimum tank gerilmesi
$\sigma_{Max. des}$	Destek yapı elemanındaki maksimum gerilme
$\sigma_{müs}$	Müsaade edilebilen gerilme
τ_b	Burulma gerilmesi
φ	Eğim açısı
φ_{em}	Emniyetli eğim açısı
φ_{din}	Dinamik eğim açısı
φ_{st}	Statik eğim açısı
ω	Açısal hız
ω_{ne}	Eğilmede kritik hız
ω_{nb}	Burulmada kritik hız

KISALTMA LİSTESİ

DN	Diameter Nominal/ Temsili Çap, Anma Çapı
FEM	Finite Element Method/ Sonlu Elemanlar Yöntemi
HFO	Heavy Fuel Oil/ Ağır Akaryakıt
MDO	Marine Diesel Oil/ Gemi Dizel Yakıtı
TL	Türk Loydu
PN	Pressure Nominal/ Temsili Basınç, Anma Basıncı

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1	Gemi dizaynının aşamaları	4
Şekil 2.2	Ön dizayn spirali	6
Şekil 2.3	İş paketi tanımı	10
Şekil 2.4	Detay dizayn çıktıları	11
Şekil 4.1	Tribon M3'te modellenmiş bir geminin içten görünüşü	22
Şekil 4.2	Detay dizayn fonksiyonel dizayn etkileşiminde kullanılan programlar.....	25
Şekil 4.3	Detay dizayn fonksiyonel dizayn etkileşimi	25
Şekil 4.4	Örnek bir balast devresinin fonksiyonel dizaynı	26
Şekil 4.5	Örnek bir balast devresinin Tribon M3 modeli	26
Şekil 4.6	Örnek bir boru sırası takip resmi	27
Şekil 4.7	Örnek bir boru montaj resmi	28
Şekil 4.8	Örnek bir boru imalat resmi	29
Şekil 4.9	İçme suyu genişleme tankı	30
Şekil 4.10	İçme suyu genişleme tankı teknik resmi	31
Şekil 4.11	İçme suyu genişleme tankı Tribon M3 modeli.....	31
Şekil 4.12	İçme suyu genişleme tankına yerçekimi etkisinin uygulanması	32
Şekil 4.13	İçme suyu genişleme tankına yerçekimi etkisinin uygulanması	32
Şekil 4.14	Ansyz modelinin ağ yapılarına bölünmüş (mesh) ve kuvvetlerin uygulanmış hali.....	33
Şekil 4.15	Ansyz modelinin analizi ve modelin profilden görünüşü	33
Şekil 4.16	Ansyz modelinin analizi ve modelin üstten görünüşü	34
Şekil 4.17	Ansyz modelinin analizi ve modelin alttan görünüşü	34
Şekil 4.18	Ansyz modelinin analizi ve modelin yandan görünüşü	35
Şekil 4.19	Pompalar ve destek yapılarının Tribon M3 modeli	36
Şekil 4.20	Analizi yapılan destek elemanın yapımında kullanılan sacların numaraları.....	36
Şekil 4.21	Köpük ve yangın pompaları destek yapısı modelinin ağlara bölünmüş (mesh) hali.....	37
Şekil 4.22	Köpük ve yangın pompaları destek yapısı modelinin analizi ve modelin profilden görünüşü	38
Şekil 4.23	Köpük ve yangın pompaları destek yapısı modelinin analizi ve ağırlığı fazla pompanın model üzerindeki etkisi.....	38
Şekil 4.24	Modelin analizi ve ayaklardaki gerilme	39
Şekil 4.25	Modelin analizi ve ayaklardaki gerilmenin yakından görünüşü.....	39
Şekil 4.26	Yakıt pompaları destek yapısının Tribon M3 modeli	41
Şekil 4.27	Yakıt pompaları destek yapısının ağlara bölünmüş (meshli) görünüşü	41
Şekil 4.28	Yakıt pompaları destek yapısının ağlara bölünmüş ve kuvvet uygulanmış görünüşü	42
Şekil 4.29	Yakıt pompaları destek yapısının analiz sonucu profilden görünüşü	43
Şekil 4.30	Yakıt pompaları destek yapısının analiz sonucu takozların görünüşü.....	43
Şekil 4.31	Yakıt pompaları destek yapısının analiz sonucu HFO pompası ayak bağlantısının görünüşü	44
Şekil 4.32	Pervane şaftına uygulanan yüklerin sembolik gösterimi	48
Şekil 4.33	Modeli yapılacak şaftın resmi.....	50
Şekil 4.34	Yatak noktaları belirlenmiş ve ağlara bölünmüş (mesh) şaft modeli	51
Şekil 4.35	Meshlerin gösterildiği ve kuvvetlerin uygulanmış şaft modeli.....	51
Şekil 4.36	Şaft modelinin statik analiz sonucu	52
Şekil 4.37	Şaft modelinin yataklanmış ve ağlara bölünmüş hali	53

Şekil 4.38	Şaft yataklamasında kullanılan combi 214 elemanı.....	53
Şekil 4.39	Şaft analizi sonucu 1. mod durumu.....	55
Şekil 4.40	Şaft analizi sonucu 2. mod durumu.....	55
Şekil 4.41	Şaft analizi sonucu 3. mod durumu.....	56
Şekil 4.42	Şaft analizi sonucu 4. mod durumu.....	56
Şekil 4.43	Şaft analizi sonucu 5. mod durumu.....	57
Şekil 4.44	Şaft analizi sonucu 6. mod durumu.....	57
Şekil 4.45	Şaft analizi sonucu 7. mod durumu.....	58
Şekil 4.46	Şaft analizi sonucu 8. mod durumu.....	58
Şekil 4.47	Şaft analizi sonucu 9. mod durumu.....	59
Şekil 4.48	Şaft analizi sonucu 10. mod durumu.....	59
Şekil 4.49	Şaft analizi sonucu 11. mod durumu.....	60
Şekil 4.50	Şaft analizi sonucu 12. mod durumu.....	60
Şekil 4.51	Şaft analizi sonucu 13. mod durumu.....	61
Şekil 4.52	Şaft analizi sonucu 14. mod durumu.....	61
Şekil 4.53	Şaft analizi sonucu 15. mod durumu.....	62
Şekil 4.54	Şaft analizi sonucu 16. mod durumu.....	62
Şekil 4.55	Şaft analizi sonucu 17. mod durumu.....	63
Şekil 4.56	Şaft analizi sonucu 18. mod durumu.....	63

ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 3.1 Boru devrelerinin "Boru Sınıfları" na ayrılması	17
Çizelge 3.2 Müsaade edilebilen gerilme, $\sigma_{müs}$ ' yi belirleyen A, B katsayıları	19
Çizelge 3.3 Karbon çelik borular için korozyon artımı, c	20
Çizelge 4.1 10000 Dwt tanker ortalama maliyet dağılımı	23
Çizelge 4.2 Örnek bir sintine devresinin valf ve fitting listesi.....	27
Çizelge 4.3 Analizi yapılan destek elemanın yapımında kullanılan sacların malzeme listesi.....	37
Çizelge 4.4 Şaftın çeşitli modlardaki doğal frekansları.....	54

ÖNSÖZ

Hayatım boyunca maddi ve manevi desteğini esirgemeyen aileme, beni yönlendiren ve desteğini eksik etmeyen sayın hocam Yard. Doç. Fuat ALARÇİN Bey'e, iş hayatım ve tez çalışmam süresince bilgi ve tecrübelerini paylaşan Sayın Oğuz ÇAKAN, Levent GÖZAYDIN, Emre ÖZTÜRK Beyler' e ve arkadaşım H. Kayhan KAYADELEN' e teşekkür ederim.

ÖZET

Gemi inşa sanayiindeki hızlı gelişmeye paralel olarak, gemi üretiminde verimi arttırmak ve maliyeti düşürmek amacıyla geliştirilen en önemli yöntem model oluşturma ve modele göre detay dizayn oluşturmaktır.

Günümüzde dizayn büro ve tersanelerde, gemi detay dizaynı tekne ve donatım dizaynı olarak iki farklı kısma ayrılmaktadır. Gemi donatımı dizaynı gemi tekne dizaynından oldukça zor ve karmaşıktır. Gemideki donatım elemanlarının tekne yapısı ve birbirleriyle olan bağlantısı gemi donatımını oldukça zorlaştırmıştır. Model çalışmaları bu zorluğu azaltmıştır.

Bu çalışmada gemi donatımında detay dizayn prensipleri klas kuruluşu kurallarına bağlı olarak incelenmiş, bu prensiplere bağlı olarak ta günümüzde yaygın kullanılan Tribon programında model çalışmaları örneklenmiştir. Yapısal kuvvetlere maruz kalan gemi şaft sistemi ve diğer bazı gemi donatımı elemanlarının, Ansys programı kullanılarak mukavemet ve titreşim analizi yapılmıştır. Yapılan analiz klas kuruluşunun onayladığı malzeme özelliklerinin uygunluğunu teyit etmiştir.

Genel gemi donatım işlemleri, klas kuruluşu kuralları, donatım detay dizaynları, gemi modelleme ve analiz programları araştırılmıştır.

Anahtar kelimeler: Gemi dizaynı, gemi donatımı dizaynı, gemi modelleme, Tribon, Ansys, şaft analizi, klas kuralları.

ABSTRACT

Besides the progress in the shipbuilding industry, setting a ship model and detail design in compliance with the ship model is the most important method that has been developed to reduce the cost and increase the efficiency on shipbuilding.

The ship detail design has been worked in two different concept area consist of hull and outfitting desing departments in design offices and shipyards. Ship outfitting design is more difficult and complicated than ship hull design. Elements of ship outfitting connection to each other and hull structure have made ship outfitting operations difficult.

In this study, principles of the detail design in ship outfitting operations have been investigated in compliance with rules of classification society. Model studies have been illustrated by using Tribon software that has been used popularly in compliance with the principles. Stress and vibration of the ship shaft system and other some outfitting elements exposed to structural and dynamic forces have been analysed by using Ansys software. The analyses have confirmed convenience of material properties approved by classification society.

General ship outfitting operations, the rules of the classification society, outfitting detail designs, ship modelling and anlysis programs have been searched.

Keywords: Ship design, ship outfitting design, ship modelling, Tribon, Ansys, shaft analysis, rules of classification society.

1. GİRİŞ

Gemi inşa sektöründe geminin proje safhasından üretime başlandığı safhaya kadar, dizayn aşaması çok geniş bir alanı kapsar ve detay dizaynda uğraşılan her konu ayrı bir çalışma ve araştırma konusunu oluşturur. Özellikle gemi donatımı zor bir konudur. Gemideki ana ve yardımcı makinelerin, boruların, havalandırma kanallarının, kablo yollarının, merdivenlerin ve diğer donatım elemanlarının güvenli bir şekilde yerleşimi ve çalışması donatımın iyi yapılmasına bağlıdır. İyi bir donatım yapmak için donatım elemanlarını ve bunların özelliklerini, geminin çalışma koşullarını, inşa esnasındaki koşulları ve klas kuruluşlarının kurallarını iyi bilmek gerekir.

Klas kuralları, mühendislik temellerine dayalı bilgilerin geminin güvenli bir şekilde inşası ve işletilmesine yönelik olarak düzenlenmiş halidir. Aynı zamanda, uluslararası kurallara uygun bir şekilde deniz ve çevresini de koruyucu yönü vardır. Gemiye klaslayan kuruluş bu kurallar çerçevesinde gemiyi fonksiyonel dizaynından itibaren devamlı kontrol altında tutar. Gemi işletilmeye başlandığında bile klas kuruluşunun etkinliği devam eder.

Klas kuruluşundan onaylanmış olarak gelen fonksiyonel dizaynlar yakın geçmişe kadar doğrudan üretime yönlendirilirdi. Geminin inşası tamamen üretimi gerçekleştirenlerin maharetine bakardı. Dünyadaki gemi inşa sanayisindeki gelişmelerle birlikte özellikle Avrupa ve Uzak Doğu ülkelerinde kullanılmaya başlanan modelleme programlarının kullanımı Türkiye’de de yaygınlaşmaya başlamıştır. Model programlarının kullanılmaya başlanmasıyla beraber fonksiyonel dizaynlar modellenip üretime işçilik resimleri olarak gönderilmektedir. Görülmüştür ki modelleme çalışmaları hata oranını, maliyeti ve gemi inşa süresini düşürmekte, üretimi kolaylaştırmaktadır. Modelleme bilgisayar üzerinden yapıldığından üretime geçmeden önce düzeltme yapmak kolaydır. Üretimdeki hataların düzeltilmesi daha yüksek maliyete neden olur. Model çalışmasının veri tabanına kaydedilmesi daha sonra yapılacak seri gemiler için de dizayn avantajı oluşturmaktadır. Her gemi için yapılan dizayn benzer veya eş gemiler için uygulanabilmektedir. Bir gemi için modelleme çalışması bir kere yapılmakta ve veri tabanında kayda alınmaktadır. Seri gemilerde ilk gemideki dizayn hataları geri döndüğünden modeldeki düzeltmelerle beraber aynı hata tekrarlanmamaktadır. Bu gibi örnekler modelleme çalışmalarının ne derece faydalı ve önemli olduğunu gösterir. Modellemede kullanılan çeşitli programlar mevcuttur. Bunlardan en yaygın kullanılanlarından biri Tribon programıdır.

Gemideki yapısal elemanların mukavemet açısından iyi olması gerekir. Klas kuruluşları özellikle kaynaklı bağlantıların çok iyi yapılması için kurallar getirmişlerdir. Ana ve yardımcı makineleri taşıyan yapılar makine temelleri (faundeyşın) olarak adlandırılır. Makine temelleri hem iyi dizayn edilmeli hem de üretimi çok iyi yapılmalıdır. Gemideki ana ve yardımcı makineler geminin işletme ömrü boyunca bu yapılar tarafından taşınmaktadır. Bu yapılar klas kuralları kaynak kurallarına uygun olmakla beraber yapısal analizi yapılarak daha da iyi dizayn edilebilir. Bununla ilgili sonlu elemanlar analizi yapan çeşitli programlar kullanılmaktadır. Bu programlardan en yaygın kullanılanı Ansys paket programıdır. Bu çalışmada bununla ilgili yapılmış örnekler de sunulmuştur.

Ansys paket programı gemi inşa sektöründe yeni kullanılmaya başlanmış bir program olup özellikle statik hesaplarda kullanılır. Bu çalışmada dinamik bir sistem olan gemi sevk sistemin en önemli elemanlarından şaft sisteminin dinamik analizi de yapılmıştır. Bununla ilgili çalışmalar çok yeni olup hala devam etmektedir.

Sonraki bölümlerde görüldüğü gibi, bu çalışmada detay dizaynının dizayn aşamalarındaki yeri, donatımın detay dizaynı ve detay dizaynının çıktılarını sağlayan modellemenin gemi inşa sektörü açısından önemi araştırılmış ve veriler ortaya konulmuştur .

1.1 Literatür Araştırması ve Model Çalışmaları

Detay dizayn ve modelleme çalışmaları tersanede birebir üretimle ilgili olduğu ve çok geniş konuları kapsadığı için yayınlanmış çok fazla makale ve tez bulunmamaktadır. Parisher (2002) boru donatımı elemanları, bağlantı elemanları ve boru modellemesi konularında çok geniş ve kapsamlı bilgi sunmuştur. Çelik (2002), ön dizayn çalışmalarını ve ilgili modern metotları incelemiştir. Ön dizayn ayrı bir aşama olmasına rağmen bütün dizayn aşamaları birbiriyle ilgilidir. Ön dizayn yapılırken geminin üretim yönü ve detay dizaynı tasarımcı tarafından hesaba katılmalıdır. Karabulut (2007), boru donatımında kullanılan paslanmaz çelik dirsek parçalarının soğuk şekil verme yöntemi ile imalatının simülasyonunu sonlu elemanlar analizi (FEM) ile gerçekleştirmiştir. Analizde Ansys programı kullanılmıştır. Yapılan analiz sonucunda dirsek parçalarının bükülerek şekillendirilmesi operasyonunda en yüksek gerilme ve deformasyonların, kalıp mesafe toleranslarının en dar ve sürtünme katsayılarının en yüksek olduğu bükme yönteminde olduğu görülmüştür.

Er (1998) gemi pervanelerindeki gerilmeler üzerine çalışmış, gemi pervaneleri üzerine etkiyen hidrodinamik yükler ve gerilmelerin analizini gerçekleştirmiştir. Bu çalışma gemi donatımıyla doğrudan ilgili olmamakla beraber şaft analizinde, pervane ve pervaneye gelen hidrodinamik

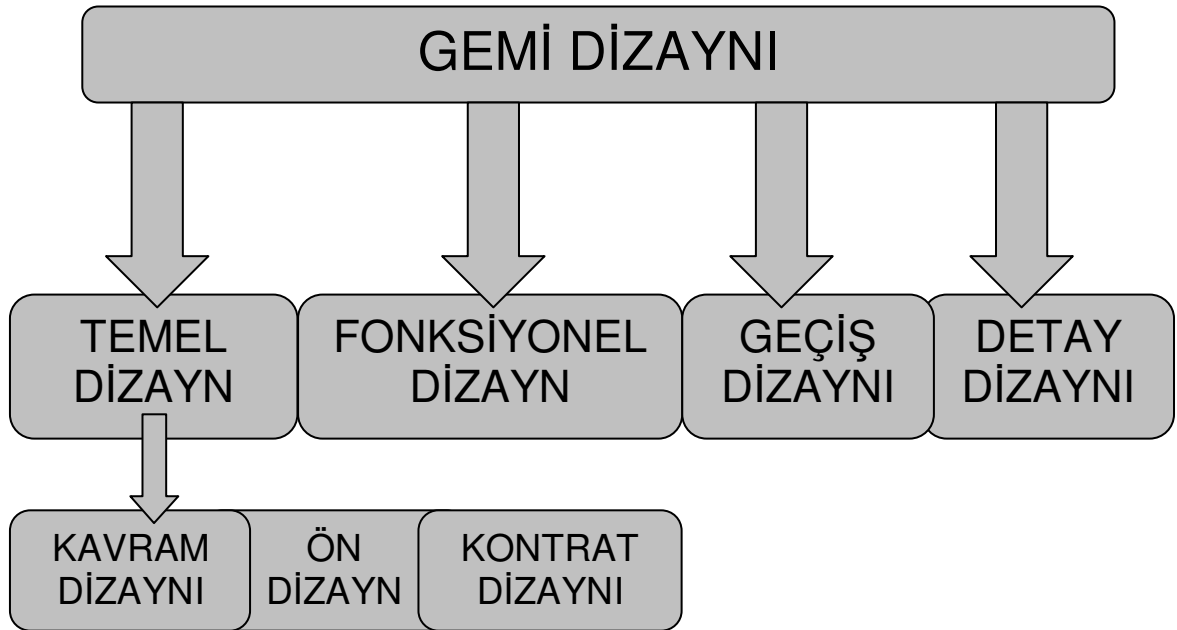
etkileri de hesaba katarak gerçeğe daha yakın sonuçların bulunması için gelecekteki çalışmalarda yararlanılabilir.

Erkoç (2000), Autocad programında hazırlanan mil modellerini çeşitli ağırlara (mesh) bölerek Ansys programında analiz etmiştir. Mil analizi gemi şaftının analizine benzemektedir. Güçlü (1988), gemi şaft sistemindeki mekanik titreşimleri ve titreşimlerin hesaplanmasında kullanılan metotları incelemiştir. Gemideki titreşim ve gerilmelerin oluşumu şaftın yatak mesafelerinin belirlenmesiyle ve şaft elemanlarının bağlantısı esnasında hizalanmasıyla (layna alma-alignment) doğrudan ilgilidir. Woodward (1984), şaft hizalama hesaplarını incelemiştir. Şaftın yatak mesafelerinin belirlenmesi, yataklardaki tepki kuvvetlerinin bulunması konuları titreşim oluşumuyla ilgilidir fakat ayrı ayrı incelenebilir.

Gemi donatımının daha etkin ve düşük maliyetli yapılabilmesi üretimden önceki model çalışmalarının iyi yapılmasına bağlıdır. Bu konularda daha fazla araştırma yapılması geminin üretimden önceki son dizayn safhası olan detay dizaynın verimliliğini arttıracaktır.

2. GENEL OLARAK GEMİ DİZAYN AŞAMALARI

Gemi dizaynı, çeşitli mühendislik bilgilerinin birleşmesiyle yapılır. Gemi hem statik hemde dinamik yapılardan oluşur. Bu haliyle gemi başlı başına ayrı bir bilim dalı olmuştur. Mühendislikte önemli iki unsur olan maliyet ve kalite gemi dizaynında da her zaman göz önünde bulundurulmalıdır. Günümüzde ulaşılan teknoloji takip edilmeli ve yeni teknoloji gemiye de uyarlanmalıdır. Gemiye dizayn edecek mühendis diğer mühendislik dallarındaki mühendislerle irtibat halinde olmalıdır. Teknolojinin ulaştığı son aşamaları takip etmelidir. Dizaynda da hedef amaca her yönüyle uygun bir gemi dizaynı yapmaktır. İstenilen gemi savaş gemisi ise hız, manevra gibi unsurlar öne çıkar. Eğer bir ticaret gemisi dizayn edilecekse taşınacak yük ve/veya yolcunun can ve mal güvenliği esas alınarak en kısa zamanda, en düşük maliyetle ve en yüksek karla taşınması esas alınır. Gemi dizaynı kendi içinde gruplandırılabilir. Her bir dizayn aşaması ayrı bir çalışma ve araştırma konusudur. Dizayn aşamaları Şekil 2.1'deki gibi sınıflandırılabilir.



Şekil 2.1 Gemi dizaynının aşamaları

Şekil 2.1'de görüldüğü gibi gemi dizaynı farklı aşamalardan oluşmaktadır. Üretimden önceki son dizayn safhası detay dizayn aşamasıdır.

2.1 Temel Dizayn

2.1.1 Kavram Dizayn Aşaması

Gemiden istenilen temel kavramlar göz önüne alınarak yapılan dizayndır. En önemli unsur olan ekonomik bir dizaynın, genel olarak belirlendiği dizayn aşamasıdır. Gereksinim ve görev tanımları özel gemi sahibi (armatör), gemiyi yaptıran kurum veya kuruluş tarafından belirlenebileceği gibi, piyasa şartlarına uygun olarak tersane tarafından yapılan ürün geliştirme çalışmalarıyla da belirlenebilir. Kavram dizaynının amacı gemi boyutlarının, teknik karakteristiklerinin ve maliyetlerinin, gemiden istenen fonksiyonları optimize edecek şekilde yaklaşık olarak belirlenmesidir. Bu aşamada tasarımcı (dizayner) önemli ölçüde karar esnekliğine sahiptir.

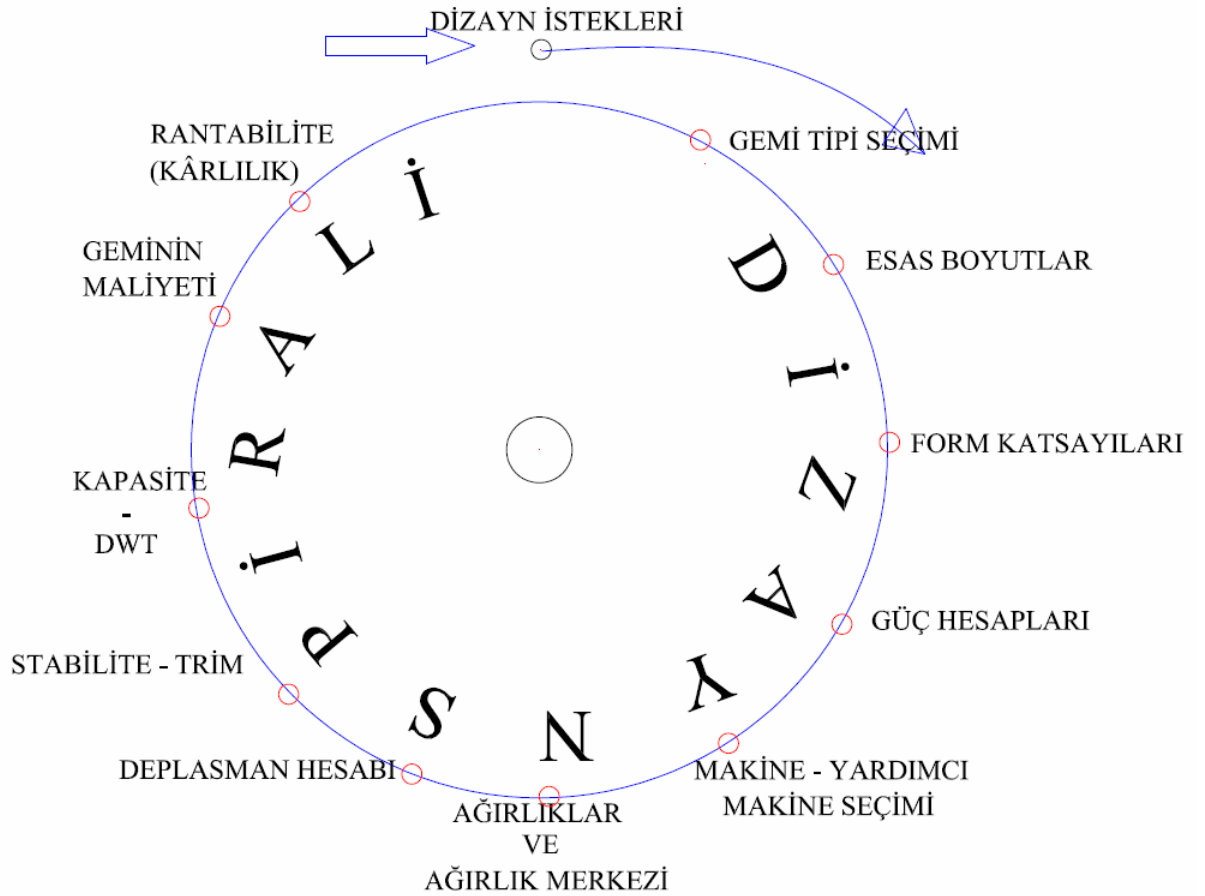
Kavram dizaynında genellikle parametrik yöntemler kullanılmaktadır. Veriler girdi-çıkı olarak değerlendirilirse, girdiler; geminin kullanım amacı, ekonomik unsurlar ve kısıtlamalardır, çıktılar ilk yaklaşık hesaplama sonuçları, genel plan, endaze, ekipman listeleri sistem seçimleri ve bu konuları kapsayan bir ön teknik şartnamedir. Ön hesaplamalarda iteratif olarak ana boyutlar, yük, alan ve hacimler, ağırlık, stabilite, trim, bölmeleme, hız, güç ve maliyet yaklaşık olarak belirlenir. Bunlara ilaveten gemi sevki, yükleme-boşaltma, genel servis hizmetleri, seyir ve iletişim için kullanılacak makine ve sistemlerin özellik ve tiplerinin belirlemeleri de yapılır, (Odabaşı, 2008).

Ülkemizde genellikle kimyasal tanker üretiminin ağırlıkta olması ve bu gemilerin üretimin dünyada da çok fazla olması nedeniyle yakın zamana kadar Türkiye tersanelerinde genelde hazır dizaynlar kullanılmaktaydı. Kavram dizaynı yapılmazdı. Ülkemizin yerli askeri gemi üretimine yönelik girişimleri, gelişmiş tersanelerin bu alanda çalışmak istemesiyle kavram dizaynını ülkemizde de ön plana çıkarmıştır.

2.1.2 Ön Dizayn Aşaması

Yapılan hesapların teknik çizimler haline dönüştürülmesi ve bazı kritik unsurların daha belirgin hale getirebilmesi ön dizayn aşamasında gerçekleştirilir. Bu aşamada, parametrik hesaplardan sonra geometrik modelleme yapılır. Gerekli hesaplar daha hassas ve detaylı olarak yapılır. Ön dizayn, kavram dizayndan elde edilen çıktıların daha dar sınırlar için optimize edilmesi aşamasıdır.

Ön dizayn aşamasında stabilite/mukavemet, manevra/denizcilik kabiliyeti, inşa ve işletme maliyetleri, direnç/sevk özellikleri incelenerek geminin istenen performansa sahip olup olmadığı belirlenir. İstenen performans özelliklerine sahip değilse optimizasyon yeniden yapılır. Büyük değişiklikler yapılması da gerekebilir. Ön dizayn aşamasında alınan kararlar ve yapılan seçimler geminin tüm teknik ve ekonomik performansını etkileyecektir. Bu nedenle ön dizayn aşamasında kullanılan yöntem ve tekniklerin güvenilir olması son derece önemlidir. Dizaynda optimizasyon çalışmaları Şekil 2.2'deki gibi dizayn spiraliyle gösterilmektedir. Çünkü birbirine bağlı birçok denklem birlikte çözülmek zorundadır. Bu aşamada geminin üretilebilirliğinin de önemle değerlendirilmesi gerekir. Mesela tersaneye gitmemiş, sac büküm makinasını görmemiş, kaynak yöntemlerini ve biçimlerini bilmeyen bir tasarımcı çok sivri bükümlü bir tasarım ortaya çıkartabilir. Direnç ve sevk yönünden çok iyi bir tasarım ortaya koymasına rağmen üretim ve işçiliğinin çok zor olması maliyeti ve üretim süresini arttırabilir. Tasarımcı, üretim şartlarını bilmeli ve dizaynını bu şartlara göre yapmalıdır.



