



T.C.
MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**TRANSMİKSER TAŞIYICI KONSOLLARININ
TASARIMI VE ANALİZİ**

EBRU ALPMAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ANTAKYA

TEMMUZ-2012



T.C.
MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

TRANSMİKSER TAŞIYICI KONSOLLARININ
TASARIMI VE ANALİZİ

EBRU ALPMAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ANTAKYA

TEMMUZ-2012

İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER	I
ÖZET	III
ABSTRACT	IV
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	V
ŞEKİLLER DİZİNİ	VII
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	3
3. KARIŞTIRMA VE KARIŞTIRMA TEORİSİ	7
3.1. Aksiyal Karıştırıcılar	7
3.2. Radyal Karıştırıcılar	9
3.3. Teğetsel Karıştırıcılar	11
3.4. Özel Tip Karıştırıcılar	12
3.4.1. Jet Mikserleri	12
3.4.2. In-Line Statik Mikserler	14
3.4.3. In Line Dinamik Mikserler	16
3.4.4. Yüksek Hızlı Dispersiyon Ünitesi	17
3.4.5. Valf Homojenizerleri	17
3.4.6. Ultrasonik Homojenizerler	18
3.4.7. Ekstrüderler	19
3.4.8. Öğütücü Değirmen Tipi Karıştırıcı	21
4. KARIŞIMLARIN SINIFLANDIRILMASI	23
4.1. Gaz-Sıvı Karışımları	23
4.2. Sıvı-Sıvı Karışımları	25
4.2.1. Karışabilir Sıvıların Karıştırılması	25
4.2.2. Farklı Özelliklere Sahip Sıvıların Karıştırılması	27
4.3. Viskoz Maddelerin Karıştırılması	30
4.4. Sıvıların Katılarla Karıştırılması	34
4.5. Katıların Katılarla veya Az Miktardaki Sıvılarla Karıştırılması	35
5. BETON	38
5.1. Taze Beton	39
5.1.1. Betonun Karıştırılması	41
5.1.2. Betonun yerleştirilmesi	41
5.1.3. Betonun sıkıştırılması	42
5.1.4. Betonun bakımı (Kürü)	42
5.2. Hazır Beton	43
5.2.1. Beton taşınırken oluşan işlenebilirlik kayıpları	44
5.3. Hazır Beton Nakil Ve Hazırlama Araçlar	46
5.3.1. Transmikserler	46
5.3.1.1. Kuru Transmikserler	46
5.3.1.2. Yaş Transmikserler	47
6. MATERYAL VE METOD	49
6.1. Materyal	49
6.2. Metod	51
6.2.1. Katı Model Oluşturma ve Analizi	51
6.2.2. Problemin Tanımı	56
6.2.3.1. Sonlu Eleman Analiz Aşamaları	63
6.2.3.2. Modellerin Ansys'e Aktarılması	64

6.2.3.2.1. Transmikser modelinin Ansys'e Aktarılması	64
6.2.3.2.2. Geliştirilen Taşıyıcı ön konsol modelinin ANSYS'e aktarılması	65
6.2.3.2.3. Geliştirilen Taşıyıcı arka konsol modelinin ANSYS'e aktarılması	66
6.2.3.3. Analiz Tipinin Tanımlanması	66
6.3.3. Yapılan Basitleştirmeler ve Kabuller	67
6.3.4. Malzeme Özelliklerinin Tanımlanması	71
6.3.5. Sınır Koşulları	74
6.3.6. Mesnetlerin Belirlenmesi Ve Mesh	77
7. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA	81
8. SONUÇ VE ÖNERİLER	94
KAYNAKLAR	95
TEŞEKKÜR	97
ÖZGEÇMİŞ	98

ÖZET

TRANSMİKSER TAŞIYICI KONSOLLARININ TASARIMI VE ANALİZİ

Bu çalışmada, transmikserin en önemli parçaları olan ön konsol ve arka konsolların maruz kaldığı kuvvetlerin neden olduğu gerilmeler incelenmiştir. Daha sonra gerilmelerin azaltılması ve daha etkin bir kullanım için parça üzerinde değişiklikler yapılmış ve bu değişimlerin gerilmeler üzerindeki etkisi araştırılmıştır.