Şekil 2.2 Ön dizayn spirali, (Çelik, 2002)

Dizayn spirali geminin özelliklerinin birbirine bağımlılığını ve dizaynın optimizasyon döngüsü içinde olduğunu göstermektedir.

2.1.3 Kontrat Dizayn Aşaması

Ön dizayn aşaması sonucunda ortaya çıkan veriler kullanılarak gemi sahibi, gemiyi yaptıran kurum veya kuruluş ve tersane arasında antlaşma imzalandığı aşama kontrat dizayn aşamasıdır. Gemi inşaatının maliyetini belirleyen unsurlar, finansmanın sağlanması ve finansman koşulları, malzeme ve teçhizatın teminindeki olanaklar ve bunların projelendirilmesi, tersanenin iş programı ve inşaa süresi gibi konuların ele alınmasıyla gemi sahibi yatırımının ne derece de mümkün ve yararlı olacağını tespit etmeye çalışacaktır. Yatırım yapılmasına karar veren ve bunun uygulanabilir olduğunu gören gemi sahibi artık kontrat dizaynının yapılmasını isteyecektir. Kontrat dizaynında, ön dizayn verileri geliştirilerek çok daha detaylı çalışmalar yapılır. İnşaatın temelini oluşturacak hesaplar, ana ve yardımcı makinelerin seçimi ve yerleşimi, tüm elektrik-boru sistemlerinin projelerinin ele alınacağı ve teknik şartnamelerin hazırlanacağı bu aşamada tasarımcı, klas kuruluşları ve yan mühendislik işlerini yürütecek olan alt yüklenici firmalarla işbirliği yapar.

Kontrat dizaynının gayesi üretilmesi düşünülen dizaynın gemi sahibi ile tersane arasında teknik, ticari ve hukuksal bütün unsurları belirleyecek bir kontratın imzalanması için gerekli ve yeter detaya sahip hesaplama, resimleme ve tanımlama işlemlerinin yapılmasıdır. Kontrat dizaynı geminin ticari ve üretim yönünü ilgilendiren en önemli aşama olduğu için çok dikkatli hazırlanmalı ve istekler tetkik edilmelidir. Mesela kontrat dizaynında geminin gecikmesi halinde gemi sahibine ödenecek ceza ve süresi kesin şartlara bağlanmamışsa ilerde çok ciddi hukuki problemler ortaya çıkabilir. Şayet dizaynın bu aşaması bir girdi-dönüşüm-çıkıtı anlayışı içerisinde irdenlemek istenirse, genel olarak girdi ve çıktılar aşağıdaki şekilde belirlenebilir, (Odabaşı, 2008).

Girdiler:

- Kavram ve ön dizayn çıktıları
- Fonksiyonel gereksinimler
- Kural ve kaideler
- Dizayn standartları
- Üretilebilirlik esasları

Çıktılar:

- Detaylı teknik şartname
- Genel plan
- Form planı
- Bünyesel ön dizayn planları (orta kesit, tulani kesit, tipik perdeler, harici ve güverte kaplama)

- Makine dairesi yerleşim planı
- Elektrik yük analizi
- Boru ve sistem devre şeması
- Kablo taşıma yolları şemaları
- Yaşam mahalleri planları
- Sevk analizi ve deney sonuçları
- Gemi mühendisliği hesapları (hidrostatik, kapasite, stabilite, yaralanma, denizcilik, manevra vs.)
- Muhtemel satın alma (ekipman ve malzeme) listesi
- Ön üretim stratejisi (blok planı)

2.1.4 Fonksiyonel Dizayn

Kontrat seviyesi dizaynından sonra, dizayn onay otoritesine (klas kuruluşu) sunulacak bütün hesap, resim ve tanımlamaların yapıldığı dizayn aşamasıdır. Genel bir ifadeyle tüm klas onay tasarım çalışmalarıdır. Gemi sahibi veya tersane ve gemi sahibinin ortaklaşa yaptığı çalışma sonucu belirlenen klas kuruluşu, gemiyi fonksiyonel dizaynından itibaren kendi belirlediği kurallar çerçevesinde kontrol altında tutar. Çeşitli ülkelerin klas kuruluşları vardır. Bunlardan prestijli olanlar daha yüksek ücret talep ederler fakat geminin güvenilirliği artacağı için hem uluslararası sularda yüzerken hem de eğer yük gemisi ise yük bulmada daha avantajlı olacaktır.

Bu aşamanın en önemli özelliği üretilebilirlik şartlarına tam uyumun gerçekleşmesidir. Çünkü bu safha üretimi etkileyen en önemli dizayn aşamasıdır. Genel olarak fonksiyonel dizayn çıktıları gemi formu, tank planları ve kapasiteleri, form planı, yaşam mahalleri, gemi sistemleri dizaynı, makine dairesi düzenlenmesi, boru sistem diyagramlarıdır. Burada özellikle boru devrelerinin tek hat resimleri, tankların ve makine temellerinin mukavemet hesapları klas kuruluşunun üzerinde durduğu önemli donatım hususlarındandır.

2.1.5 Geçiş Dizayn Aşaması

Genelde böyle bir dizayn aşamasının varlığından bahsedilmez ve detay dizaynı bir sonraki safha olarak düşünülür. Bu safhanın önemi dizaynda sistem bazından üretim ünitesi bazına geçilmesidir, başka bir ifadeyle dizaynda ağırlık planlama ünitesi olarak da bilinen üretimin kademelendirilmesi ve bu kademelendirmede ara ürün (veya alt ürün) tanımlarıyla birlikte iş paketlerinin taslak olarak tanımlanmalarıdır. Bu surette dizayn seçilen alt ürün için parça hazırlama, montaj ve donatım gibi üretim kademelerine indirgenir ve bu kademelerin ihtiyacı

olacak resim, bilgi ve malzemelerin neler olacağı belirlenir. Başka bir ifadeyle detay dizayn ve üretimin programlanması ve düzenlenmesi aşamasıdır.

Dizaynda sistem bazından alt ürün bazına geçildiğinden dağıtımli sistemlerin rota değerlendirilmesi yani sistem bütünlüğü büyük önem kazanır. Bu anlayış içinde hangi sistemlerin beraberce taşınabileceği ve hangi sistemlerin mutlaka ayrılması gerektiği, üretim, montaj ve bakım-tutum açısından gerekli olacak boşluklar ile birimsel teçhizleme anlayışının gereksinimleri bu aşamada değerlendirilmek zorundadır.

Geçiş dizaynı tersanelerde planlama departmanının dizayn departmanı ile koordineli çalışarak üretime uygun dizayn geliştirme anlayışı içerisinde çok önemli bir adımı olup, geçiş dizaynı çıktıları; iş istasyonu resimleri ve iş emirleri listeleri, proses analizi, iş paketi bilgileri, ara ürünler olarak tanımlanabilir, (Odabaşı, 2008).

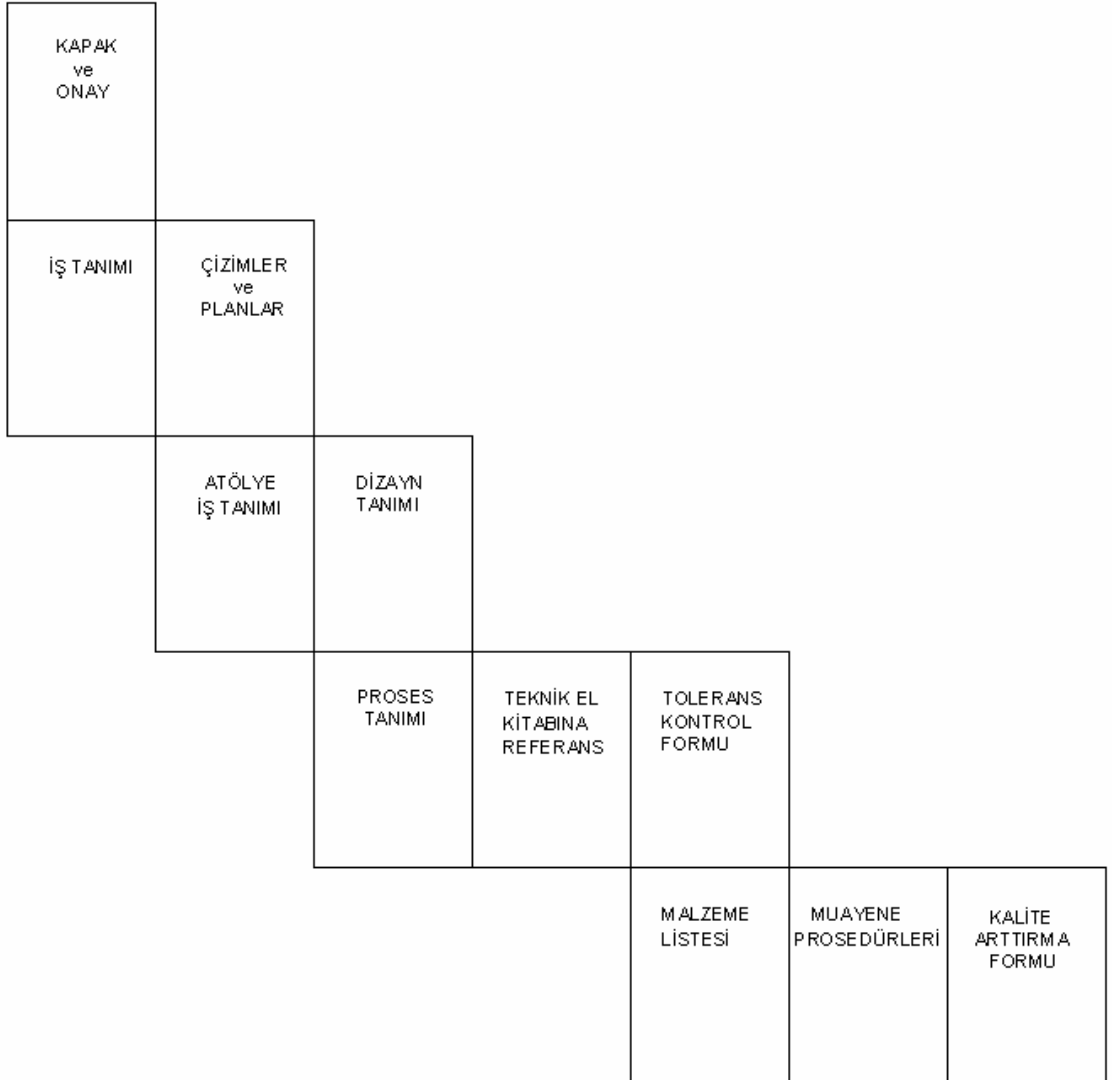
2.1.6 Detay Dizaynı ve İmalat Resimleri

Bu çalışmada üzerine durduğumuz detay dizayn aşaması, dizayn faaliyetlerinin son halkasını teşkil eder. Daha önceki dizayn aşamalarından en önemli farkı dizayn ve resimlerin sistem bazından üretimdeki plan ünitesi bazında yapılmasıdır. Bu anlayış içinde ortaya çıkan ürün ise planlama ünitesi üretim kapsamındaki her faz veya kademede gerekli bilgi ve resimleri içeren iş paketleridir. Tipik bir iş paketi yapısı Şekil 2.3’de ve detay dizaynı çıktıları şematik olarak Şekil 2.4’de gösterilmiştir.

Günümüzde modern gemi üretiminde teçhiz ve kısmi donatımı yapılmış bloklar tipik planlama ünitelerini oluşturacağından, detay dizaynında sadece bünyesel çelik yapının değil aynı zamanda bloğa ait makine, teçhizat, boru, kanal ve kablo taşıyıcı ayarlamasının da iş paketi içinde belirlenmesi gerekir. Çünkü gemi modellendiği ve donatım elemanlarının geminin neresinde olacağı ve boruların nereden geçirileceği bilindiği için tüm blokların üretimi ayrı ayrı yapılabilir. Detay dizaynında izlenmesi yararlı olan bazı unsurlar aşağıdaki gibi belirlenebilir, (Odabaşı, 2008).

- Mümkün olduğunca tersane ve endüstri standartlarına uyum.
- Boyutlandırma ve toleransların üretim sistemlerine uyumluluğu.
- Alt-grup ve blok birleşimleri için gerekli geçiş parçalarının belirlenmesi ve numaralandırılması.
- Üretim yöntemlerinin iyi anlaşılması (Dizayn-üretim diyalogu).

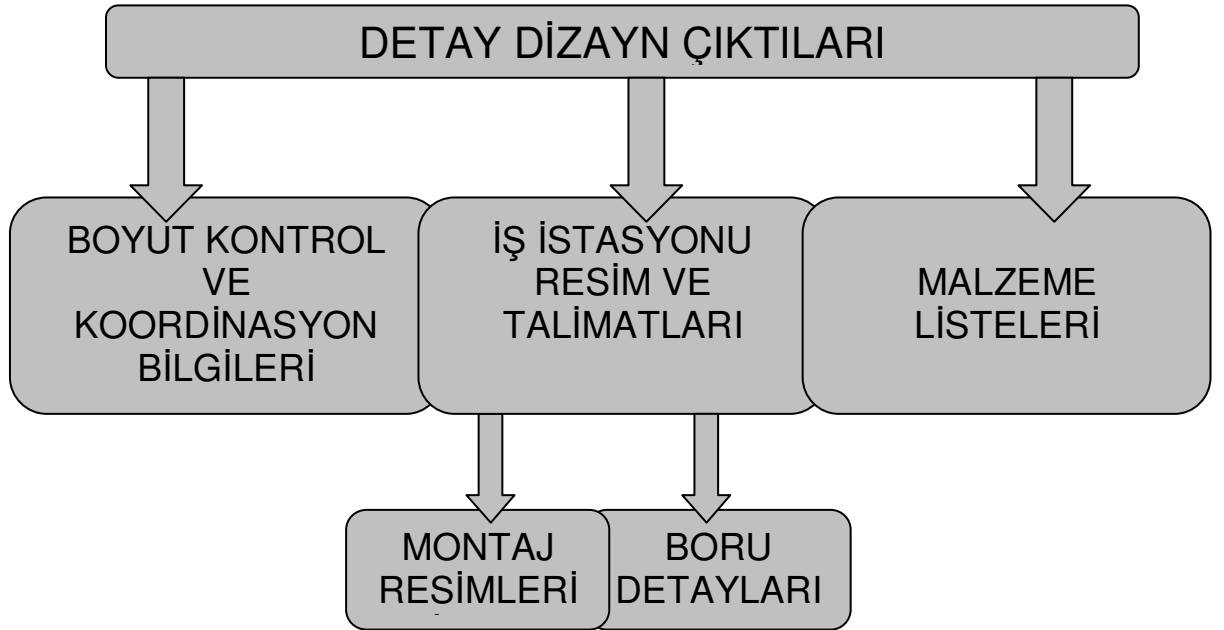
- İşlem ve yöntem sıralamasının (yöntem seçimi dahil) doğru yapılması ve yöntem yanlışlığından doğabilecek kaynak deformasyonu sonucu çarpılma gibi hataların yöntem veya dizaynla önlenmesi.
- Boru ve benzer geçiş açıklıklarının (penetrasyonlar) hangi aşamada yapılacağını belirlenmesi ve referans yüzeylerinin doğru seçilmesi.
- Kızak üstünde ve denize indikten sonra gemiye monte edilecek teçhizatın gemiye giriş çıkışı baştan düşünülerek gerekli giriş ve geçiş açıklıklarının bırakılmış olması.
- Kalite ve bunun bir parçası olarak boyut kontrolünün sadece üretim sonunda değil, üretimin her kademesinde yapılmasının temini.
- Blok boyama öncesi blokların birleştirilmesi dışında sıcak işlerin tamamının bitirilmesi.
- Malzeme listelerinin doğru ve eksiksiz olarak hazırlanması ve iş istasyonlarında hazır edilmesinin temini.



Şekil 2.3 İş paketi tanımı

İş paketlerinin oluşturulması, planlama departmanı tarafından gerçekleştirilir. Paket tanımında üretim bölümünden dizayn bölümüne kadar her bölümün üstüne düşen görevler vardır. Her departman yapılması gereken işleri en iyi şekilde yapmalıdır. Örneğin dizayn bölümünün çıkardığı detay dizayn resmi planlama tarafından üretime verilecek, üretim aldığı resme göre üretimi yapacaktır. Eğer resimde küçük bir yanlışlık varsa ve bu üretim tarafından tespit edilememişse kalite kontrol departmanı bu yanlışın düzeltilmesi için planlamayı uyaracak, planlama da dizayna geri dönecektir. Dizayn bölümü tekrar resim çıkartacak ve planlamaya verecektir. Dizayndaki bir yanlış tüm departmanları olumsuz etkileyecek ve hepsine gereksiz yere iş çıkmasına neden olacaktır. Bu nedenle üretim süresi uzayacaktır. Özellikle dizayn bölümü başta olmak üzere bütün departmanlar mümkün olduğunca hatasız çalışmalıdır.

Detay dizayn kapsam olarak genişdir. Bu tezde detay dizayn kapsamında gemi donatımında üretimden önceki son dizayn aşaması ve özellikle boru imalat resimlerinin çizimlerinde bilinmesi gereken hususlar incelenmiştir. Modelleme çalışmaları ve modelleme çalışmalarından çıkan imalat resimleri birbirini takip eder. Modelleme ve detay dizayn birbirini tamamlayan önemli hususlardır. Şekil 2.4'te detay dizayn çıktıları görülmektedir. Detay dizayn çıktıları üretimi doğrudan yönlendirir. Alınan çıktılar planlama tarafından ilgili bölümlere gönderilir.



Şekil 2.4 Detay dizayn çıktıları

3. GEMİ DONATIMI

Gemide tekne ve kabuk kısmının dışında kalan tüm çalışmalar gemi donatımı kapsamında incelenebilir. Bunlara ekipmanlar, ana ve diğer yardımcı makineler, pompalar, soğutucular, ısıtıcılar, jeneratörler, filtreler, boru devreleri, havalandırma kanalları, kablo yolları, ekipmanların makine temelleri, merdivenler vs. ve ilgili hesapları, imalat, yerleşim ve diğer tüm çalışmalar örnek olarak gösterilebilir. Tersanelerde ekipmanların yerleşimi, boru devreleri, havalandırma kanalları, kablo yolları, makine temelleri, merdivenler dizayn donatım departmanının etkin olarak insiyatifini kullandığı donatım elemanlarıdır. Özellikle boru donatımı, donatım çalışmalarının en büyük kısmını oluşturur.

Genel hesaplar ve bu hesaplara uygun ekipman seçimi alt yüklenici dizayn firması tarafından yapılabilir. Ülkemizde genellikle tersanelerin dizayn donatım departmanları, detay dizaynına kadar bütün dizayn aşamaları tamamlanmış gemilerin üretiminde, verimin artırılması ve dizaynların işçilerin daha kolay bir şekilde anlayacağı işçilik resimlerine çevrilmesinde önemli rol oynar. Fonksiyonel dizaynlar dizayn departmanı tarafından detay dizaynlara çevrilir. Bununla birlikte, gelişmiş tersanelerde üniversitelerle birlikte yapılan ortak çalışmalarla, kavram dizayn safhasından itibaren tüm dizayn çalışmaları yapılmaktadır.

3.1 Gemi Donatımında Genel Kurallar

Bu kısımda Türk Loydu standartları esas alınmıştır, (TL, 2008).

3.1.1 Donatım Elemanlarının Çalışma Şartları

Gemide bulunan makinelerin, cihazların ve teçhizatın seçimi, tertibi ve yerleştirilmesi, sorunsuz ve devamlı çalışmayı sağlamalıdır. Gemideki meyiller, hava sıcaklığı, su sıcaklığı ve diğer ortam koşulları dikkate alınmalıdır. Bununla ilgili tablolar klas kuruluşu kural kitaplarının ilgili bölümlerinde mevcuttur. Bu tablolarda belirtilen asgari koşullar sağlanmalıdır.

Makineler, cihazlar ve geminin tekne yapısı elemanları, genel olarak titreşim zorlamalarının etkisindedir. Her durumda, dizayn, yapım ve yerleştirme bu gerilmeler göz önünde bulundurularak yapılmalıdır, titreşim gerilmeleri her bir elemanın sorunsuz olarak devamlı çalışmasını kötü etkilememelidir. Titreşim çevresindeki cihazlar ve keza gemi bünyesini oluşturan elemanların korunması için, herhangi bir makine veya bir cihazın çalışması esnasında meydana getirdiği titreşimlerin şiddeti, klas kuruluşunun belirttiği sınırları geçmemelidir.

Titreşim yükleri, titreşim doğurucuların toplam çalışma alanında dikkate alınmalıdır. Titreşimi doğuranın, bir makine olması halinde inceleme, kullanılabilen toplam devir sayısını ve uygunsa güç alanını kapsamalıdır.

Titreşimin büyüklüğü müsaade edilebilen veya garanti edilen değerle karşılaştırılmalı ve bunun kabul edilebilirliği gözden geçirilmelidir. Titreşim değerlerinde klas kuruluşunun belirlediği standartlara uyulmalıdır. Bu standartlar çeşitli bağıntı ve tablolarla izah edilir.

Pistonlu makineler çalışma şekli nedeniyle titreşim doğurucu olduklarından ayrıca özel surette göz önüne alınmalıdır. Yalnız pistonlu makinelerin meydana getirdiği ve aynı zamanda kendisine doğrudan bağlı çevresel cihazlarda (regülatör, egzost gazı türbini, yağlama yağı pompası gibi) ve civarındaki makineler ve tesislerden (jeneratörler, dişli kutuları, boru devreleri gibi) gelen yüklerden doğan titreşimler klas kuruluşunun belirlediği kurallar çerçevesinde belirtilen sınırlamalar ve yerine koyma büyüklükleri yardımıyla değerlendirilebilir. Esas itibarıyla pistonlu makineleri üretenler, önemli ve doğrudan bağlı çevresel cihazlar için kabul edilebilir titreşim gerilmelerini garanti etmelidir. Pistonlu makineyi üreten firma, kabul edilebilir gerilmenin kanıtlanması için klas kuruluşuna karşı yükümlüdür.

3.1.2 Makine Donanımının Dizaynı ve Yapımı

Bütün parçalar; gemi bünyesindeki esnemeler, titreşimler, yoğun paslanma etkileri, sıcaklık değişimleri ve gerektiğinde dalga tesirleri gibi geminin çalışmasından doğan zorlamalara karşı yeterli ve kurallara uygun boyutlarda olmalıdır. Farklı kuvvetler, basınçlar ve sıcaklıklar için dizayn edilmiş sistemler veya donanım elemanları arasında var olan bağlantılarda, daha düşük değerler için dizayn edilmiş sistem veya donanım elemanı, aşırı gerilmelerden güvenlik elemanları ile korunmalıdır. Herhangi bir hasar oluşumuna engel olmak için söz konusu sistemler, aşırı basınç ve sıcaklığa ve/veya taşıntıya karşı koruma sağlayan teçhizat ile donatılmalıdır. Bu nedenle boru devrelerinde basınçtan korunmak için basınç düşürücü veya güvenlik valfleri kullanılmalıdır. Taşıntı sisteminin basıncı düşürmede yetersiz kalması bu valflerin devreye girmesine neden olmaktadır. Gemi boyunca devam eden uzun borular geminin seyri esnasında dalgaların gemiye etkisiyle, aşağı ve yukarı yönde eğilme kuvvetlerine maruz kalmaktadırlar. Bu kuvvetlerin borulara zarar vermemesi için esneklik sağlayan dengeleyici ara bağlantı elemanları (kompansatör) kullanılmalıdır.

3.1.3 İşletmeye Hazır Olma

Geminin makine donanımı, gemiyi "Dead ship(*)" durumundan kendi imkanları ile harekete geçirebilecek şekilde düzenlenmeli ve donatılmalıdır. "Dead ship" durumundan, elektrik üretimi de dahil bütün makine donanımının devre dışı olduğu ve ilk hareket havası, akümülatörden temin edilen ilk hareket akımı, vs. gibi yardımcı enerjilerle ana makinelerin devreye alınmasının ve ana elektrik enerjisi üreticilerinin tekrar çalıştırılmasının mümkün olmadığı anlaşılr. "Dead ship" durumundan çıkılabilmesi için, aynı anda tüm acil durum (emergensi) ihtiyaçların karşılanacağına mümkün olması halinde, acil durum jeneratörünün kullanılmasına müsaade edilir. "Dead Ship" durumunda, sevk sistemi ve gerekli tüm yardımcı makinelerin 30 dk'lık bir süre içinde tekrar çalıştırılması mümkün olmalıdır.

3.1.4 Kumanda ve Ayar Teçhizatı

Makine donanımı, üreticinin öngördüğü işletme koşullarının korunması için, çalıştırma talimatlarına uygun olarak kumanda edilebilecek şekilde donatılmalıdır. Ayar ve kumanda teçhizatına, elektrikli, havalı veya hidrolik enerji temin eden sistemdeki düşüş veya istenmeyen dalgalanma esnasında bir ayar veya kumanda zinciri içindeki bir kesilmede :

- Teçhizatın, ayar edilen çalışma durumunda kalması veya eğer gerekli ise, çalışmayı mümkün olduğu kadar az saptıracak bir duruma gelmesi, (hata güvenliği durumu)
- Ayarlanan veya kumanda edilen makinelerin devir sayılarının veya verdikleri gücün yükselmemesi,
- İstenmeyen bir harekete geçme olayına sebebiyet verilmemesi garanti edilmiş olmalıdır.

3.1.5 Sevk Donanımı

Sevk donanımına ait her kumanda yeri;

- Sevk donanımı bütün çalışma kademeleri için ayarlanabilecek,
- Geminin gidiş yönü değiştirilecek ve,
- Sevk donanımı yani pervane şaftı durdurulabilecek tarzda donatılmış olacaktır.

Şaft ve ana makine adedi birden fazla olan sistemlerde bir ana makinenin çalışmaması durumunda, geri kalan makinelerle gerektiğinde basit bir değiştirme olanağı ile geminin yürütülmesi sağlanmalıdır. Birden fazla şaftlı sistemlerde, durdurulmuş olan şaftın gemi hareketi nedeniyle dönmesini önlemek için kilitleme tertibatı olmalıdır.

(*) Gemideki ana makine ve sevk sistemiyle ilgili hiçbir yardımcı makinenin çalışmadığı durumdur.

.3.1.6 Makine Kontrol Daireleri

Makine dairesindeki yangın esnasında birisi kaçış yolu olarak da kullanılabilmek şartıyla, kumanda odalarında en az iki çıkış bulunmalıdır. Bu çıkışların önüne kolay çıkışı engelleyecek herhangi bir eleman yerleştirilmemelidir.

3.1.7 Geminin Yürütülmesi için Kullanılan Önemli Yardımcı Makineler

Geminin yürütülmesi için önemli bütün yardımcı makineler, geminin çalışması, sevk sisteminin işletilmesi ve geminin güvenliğinin eksiksiz olmasını sağlamalıdır. Geminin yürütülmesi için önemli yardımcı makineler aşağıdaki gibi sınıflandırılır ve sıralanır:

- Dizel ve türbin jeneratörler
- Soğutma suyu pompaları/soğutma maddesi pompaları
- Yağlama yağı pompaları
- Yakıt besleme ve aktarma pompaları
- Yakıt ve yağlama yağı seperatörleri
- İlk hareket havası ve kumanda havası kompresörleri
- Yedek ve egzost gaz kazanları
- Yoğuşma suyu, kazan besleme ve kazan devir daim suyu pompaları
- Isı iletim yağı pompaları
- Kazan fanları
- Kazan ateşleme sistemi
- Ana makine için yardımcı fanlar
- Egzost gaz türboşarjları
- Egzost gaz güç türbinleri
- Sintine ve balast pompaları
- Yangın söndürme pompaları
- Köpük pompaları
- Ana ve yardımcı motorları hareket ettirme teçhizatı
- Makine dairesini havalandırma cihazları
- Sevk sisteminin ayar ve kumanda teçhizatı
- Ana makine torna çark sistemi
- Dümen makineleri
- Kumanda edilebilir piçli pervane sistemi için hidrolik pompalar
- Yanal itici üniteler
- Irgatlar

- Yalpa dengeleme sistemleri

Soğutma tesisleri sertifikasının kapsamındaki yük soğutma donanımının önemli yardımcı makineleri aşağıda belirtilenleri içerir:

- Soğutucu kompresörleri
- Soğutma suyu pompaları
- Salamura pompaları
- Soğuk mahaller sirkülasyon fanları
- Soğutucu sirkülasyon pompaları

3.2 Boru Donatımında Malzeme Sınıflandırılması

Klas kuruluşu boru devrelerini 3 sınıfa ayırmıştır. Sınıf I ve II devrelerdeki borular, dirsekler, fittingler ve diğer elemanların onaylı üreticiler tarafından üretilmiş olanları kullanılmalıdır. Sınıf III boru devrelerinde ise bu zorunluluk yoktur ve diğer tanınmış standartlara uygun malzemeler kullanılabilir. Çizelge 3.1’de devrelerin tipinden dolayı, devrenin içindeki akışkanın, devre borularına uyguladığı basınç ve sıcaklığa göre devrelerin boru sınıflarına ayrılması gösterilmiştir.