Çalışmada ön konsol ve arka konsolları üç boyutlu tasarım programı olan CATIA V5R20 yardımıyla modellenmiştir. Bu işlemten sonra hazırlanan modeller paket program olan ANSYS 14.0' e aktarılmıştır. ANSYS 14.0' de gerekli koşullar sağlanarak modellerin gerilme analizi yapılarak ön ve arka konsol geliştirilmiştir.

2012,98 sayfa

Anahtar sözcükler: Gerilme analizi, Deformasyon, Transmikser, Taşıyıcı konsol

ABSTRACT**THE DESIGN AND ANALYSIS OF THE PEDESTAL BASES OF TRANSMIXERS**

In this study, the stresses which are arised as a result of the forces that are caused by the frontal and rear pedestal bases, which are the most important parts of the truckmixers, are examined. Then, to decrease the stresses and to provide a more effective using, some changes on the parts are realized and the effects of these changes on the stresses are examined.

In the study, the frontal and rear pedestal bases are modelled by the aid of the three dimensional designing program of CATIA V5R20. Following the modelling, the prepared models are transferred to the packet program of ANSYS 14.0. Providing the necessary conditions on ANSYS 14.0, the frontal and rear pedestal bases are developed by realizing the stress analysis of the models.

2012,98 pages

Keywords: Stress-analysis, Deformation, Truckmixer, Pedestal base

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

b	Çubuk levha genişliği (m)
C	Pervane ile tankın tabanı arasındaki boşluk (m)
D	Karıştırıcı tankın çapı (m)
d	Pervane çapı (m)
dBrB	Disk levhasının çapı (m)
dBsB	Karıştırıcı disk çapı (m)
dw	Karıştırıcı milin çapı (m)
DBeB	Jetin başlangıçtaki çapı (m)
E	Elastisite Modülü (MPa)
hBgB	Karıştırıcı yüksekliği (m)
hBrB	Disk plaka yüksekliği (m)
e	Pervanenin tabandan yüksekliği (m)
hg	Adım yüksekliği (m)
hr	Toplam karıştırıcı yüksekliği (m)
g	Gravitasyonel ivmelenme sabiti ($m \cdot s^{-2}$)
k	Uyumluluk indeksi ($Pa \cdot sn$)
m	Güç kanununa uyumluluk indeksi, ($Pa \cdot sn$)
n	Akış davranış indeksi
Nu	Poisson Oranı
Q	Gazın akış debisi ($m^3 \cdot s^{-1}$)
QBeB	Sürüklenen suyun miktarı
P	Karıştırma kabında harcanan güç (W)
S	Akım kırıcı genişliği (m)
t	Tank çapı (m)
X	Jet eksenini boyunca uzaklık (m)
BDT	Bilgisayar Destekli Tasarım
BDÜ	Bilgisayar Destekli İmalat
BDA	Bilgisayar Destekli Analiz
CAD	Computer Aided Design

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 5.1. Beton viskozitesi (slump) sınıfları	41
Çizelge 5.2. Transmikser bilgi cetveli	48
Çizelge 6.1. Malzeme özellikleri	72
Çizelge 6.2. Domex700MC malzeme özellikleri	74

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1. Karıştırıcı Tank (E. Alnak, 2007).....	3
Şekil 3.1. Aksiyal karıştırıcılar.....	8
Şekil 3.2. Türbin tipi radyal karıştırıcı.....	10
Şekil 3.3. Teğetsel karıştırıcılardan çapa tipi karıştırıcı.....	11
Şekil 3.4. Hareketsiz sıvı kütlesine giren sıvı jetinin şekli.....	13
Şekil 3.5. Hava tahrikli ve akım kırıcılı sistem.....	14
Şekil 3.6. In-line statik mikser.....	15
Şekil 3.7. In-line dinamik mikser	16
Şekil 3.8. Yüksek hızlı dispersiyon ünitesi.....	17
Şekil 3.9. Valf homojenizeri.....	18
Şekil 3.10. Ultrasonik homojenizer.....	19
Şekil 3.11. İkiz vidalı ekstrüder.....	20
Şekil 3.12. Tek vidalı ekstrüder.....	20
Şekil 3.13. Farklı tipteki öğütücü değirmen örnekleri.....	21
Şekil 3.14. Farklı tipteki öğütücü değirmen örnekleri.....	22
Şekil 4.1. Gaz-sıvı karışım tipleri.....	25
Şekil 4.2. Statik karıştırıcılar.....	27
Şekil 4.3. Pervane karıştırıcı tipleri.....	28
Şekil 4.4. Pervane karıştırıcı tipleri.....	29
Şekil 4.5. Karıştırıcı akış tipleri.....	30
Şekil 4.6. Yoğurma makinesi.....	31
Şekil 4.7. Banbury karıştırıcısı.....	32
Şekil 4.8. Viskoz madde karıştırıcıları.....	33
Şekil 4.9. Özel şekilli karıştırıcılar.....	34
Şekil 4.10. Kuru karıştırıcı.....	35
Şekil 4.11. V şekilli karıştırıcı.....	36
Şekil 4.12. Çamur karma makinesi.....	37
Şekil 5.1. Transmikser	46
Şekil 6.1. Transmikser katı modeli.....	50
Şekil 6.2. Helezon kesit katı modeli.....	52
Şekil 6.3. Üretilmiş kazan çalışması.....	52
Şekil 6.4. Kazan katı modeli.....	53
Şekil 6.5. Transmikser montajı.....	53
Şekil 6.6. Transmikser komple kesiti.....	54
Şekil 6.7. Üretim aşamasındaki transmikser.....	54
Şekil 6.8. Ürün teslim transmikser.....	55
Şekil 6.9. Transmikser doluluk oranı.....	56
Şekil 6.10. Ele alınan taşıyıcı ön konsolun teknik resmi.....	57
Şekil 6.11. Ele alınan taşıyıcı arka konsolun teknik resmi.....	58
Şekil 6.12. Üretilmiş ele alınan taşıyıcı ön konsol.....	58
Şekil 6.13. Üretilmiş ele alınan taşıyıcı arka konsol.....	59
Şekil 6.14. Ele alınan taşıyıcı ön konsol toplam deformasyonu.....	59
Şekil 6.15. Ele alınan arka konsol toplam deformasyonu.....	60
Şekil 6.16. Ele alınan ön konsol eşdeğer gerilmesi.....	61
Şekil 6.17. Ele alınan arka konsol eşdeğer gerilmesi.....	61
Şekil 6.18. Geliştirilen taşıyıcı ön konsolun teknik resmi.....	62

VIII

Şekil 6.19. Geliştirilen taşıyıcı arka konsolun teknik resmi.....	63
Şekil 6.20. ANSYS'e aktarılan modelin geliştirilen taşıyıcı ön konsolun ön planda olduğu görünüş.....	64
Şekil 6.21. ANSYS'e aktarılan modelin geliştirilen taşıyıcı arka konsolun ön planda olduğu görünüş.....	65
Şekil 6.22. Geliştirilen taşıyıcı ön konsol.....	65
Şekil 6.23. Geliştirilen taşıyıcı arka konsol.....	66
Şekil 6.24. Analiz tipinin belirlenmesi.....	67
Şekil 6.25. Basitleştirilmiş model	68
Şekil 6.26. Beton yüklü bölgenin tüm hacmin %65 i olacak şekilde kesildiğini gösteren şekil.....	68
Şekil 6.27. Transmixer tel kabuk model.....	69
Şekil 6.28. Hacim hesabı.....	70
Şekil 6.29. Ağırlığı hesaplanan montaj resmi.....	70
Şekil 6.30. Ağırlığı hesaplanan montajın mesh'li resmi.....	71
Şekil 6.31. Malzeme tanımlanması.....	71
Şekil 6.32. Geliştirilen taşıyıcı ön konsol kenarlarının birleştirilmiş modeli.....	73
Şekil 6.33. Geliştirilen taşıyıcı arka konsol kenarlarının birleştirilmiş modeli.....	73
Şekil 6.34. Taşınan malzemenin etki ettirilmesi.....	74
Şekil 6.35. Ağırlık merkezine göre sınır koşullandırılması.....	75
Şekil 6.36. Geliştirilen taşıyıcı ön konsolda sabit noktalarının tanımlanması.....	75
Şekil 6.37. Geliştirilen taşıyıcı arka konsolda sabit noktalarının tanımlanması.....	76
Şekil 6.38. Yerçekimi ivmesinin tanımlanması.....	76
Şekil 6.39. Yerçekimi ivmesinin yakından kütle merkezine tanımlanması.....	77
Şekil 6.40. Komple mesh 'lenmiş model	78
Şekil 6.41. Ansys'de geometrisine göre seçilen yapı tipleri	79
Şekil 6.42. Meshlenmiş geliştirilen taşıyıcı arka konsol.....	80
Şekil 6.43. Meshlenmiş geliştirilen taşıyıcı ön konsol.....	80
Şekil 7.1. Geliştirilen taşıyıcı ön konsol toplam deformasyonu en fazla noktaları.....	81
Şekil 7.2. Geliştirilen taşıyıcı ön konsol toplam deformasyonu en fazla olan noktaları.....	81
Şekil 7.3. Komplede geliştirilen taşıyıcı ön konsol toplam deformasyonu.....	82
Şekil 7.4. Geliştirilen taşıyıcı ön konsol toplam deformasyonu 172 kez abartılması.....	83
Şekil 7.5. Geliştirilen taşıyıcı ön konsol eşdeğer gerilmesinde en fazla noktası.....	83
Şekil 7.6. Geliştirilen taşıyıcı ön konsol eşdeğer gerilmesinde en fazla noktası.....	84
Şekil 7.7. Geliştirilen taşıyıcı ön konsol güvenlik faktörü en az noktası.....	85
Şekil 7.8. Geliştirilen taşıyıcı ön konsol güvenlik faktöründe 1 e göre durumu.....	85
Şekil 7.9. Geliştirilen taşıyıcı arka konsol toplam deformasyonu önden gösterimi.....	86
Şekil 7.10. Geliştirilen taşıyıcı arka konsol toplam deformasyonu arkadan gösterimi.....	86
Şekil 7.11. Geliştirilen taşıyıcı arka konsol toplam deformasyonu 160 kez abartılması.....	87
Şekil 7.12. Komplede geliştirilen taşıyıcı arka konsol toplam deformasyonu.....	87
Şekil 7.13. Geliştirilen taşıyıcı arka konsol toplam deformasyonu en fazla noktaları.....	88
Şekil 7.14. Geliştirilen taşıyıcı arka konsol toplam deformasyonu en az noktaları.....	88
Şekil 7.15. Geliştirilen taşıyıcı ön konsoldan çıkarılan alanın kütlesi (g).....	89
Şekil 7.16. Geliştirilen taşıyıcı arka konsoldan çıkarılan alanın kütlesi (g).....	90
Şekil 7.17. Geliştirilen taşıyıcı ön konsoldan çıkarılan alanı (m2).....	91