Çizelge 3.1 Boru devrelerinin "Boru Sınıfları" na ayrılması, (TL, 2008).

Borunun içeriği / Boru devresinin tipi	Dizayn basıncı PR [Bar] Dizayn sıcaklığı t [°C]		
	I	II	III
Boru sınıfı	I	II	III
Zehir etkili içerikler	Tümü		
Korozyon etkili içerikler Çalışma sıcaklığı alevlenme noktasının üstünde olan yanıcı maddeler Alevlenme noktası 60°C'in altında olan yanıcı maddeler Sıvılaştırılmış gazlar	Tümü	(1)	-
Buhar	PR > 16 veya t > 300	PR ≤ 16 ve t ≤ 300	PR ≤ 7 ve t ≤ 170
Isı ileten sıvı	PR > 40 veya t > 300	PR ≤ 40 ve t ≤ 300	PR ≤ 7 ve t ≤ 150
Hava, gaz Yağlama yağı, hidrolik yağ Kazan besleme suyu, yoğunlaşma suyu Soğutma için deniz suyu ve tatlı su Soğutucu donanımında kullanılan salamura	PR > 40 veya t > 300	PR ≤ 40 ve t ≤ 300	PR ≤ 16 ve t ≤ 200
Sıvı yakıtlar	PR > 16 veya t > 150	PR ≤ 16 ve t ≤ 150	PR ≤ 7 ve t ≤ 60
Petrol tankerleri için kargo devreleri	-	-	Tümü
Gaz ve kimyasal tankerlerin kargo ve havalandırma devreleri	Tümü	-	-
Soğutucu akışkanlar	-	Tümü	-
Açık uçlu devreler (kapanmayan) örneğin boşaltma, havalandırma devreleri, taşıntı devreleri ve kazan boşaltma devresi	-	-	Tümü
(1) Eğer özel güvenlik düzenlemeleri varsa ve yapısal güvenlik tedbirleri alındıysa, Boru sınıfı II de geçerlidir.			

3.3 Boru Et Kalınlıklarının Hesabı

Aşağıdaki formül, iç basınç etkisindeki silindirik boruların ve dirseklerin et kalınlıklarını hesaplamak için kullanılır, (TL, 2008).

$$S = S_o + t + c + b \quad [\text{mm}]$$

$$S_o = \frac{d_a \cdot P_c}{20 \cdot \sigma_{müs} \cdot V + P_c} \quad (3.1)$$

$$S = \text{En küçük et kalınlığı}, \quad [\text{mm}]$$

S_0 = Hesaplanan et kalınlığı [mm]

d_a = Boru dış çapı [mm]

P_c = Dizayn basıncı [bar]

$\sigma_{müs}$ = Müsaade edilebilen gerilme [N/mm^2]

b = Bükümler için artım [mm]

ν = Kaynak faktörü [-]

c = Korozyon artımı [mm]

t = Tolerans artımı [mm]

Bükülmesi gereken düz silindirik borularda, boruların bükülmesi için bir artım (b) uygulanır. (b) değeri, boruların bükülmesinden doğan gerilmenin müsaade edilebilen en yüksek hesaplama gerilmesini ($\sigma_{müs}$) aşmayacak şekilde seçilir. (b) artımı aşağıdaki gibi hesaplanabilir.

$$b = 0,4 \frac{d_a}{R} \cdot S_0 \quad (3.2)$$

R = Bükme yarıçapı [mm]

60 °C'nin üzerinde ısıtılan yakıt içeren, borular için dizayn basıncı klas kuruluşuna göre 14 bar'dan az alınmayacaktır. Hesapla bulunan değer klas kuruluşunun tablolarındaki değerlerden fazla değilse, et kalınlığı değerleri klas kuruluşunun tablolarındaki değerler kabul edilir. Yapılan hesapta daha büyük bir et kalınlığı çıktıysa o değer alınır.

3.3.1 Müsaade Edilebilen Gerilme ($\sigma_{müs}$)

Burada belirtilen hesaplar çelik borulara göredir. Gemilerde, yüksek oranda çelik boru kullanıldığından sadece çelik borulara değinilmiştir. (3.3)'de müsaade edilebilen gerilme $\sigma_{müs}$, dizayn sıcaklığı 350°C'ye göre aşağıdaki değerlerin en küçüğü olmalıdır;

$$\sigma_{müs} = \min \left\{ \frac{R_{m,20^\circ}}{A}, \frac{R_{eH,t}}{B}, \frac{R_{p0,2,t}}{B} \right\} \quad (3.3)$$

$R_{m,20^\circ}$ = Oda sıcaklığındaki en düşük çekme mukavemeti,

$R_{eH,t}$ = Dizayn sıcaklığındaki en düşük akma sınırı,

$R_{p0,2,t}$ = Dizayn sıcaklığındaki en düşük %0,2 uzama sınırı.

Belirli bir akma sınırı olmayan metal malzemeden yapılmış boruların müsaade edilen gerilmesi klas kuruluşunun belirttiği çizelgeye göre belirlenir. Çizelgede bulunmayan diğer

malzemeler için, müsaade edilebilen en yüksek gerilme klas kuruluşunun onayıyla belirtilmelidir, fakat klas kuruluşuna göre, (TL, 2008), en az;

$$\sigma_{\text{müs}} \leq \frac{R_{\text{mt}}}{5} \text{ olmalıdır.} \quad (3.4)$$

Burada R_{mt} dizayn sıcaklığındaki en küçük çekme mukavemetidir.

Çizelge 3.2’de boru sınıfı ve malzeme özelliklerine göre müsaade edilebilen gerilmenin bulunabileceği A ve B katsayıları gösterilmiştir.

Çizelge 3.2 Müsaade edilebilen gerilme, $\sigma_{\text{müs}}$ ’yi belirleyen A, B katsayıları, (TL, 2008).

Boru sınıfı Malzeme	I		II, III	
	A	B	A	B
Alaşımsız ve alaşımlı karbon çeliği	2,7	1,6	2,7	1,8
Haddelenmiş ve dövme paslanmaz çelik	2,4	1,6	2,4	1,8
Çelik, $\sigma_{s,20} > 400 \text{ N/mm}^2$ (1)	3,0	1,7	3,0	1,8
Kır dökme demir	-	-	11,0	-
Nodüler dökme demir	-	-	5,0	3,0
Çelik döküm	3,2	-	4,0	-
(1) En düşük akma sınırı veya 20°C'daki en düşük %0,2 akma sınırı				

3.3.2 Dizayn Sıcaklığı

Dizayn sıcaklığı, borunun içindeki akışkanın en yüksek sıcaklığıdır. Buhar devreleri, hava kompresörlerinden gelen doldurma devreleri ve içten yanmalı motorlara giden ilk hareket havası devreleri için hesaplama sıcaklığı en az 200 °C alınır.

3.3.3 Kaynak Faktörü, (v)

Dikişsiz borular için, $v = 1,0$ kaynaklı borularda, v nin değeri klas kuruluşunun onay testlerinde belirlenen değere eşit olmalıdır.

3.3.4 Korozyon Artımı, (c)

Korozyon artımı Çizelge 3.3’e uygun olarak, boru devrelerinin kullanım amacına bağlıdır. Klas kuruluşunun uygun görmesiyle, korozyona karşı etkin bir şekilde korunmuş çelik

boruların korozyon artımı, %50'den fazla olmamak üzere azaltılabilir. Klas kuruluşunun uygun görmesiyle korozyona dayanıklı malzemelerden (örneğin; östenitik çelikler ve bakır alaşımları) yapılmış borularda korozyon artımından vazgeçilebilir

Çizelge 3.3 Karbon çelik borular için korozyon artımı, c (TL, 2008)

Boru sisteminin türü	Korozyon artımı c [mm]
Kızgın buhar devreleri	0,3
Doymuş buhar devreleri	0,8
Kargo tankları içindeki buhar ısıtma kangalları	2,0
Besleme suyu devreleri; - Kapalı sistemlerde - Açık sistemlerde	0,5 1,5
Kazan blöf devreleri	1,5
Basıncılı hava devreleri	1,0
Hidrolik yağ devreleri, yağlama yağı devreleri	0,3
Yakıt devreleri	1,0
Petrol yükü devreleri	2,0
Grup 1 soğutucular için soğutucu akışkan devreleri	0,3
Grup 2 soğutucular için soğutucu akışkan devreleri	0,5
Deniz suyu devreleri	3,0
Tatlı su devreleri	0,8

3.3.5 Tolerans Artımı, (t)

Boruların üretiminde teslim koşullarının standartlarına bağlı olarak müsaade edilen et kalınlığının negatif üretim toleransı, S_o , hesaplanmış et kalınlığına eklenmeli ve tolerans artımı, t olarak belirtilmelidir.

$$t = \frac{a}{100-a} \cdot S_o \text{ [mm]} \quad (3.5)$$

a = et kalınlıklarının negatif üretim toleransı, [%]

S_o = et kalınlığı, [mm]

4. GEMİ DONATIMINDA MODELLEME

Gemi üretiminde bilinmesi gereken temel kaide ve kuralların perspektifinde model yapılarak bu modelin üretime dönüştürülmesi, model çalışmalarının hedefini teşkil eder. Modelin üretimi yapılacak gemiye birebir benzemesi istenir. Gemi üretiminde gelişmiş tersaneler model üzerinde çalışırlar. Model çalışmalarının birçok avantajı vardır.

4.1 Modellemenin Avantajları

Modellemeye sac kesiminden aylar önce başlanır. Model gerçek geminin birebir ölçeğiyle yapılır. Tekne kısmı modellendikten sonra, ana makine ve ekipman olarak tanımlanan tüm yardımcı makineler modellenir, yardımcı makinelerin konulacağı makine temelleri (Destek yapı elemanları – Faundeyşınlar) ağırlık ve titreşim göz önüne alınarak modellenir. Makine temellerinin dışında yürüme yolları, kedi güvertesi, merdivenler gibi teknenin bünyesel yapısına bağlı olmayan diğer yapılar modellenir. Ekipmanların yerleri tamamen belli olduktan sonra boru, havalandırma kanalları ve kablo yolları modellenir. Sac kesimi yapıldıktan sonrada gemi donatım modeli devam eder. Gemideki bütün elemanlar modellendikten sonra artık inşa blok blok olarak geminin çeşitli yerlerinden başlayarak donatımı devam eder. Çünkü modele paralel olacağından hiçbir çakışma olmaması gerekir. Maliyet açısından bakıldığında, modelleme yapılmayıp detay dizaynları çıkartılmadan yapılan üretim, yerinde yapılacaktır. Yani her şey yerine konduktan sonra, borular gemiye getirilecek yerinde nokta kaynağı yapılarak (puntalanarak) döşenecek, eğer galvanizli borular olması gerekiyorsa nokta kaynağı yapılmış borular söküldükten sonra tekrar atölyeye götürülecek, bağlantı elemanı (fiting) kaynağı yapıp, galvaniz havuzuna gönderildikten sonra gemiye tekrar getirilecek ve montajı yapılacaktır. En başta bilinmesi gereken husus, gemi bitmeden boru ve diğer elemanların donatımının yapılamayacağıdır. Çünkü boruların önüne ne geleceği nasıl döneceği fittinglerin nerelere konulabileceğine sağlıklı karar verilemez. Model yapılmadan, modele göre detay dizaynlar çıkarılıp bunlara göre üretimin yapılmaması en başta zaman açısından büyük kayıptır. Gemi inşaa sektöründe vakit gerçekten nakit demektir inşa ne kadar çabuk biterse gemi o kadar çalışmaya erken başlayacak ve o ölçüde para kazanacaktır. Hatta zamanında bitirilmeyen gemiler için tersaneler sözleşme şartlarına göre armatörlere günlük ceza ödemektedirler. Bununla beraber model kullanılmadan donatılan gemide, ölçü alınması boruların getirilip götürülmesi işçilik açısından da maliyeti arttırır. Model çalışmasında ise makine temelleri de dahil olmak üzere diğer yapısal elemanların saclarının modelden çıkan imalat resmine göre kesimi (nesting) yapılır ve gemiye götürülüp adeta maket birleştirir gibi

parçalar kaynatılır. Modelleme yoksa gemide ölçü alınır buna göre yapılar tasarlanır nesting kesimleri gemiye götürülür.

Modellemede boru donatımı; Modelleme - İmalat - Galvaniz(*) - Montaj

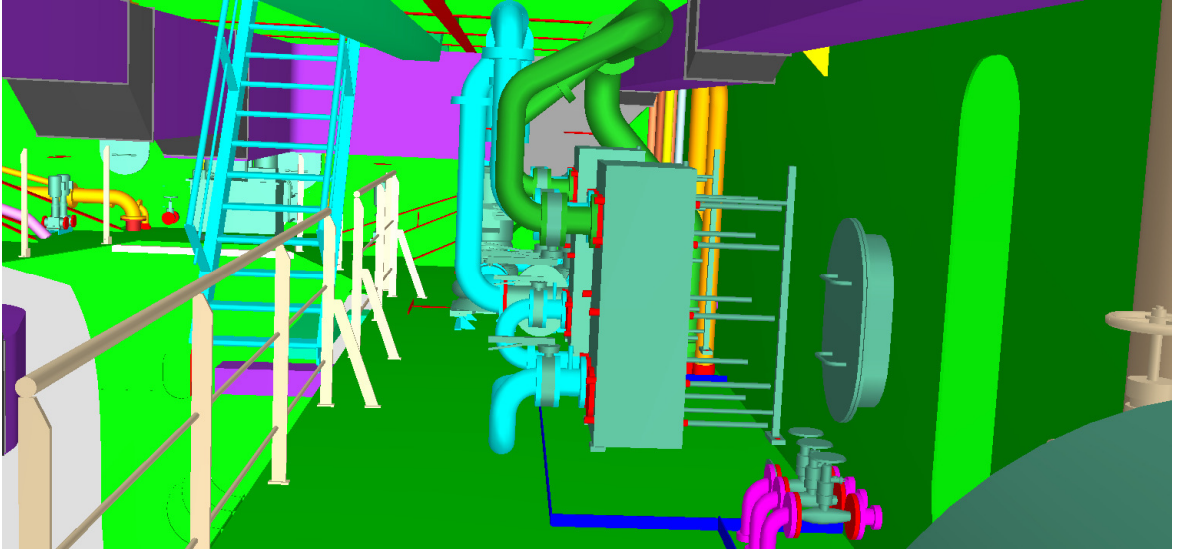
Modelleme yoksa; Boruların gemiye getirilmesi - Kesim ve puntalamanın yapılıp bütün devrenin döşenmesi - Boruların tekrar sökülüp atölyeye götürülmesi - Atölyede dirsek, flenc vs fitting elemanlarının kaynak ve kontrollerinin yapılması – Galvaniz - Montaj

Modellemede makine temelleri ve yapısal elemanlar;

Modelleme - İmalat ve yerleşim resmi - Nesting - Montaj

Yerinde ölçüm - Alınan ölçülere göre tasarım - İmalat ve yerleşim resmi – Nesting - Montaj

Modelleme yapılırken, klas kuruluşunun kuralları her zaman göz önünde bulundurulmalı ve üretime en uygun şekilde model yapılmalıdır. Daha önceki bölümlerde anlatılan bilgiler işin mantığına ve mühendislik kısmına bakar. Model bu bilgilerin daha somut bir şekilde canlandırılması ve verimin artırılmasını sağlar. Yani model yapmak için geminin üretime ve mühendisliğe dayalı yönü bilinmelidir. Aksi taktirde yapılan model üretime uygun olamayacaktır ve klas kuruluşunun kurallarını da sağlamayabilir. Şekil 4.1’de üretime ve klas kurallarına uygun olarak modellenen bir geminin iç görünüşü gösterilmiştir.



Şekil 4.1 Tribon M3’te modellenmiş bir geminin içten görünüşü

Diğer bir çalışma olarak ta Ansys ile yapılan sonlu elemanlar analizi, malzeme seçimi ve malzemenin kalınlık ölçülerinin doğru olup olmadığı hakkında fikir sağlar. Böylece daha sonra oluşabilecek problemlerin önüne geçilebilir.

(*)Yağ-yakıt-slaç-paslanmaz devreleri hariç diğer tüm devrelere uygulanır. Borunun paslanmaya karşı çinko alaşımlı malzeme ile kaplanmasıdır.

Çizelge 4.1 10000 Dwt tanker ortalama maliyet dağılımı
(Dnz. Müşt., 2005), (GİSBİR, 2005)

ANA KALEM MALİYETLER	% İTHALAT	% YERLİ İMALAT	% TOPLAM
Ana makina ve yardımcılar set	18,95	0,00	18,95
Gemi sacı ve boyama işlemi	7,41	4,02	11,43
İç piyasa alımları (2)	0,00	9,87	9,87
Diğer ithalat (güverte makinaları vs.)	3,52	0,00	3,52
Havalandırma ve emniyet malzemeleri	1,93	0,00	1,93
İşletme, nakliye, sigorta. Vinç hizmetleri	0,00	1,59	1,59
Gemi boyası	0,00	3,52	3,52
Elektronik seyir cihazları	1,91	0,00	1,91
Yaşam mahali panel ve kapıları	0,65	0,00	0,65
Balast tank hidrolik valfler	0,00	0,00	0,00
Elektrik işleri proje ve malzeme	0,65	2,53	3,18
Elektrik kabloları	0,92	0,00	0,92
Baş pervane	0,81	0,00	0,81
Kargo elleçleme ekipmanı	9,09	1,92	11,01
Klas masrafları	0,00	0,81	0,81
Proje ve dizayn (1)	0,00	0,92	0,92
Ana makina montaj işçiliği	0,00	0,21	0,21
Boru işçiliği (1)	0,00	2,84	2,84
Boya işçiliği	0,00	4,90	4,90
Elektrik işçiliği (1)	0,00	1,00	1,00
Kargo sistemleri işçiliği (1)	0,00	3,45	3,45
Makina donatım işçiliği (1)	0,00	0,59	0,59
Güverte donanım işçiliği (1)	0,00	0,98	0,98
Panel montaj işçiliği (2)	0,00	0,39	0,39
Ahşap işçiliği	0,00	0,53	0,53
İzolasyon + Havalandırma işçiliği (1)	0,00	0,63	0,63
Soğuk oda CO2 işçiliği	0,00	0,04	0,04
Çelik işçiliği	0,00	4,95	4,95
Elektrod (2)	0,00	1,92	1,92
Röntgen	0,00	0,21	0,21
Oksijen & Propan & Gaz (2)	0,00	1,16	1,16
Müستهlik	0,00	0,16	0,16
Elektrik (2)	0,00	1,78	1,78
Denize indirme	0,00	0,32	0,32
Sigorta (Gemi inşa)	0,00	0,74	0,74
Tersane irtifak bedeli	0,00	0,08	0,08
Demirbaş sigortası	0,00	0,27	0,27
Amortisman	0,00	0,68	0,68
Tersane Personeli	0,00	1,15	1,15
TOPLAM YÜZDELER	45,84	54,16	100,00

Çizelge 4.1’de (1) ile gösterilen maliyetler doğrudan, (2) ile gösterilen maliyetler dolaylı olarak donatım modeli ve detay dizaynla ilgilidir.

Çizelge 4.1'den görüldüğü gibi kazanılan zamanla beraber, diğer maliyetler donatım modeli ve detay dizaynla belli derecede düşürülebilir. Modelleme yapılarak hataya daha az yer verilmiş olur bu nedenle maliyet ve verim açısından modellemenin üstünlüğü ortadadır.

4.2 Modelleme Programları

Günümüzde modelleme ve detay dizaynda çeşitli programlar kullanılmaktadır. Bu çalışmada Tribon, modelleme programıyla Ansys sonlu elemanlar analiz programına değinilecektir.

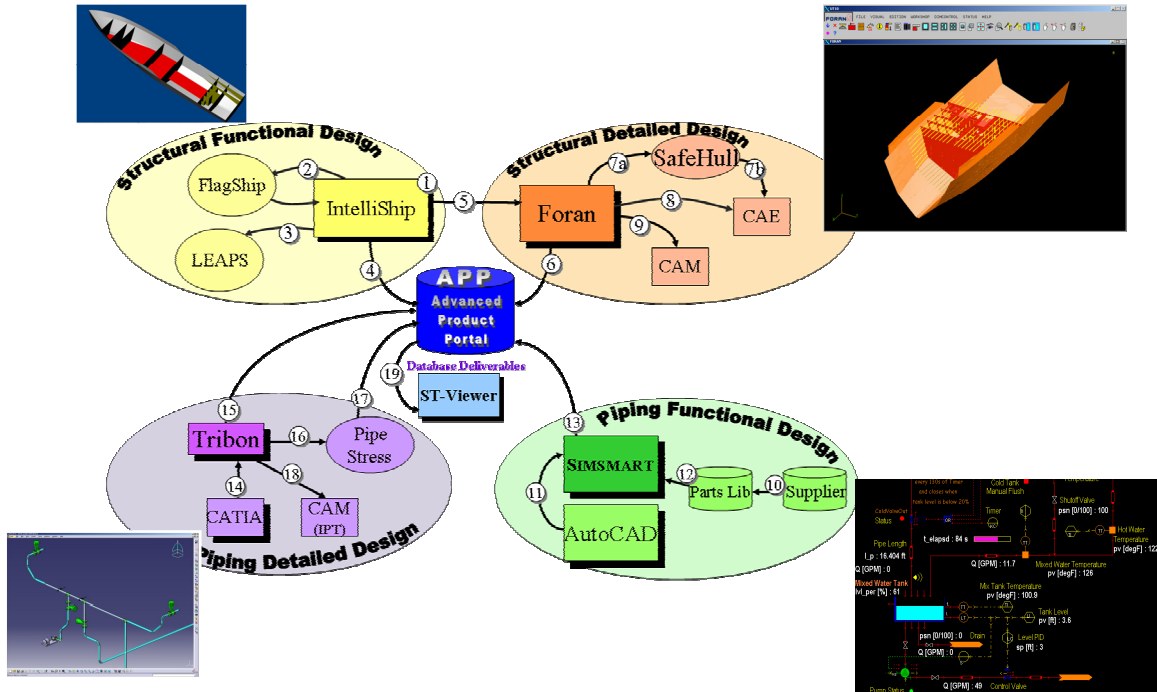
Tribon çeşitli modüllere sahip bir programdır. Gemi donatım modeli yapmadan önce Component adı verilen donatım elemanları Drafting modülü yardımıyla oluşturulur. Bu elemanlar program kataloğuna kaydedilir. Model yapma esnasında gerektiği yerlerde çağrılarak kullanılır. Gemide kullanılan ana makine ve tüm yardımcı makineler yine Drafting modülü kullanılarak ekipman haline getirilir ve gemi modelindeki yerlerine numara verilerek konulur. Gemideki faundeyşin ve diğer yapısal elemanlar Structure modülü kullanılarak oluşturulur ve modele yerleştirilir. Borular, havalandırma kanalları ve kablo yollarını modellemek için farklı modüller vardır. Fakat hepsinin mantığı birbirine benzer. Boru modellemesinde Piping modülü kullanılır. Componentler modelleme esnasında çağrılır. Piping modülünü kullanmak için çok geniş bir ön çalışma yapılması gerekmektedir. Her bir malzeme, boru çapı, flenc, dirsek ve diğer fittinglerin hepsi ayrı ayrı Component olarak oluşturulmak zorundadır.

Ansys ise sonlu elemanlar yöntemini (FEM) kullanan günümüzde özellikle statik analizde sıklıkla kullanılan paket programdır. Analiz yaptığı yük disiplinleri aşağıdaki gibi sıralanabilir (Er, 1998);

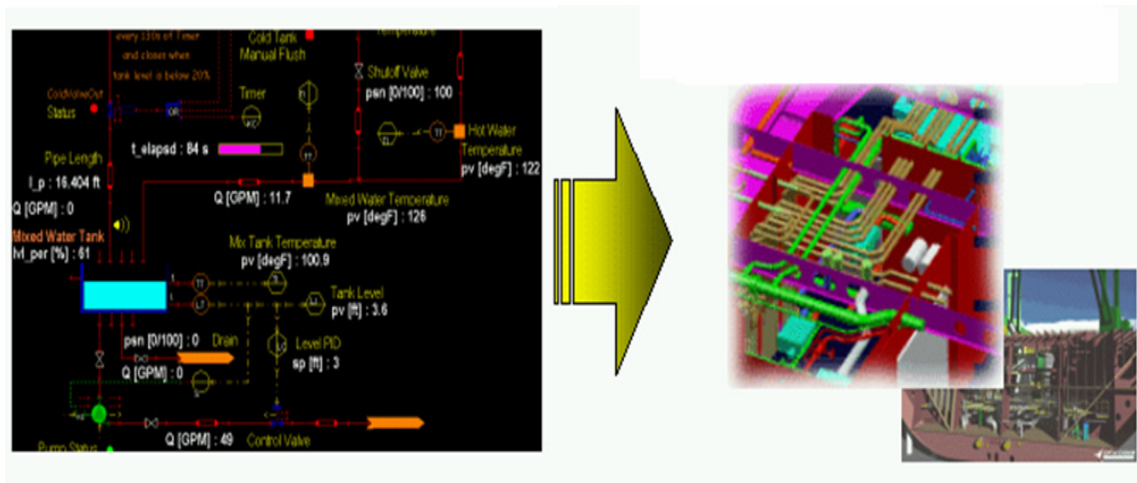
- ◆ Structural : Deplasman, kuvvet, basınç, sıcaklık, yerçekimi
- ◆ Thermal : Sıcaklık, ısı akış oram, konveksiyon, iç ısı üretimi, sınırsız yüzey
- ◆ Magnetic : Manyetik potansiyel, manyetik fluks, manyetik akım segmentleri, kaynak akım yoğunluğu, sonsuz yüzey
- ◆ Electric : Elektrik potansiyel, akım, elektrik şarjı, şarj yoğunluğu, sonsuz yüzey
- ◆ Fluid : Hız, basınç

4.3 Fonksiyonel Dizayn - Detay Dizayn Etkileşimi

Klas tarafından onaylanmış fonksiyonel dizaynın detay dizaynla üretime geçişi esnasında üretim yönünden karşılaşılan çeşitli problemler nedeniyle fonksiyonel dizaynlarda revizyon gerçekleştirilmesi ve dizayn değişikliği sağlanabilmektedir. İyi bir veri tabanı ile etkileşim ve dizaynlar arasında geçiş daha kolay sağlanabilmektedir. Şekil 4.2 ve Şekil 4.3 te çeşitli dizayn ve programların birbirleriyle olan etkileşimi gösterilmiştir.



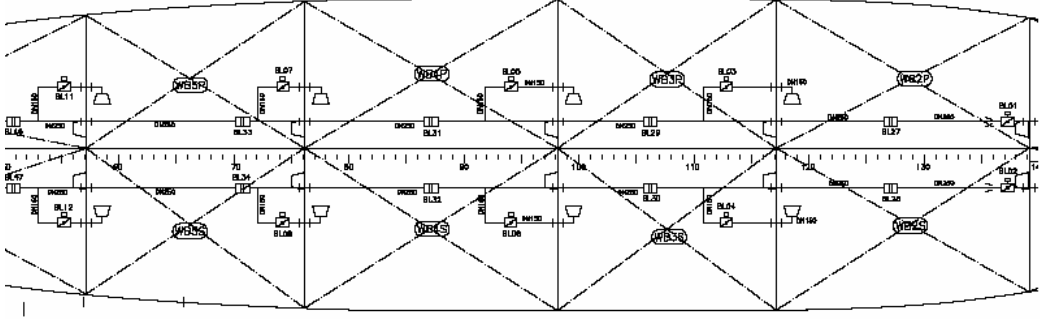
Şekil 4.2 Detay dizayn fonksiyonel dizayn etkileşiminde kullanılan programlar
(Ship Production Symposium Presentation, 2006)



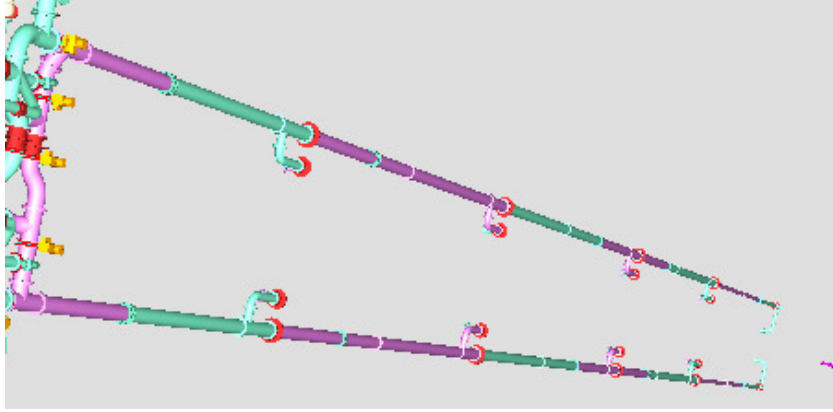
Şekil 4.3 Detay dizayn fonksiyonel dizayn etkileşimi
(Ship Production Symposium Presentation, 2006)

4.4 Fonksiyonel Dizaynın Tribon Programıyla Detay Dizayna Çevrilmesi

Klas kuruluşunun onayladığı diyagramlar, modelleme programı vasıtasıyla işçilik resimlerine dönüştürülür. Şekil 4.4'te görülen örnek bir balast devresi Şekil 4.5'teki gibi modellenmiştir. Modelleme çalışmaları fonksiyonel dizaynlara birebir uygun olmalıdır. Eğer bir değişiklik isteniyorsa, fonksiyonel dizayn klas kuruluşuna tekrar gönderilip onaylatılmak zorundadır. Tersanelerde değişikliğin gerektiği durumlarda genellikle, tecrübeli mühendisler tarafından üretim yapılır daha sonra üretimi yapılan resim düzeltilerek klas kuruluşuna onay için gönderilir. Çünkü onay işlemlerinden dolayı vakit kaybedilmesi söz konusudur. Fakat üretime göre düzeltme (revizyon) ve onay istenilen resim klas kuruluşunun şartlarına uymaz ise üretim yeniden yapılmak zorundadır. Bu ise maliyet ve zaman kaybını daha da arttırabilir.