Şekil 7.18. Geliştirilen taşıyıcı arka konsoldan çıkarılan alanı (m2).....	91
Şekil 7.19. Üretilmiş ele alınan taşıyıcı ön konsolu.....	92
Şekil 7.20. Üretilmiş geliştirilen taşıyıcı ön konsollar.....	92
Şekil 7.21. Üretilmiş geliştirilen taşıyıcı arka konsolu.....	93

1. GİRİŞ

Ürün ve çeşidinin maliyet, zaman ve müşteri bakımından en iyi şekilde sunulması, ürün hayat sürecinde ürün ömrünün, tamamlanmasına kadar geçen sürede ürünün diğer ürünlerle rekabeti ve devamlılığı açısından önemlidir. Bunun için ürün tasarım, analiz ve imalatında hızlı bir şekilde çözüm getirmek için geleneksel seri akışın tersine göre ürün tasarım, analiz ve imalatında etkili olan ve paralel olarak bilgisayar destekli tasarım (BDT), bilgisayar destekli analiz (BDA) ve bilgisayar destekli imalat (BDÜ) yazılımları birbiri ile bağlantılı, olumsuz durumlarda geri dönüşümlü bir sistematik şekilde gerçekleştirilmelidir (Bağlan H.İ , 2007).

Bu çalışmada, gerçekleştirilecek tasarım kullanıldığı yere göre sanal ortamda analiz edilecektir. Bu şekilde tasarımdaki eksiklikler ve hatalar görülecek, tasarımın parametrik modellenmesi ile olumsuzluklar giderilecektir. Optimizasyonu yapılan ürün en iyi izlenimle doğrulanarak sanal bir şekilde imali yapılabilecektir. Böylelikle üretim sırasında olabilecek yanlış uygulamalar ortadan kaldırılacaktır. Bütün bunlar ürün henüz tasarım aşamasındayken eşzamanlı bir biçimde aşamaların birbiriyle bağlantısı irdelenecek, bir önceki aşama sürekli kontrol edilerek geri dönüşü sağlanmak suretiyle, tasarımın tamamlanmasında, maliyet ve zaman kazançları sağlanabilecektir.