Şekil 4.4 Örnek bir balast devresinin fonksiyonel dizaynı



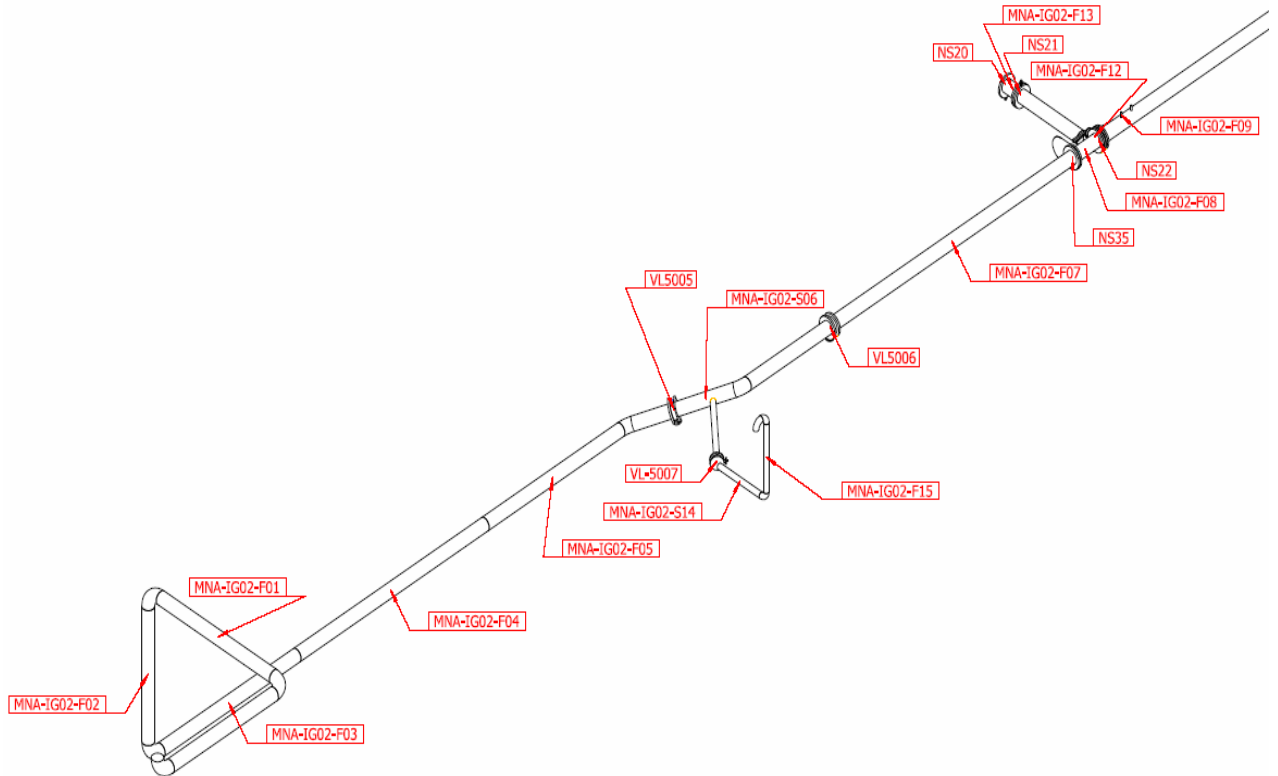
Şekil 4.5 Örnek bir balast devresinin Tribon M3 modeli

Çizelge 4.2'de örnek bir sintine devresinin valf, fitting listesi ve bunların özellikleri gösterilmiştir. Malzeme özellikleri klas kuruluşu kuralları ve gemi sahibinin isteğine göre belirlenir. Özellikle dış yapı ve iç gövde gibi mukavemeti etkileyen özelliklerde, klas kuruluşunun belirlediği asgari standartlar sağlanmalıdır. Fonksiyonel dizaynla gelen bu liste gerekli çalışmalar yapıldıktan sonra sipariş verilmesi için dizayndan, planlamaya, planlamadan da satın alma departmanına gönderilir.

Çizelge 4.2 Örnek bir sintine devresinin valf ve fitting listesi

Valf ID	DN	PN	adet	Type	Bağlantı	Dış Gövde	İç Yapı
BG01	50	16	1	STRAINER		ST37	BRONZE
BG02	65	16	1	NR VALVE		CAST IRON	BRONZE
BG03	65	16	1	NR GLOBE VALVE		CAST IRON	BRONZE
BG04	50	16	1	BUTTERFLY VALVE	Wafer	CAST IRON	BRONZE
BG05	50	16	1	NR GLOBE VALVE		CAST IRON	BRONZE
BG06	50	16	1	NR GLOBE VALVE		CAST IRON	BRONZE
BG07	50	16	1	NR GLOBE VALVE		CAST IRON	BRONZE
BG08	50	16	1	STRUM BOX		ST37	BRONZE
BG09	125	16	1	NR GLOBE VALVE		CAST IRON	BRONZE
BG10	125	16	1	BUTTERFLY VALVE	Wafer	CAST IRON	BRONZE
BG11	125	16	1	NR GLOBE VALVE		CAST IRON	BRONZE
BG12	125	16	1	BUTTERFLY VALVE	Wafer	CAST IRON	BRONZE
BG13	125	16	1	BUTTERFLY VALVE	Wafer	CAST IRON	BRONZE
BG14	125	16	1	NR GLOBE VALVE(Angle Type)		NOD CAST IRON	BRONZE
BG15	125	16	1	NR GLOBE VALVE		CAST IRON	BRONZE
BG16	65	16	1	NR GLOBE VALVE		CAST IRON	BRONZE
BG17	50	16	1	GLOBE VALVE		CAST IRON	BRONZE
BG18	80	16	1	NR GLOBE VALVE		CAST IRON	BRONZE
BG19	125	16	1	MUD BOX(Straight Type)		ST37	BRONZE
BG20	32	16	1	GLOBE VALVE		CAST IRON	BRONZE
BG21	125	16	1	GLOBE VALVE		CAST IRON	BRONZE

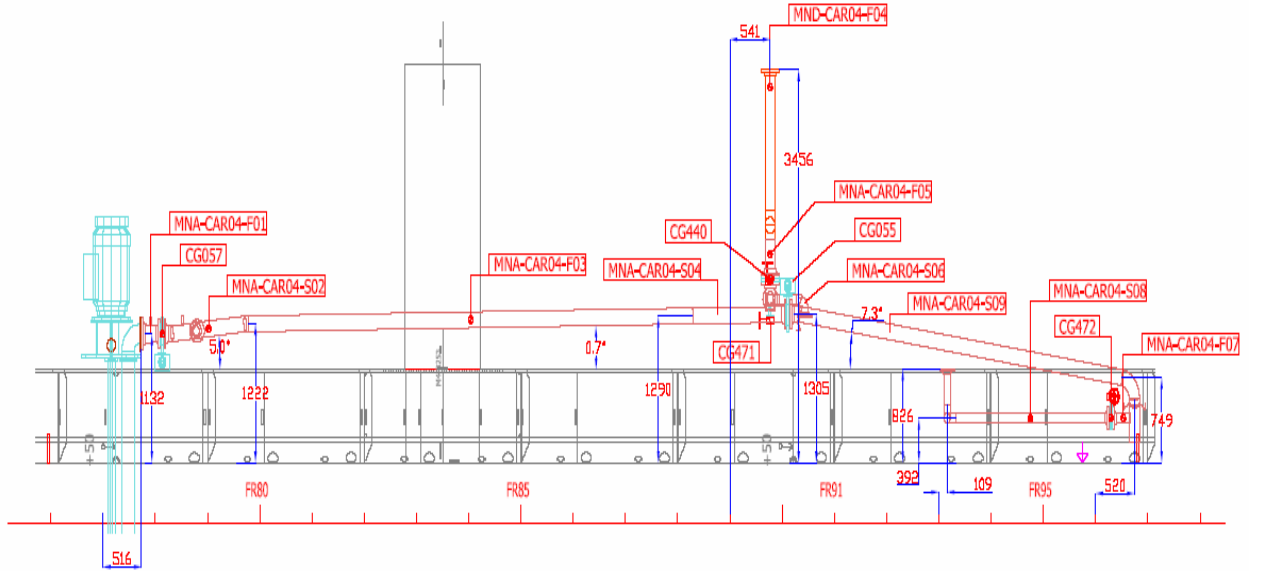
Şekil 4.6'da örnek olarak nitrojen gaz (Inert Gas) sistemini oluşturan boruların bir kısmı gösterilmiştir. Borular belli sıra numaraları verilerek imal edilebilecekleri boyutta parçalara bölünürler. İmalatı yapılan boru parçaları ve valflerin nasıl bağlanacağını sırası işçilik resmi olarak yayınlanır.



Şekil 4.6 Örnek bir boru sırası takip resmi

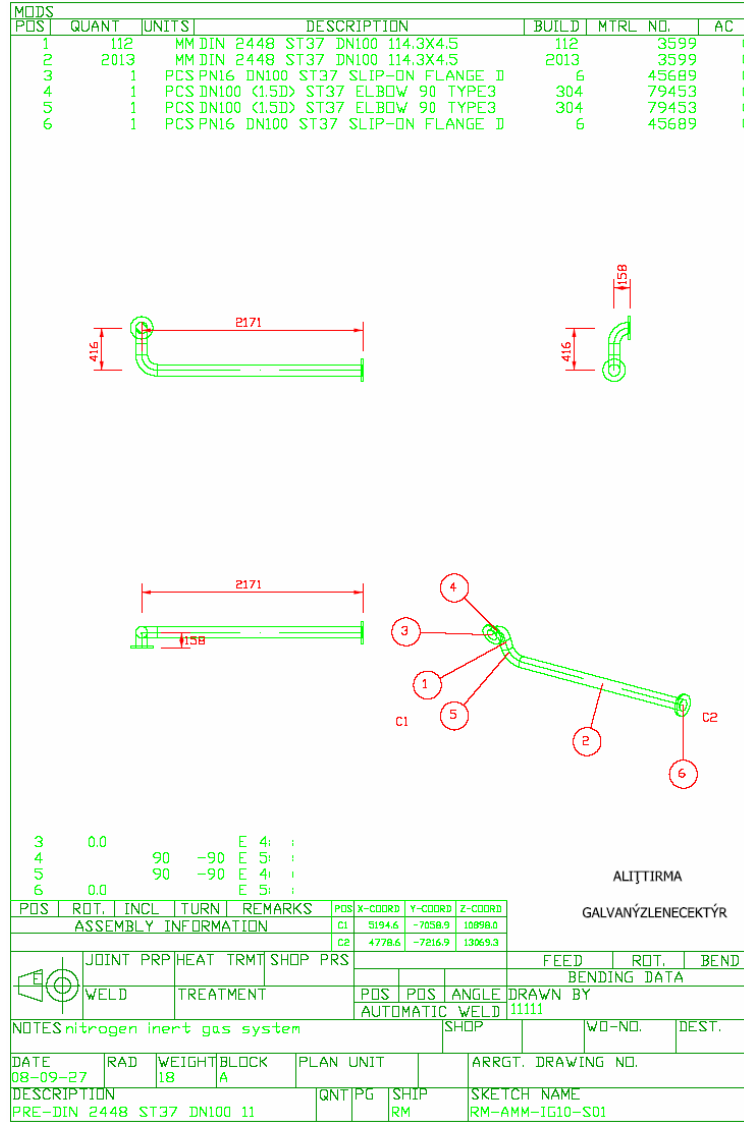
Şekil 4.7’de örnek bir kargo devresinin montaj resmi gösterilmiştir. Boruların yerleşimi resimde verilen ölçülere göre yapılır. Verilen resim işçinin zorlanmacağı şekilde olmalıdır. İşçilik açısından yapılması gereken, boruların ölçülere göre yerleşimi olmalıdır.

Montaj resimlerinde karşılaşılan en büyük sorun 3 boyutlu resmin 2 boyuta dönüştürülmesinden dolayı oluşan derinlik kaybıdır. Resimlerin 2 boyutta ifade edilmesinden dolayı ölçülerde kısmi kaçıklıklar olabilir. Bu nedenle bazı borular birebir imal edilmemekte bunun yerine belli oranda uzunluk bırakılan parçalar gemideki ölçüye uygun olarak imal edilmektedir. Bu tip borulara alıştırılmalı borular denilmektedir. Genellikle 3 yönde eğime sahip küçük parçalar ve ekipman giriş çıkışlarındaki parçalar bu şekilde imal edilir.



Şekil 4.7 Örnek bir boru montaj resmi

Şekil 4.8’de nitrojen gaz sistemine ait bir boru parçasının imalat resmi gösterilmiştir. İmalat resminde borudaki her bir parçanın malzeme özellikleri ve ölçüleri belirtilir. Borunun tamamına galvaniz kaplama uygulanacaksa bu da imalat resminde belirtilmelidir.



Şekil 4.8 Örnek bir boru imalat resmi

Yapılan model sonunda, imalat, boru sırası takip ve montaj resimleri çıkartılarak planlama departmanına gönderilir. Planlama üretim için gerekli işlemi yapar. Neyin ne zaman ne sırayla yapılacağı planlamanın programına tabidir. En kısa zamanda bitmesi amacıyla gemiyi parçalara bölerek, verilen resimlerin üretimini sağlar.

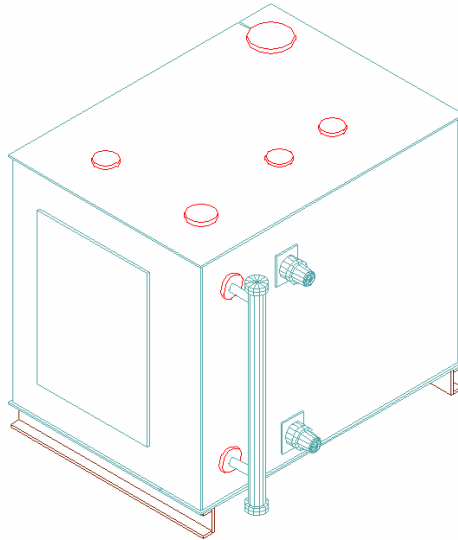
4.5 Gemi Donatımında Statik Yapıların Ansys Programıyla Sonlu Elemanlar Model Analizinin Yapılması

Klas kuruluşunun kaynaklı bağlantılar ve bunların gerilme sınırlarıyla ilgili kuralları mevcuttur. Gerilme değerleri sacların bağlantı özelliklerine, sac kalınlıklarına uygulanan yüklere göre değişmektedir. Bu çalışmada klas kuruluşu tarafından onaylanmış yapıların Ansys programıyla sonlu elemanlar model analizi yapılarak yapılan dizaynın ne kadar iyi olduğu sonucuna varılacaktır. Bu aynı zamanda gemi sahibinin dizayna ve gemiye güvenini arttırmaktadır.

4.5.1 İçme Suyu Genleşme Tankı Gerilme Analizi

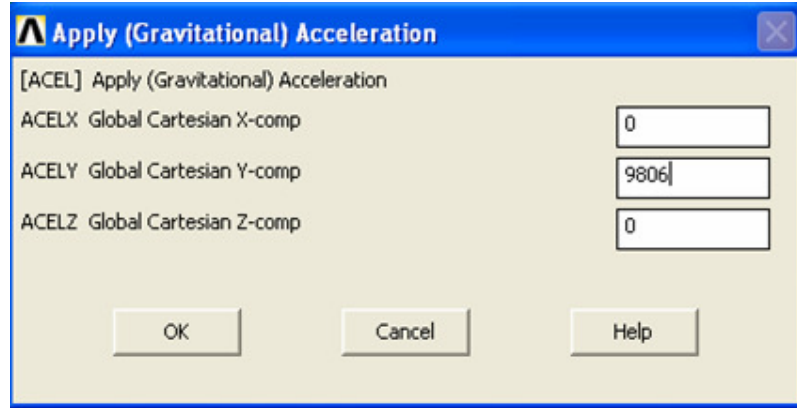
Bu kısımda Şekil 4.9'da profilden, Şekil 4.10'da teknik resmi gösterilen tankın içindeki su basıncının Ansys programı ile sonlu elemanlar gerilme analizi yapılmıştır. Tank üzerindeki bağlantı elemanları mükemmel kabul edilerek analizde ihmal edilmiştir buna karşın emniyet katsayısı yüksek tutulmuştur. Şekil 4.9 ve Şekil 4.11'de tribon modeli 3 boyutlu olarak gösterilmiştir.

Tribon modelinden Ansys'e aktarım yapılamadığı için, tüm modeller Rhino programında tekrar çizilip Iges formatında Ansys'e aktarılmıştır. Yapılan aktarma 3 boyutlu algılanmadığı için Ansys in kendi modelleme özelliği kullanılarak 3 boyutlu hale getirilmiştir. Analizlerin hepsi 3 boyutlu katı olarak yapılmıştır ve Solid 186 elemanı kullanılmıştır. Büyük yapılarda, kullanılan bilgisayara bağlı olarak Shell 69 ve Shell 181 elemanları kullanılarak yüzey üzerinden de analiz yapılabilir.



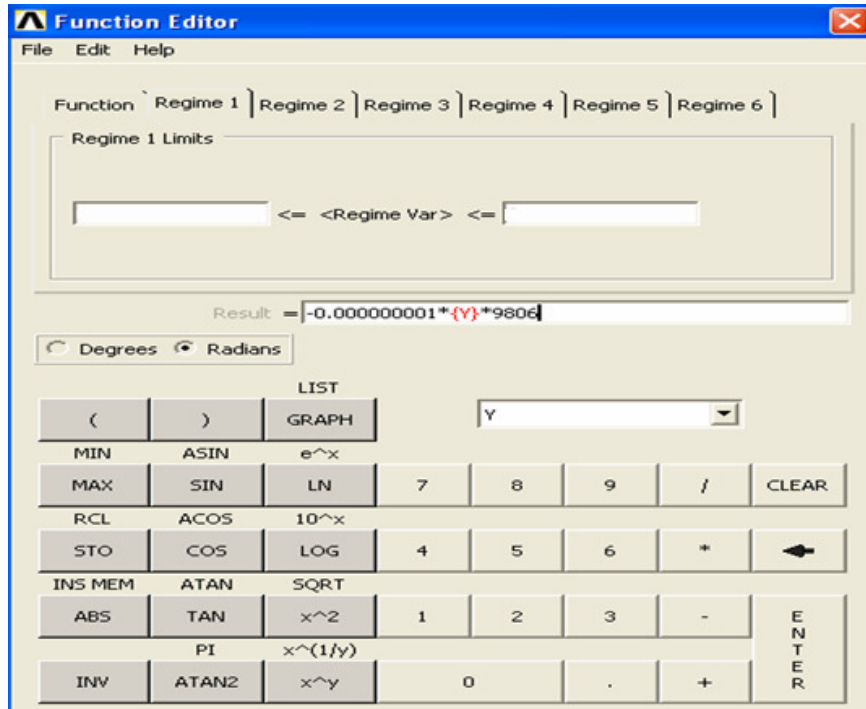
Şekil 4.9 İçme suyu genleşme tankı

nedenle çelik yoğunluğu için verilen değer oldukça küçüktür. Yapılan analizde serbest su basıncı ve yerçekimi ivmesi belirtilerek tankın kendi ağırlığı da hesaba katılmıştır. Şekil 4.12’de yerçekimi ivmesinin nasıl etki ettirildiği gösterilmiştir. Birimler mm ye göre olduğu için yerçekimi 9806 mm/s^2 alınmıştır



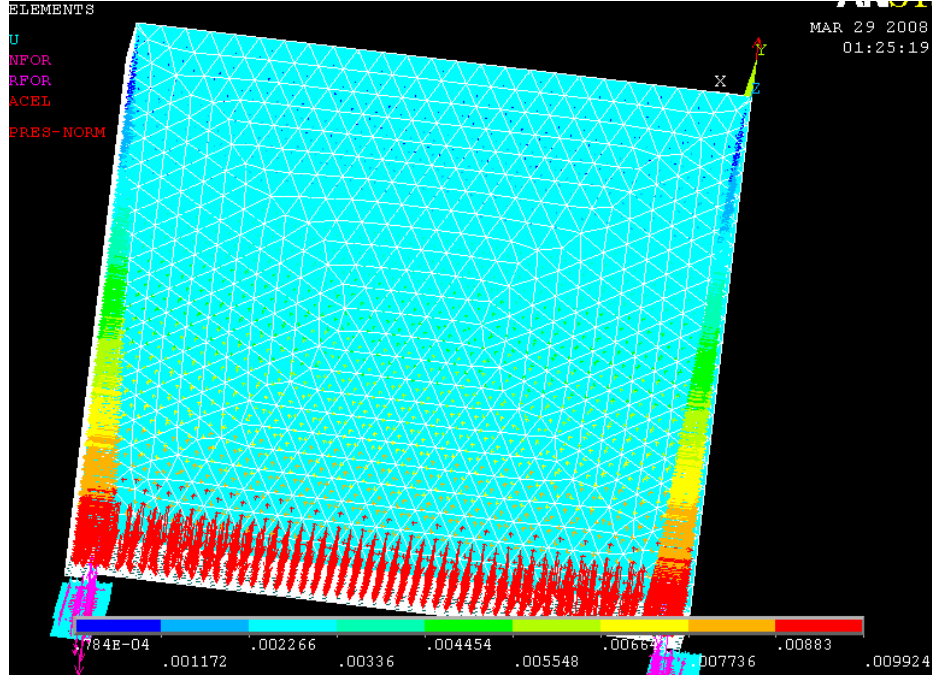
Şekil 4.12 İçme suyu genişleme tankına yerçekimi etkisinin uygulanması

Şekil 4.13’de su basıncı, yerçekimi, yoğunluk ve yüksekliğe bağlı olarak tanka etki ettirilmiştir. Koordinat noktası tankın y yüksekliğine bağlı olarak ifade edilmiştir. Bunun nedeni y nin yerçekimi yönünde olmasıdır.



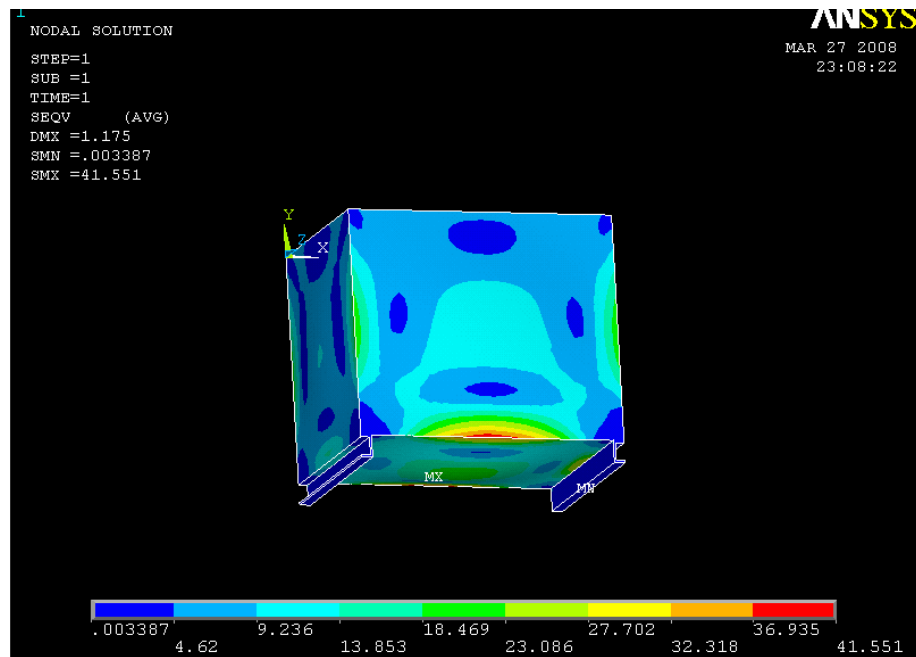
Şekil 4.13 İçme suyu genişleme tankına su basıncı etkisinin uygulanması

Şekil 4.14’de görüldüğü gibi model ağlara bölünmüş (mesh- sonlu elemanlar yönetiminde kullanılan hesap parametreleri), mesnet yüzeyleri belirtilmiş, suyun statik basıncı ve yerçekimi uygulanmıştır. Uygulanan toplam max kuvvet 1.107 ton, mm^2 başına düşen max basınç ise $0.01\text{N}/\text{mm}^2$ dir.



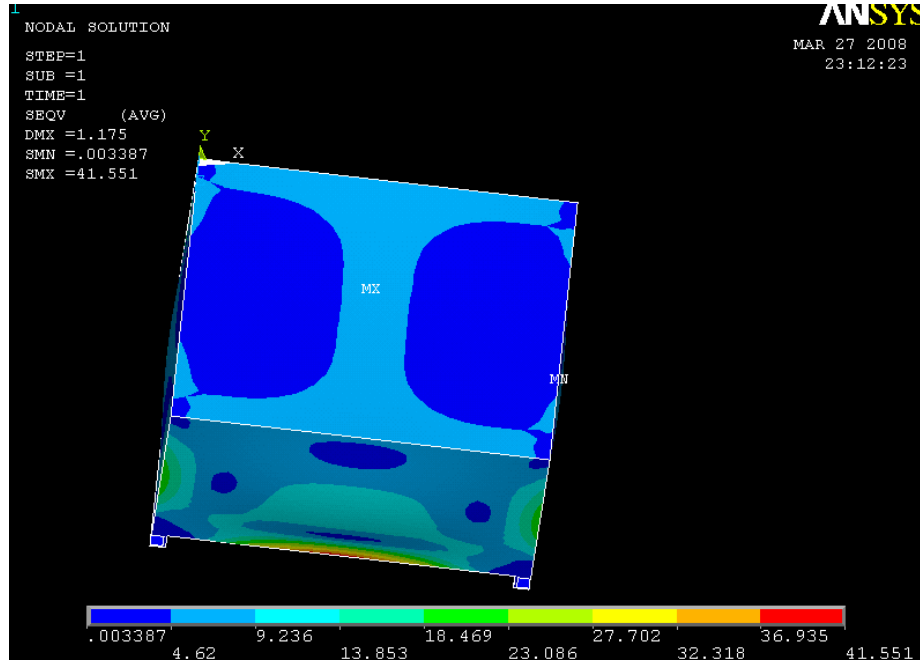
Şekil 4.14 Ansys modelinin ağ yapılarına bölünmüş (mesh) ve kuvvetlerin uygulanmış hali

Şekil 4.15’te analiz sonucu gerilme değerlerinin dip ve yan sac bağlantılarında en yüksek oranda olduğu görülmektedir.



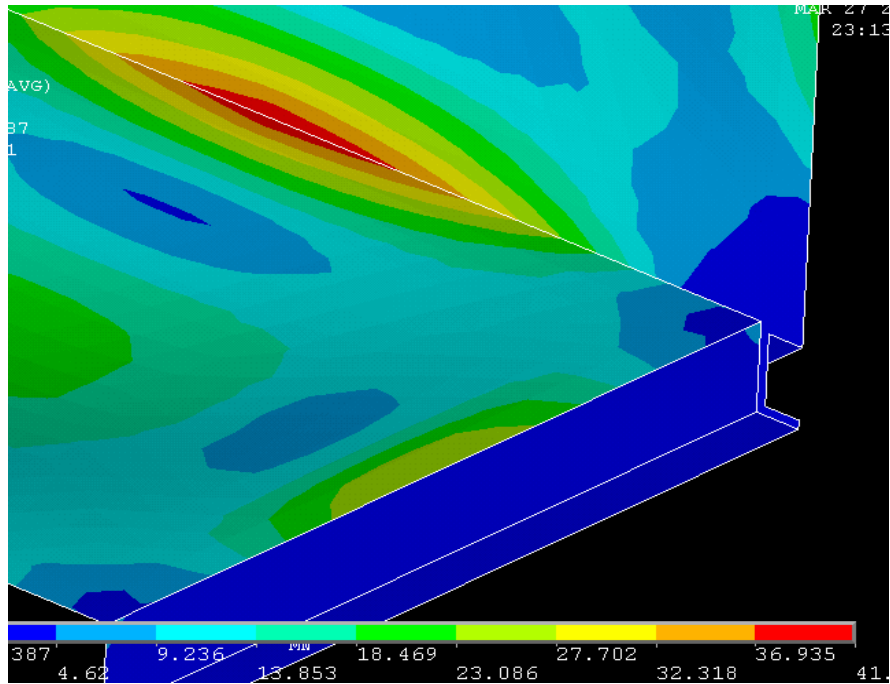
Şekil 4.15 Ansys modelinin analizi ve modelin profilden görünüşü

Şekil 4.16'da en az gerilme değerlerinin tankın üst kısmında olduğu gösterilmiştir.

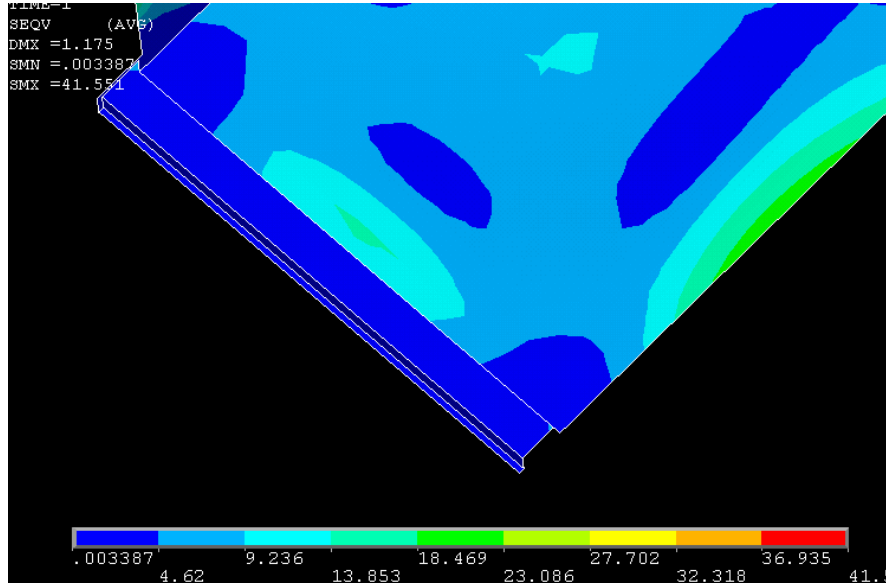


Şekil 4.16 Ansys modelinin analizi ve modelin üstten görünüşü

Şekil 4.17 ve Şekil 4.18'de analizi yapılmış modelin alttan ve yandan görünüşü yakınlaştırılarak gösterilmiştir. Kaynak noktalarındaki keskinlikten dolayı gerilmenin bu noktalarda yoğunlaştığı daha iyi görülmektedir. Tavsiye olarak bu kısımlara ovallik verilerek gerilme değerleri düşürülebilir.



Şekil 4.17 Ansys modelinin analizi ve modelin alttan görünüşü



Şekil 4.18 Ansys modelinin analizi ve modelin yandan görünüşü

Şekillerde gerilmeler renk skalası ile ifade edilmiştir. Buna göre en fazla gerilmenin olduğu yer tankın alt kısmında sacların kaynatıldığı yerdedir. Buradaki gerilme sonlu elemanlar yöntemiyle 41.551 N/mm^2 veya 41.558 MPa olarak hesaplanmıştır. Maksimum sehim ise 1.175 mm 'dir. A tipi çeliğin akma dayanımı 235 N/mm^2 veya 235 Mpa dır. Emniyet katsayısı gemi hareketleri, çalkantı, yorulma etkisi gibi nedenlerin analizde hesaba katılamamasından dolayı 4 alınır,

$$\sigma_{em} = 235 / 4$$

$$\sigma_{em} = 58.75 \text{ N/mm}^2 \text{ olur.}$$

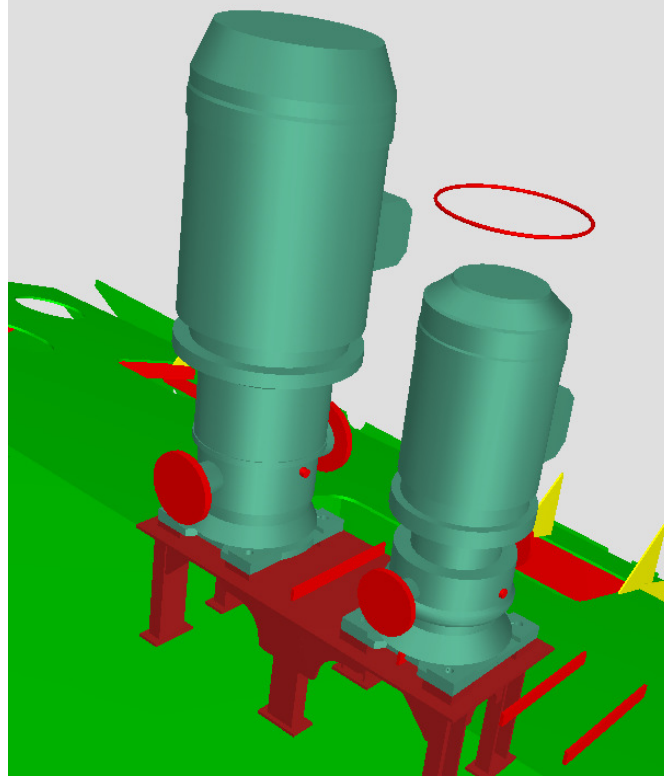
$$\sigma_{Max. \text{ tank}} = 41.558 \text{ N/mm}^2 \text{ olduğundan,}$$

$$\sigma_{em} > \sigma_{Max. \text{ tank}} \text{ olur.}$$

Sonuç olarak, tank duvarlarında meydana gelen gerilme, tank %100 dolu kabul edilerek gerçeğinden fazla alındığı ve emniyet katsayısı 4 olarak uygulandığı halde tank saclarındaki gerilme emiyet sınırları içinde bulunmaktadır. Bu durumlar göz önüne alındığında tank sac kalınlığı ve altına konulan u profilinin emniyet açısından uygun olduğu sonlu elemanlar analiziyle de anlaşılmıştır.

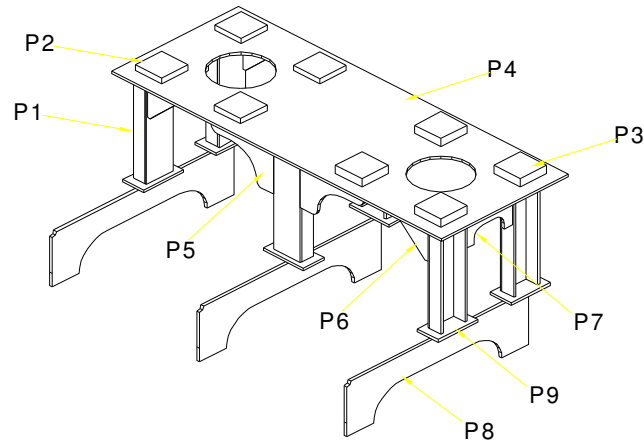
4.5.2 Köpük-Yangın Pompaları Destek Yapılarının Gerilme Analizi

Bu kısımda köpük-yangın pompalarının yerleştirildiği destek yapısının Ansys programı ile sonlu elemanlar analizi gösterilmektedir. Şekil 4.19'da pompaların ve destek yapılarının Tribon modeli gösterilmiştir.



Şekil 4.19 Pompalar ve destek yapılarının Tribon M3 modeli

Modeldeki destek yapısında yangın pompası 305 kg, köpük pompası ise 560 kg ağırlığındadır. Şekil 4.20 ve Çizelge 4.3'te destek yapısı elemanları ve parça numaraları gösterilmiştir. Görüldüğü gibi yangın pompası köpük pompasından daha küçük olması nedeniyle altına konulan bağlantı takozu daha incedir.

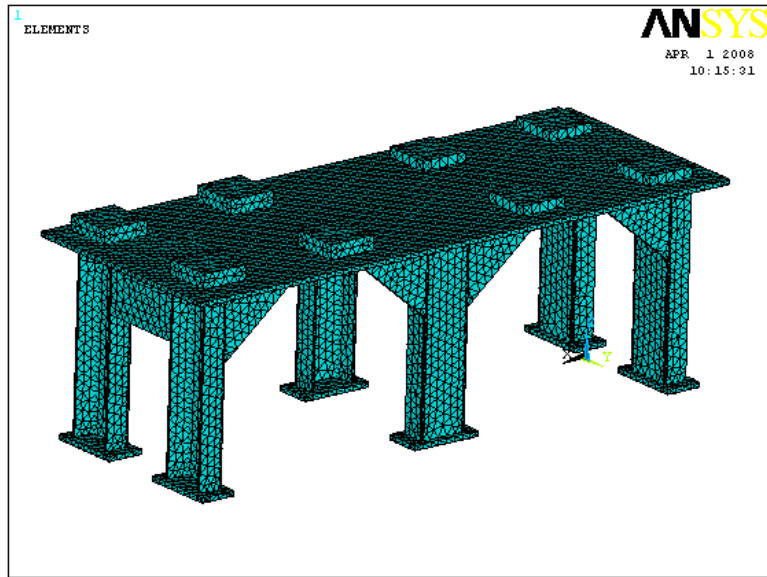


Şekil 4.20 Analizi yapılan destek elemanın yapımında kullanılan sacların numaraları

Çizelge 4.3 Analizi yapılan destek elemanın yapımında kullanılan sacların malzeme listesi

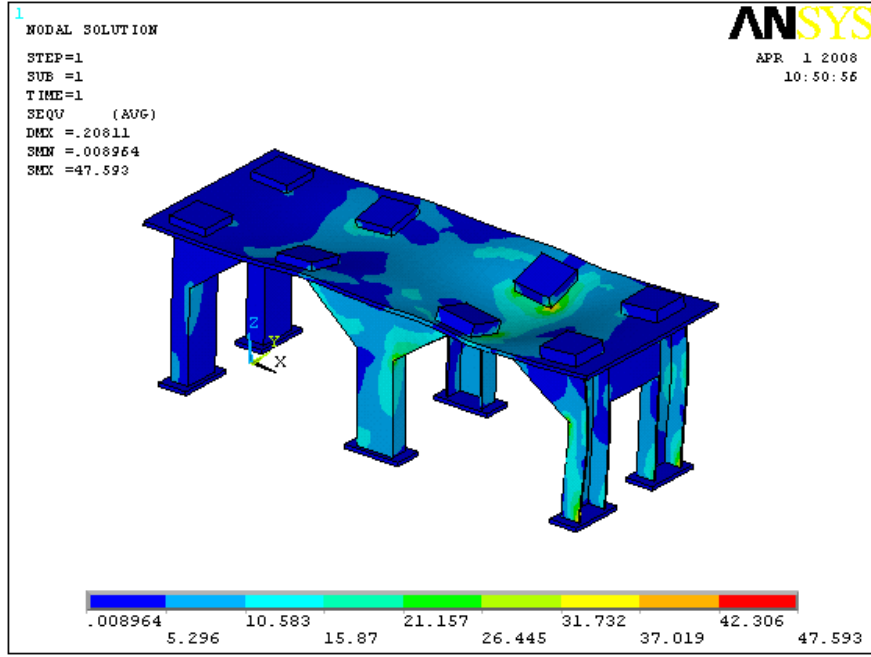
POZ NO	MALZEME	EBAT	MIKTAR
1	NPU 100	390 mm	6 ADET
2	BAGLANTI TAKOZU NESTING	t= 20 mm	4 ADET
3	BAGLANTI TAKOZU NESTING	t= 30 mm	4 ADET
4	TABLA NESTING	t= 10 mm	1 ADET
5	BRAKET NESTING	t= 10 mm	4 ADET
6	BRAKET NESTING	t= 10 mm	4 ADET
7	BRAKET NESTING	t= 10 mm	2 ADET
8	TAKVIYE NESTING	t= 10 mm	3 ADET
9	DABLER NESTING	t= 10 mm	6 ADET

Malzeme listesinde görülen boyutlara eşdeğer olarak modellenen destek elemanı A tipi çelik olarak tanımlanıp. Elastisite modülü 210000 MPa, Poisson oranı ise 0.3 olarak belirlenmiştir. Yerçekimi etkisi hesaba katılmadığından yoğunlukla ilgili herhangi bir değer girilmemiştir. Analiz yapılmadan önce Şekil 4.21’de ağlara bölünerek (mesh) model yapısı oluşturulmuş destek yapısı gösterilmiştir.



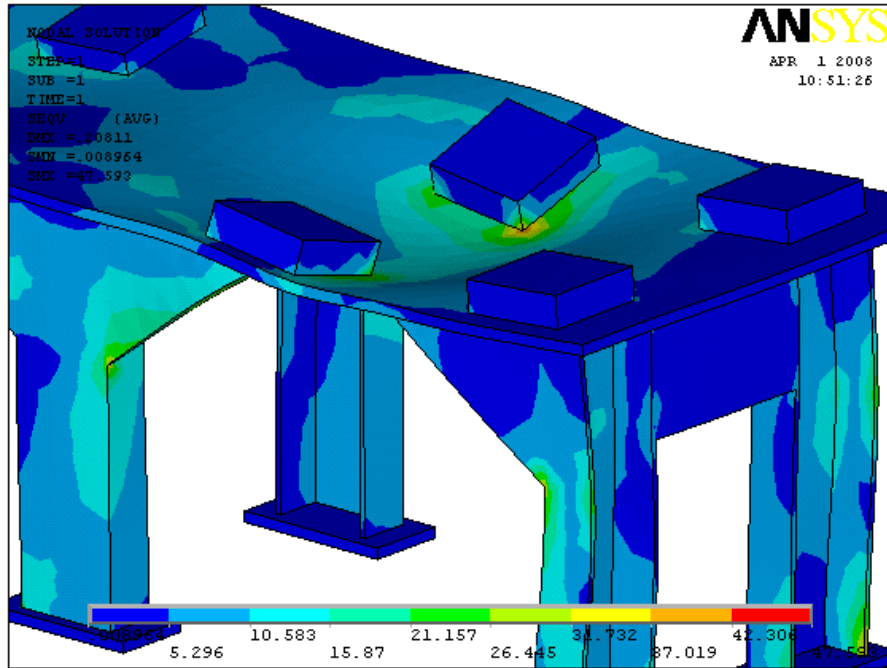
Şekil 4.21 Köpük ve yangın pompaları destek yapısı modelinin ağlara bölünmüş (mesh) hali

Modellenen ve ağlara bölünen yapı, tabanda bulunan dablerlerle mesnetlenmiştir. Mesnetlenen yapının sol kısmındaki takozlarına toplamda 5476.8 N yük ve birim alana 0,137 N/ mm² etkiyecek basınç uygulanmıştır. Sağ kısımdaki kalın takozlara ise toplamda 2983 N yük ve birim alana 0,0745 N/ mm² etkiyen basınç değeri uygulanmıştır. Analiz sonucunda Şekil 4.22’de modelin profilden görünüşü gösterilmiştir.



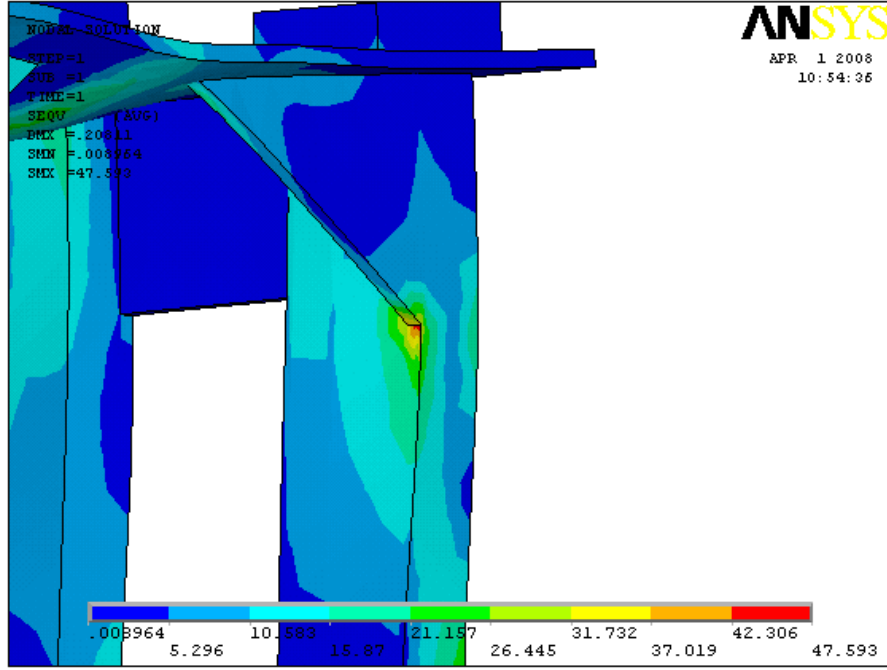
Şekil 4.22 Köpük ve yangın pompaları destek yapısı modelinin analizi ve modelin profilden görünüşü

Şekil 4.23’de görüldüğü gibi yapılan yüklemeden sonra en büyük eğilme değeri üst kısımdaki takozların altında meydana gelmekte ve maksimum sehim $DMX = 0,20811$ mm olarak gösterilmektedir.

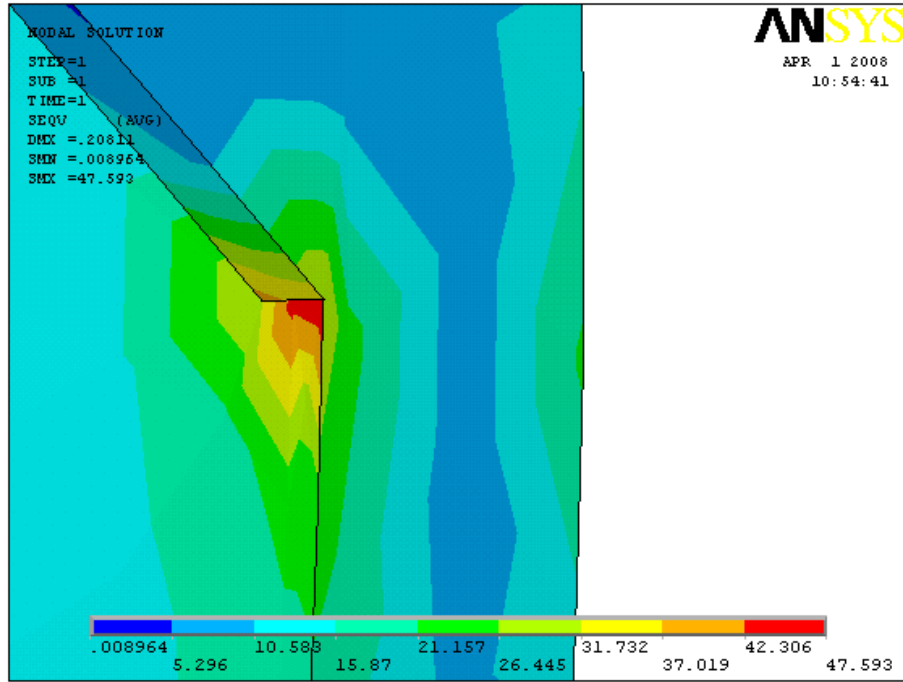


Şekil 4.23 Köpük ve yangın pompaları destek yapısı modelinin analizi ve ağırlığı fazla pompanın model üzerindeki etkisi

Şekil 4.24 ve 4.25'te maksimum gerilmenin destek elemanının foam pompasını taşıyan ayaklarında meydana geldiği görülmektedir.



Şekil 4.24 Modelin analizi ve ayaklardaki gerilme



Şekil 4.25 Modelin analizi ve ayaklardaki gerilmenin yakından görünüşü

Analiz sonucu gerilmeler en yüksek kırmızı en düşük mavi renk olacak şekilde renk skalası ile ifade edilmiştir. Buna göre en fazla gerilmenin olduğu yer malzeme listesinde belirtilen üst kısımdaki 5 nolu sac ile 1 nolu köşebentin birleşim noktasında meydana geldiği görülmektedir. Bunun nedeni köşelerin çok sert olmasıdır. Ovallık verilerek bu gerilme değeri düşürülebilir. Bununla birlikte maksimum gerilme sonlu elemanlar yöntemiyle 47.593 N/mm^2 veya 47.593 MPa olarak hesaplanmıştır. Maksimum çökme ise 0.20811 mm 'dir. A tipi çeliğin akma dayanımı 235 N/mm^2 veya 235 Mpa 'dır. Emniyet katsayısı gemi hareketleri, titreşim, yorulma etkisi gibi nedenlerin analizde hesaba katılamamasından dolayı 4 alınırsa,

$$\sigma_{em} = 235 / 4$$

$$\sigma_{em} = 58.75 \text{ N/mm}^2 \text{ olur.}$$

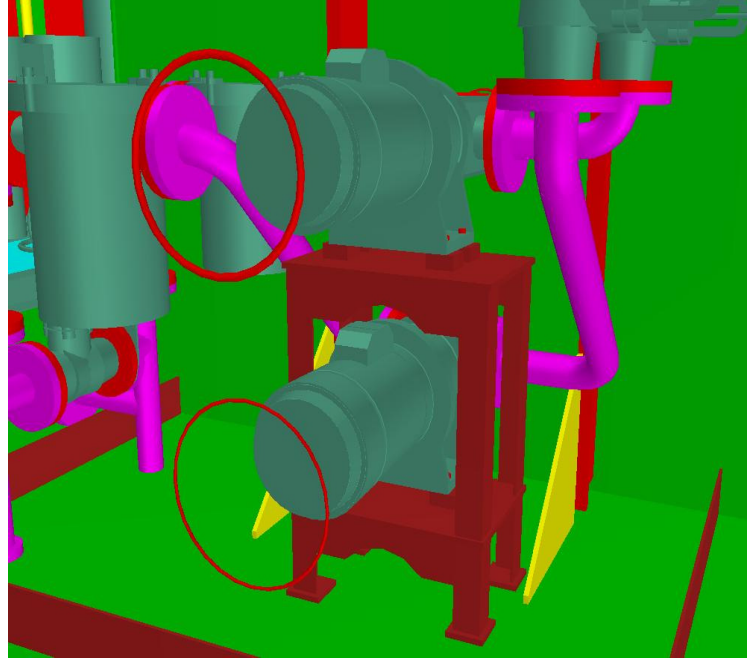
$$\sigma_{Max. tank} = 47,593 \text{ N/mm}^2 \text{ olduğundan.}$$

$$\sigma_{em} > \sigma_{Max. tank} \text{ olur.}$$

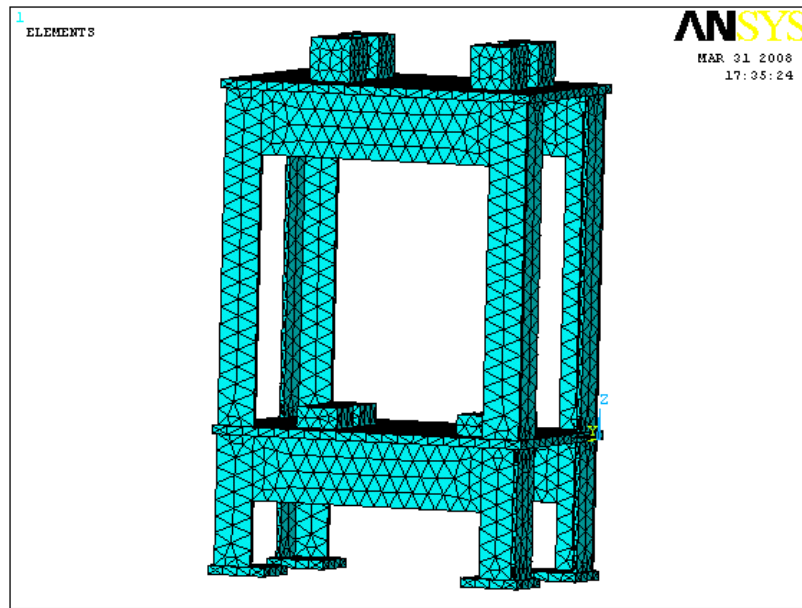
Sonuç olarak, emniyet katsayısı 4 olarak uygulandığı halde destek yapısı emniyetli gerilme sınırlarındadır. Bu durumda destek yapısı için kullanılan malzeme kalınlıklarının uygun olduğu görülmüş ve bilgisayar üzerinden sonlu elemanlar analiz yöntemiyle de test edilmiştir

4.5.3 Yakıt Pompaları Destek Yapısı Gerilme Analizi

Bu kısımda Şekil 4.26'da Tribon modeli ile gösterilen, HFO-MDO pompalarının yerleştirildiği destek yapısının analizi yapılmıştır. Modelde üstte bulunan HFO transfer pompası 78 kg olup alttaki 68 kg olan MDO transfer pompasıdır. Destek elemanı A tipi çelik olarak tanımlanıp. Elastisite modülü 210000 MPa, Poisson oranı ise 0.3 olarak belirlenmiştir. Yerçekimi etkisi hesaba katılmadığından yoğunlukla ilgili herhangi bir değer girilmemiştir. Yükü taşıyan sac ve dablerler 10 mm, takozlar 24mm ve diğer parçaların kalınlıkları 5mm dir.

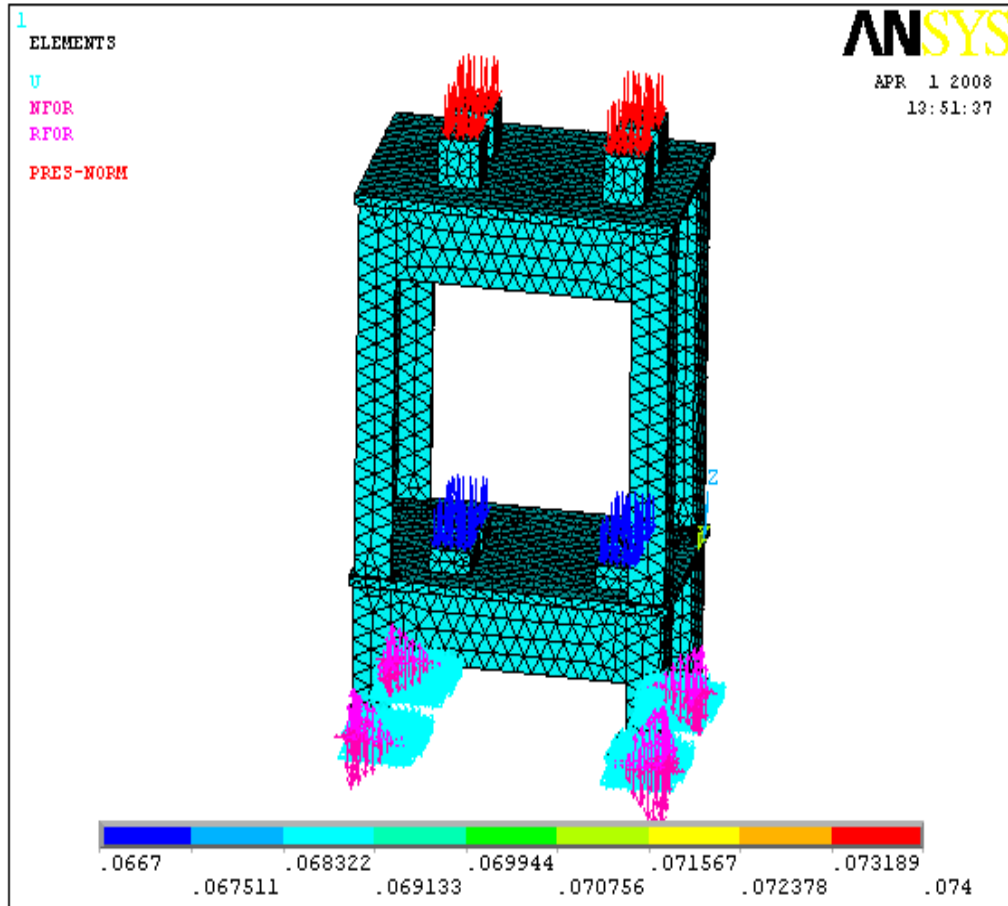


Şekil 4.26 Yakıt pompaları destek yapısının Tribon M3 modeli



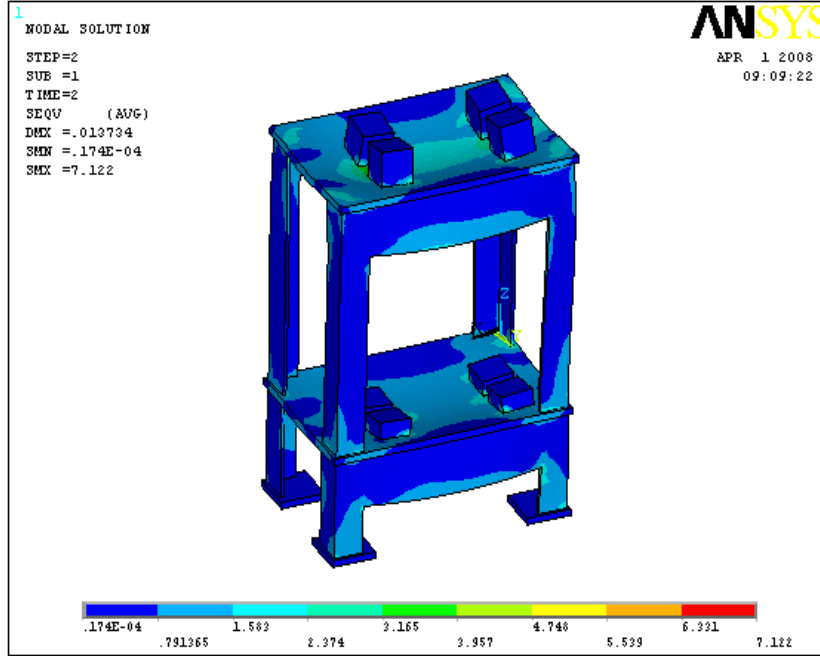
Şekil 4.27 Yakıt pompaları destek yapısının ağlara bölünmüş (meshli) görünüşü

Şekil 4.27'deki gibi modellenen ve mesh atılan yapı, tabanda bulunan dablerlerle mesnetlenmiştir. Mesnetlenen yapının alt kısmındaki takozlarına toplamda 666,8 N yük ve birim alana 0,0667 N/ mm² etkiyecek basınç uygulanmıştır. Üst kısımdaki takozla ise toplamda 735,5 N yük ve birim alana 0,074 N/ mm² etkiyen basınç değeri uygulanmıştır. Şekil 4.28'deki renk skalasından da anlaşılacağı gibi üst kısımdaki takozlara gelen en yüksek basınç kırmızı oklarla gösterilen 0,074 N/mm² değeridir, skalada mavi renkte oklarla uygulanan basınç değeri ise 0,0667 N/ mm² 'dir.