Bilindiği üzere transmikser hazır beton üretim istasyonlarından betonun kullanılacağı şantiyelere betonun özelliği bozulmadan transfer yapmak için kullanılan karıştırıcı taşıyıcılardır. Taşınan betonun iki farklı üretim şekli vardır:

- Yaş sistem
- Kuru sistem

Yaş sistemde malzemeler bir büyük karıştırıcı (mikser) içine boşaltılır, mikser içinde homojen bir hale gelinceye kadar karıştırılır. Hazırlanan bu karışım, mikserin tam altına yavaşan bir transmikserin deposuna boşaltılır.

Kuru sistemde ise malzemeler transmiksere direk yüklenmektedir. Bu sistemin yaş sistemden farkı, tesiste bir ana karıştırıcının (mikser) bulunmamasıdır. Bu sistemde beton transmikser içinde karıştırılmaktadır. Bu nedenle, kuru sistemde çalışan transmikserlerin, yaş sistemdekinden farklı olması, homojen bir karıştırma yapabilmesi için özel paletlerinin bulunması gerekir. Kuru sistemde, genellikle su, transmikser

betonun döküleceği şantiyeye vardıktan sonra, transmikserin üzerinde bulunan bir depodan katılmaktadır. Transmikserin deposuna su katıldıktan sonra, depo yüksek devirde döndürölerek iyi bir karıştırma sağlanmalıdır.

Karıştırıcı cihazlar; tanklardan, karıştırıcı şarklardan (pervane, türbin, çapa, düz kanat) ve tahrik mekanizmalarından oluşmuş karmaşık cihazlardır. Maddelerin özelliğine göre değişebilen bu mekanizmalarda, Newton akışkanlar için olduğa kesin kıstaslar ortaya konulmuştur. Farklı özelliklere sahip katı maddelerin karıştırılmasında aynı tip mekanizmaların kullanılamaması çok sayıda karıştırıcı tasarımıının ortaya çıkmasına neden olmuştur. Bu nedenle daha geniş bir uygulama alanına sahip tasarımların araştırılması gerekliliği ortaya çıkmıştır. Gazların karışımı ise katı maddelere göre daha kolay olmaktadır. Bu nedenle bu alanda yapılan şalışmalar genellikle sıvılar üzerine yoğunlaşmıştır. Verimli karıştırmanın amacı, karışımın istenilen homojenliğinin, en kısa zamanda, en az güç sarfıyatı ile elde edilmesidir. Maddelerin fiziksel özellikleri ve miktarları bu durumda önem kazanmaktadır. Tabiatta bulunan katı, sıvı ve gaz maddelerinin karıştırılmaları, daima araştırma konusu olmuş ve standart haline getirilmeye şalışılmıştır.

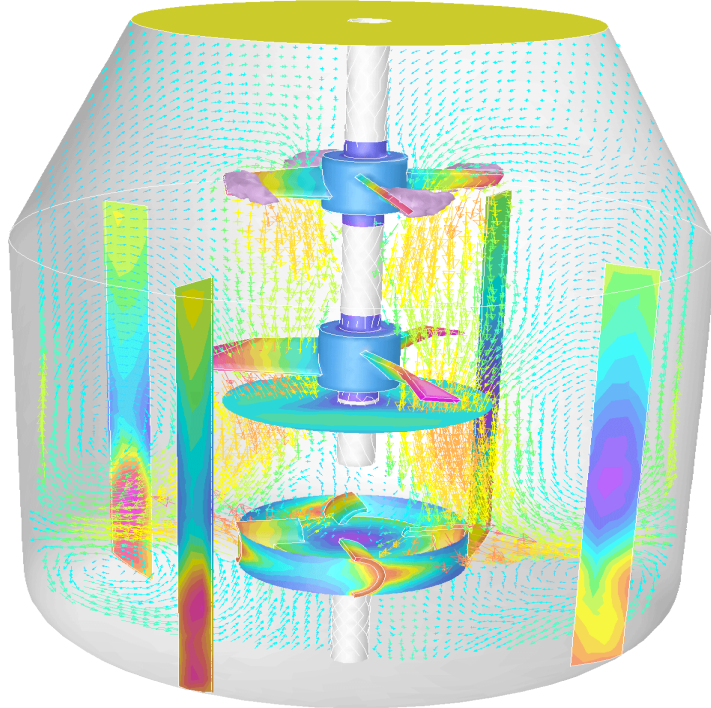
Akışkanların ve karıştırılabilecek katıların karıştırma işlemi teknikte pek çok alanda kullanılmaktadır. Karıştırmada temel olarak kimyasal ve fiziksel değişim esastır. Proses endüstrisini temel olarak karıştırma prosesi ile ilgili temel bilgiler günden güne değişmekte ve gelişmektedir. Birçok sanayi kesiminde, özellikle gıda, ilaç, kâğıt, boya, plastik, seramik, kauçuk, sanayinde karıştırıcı cihazlara ihtiyaç duyulmaktadır. Doğada bulunan maddelerin çeşitliliğinden dolayı karıştırıcı cihazlar, değişik şekillerde dizayn edilmektedir.