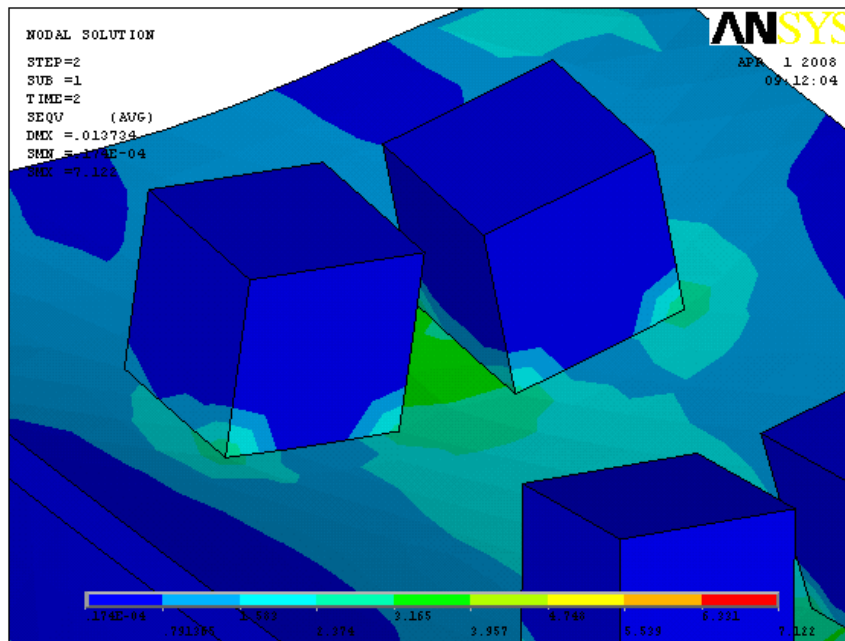


Şekil 4.28 Yakıt pompaları destek yapısının ağırlara bölünmüş ve kuvvet uygulanmış görünüşü

Ansys programı yardımıyla yapılan, meshli modele yapılan yüklemeler sonunda gerilme değerleri Şekil 4.29 ve şekil 4.30'da gösterilmektedir. Şekil 4.30'da görüldüğü gibi yapılan yüklemelerden sonra en büyük eğilme değeri üst kısımdaki takozların altında meydana gelmekte ve maksimum sehim şekilde $DMX = 0,013734$ mm olarak görülmektedir.

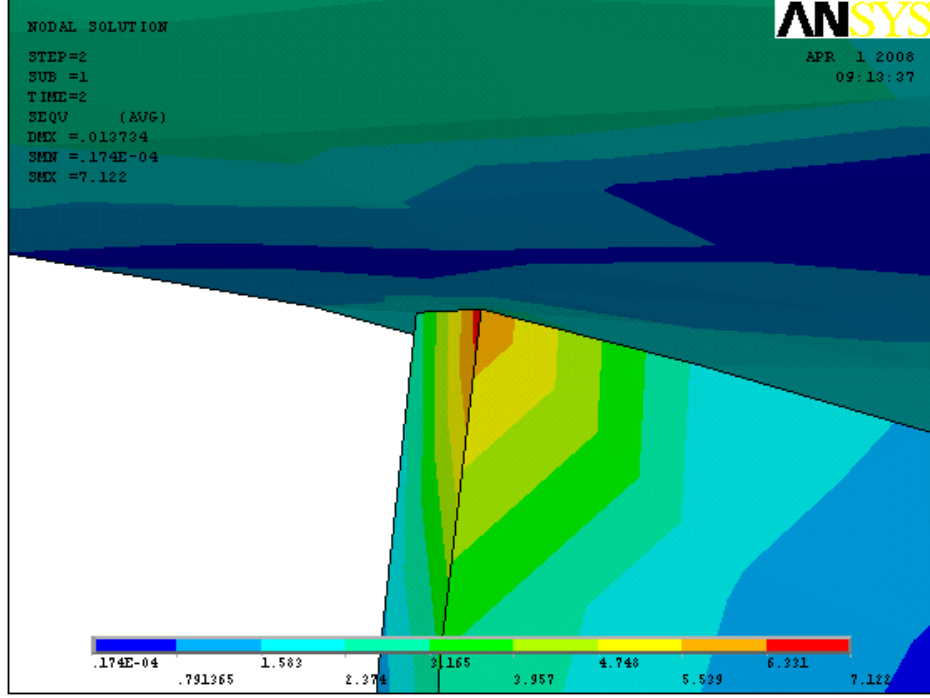


Şekil 4.29 Yakıt pompaları destek yapısının analiz sonucu profilden görünüşü



Şekil 4.30 Yakıt pompaları destek yapısının analiz sonucu takozların görünüşü

Şekil 4.31’de maksimum gerilmenin destek elemanının HFO pompasını taşıyan ayaklarında meydana geldiği görülmektedir.



Şekil 4.31 Yakıt pompaları destek yapısının analiz sonucu HFO pompası ayak bağlantısının görünüşü

Yapılan analize göre en fazla gerilmenin üst kısımdaki yük taşıyıcı sac ile sacı taşıyan ayağın birleşim noktasında meydana geldiği görülmektedir. Buradaki maksimum gerilme sonlu elemanlar yöntemiyle $7,122 \text{ N/mm}^2$ veya $7,122 \text{ MPa}$ olarak hesaplanmıştır. Maksimum çökme ise 0.013734 mm 'dir. A tipi çeliğin akma dayanımı 235 N/mm^2 veya 235 Mpa 'dır. Emniyet katsayısı gemi hareketleri, titreşim, yorulma etkisi gibi nedenlerin analizde hesaba katılamamasından dolayı 4 alınırsa,

$$\sigma_{em} = 235 / 4$$

$$\sigma_{em} = 58,75 \text{ N/mm}^2 \text{ olur.}$$

$$\sigma_{Max. tank} = 7,122 \text{ N/mm}^2 \text{ olduğundan.}$$

$$\sigma_{em} > \sigma_{Max. tank} \text{ olur.}$$

Sonuç olarak, emniyet katsayısı 4 olarak uygulandığı halde emniyet gerilmesi bulunan gerilmenin yaklaşık olarak 8 katıdır. Bu da seçilen malzeme kalınlıklarının çok fazla olduğunu gösterir. Bu armatör için iyi bir durum olsa da tersane açısından maliyetin yüksek olması anlamına gelmektedir. Destek yapısının (Faundeyşin - Makine temeli) sökölüp daha

ince malzeme ile tekrar yapılması bir çözüm gibi görünse de işçilik, zaman ve malzeme açısından bu halindeki daha fazla maliyet getirecektir. İmal edilen destek yapısı olduğu gibi bırakılacak fakat daha sonra yapılacak destek yapılarının dizaynı için bu durum göz önüne alınacaktır.

Bu çalışmaların tamamı inşası bitmiş yapıların analizini içermektedir. Bu çalışmalardan çıkarılan sonuçlar göz önünde bulundurularak yeni gemilerde yeni dizaynlar yapıldıktan sonra, üretime geçmeden optimum malzeme özellikleri belirlenecek analiz edildikten sonra dizaynı yapılacak ve üretime geçilecektir.

4.6 Gemi Şaftının İncelenmesi ve Şaftın Ansys Programıyla Sonlu Elemanlar Model Analizinin Yapılması

Bu kısımda şaft genel olarak incelenmiş, statik ve dinamik analizi yapılmıştır. Genel inceleme de örnek uygulama gösterilmemiştir. En genel bilgiler gösterilmiştir.

4.6.1 Klas Kuruluşuna Göre Şaftın İncelenmesi

Klas kuruluşuna göre şaftın en küçük çapı, (TL, 2008).

$$d_a \geq d \geq F.k. \sqrt[3]{\frac{P_w}{n \cdot \left[1 - \left(\frac{d_i}{d_a}\right)^4\right]} \cdot C_w} \quad (4.1)$$

- d (mm): şaftın gereken dış çapı
- d_i (mm): içi boş olan şaftlarda iç çap. Eğer bu çap 0,4.d'ye eşit veya bundan küçük ise $1 - (d_i/d_a)^4 = 1$ alınabilir.
- d_a (mm): gerçek şaft çapı
- P_w (kW): şaftın ilettiği güç
- n (dk⁻¹): şaftın devir sayısı
- F: sevk sistemine ait boyutsuz faktör

Ara şaftlar, sırt şaftları;

Türbinli sevk sistemleri, kayıcı kaplin içeren makineli sevk sistemleri, elektrik makineli sevk sistemleri için, 95

Geri kalan tüm sevk sistemleri için, 100

Pervane şaftları;

Bütün sevk sistemleri için, 100

- C_W : Malzeme faktörü

$$C_W = \frac{560}{R_M + 160} \quad (4.2)$$

- k : Şaft tipine ait faktör. 1 den 1,40 a kadar değişmektedir. Detaylı bilgi klas kuruluşunun ilgili bölümünde mevcuttur.
- $400 \leq R_M \leq 600 \text{ N/mm}^2$ alınabilir. R_M şaft malzemesinin çekme mukavemetidir. 400 ile 800 arasında olmalıdır. Pervane şaftında ise 600 den büyük alınamaz.

Şaft yatakları, kabul edilebilen en büyük yatak aralıkları için yönlendirici değerler, ℓ_{maks} [mm] ile belirlenebilir.

$$\ell_{\text{maks}} = K_1 \cdot \sqrt{d} \quad (4.3)$$

d [mm] Yataklar arasındaki şaft çapı,

n [dak⁻¹] Şaft devir sayısı,

K_1 = 450

yağlamalı beyaz metal yataklar için,

= 280

gresle yağlamalı, kır dökme demir

sterntüp yatakları için,

= 280 - 350

su ile yağlanan stern tüp ve şaft braketleri kauçuk yatakları için (üst değerler yalnız özel uygulamalar içindir).

350 d/dak'ın üzerindeki şaft devir sayılarında, en büyük yatak aralıklarının, müsaade edilmeyen yüksek eğilme titreşimlerinin yükünden kaçınmak için, aşağıdaki formül ile belirlenmesi ve sınır durumlarda şaft sistemi için bir eğilme titreşim hesabının yapılması tavsiye edilir.

$$\ell_{\text{maks}} = K_2 \cdot \sqrt{d/n} \quad (4.4)$$

K_2 = 8400 yağ ile yağlamalı beyaz metal yataklar için,

= 5200 gresle yağlamalı, kır döküm yataklar için ve stern tüp ile şaft braketleri içindeki kauçuk yataklar için.

4.6.2 Şaftın Mukavemet Açısından İncelenmesi

Şaftta eğilme ve burulma gerilmeleri, (Tahralı, 2005).

$$\sigma_e = \frac{M_e}{W} = \frac{M_e}{\frac{\pi \cdot d^3}{32}} \quad ; \quad \tau_b = \frac{M_b}{W_p} = \frac{M_b}{\frac{\pi \cdot d^3}{16}} \quad (4.5)$$

Eğilme momenti bulunurken şaft üzerine etki eden maksimum moment alınır. Burulma momenti

$$M_b = 9550 \cdot \frac{P}{n} \text{ (N.m) veya } M_b = 9550 \cdot 10^3 \cdot \frac{P}{n} \text{ (N.mm)} \quad (4.6)$$

Şeklinde ifade edilebilir. Bileşik gerilme ise

$$\sigma_B = \sqrt{\sigma_e^2 + 3 \cdot \tau_b^2} \leq \frac{\sigma_{AK}}{S} \quad (4.7)$$

Şeklinde dir. Bileşik gerilmenin emniyetli sınırlar içinde kalması istenir. Emniyet katsayısı çalışma özelliklerine ve kullanılan malzemeye göre değişir.

4.6.3 Şaftın Rijitlik ve Titreşim Açısından İncelenmesi

Bu kısımda şaft için genel olarak bilinen rijitlik değerleri ve titreşim analizi incelenmiştir. (Güçlü, 1988; Palavan, 1969; Müftüoğlu, 1970; Yarasa, 1965).

Gemi şaftı pervane ve kendi ağırlığından dolayı sehim yapar sehim hem mukavemet hem de titreşimi etkiler bu nedenle sehim miktarının düşük olması istenir .

Eğrilik ifadesi

$$d^2y / dx^2 = 1/\rho = - M_{(x)} / E.I \quad (4.8)$$

elastik eğri denkleminde hesaplanır. Burada ρ eğrilik yarıçapıdır.

δ sehim

$dy / dx (\varphi)$ eğim

$$EI \frac{d^2y}{dx^2} \text{ eğilme momenti} \quad (4.9)$$

$$EI \frac{d^3y}{dx^3} \text{ kesme kuvveti}$$

$$EI \frac{d^4y}{dx^4} \text{ yük}$$

Değerlerini verir. Böylece elastik eğri denklemi pervane şaftına da uygulanıp statik durumda bütün değerler bulunabilir. Bu başlı başına ayrı bir çalışma konusu olduğu için bu çalışmada özet geçilmiştir.

Eğim açısı

$$\varphi = \int -(M_e / E.I).dx + c_1 \quad (4.10)$$

Sehim

$$\delta = \iint -(M_e/E.I).dx^2 + c_1 + c_2 \quad (4.11)$$

şeklinde ifade edilebilir. Burada c_1, c_2 integrasyon sabitleri, sınır şartlarına ve uçların destekleme şekline göre tayin edilir

Emniyetli değerlerin

$$\delta_{em} \geq \delta \quad \text{ve} \quad \varphi_{em} \geq \varphi \quad (4.12)$$

olması istenir.

$$\delta_{em} = 5.10^{-4} . \ell \quad (4.13)$$

ℓ yataklar arası mesafe, şekil 4.32'ye göre b mesafesidir.

$$\delta = \delta_{st} + \delta_{din} \quad (4.14)$$

δ_{st} Statik sehim

δ_{din} Dinamik sehim, dönme esnasında meydana gelen sehimdir

$$\delta_{st} = F_{st} / k_e \quad (4.15)$$

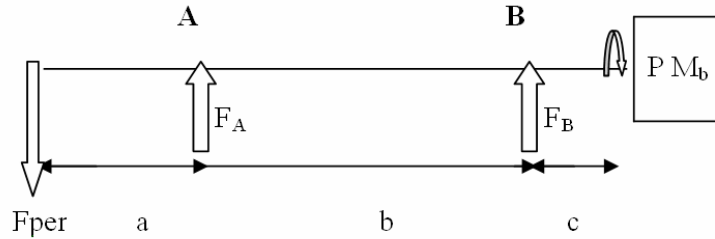
F_{st} Şaftın kendi ağırlığının ihmal edildiği durumda pervane ağırlığıdır

k_e Eğilme rijitliğidir. Gerçek şaftta yatak yağı, deniz suyu hız şaft dönme hızına göre

değişir. Rijitlik katsayısı tam olarak deneysel yöntemlerle bulunur ancak bu çalışmada yaklaşım yapılmıştır.

$$k_e = \frac{3EI}{a^2(a+b)} \quad (4.16)$$

Şekil 4.32'de iki yatakla desteklenmiş bir pervane şaftına uygulanan yükler sembolik olarak gösterilmiştir.



Şekil 4.32 Pervane şaftına uygulanan yüklerin sembolik gösterimi

$$\delta_{din} = \frac{m.e.\omega^2}{k_e - m\omega^2} \quad (4.17)$$

ω açısal hız

$$\omega = \frac{\pi.n}{30} \quad (4.18)$$

n devir sayısı

$$\varphi_{em} = 5.10^{-6} . \ell_b \quad (4.19)$$

ℓ_b Burulan boydur şekil 4.32'ye göre $a+b+c$ alınır

$$\varphi = \varphi_{st} + \varphi_{din} \quad (4.20)$$

φ_{st} Statik eğim açısı, şaftın ilk dönmeye başlarken oluşturduğu açıdır.

$$\varphi_{st} = \frac{M_{bo}}{k_b} \quad (4.21)$$

M_{bo} Ortalama burulma momentidir. Tek devirde çalışan şaft için en üst burulma değerinin yarısı alınır

k_b Burulma rijitliği

$$k_b = \frac{G I_p}{l_b} \quad (4.22)$$

G Kayma elastiklik modülü, dövme çelikler için 80000 N / mm^2

I_p Polar atalet momenti

$$I_p = \frac{\pi \cdot D^4}{32} \quad (4.23)$$

φ_{din} Dinamik eğim açısı, şaftın dönme süresince oluşturduğu açıdır.

$$\varphi_{din} = \frac{M_{bo}}{k_b - J\omega^2} \quad (4.24)$$

J Pervane ve suyun toplam kütle atalet momenti

Kritik hız kavramı;

Kritik hız dinamik sehimin sonsuza gittiği ve şaftın rezonansa girdiği hızdır. Eğilme ve burulma da ayrı ayrı hesaplanır.

(4.17) eşitliğinde $k_e - m\omega^2 = 0$ ise $\delta_{din} = \infty$ olur. Buradan eğilmede kritik hız

$$\omega_{ne} = \sqrt{\frac{k_e}{m}} \quad (4.25)$$

olarak bulunur.

m kütlesi ihmal edilen şaft sisteminde pervane kütlesidir.

(4.24) eşitliğinde $k_b - J\omega^2 = 0$ ise $\varphi_{din} = \infty$ olur

$$\omega_{nb} = \sqrt{\frac{k_b}{J}} \quad (4.26)$$

- $0 < \frac{\omega}{\omega_n} \leq 0,8$ Rezonansaltı Bölge
- $0,8 < \frac{\omega}{\omega_n} \leq 1,25$ Rezonans Bölgesi
- $1,25 \leq \frac{\omega}{\omega_n}$ Rezonansüstü Bölge

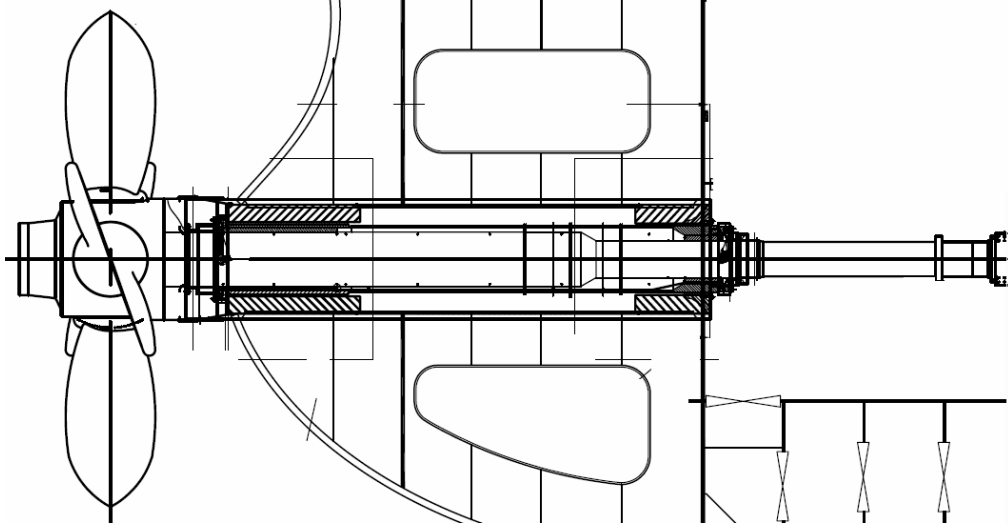
Kabul edilir ve şaftın rezonans üstü ve altı hızlarda çalışması istenir. Şaft için gerilmelere göre, sehim ve burulma açılarına göre, titreşimlere göre emniyet kontrolü yapılmaktadır.

4.6.4 Ansys Programında Şaftın Analizi

Ansys'te yapılan şaft analizi kontrol amaçlı olup, statik sehimler ve şaftın yerleştirilip dönmeye başladıktan sonra meydana gelecek dinamik etkileri hakkında fikir verir.

4.6.4.1 Şaftın Statik Analizi

Bu kısımda Şekil 4.33'teki şafta yerçekimi etki ettirilerek durağan haldeki sehim ve gerilmeyi görmek amacıyla bir çalışma yapılmıştır.



Şekil 4.33 Modeli yapılacak şaftın resmi, (Wartsila, 2007).

Pervane modelinin yapılması zor ve karmaşık olduğu için pervane yerine aynı kütleye sahip bir disk konulmuştur ve model basitleştirilmiştir.

Modelde kullanılan sayısal değerler:

Pervande devri : 150 rpm

Pervane ağırlığı: 15550 kg

Redüktöre bağlandığı dişlinin ağırlığı: 2579 kg

Şaftın en küçük çapı : 280 mm

Şaftın yoğunluğu: 6970 kg/m³

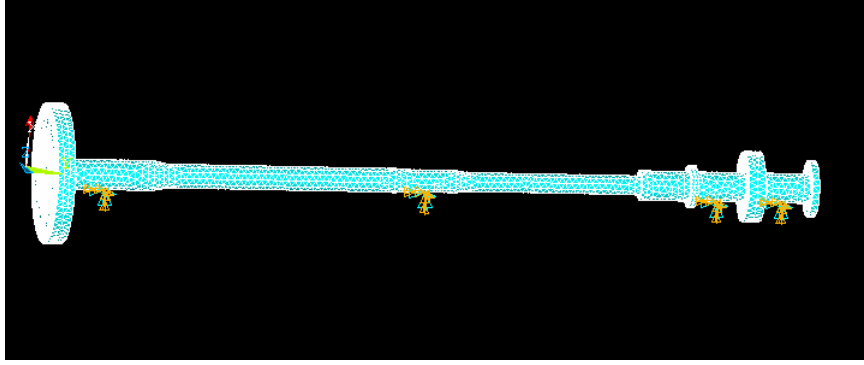
Elastisite modülü: 210000 N/mm²

Poisson oranı: 0.3

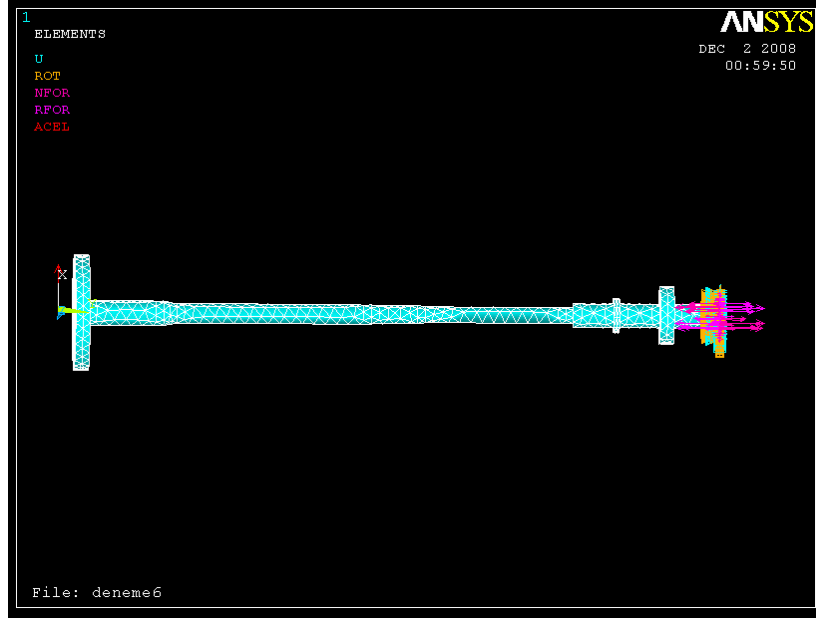
Kaymak elastiklik modülü: 80000 N/mm²

Yataklar arası en büyük mesafe: 5 m

Şekil 4.34 ve şekil 4.35’de ağ yapılarına ayrılmış, yatak noktalarından desteklenmiş ve redüktöre bağlandığı noktada mesnetlenmiş durgun haldeki şaft gösterilmiştir.

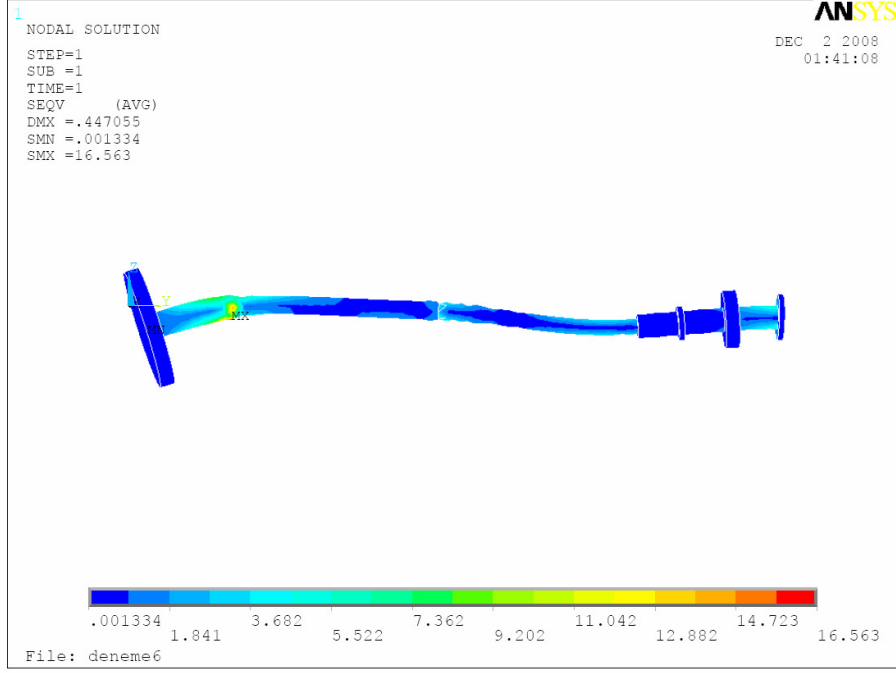


Şekil 4.34 Yatak noktaları belirlenmiş ve ağlara bölünmüş (mesh) şaft modeli



Şekil 4.35 Meshlerin gösterildiği ve kuvvetlerin uygulanıldığı şaft modeli

Bu modele yerçekimi etki ettirilerek kendi ağırlığından dolayı oluşan gerilme ve sehim bulunmuştur. Şekil 4.36’da görüldüğü gibi maksimum sehim 0,447055 mm gerilme ise 16 N/mm²’dir. Statik analizde dikkat edilen en önemli husus sehimlerin fazla olmamasıdır. Bölüm 4.6.3’de belirtildiği gibi statik ve dinamik sehimin toplamının pervane çapının yataklar arası boyun 10000 de 5 inden az olması istenir. Bu değer bu şaft için 2.5 mm değeridir. Statik sehim görüldüğü gibi maksimum değer yaklaşık 5’te biridir. İlk yataklama esnasında yarısına kadar tolerans tanınabilir. Şaftın tüm yataklama işlemleri bittiği ve son durumda olduğu için buradaki çalışma örnek amaçlı sunulmuştur.



Şekil 4.36 Şaft modelinin statik analiz sonucu

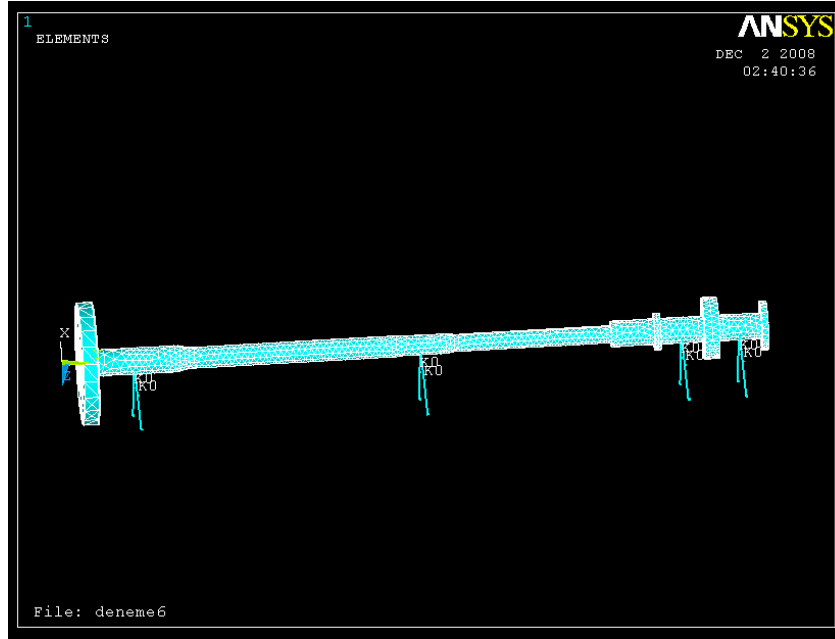
4.6.4.2. Şaftın Dinamik Analizi

Şaftın dönmeye başlamasıyla meydana gelen etkileri görmek amacıyla yapılmış bir çalışmadır. Yataklardaki sönümleme ve rijitlik katsayıları üretici firmadan alınarak yatak elemanları modellenmiştir. Yatak elemanı olarak Combi 214 kullanılmıştır. Tüm yataklardaki sönümleme ve rijitlik katsayıları:

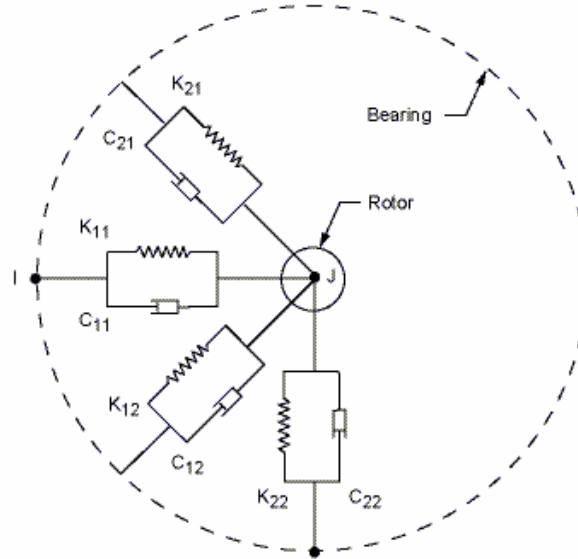
$$\begin{aligned}
 k_{11} &= 1000, 1200, 1500 & c_{11} &= 300, 280, 250 \\
 k_{22} &= 2000, 2400, 2700 & c_{22} &= 500, 400, 350 \\
 k_{12} &= 500, 600, 700 & c_{12} &= -100, -80, -70 \\
 k_{21} &= -1e4, -1e4, -1e4 & c_{21} &= -100, -80, -70
 \end{aligned}$$

Olarak alınmıştır. Yataklardaki bu katsayılar her bir yatak için küçük farklılıklar göstermesine rağmen bu farklar ihmal edilip, en yüksek rijitlik ve en düşük sönümleme katsayılı, pervane yakınındaki yatağın sahip olduğu değerler tüm yataklar için kullanılmıştır. Bu değerler programa girilerek, şaftın kendi eksenine etrafında çeşitli modlarda dönmelerinden oluşan doğal frekansları bulunmuş ve incelenmiştir.

Şekil 4.37’de analizi yapılacak olan şaftın yataklanmış ve ağırlara bölünmüş hali gösterilmektedir.



Şekil 4.37 Şaft modelinin yataklanmış ve ağırlara bölünmüş hali



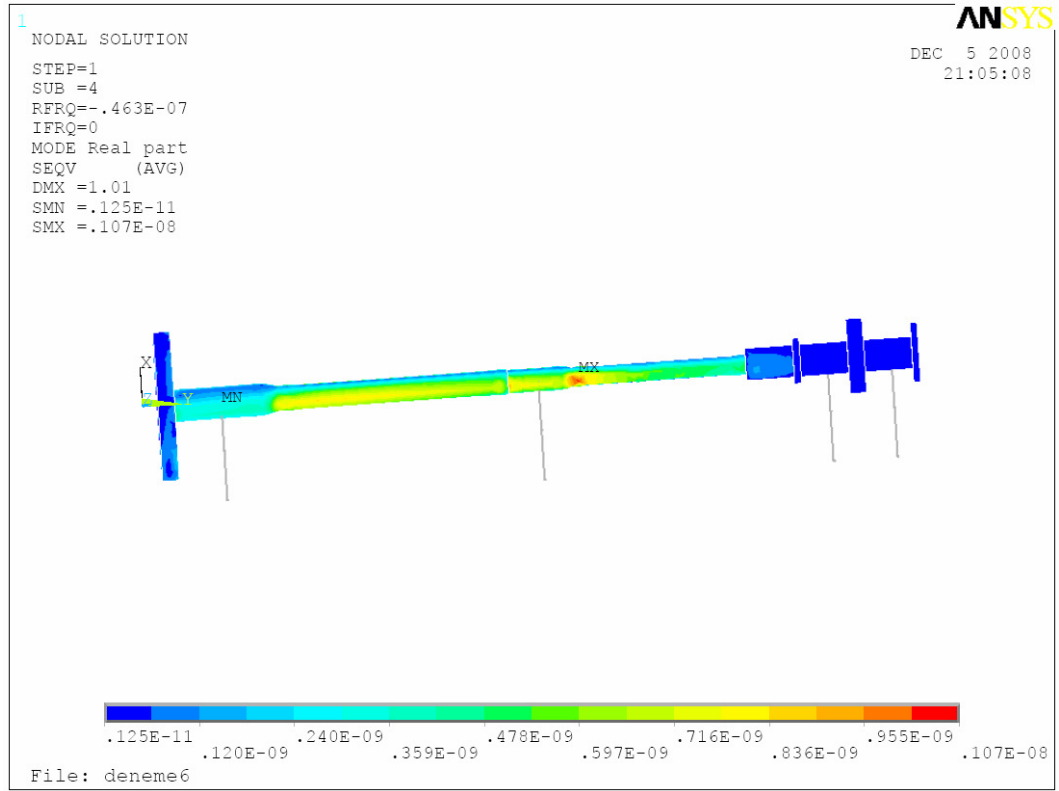
Şekil 4.38 Şaft yataklamasında kullanılan combi 214 elemanı
(Ansys Yardım Dosyası, 2008)

Şekil 4.38’de gösterilen combi 214 elemanı viskoelastik mesnetleme sağlayan bir yatak elemanı olup, yatak şaft arasında sönümlleme ve rijitlik mevcuttur.

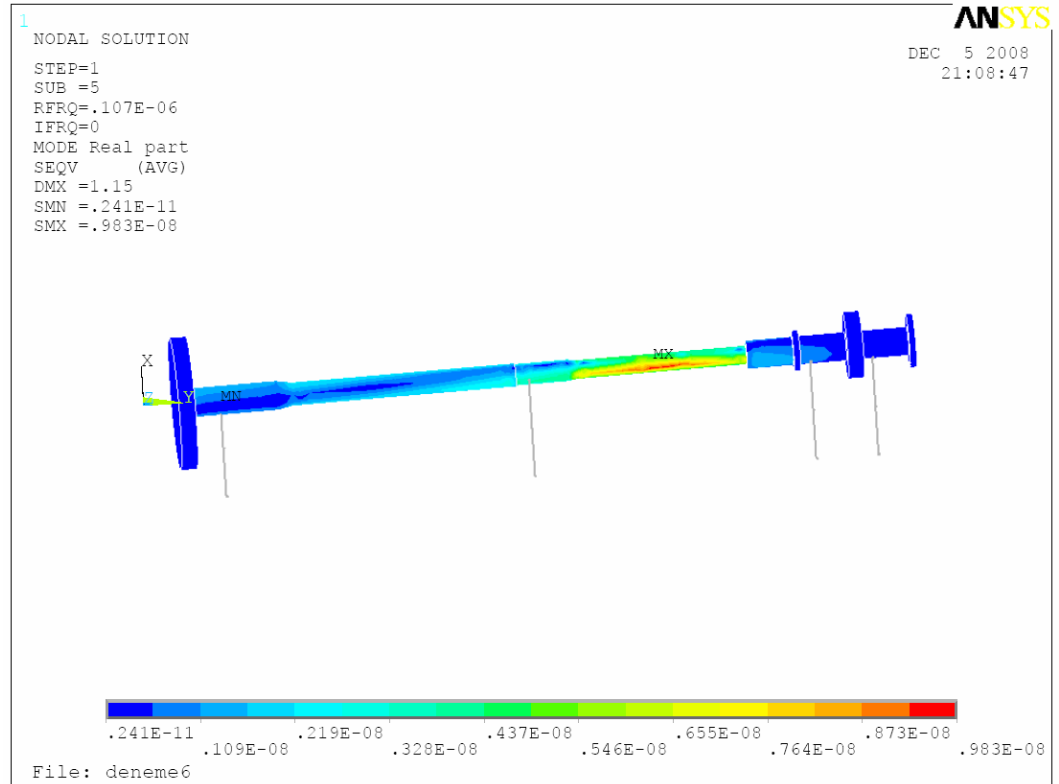
Çizelge 4.4'te analizi yapılan şaftın 18 farklı moddaki doğal frekansları gösterilmiştir. Analiz 21 farklı modda yapılmasına rağmen İlk 3 mod 0 değerlerine çok yakın olduğu için gösterilmemiştir. Çizelge 4.4'ten görüldüğü sonraki 3 moddaki frekanslar da viskoelastik mesnetlemeden dolayı 0'a çok yakındır.

Çizelge 4.4 Şaftın çeşitli modlardaki doğal frekansları

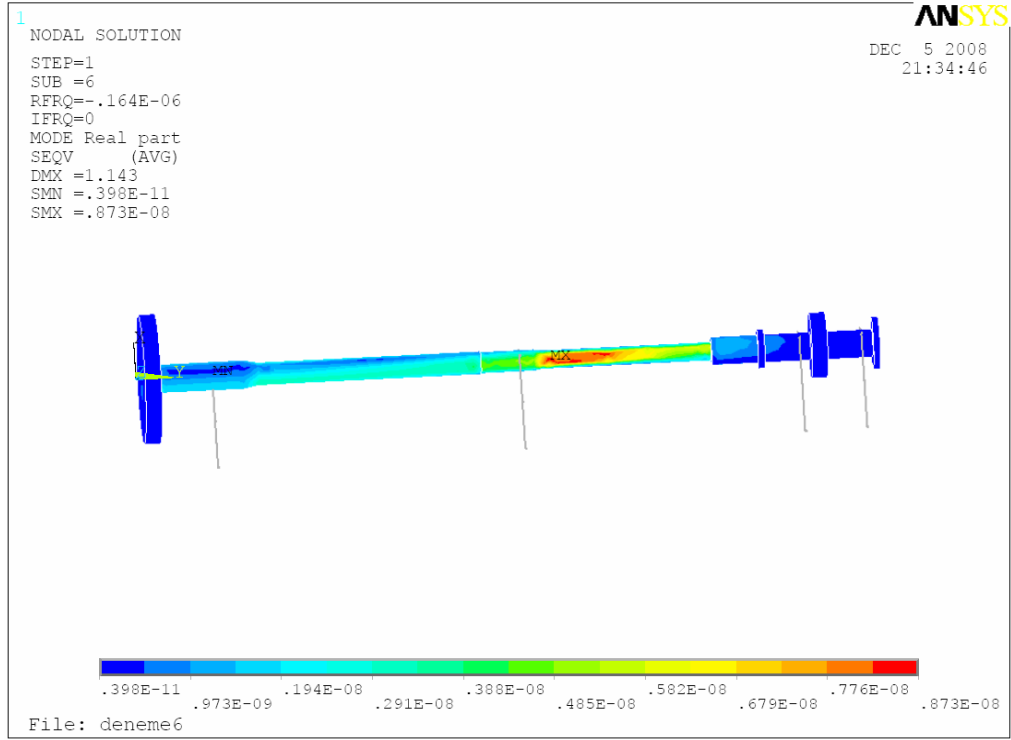
1	0.46389E-04	Hertz
2	0.12143E-03	Hertz
3	0.22958E-03	Hertz
4	7.2101E	Hertz
5	7.2136E	Hertz
6	23.513	Hertz
7	23.544	Hertz
8	24.732	Hertz
9	47.511	Hertz
10	47.610	Hertz
11	81.714	Hertz
12	81.897	Hertz
13	103.64	Hertz
14	130.99	Hertz
15	131.16	Hertz
16	185.07	Hertz
17	185.17	Hertz
18	198.91	Hertz



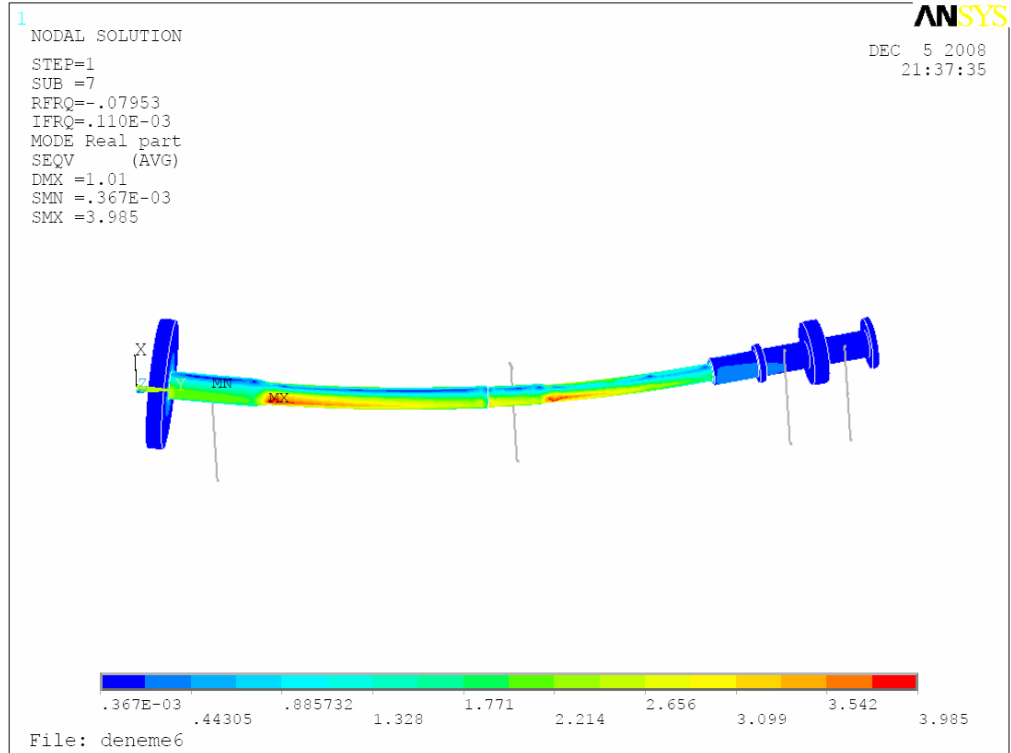
Şekil 4.39 Şaft analizi sonucu 1. mod durumu



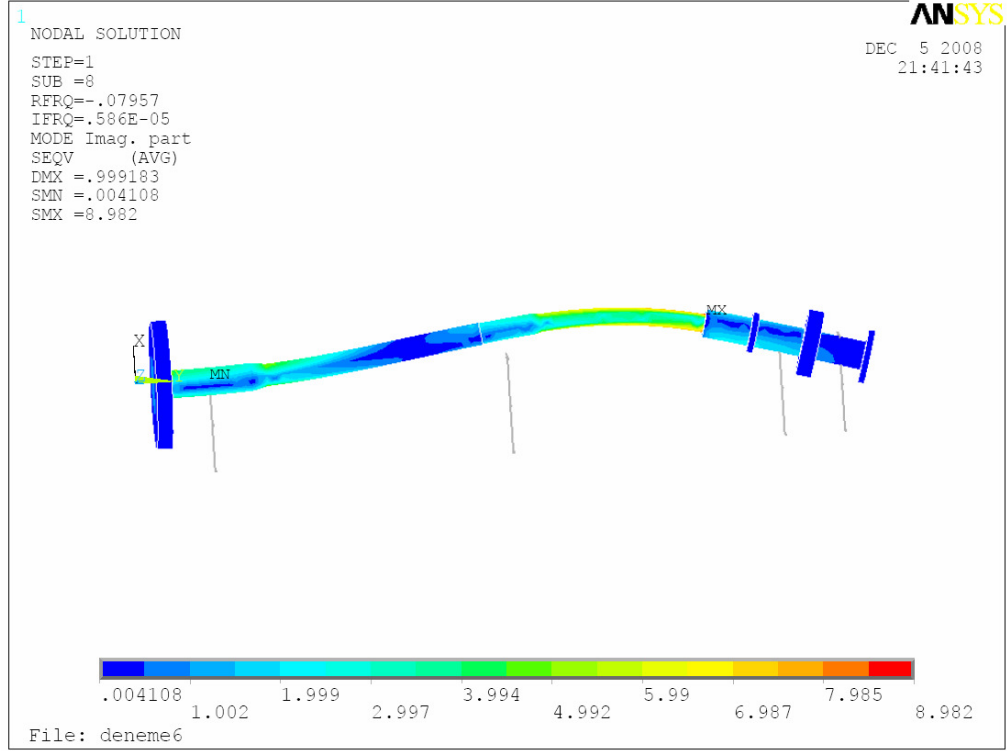
Şekil 4.40 Şaft analizi sonucu 2. mod durumu



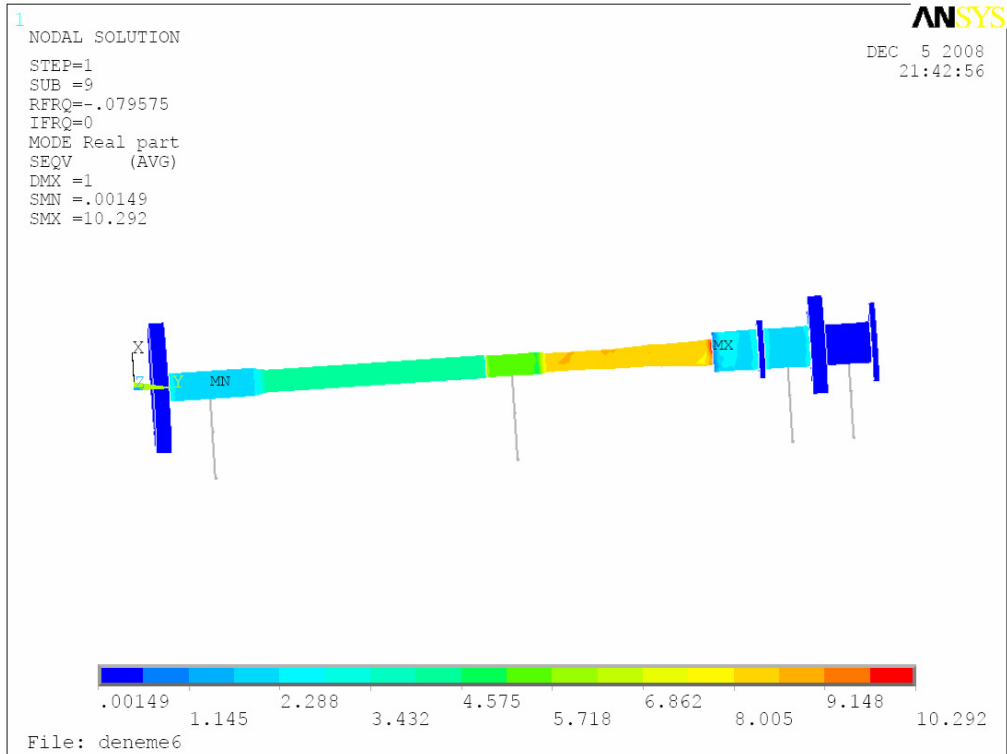
Şekil 4.41 Şaft analizi sonucu 3. mod durumu



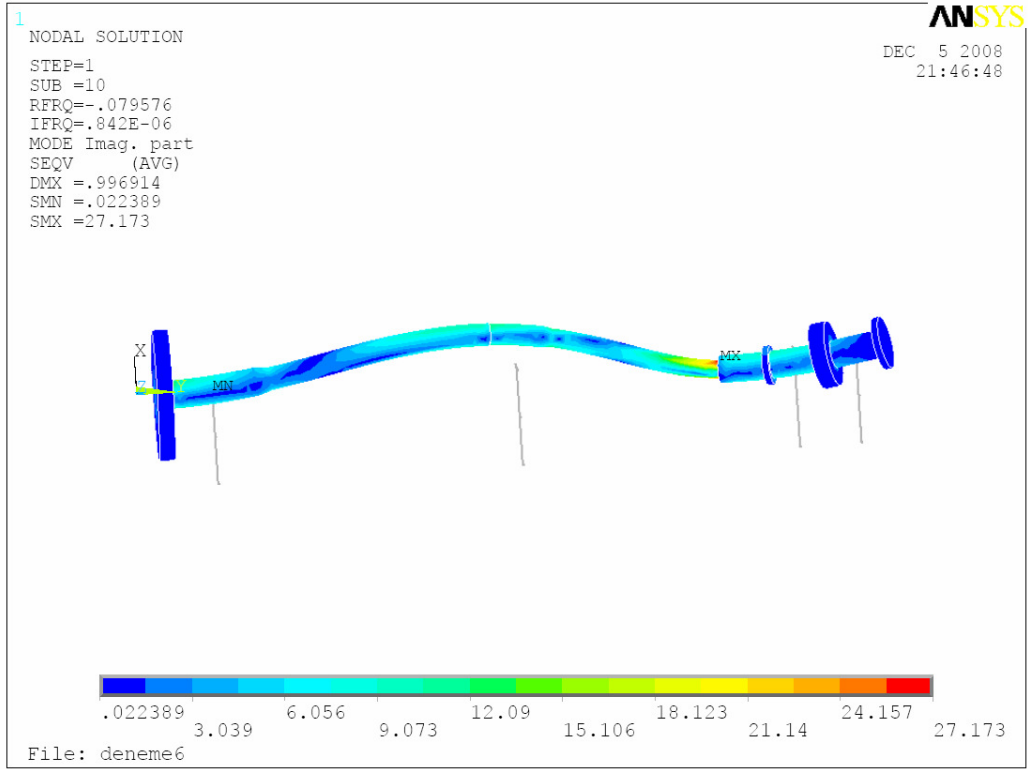
Şekil 4.42 Şaft analizi sonucu 4. mod durumu



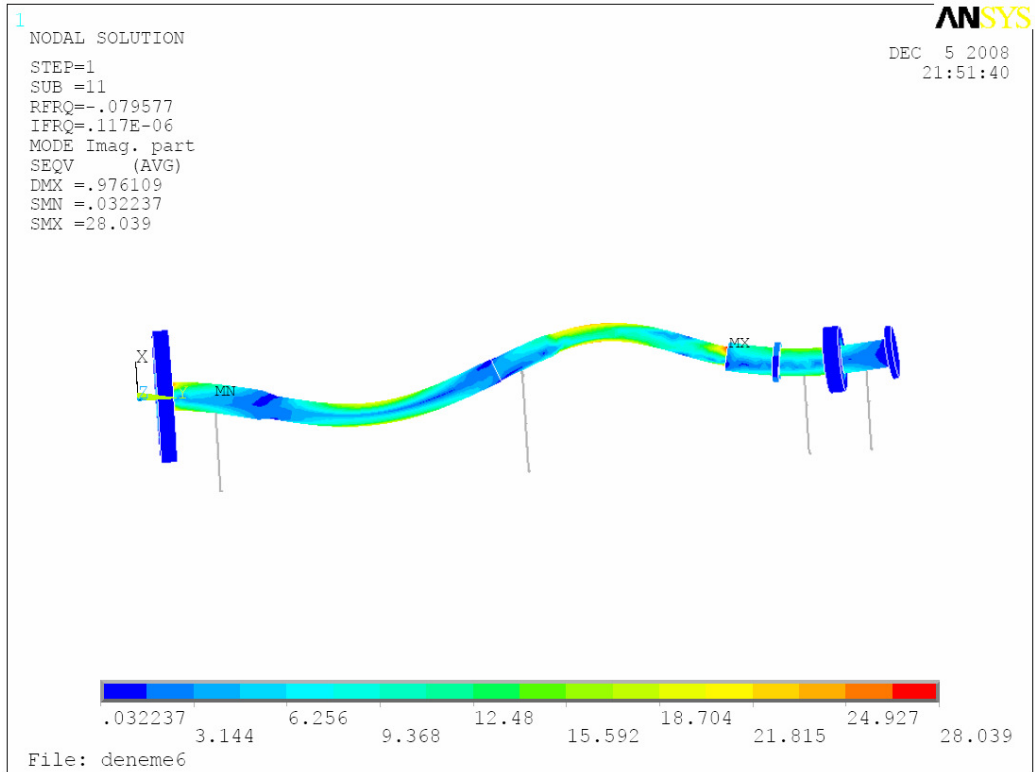
Şekil 4.43 Şaft analizi sonucu 5. mod durumu



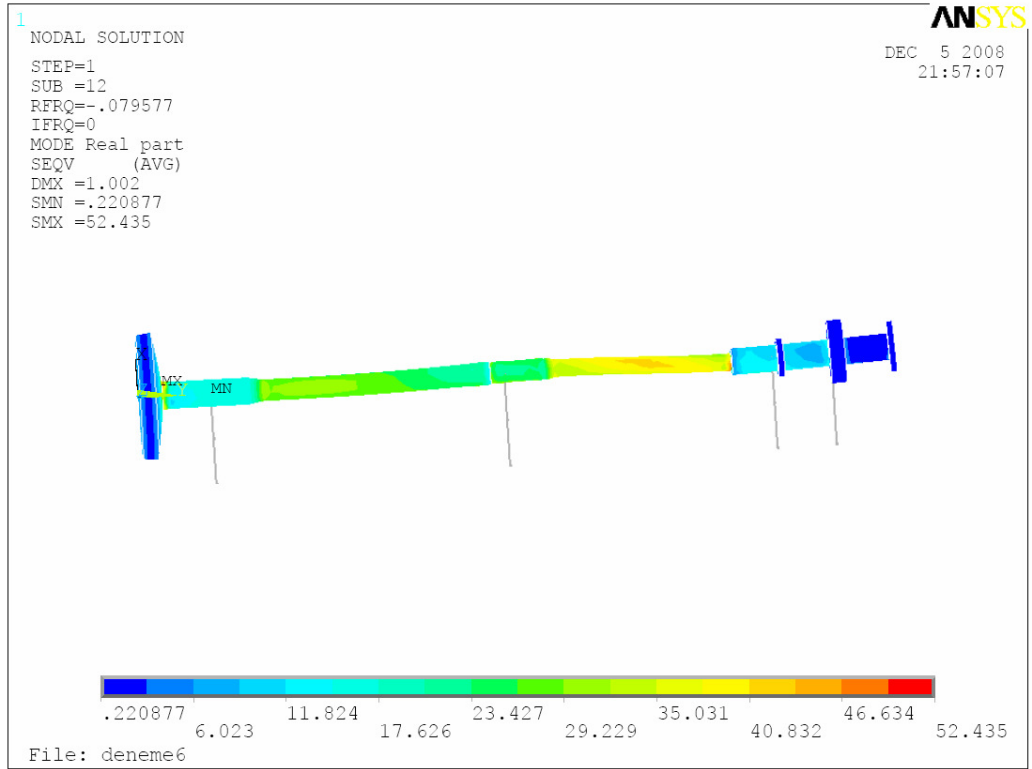
Şekil 4.44 Şaft analizi sonucu 6. mod durumu



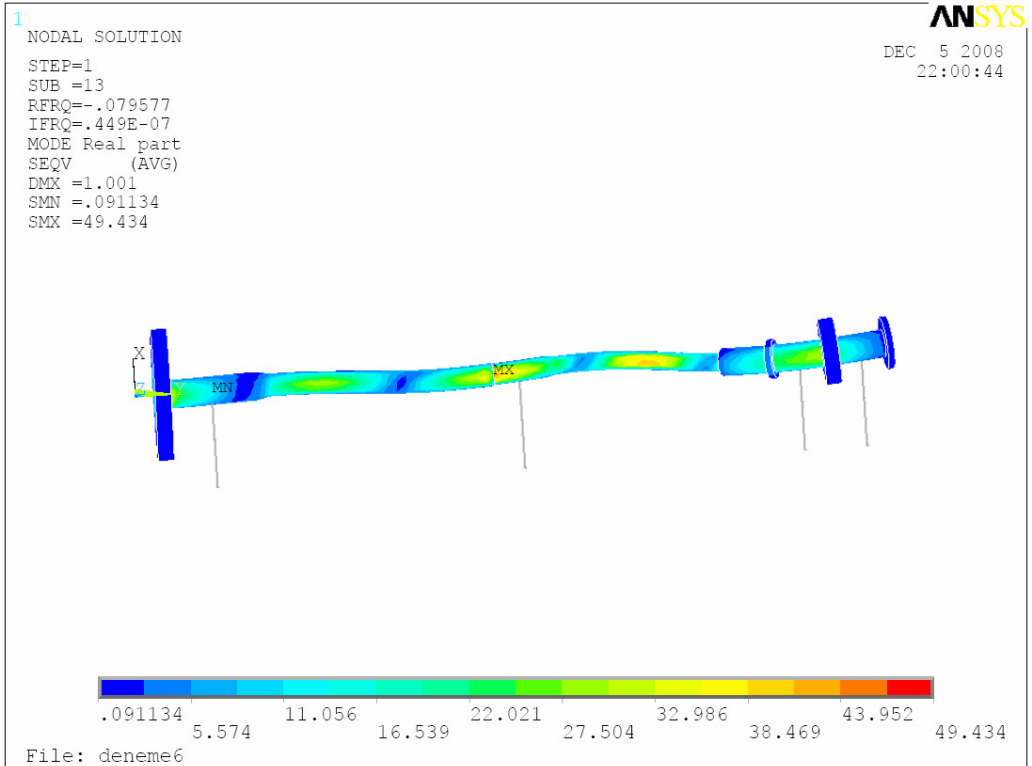
Şekil 4.45 Şaft analizi sonucu 7. mod durumu