Uygun karışımın elde edilmesi bakımından bu cihazların seçimi olduğa önem kazanmıştır. Sıvıların birbirleri ile olan karışımlarında problemler oluştuğundan araştırma konusu olmuşlar ve bu konudaki şalışmalar literatürde mevcuttur. Sıvı ve katı maddelerin birbirleri ile olan karışımları ise miktarı fazla olan maddenin karıştırılma sahasına girmektedir. Katıların katılarla karıştırılmalarında ise sistematik incelemeler yapılmasına rağmen kesin kriterler ortaya konulamamıştır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Karıştırıcı tanklar; genel olarak, kimyasal, ilaç, yiyecek, metalürjik işlem endüstrisinde ve endüstriyel atık su çözüm merkezlerinde kullanılmaktadır. Bu işlemde, karıştırma çeşitliliği geniştir. Bu da düşük sıvı viskozitesi, yüksek sıvı viskozitesi veya yüksek sıvı viskozitesiyle düşük sıvı viskozitesi, katı-katı karıştırmayı içerir. Karıştırmanın kalitesi türbülanslı kinetik enerjinin düzenli olarak dağılımına bağlıdır. Akışkan kalite bilgisinin önemi 50 yıldır kullanılan çeşitli akış ölçüm teknikleri ve sayısal akışkanlar dinamiği ile araştırılmıştır.

Geliştirilmiş kanat tasarımı isteği genellikle endüstriyel karıştırıcı elemanları kullanıcılarından gelmektedir. Yeni alanlar ve gelişme için dizayn edilen tanklar daha iyi kalite, kapasite, proses verimliliği ve enerji verimliliği için istenmektedir. Bunlar için akış modeli ve dizayn arasındaki ilişkinin iyi anlaşılması gereklidir. Kanattaki akış verimliliğini etkileyen akış karakteristiklerinden biri kanat ucunda oluşan girdap sürüklenmesidir (Şekil 2.1.) (E. Alnak, 2007).



Şekil 2.1. Karıştırıcı Tank (E. Alnak, 2007).

Medek ve Fort (1985), üç ağızlı hidrolik kanatta, kanat burulması üzerinde durmuşlar ve karıştırma veriminin kanat burulmasının değişmesiyle arttığını belirlemişlerdir. Ancak kanat burulmasındaki karıştırma veriminin incelenmesi için daha fazla hidrolik kanada ihtiyaç olduğunu vurgulamışlardır.

Ranade ve Joshi (1989), akış modelindeki kanat eğimlerinin (300° , 450° ve 600°) olması sonucu akış yapılarının etkilerini araştırmışlar ve eğimli türbinlerdeki kanat açılarının akış karakteristiğini büyük ölçüde etkilediğini gözlemlemişlerdir. Ancak kanat kalınlığı radyal akışlı disk türbinleri için önemli bir faktör olduğunu belirtmişlerdir.

Fasano ve Bakker (1994), tank içerisinde 4 adet kanat bulunan model ile 3 adet kanat bulunan modeli karşılaştırmış ve içerisinde 3 adet kanat bulunan modelin tank duvarında daha dengeli bir ısı transferi sağladığını gözlemlemişlerdir. Karıştırıcı tankında, 3 adet ve 4 adet kanat bulunan modellerin ısı transferi katsayılarını karşılaştırmışlar ve %10 daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir.

Jaworski ve Nienow (1996), eşit güç girişindeki hidrolik kanatların üstünlüklerinin karşılaştırmasını yapmışlardır. Geniş yüzeyli hidrolik kanatların veriminin, dar yüzeyli hidrolik kanatların veriminden %50 daha büyük olduğunu belirtmişlerdir.