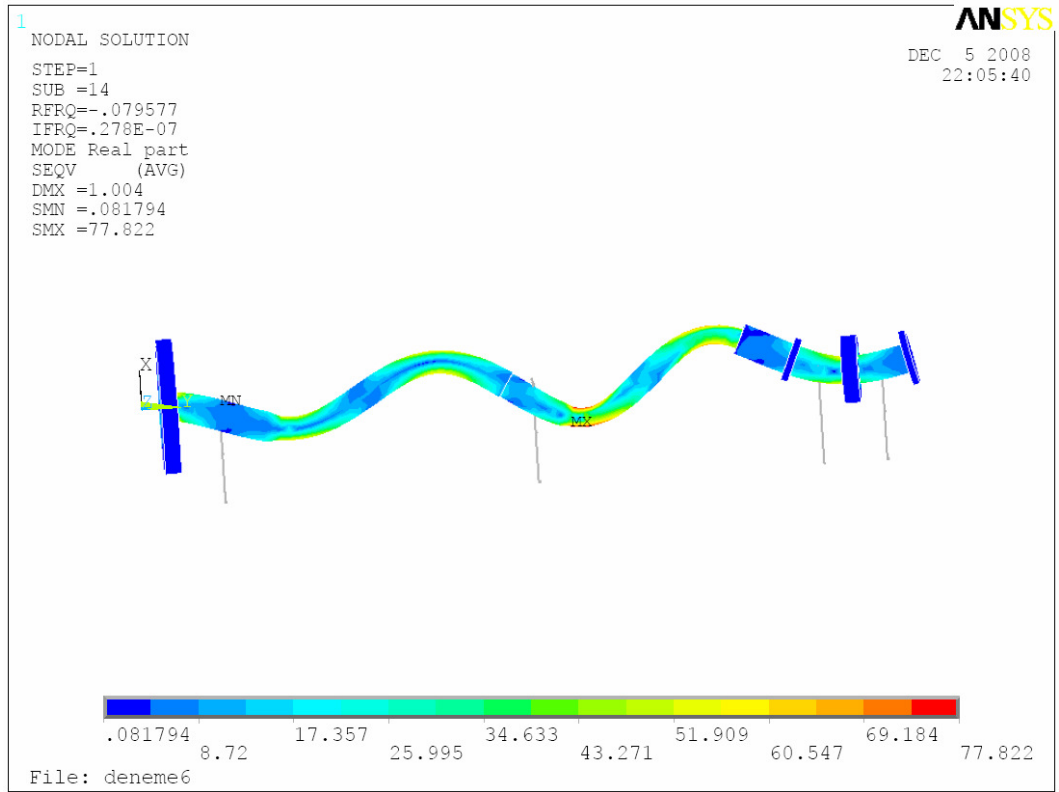
Şekil 4.46 Şaft analizi sonucu 8. mod durumu



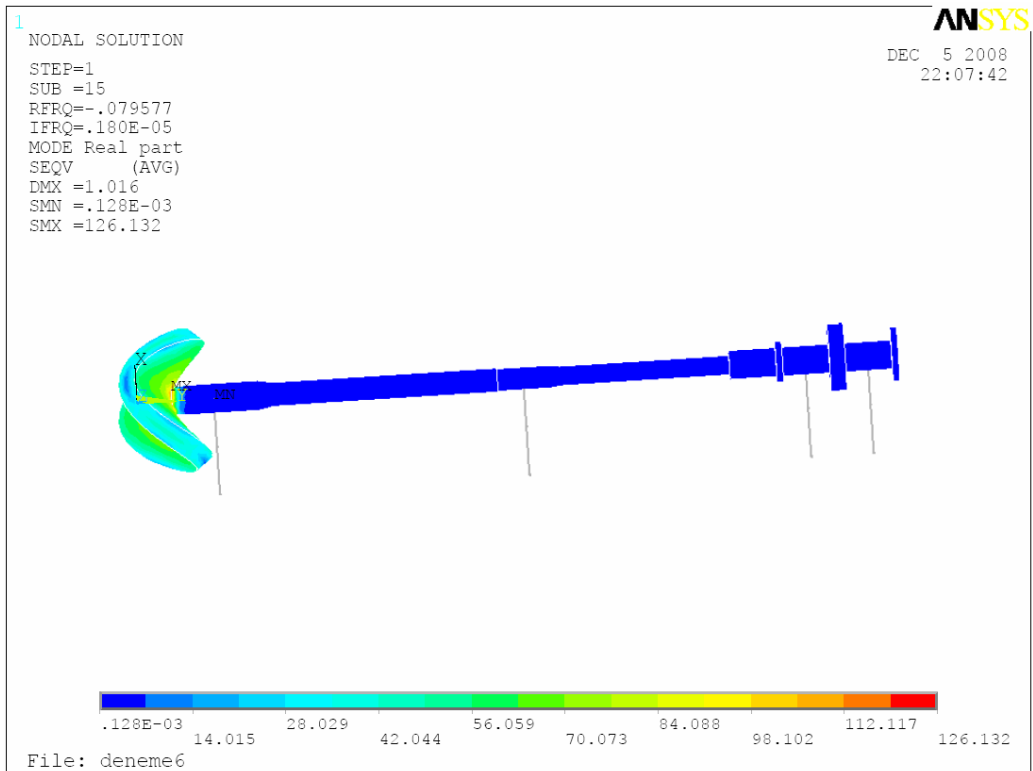
Şekil 4.47 Şaft analizi sonucu 9. mod durumu



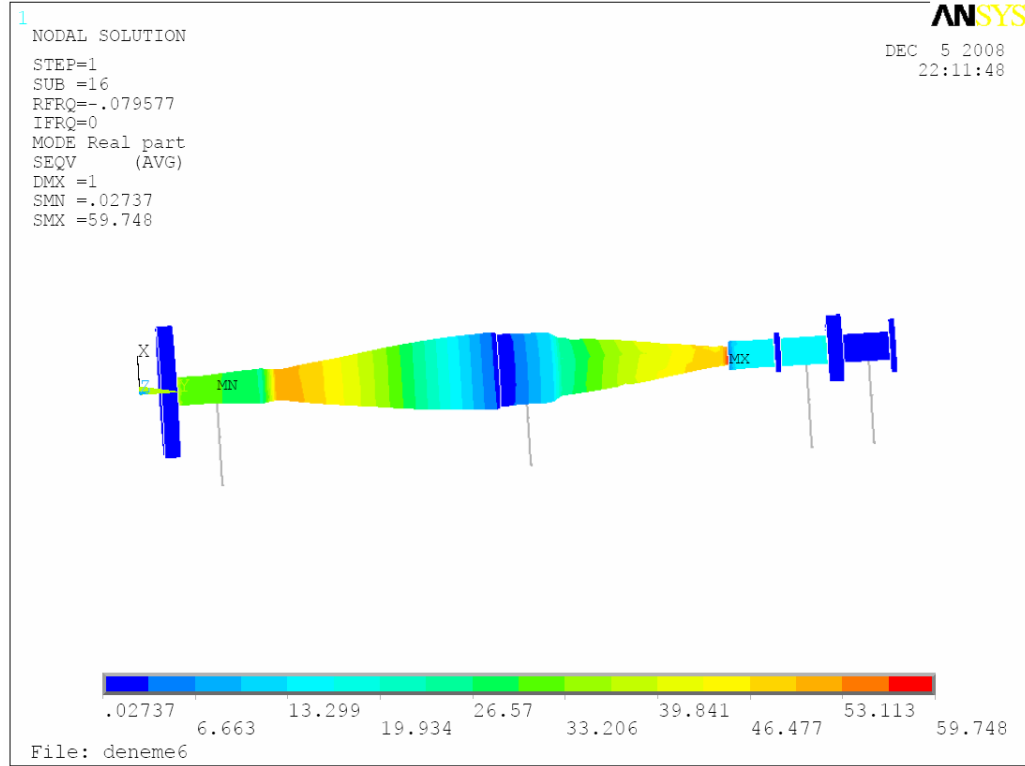
Şekil 4.48 Şaft analizi sonucu 10. mod durumu



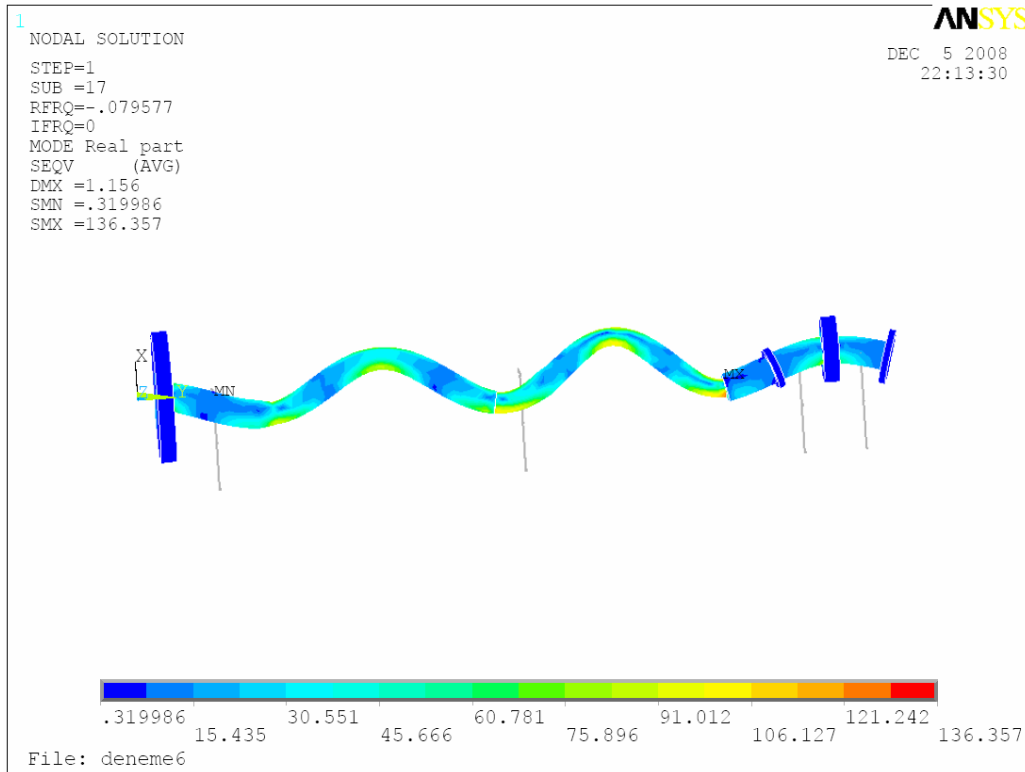
Şekil 4.49 Şaft analizi sonucu 11. mod durumu



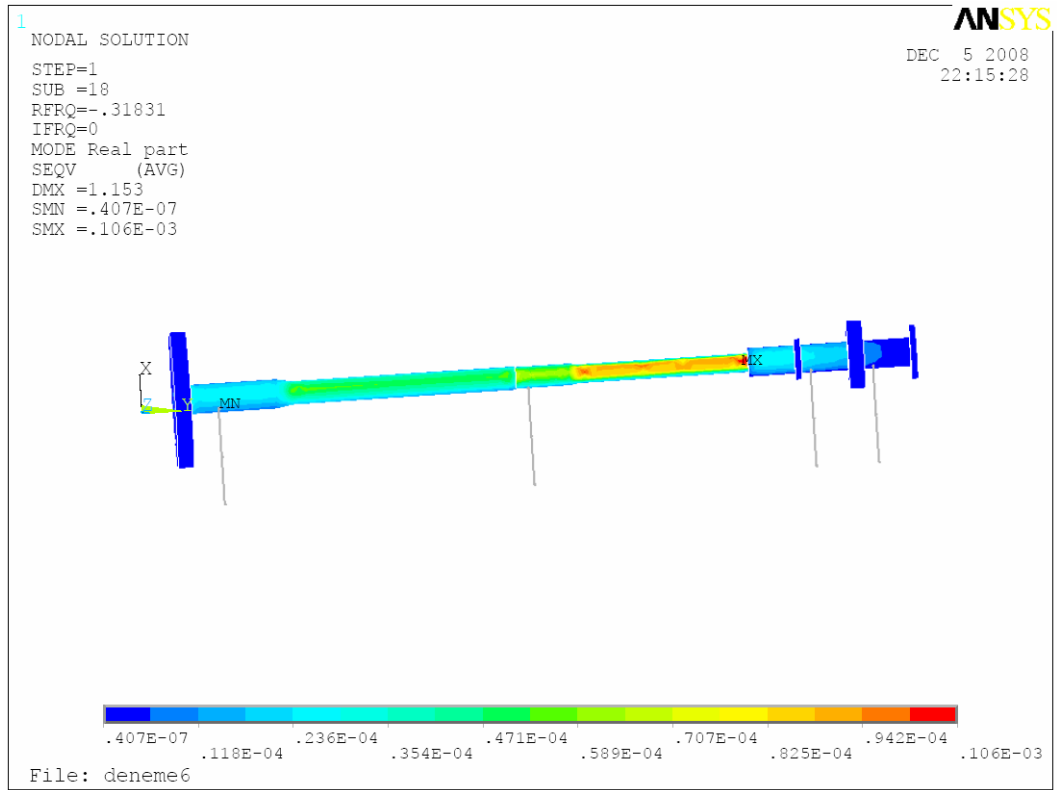
Şekil 4.50 Şaft analizi sonucu 12. mod durumu



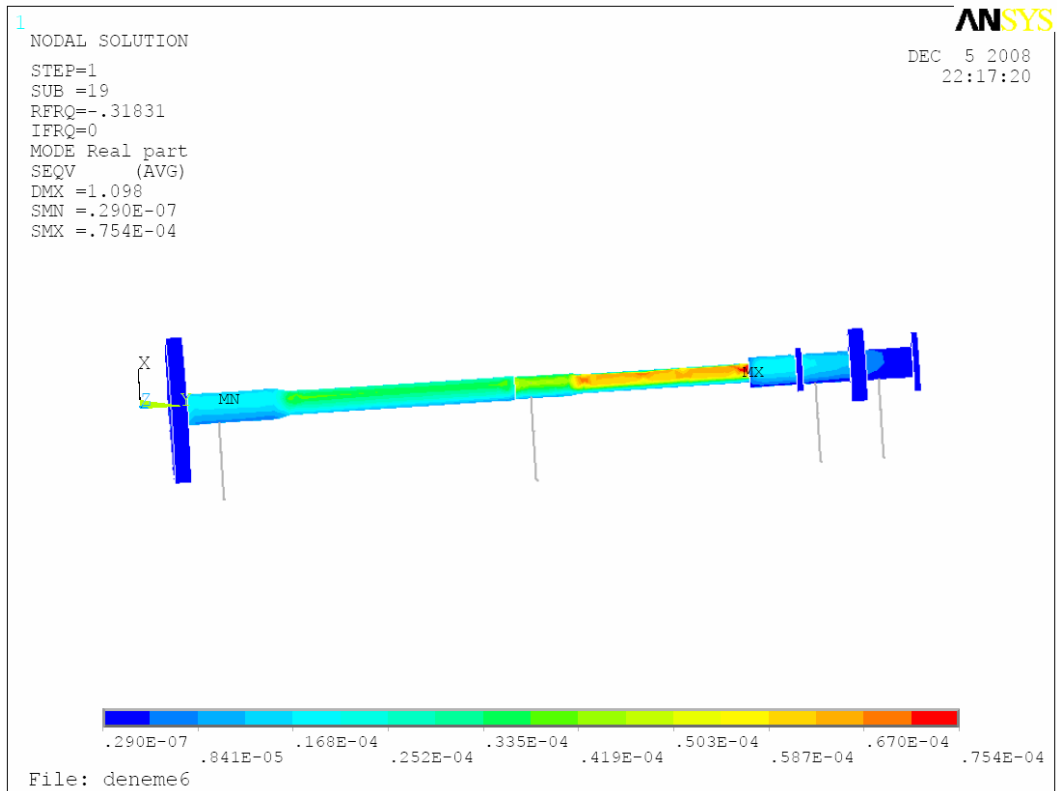
Şekil 4.51 Şaft analizi sonucu 13. mod durumu



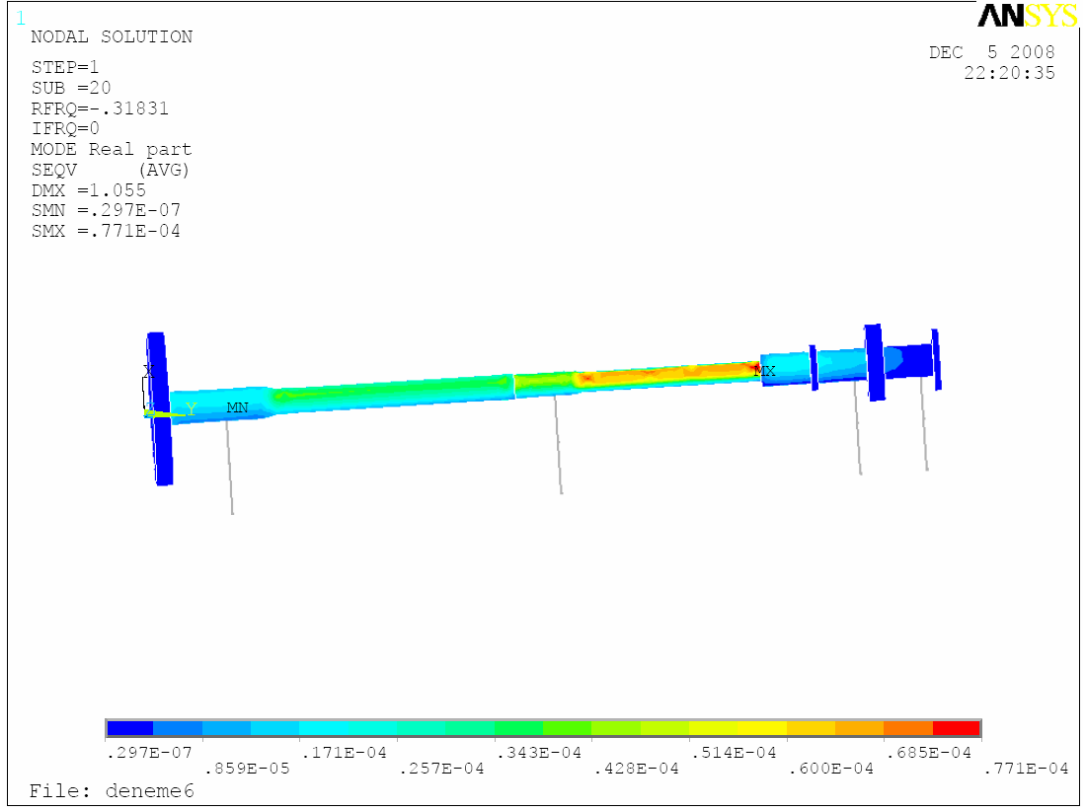
Şekil 4.52 Şaft analizi sonucu 14. mod durumu



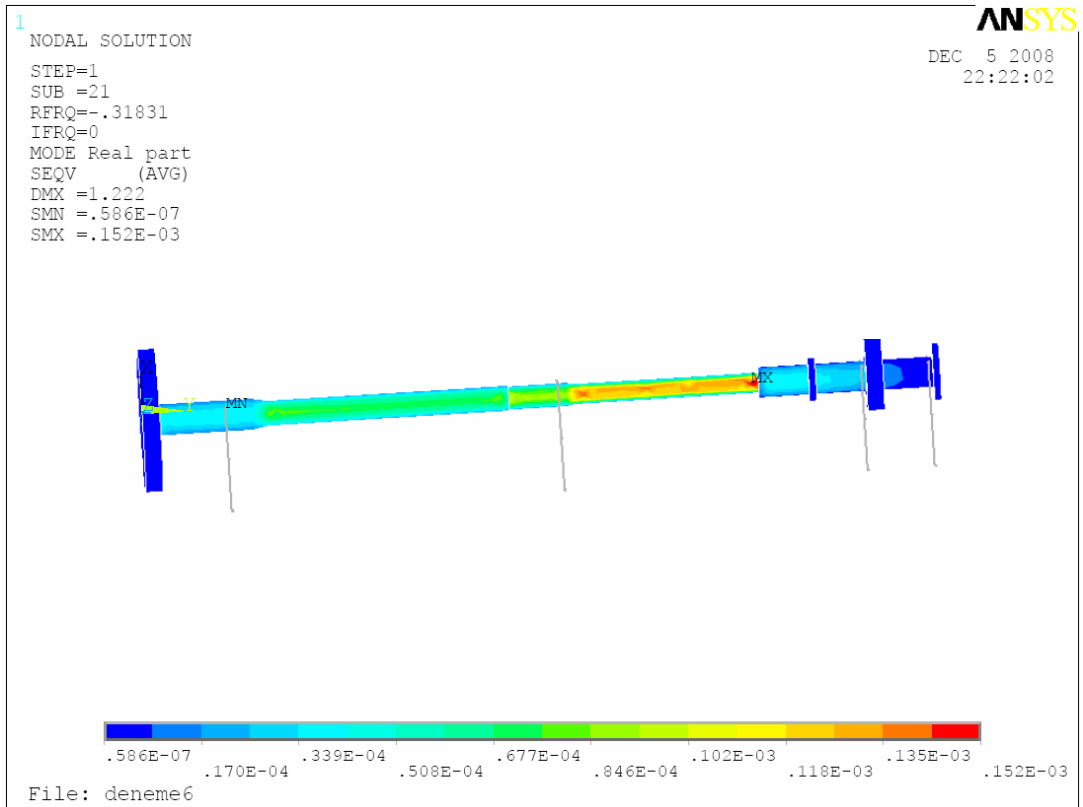
Şekil 4.53 Şaft analizi sonucu 15. mod durumu



Şekil 4.54 Şaft analizi sonucu 16. mod durumu



Şekil 4.55 Şaft analizi sonucu 17. mod durumu



Şekil 4.56 Şaft analizi sonucu 18. mod durumu

Ansys dönme analizi sonucu, şaft dönme esnasında farklı modlarda rezonansa girmektedir. Şekil 4.39'dan, şekil 4.56'ya kadar olan kısımda şaftın 18 farklı modda dönmesinde oluşan durumlar gösterilmiştir. Şaft dönerken bir taraftan da eğilme hareketi yapabilmektedir. Rezonans frekansları şaftın maruz kaldığı etkilere ve dönme hızına göre de değişir. Bununla birlikte, burada bulunan sonuçlar gerçek pervanenin çalışmasıyla karşılaştırılmadığı için sadece fikir verebilir kesin yargıya varmak amacıyla kullanılamaz. Çünkü pervane kanatlarının şekli, suyun hidrodinamik etkileri, şaftın çalışmasını mutlaka etkileyecektir. Bu konuyla ilgili bazı klas kuruluşlarının çeşitli çalışmaları devam etmektedir.

5. SONUÇLAR

Bu çalışmada, dizayn aşamaları incelenmiş detay dizaynının dizayn aşamalarındaki yeri ve önemi açıklanmıştır. Detay dizaynının zor bir kısmı olan detay donatım dizaynı için bilinmesi gereken donatım elemanlarının özellikleri incelenmiştir. Gemi donatım dizaynı yapmak için öncelikle gemi donatımını iyi bilmenin önemi ortaya konulmuştur.

Gemi donatımını bilmenin sadece donatım elemanlarını ve özelliklerini bilmekle sınırlı olmadığı, klas kuruluşunun belirlediği kuralları ve bu kurallarla beraber üretim yönünü ve geminin çalışma koşullarını da bilmenin gerektiği görülmüştür. Gemi donatımında ve buna bağlı olarak gemi inşasında verimi arttırma, hata ve maliyeti düşürme amacıyla geliştirilen en önemli yöntemlerden biri olan model çalışmalarının önemi ortaya konulmuş ve gemi modellemesinde kullanılan Tribon programı hakkında genel bilgi verilmiş, tersaneye kazandırdığı faydalar örnek çalışmalarla izah edilmiştir. Bu örneklerden de görüldüğü gibi fonksiyonel dizaynlar doğrudan üretime gönderilmeyip modeli yapılmış, modelden çıkartılan detay dizaynlar işçilik ve imalat resimleri olarak üretime gönderilmiştir. Böylelikle üreticiye sadece maket birleştirir gibi imal edilen parçaları verilen numara ve ölçülere göre yerine kaynatması kalmıştır. Hiçbir deneme yanılmaya gerek kalmadan daha önceden modeli yapılmış bir geminin, donatımının tüm gemi bittikten sonra değil de blok blok aynı anda birkaç yerden başlayıp ortak noktada birleştirilerek elde edilecek büyük zaman kazancının olacağı anlatılmıştır. Detay dizaynının üretimden önceki son dizayn safhasını kapsaması nedeniyle, iyi yapılan dizaynın maliyeti de o derece düşüreceği ve üreticinin ne derece işini kolaylaştıracağı örneklerle gösterilmiştir.

Modellemenin yanında yapılan modelin analizinin faydaları görülmüştür. Analiz programı olarak Ansys paket programı kullanılmış, örnek analizlerle gemi inşa sektörüne katkıları ortaya sunulmuş, yapılan çalışmaların ve edinilen tecrübelerin artmasıyla daha fazla katkıda bulunacağı, böylelikle gemi donatım elemanlarının daha iyi dizayn edileceği fikri ortaya konulmuştur.

Tüm bu çalışma sonunda gemi donatımının ne olduğu günümüzde nasıl yapıldığı, yardımcı programların neler kazandırdığı gösterilmiştir. İyi bir gemi donatımı yapmak için iyi bir gemi modeli oluşturmak gerektiği, iyi bir gemi modeli oluşturmak için ise, gemiyi donatım açısından iyi bilmek gerektiği, aynı zamanda donatımla ilgili klas kuruluşunun belirlediği kuralları iyi bilmek gerektiği söylenebilir.

KAYNAKLAR

- Aveva Corporation, (2006), “Tribon M3 Help Dosyaları”, Cambridge
- Ansys Inc, (2008), “Ansys 11.0 Help Dosyaları”, California
- Bozacı, A., (2000), Makine Elemanları, Seç Yayın Dağıtım, İstanbul
- Çelik, M., (2002), Gemilerde Ön Dizayn İşlemlerinin Gelişimi ve İlgili Modern Metotların İncelenmesi, Lisans Tezi, YTÜ, Gemi İnşaatı Mühendisliği Bölümü
- DPT, (2007), “Dokuzuncu Kalkınma Planı, Gemi İnşaa Sanayii Özel İhtisas Komisyonu Raporu”, Dokuzuncu Kalkınma Planı, Ankara
- Er, Y., (1998), Gemi Pervanelerine Etkiyen Hidrodinamik Yüklerin Bulunması ve Gerilme Analizinin Yapılması, Yüksek Lisans Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü
- Erkoç, C. N., (2000), Autocad ve Ansys Programlarını Kullanarak Mil Tasarımı, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
- Gishner, B., (2006), “Interoperability Throughout the Ship Life Cycle”, Ship Production Symposium, Florida
- Güçlü, R., (1988), Gemi Pervane Şaft Sistemlerindeki Mekanik Titreşimler, Yüksek Lisans Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü
- Karabulut, H., (2007), Boru Dirsek Parçalarının Sonlu Elemanlar Yöntemi ile Şekillendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Gebze İleri teknoloji Enstitüsü, Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü
- Müftüoğlu, S., (1970), Mekanik Dersleri, Berksoy Matbaası, İstanbul
- Odabaşı, Y., (2008), Gemi Mühendisliğine Giriş Ders Notları, İTÜ
- Palavan, S., (1969), Mekanik Titreşimler Dersleri, Ofset Matbaacılık, İstanbul
- Parisher, R. A., (2002), Pipe Drafting and Design, Gulf Professional Publishing, Boston
- Türk Loydu., (2008), Cilt B, Kısım 4 Makine Kuralları, İstanbul
- Tahralı, N., (2005), Makine Elemanları Ders Notları, YTÜ
- Wartsila Corporation, (2007), “Wartsila Lips Shaft Instruction Manual”, Helsinki
- Woodward, J. B., (1984), Marine Shaft Alignment Calculations, Sarah Jennings Pres, Mishigan

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi	13.03.1983	
Doğum yeri	Samsun	
Lise	1997-2001	Açık Öğretim Lisesi
İngilizce Hazırlık	2002-2003	Yıldız Teknik Üniversitesi İngilizce Hazırlık
Lisans	2003-2007	Yıldız Teknik Üniversitesi Makine Fakültesi Gemi İnşaatı ve Gemi Makineleri Müh. Bölümü
Yüksek Lisans	2007-2009	Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gemi İnşaatı ve Gemi Makineleri Müh. Anabilim Dalı

Çalıştığı kurumlar

2007-2009	RMK Marine Gemi Yapım Sanayii ve Deniz Taşımacılığı İşletmesi A.Ş.
2009-	YTÜ, Gemi İnşaatı ve Gemi Makineleri Mühendisliği Bölümü, Araştırma Görevlisi