Zhou ve Kresta (1996), kanadın boşaltma bölgesinde LDA kullanarak 3 farklı kanat vasıtasıyla (Rushtan türbin, 4 kanatlı PBDT ve Lightnin 310) oluşturulmuş türbülanslı kinetik enerji üzerinde yoğunlaşmışlardır. Rushton türbini için radyal düzensizlik (dalgalanma) ve PBDT ve A310 için eksenel düzensizlik olduğunu vurgulamışlardır.

Schafer ve Yianneskis (1998), 4 kanat bulunan bir tank üzerinde çalışmış olup eğimli kanatların daha verimli olduğunu belirtmişlerdir. Eğimli kanatların akış üzerinde önemli etkisi bulunduğunu ileri sürmüşlerdir.

Mawros ve Xuereb (1998), LDA kullanarak, 3 ticari kanatın (Rushton türbini, Mixel TT ve Lightnin A310) akış verimini karşılaştırmıştır. Mixel TT tipi kanatın %70,9 ile yüksek akış verimine sahip olduğunu belirtmişlerdir. Bununla beraber Rushton türbini ve Lightnin A310 türbinin ise sırayla %52,7 ve %46,2 gibi bir akış verimine sahip olduğunu söylemişlerdir.

Patwardhan ve Joshi (1999), karıştırma zamanı üzerinde çalışmalar yapmışlar ve sonuç olarak sirkülasyon zamanının bir kanatta toplam akış (birincil+sürüklenmiş) ile hesaplanması gerektiğini vurgulamışlardır.

Tomas ve Linek (2003), dağılımdaki karışım yoğunluğunu, radyal kanatta gözlemlemişlerdir. Kanatların daha küçük güç numarası ile daha yüksek karışım yoğunluğunun elde edildiğini, yüksek güç numaralı kanatta ise daha iyi transfer performansı gösterdiğini söylemişlerdir.

Firoz ve Chris (2004), Vorticity haritasını kullanarak 4 kanatlı 450 eğimli türbindeki sürüklenen girdap yapısının etkisini çalışmışlardır. Girdap genişliğini minimize etmenin mümkün olduğunu ve kanat seklinin doğru dizaynı ile kanattaki eksenel akış verimliliğinin artırılabilirdiğini vurgulamışlardır.

S. Arpaçay (2006), çimento karıştırıcı paletlerinde gerilme analizi yapmış ve bir takım sonuçlara ulaşmıştır. Buna göre model üzerinde karıştırılan maddenin kalıntılarının birikmesi ile sürtünme kuvvetinin dolayısıyla gerilme değerlerinin arttığı görülmüş ve çözüm olarak sıyrıcı paletlerin tasarlanması düşünülmüştür.

M. Doğan (2006), paslanmaz çeliklerin köşe kaynakları üzerine çalışmış, köşe kaynaklarının birleştirilmesinde gerilme değerlerini incelemiş ve görmüştür ki; iç bükey kaynaklı bağlantılarda kaynak yarıçapının azaltılması, bir başka deyişle kaynak bölgesinin kesitinin daraltılması gerilme değerlerini artırmıştır.

I-Cheng (2006), Xi ve Qin (1999) yaptıkları çalışmalar ve yazdıkları makalelerde en uygun tasarımın yapılabilmesi için CAD-CAM programlarının öneminden bahsetmiş ve bilgisayar destekli paket programlar sayesinde ilk tasarım aşamasında ortaya çıkan maliyetin minimum düzeyde olduğunu görmüşlerdir.

Oysu C. (2006), yaptığı çalışmada doğru yapılan mesh işleminin yani seçilen sonlu elamanın etkin bir gerilme analizi için ne denli önemli olduğunu göstermişlerdir.

Dilli A. (2006), gövdesinde dairesel kesitli çevresel boşluk bulunan içi boş silindir şeklindeki bir makine elemanını incelemiş, daire kesitli çevresel boşluğun çapının içi boş silindirin et kalınlığına oranı büyüdükçe, maksimum gerilme değerinin de büyümekte olduğunu hesaplamıştır.

Vullo V. ve Vivio F. (2007), tasarımıda malzeme seçiminin ne denli önemli faktör olduğunu incelemişlerdir. Doğru malzeme seçiminin hem tasarımın ömrünü uzatacağını hem de ömür maliyet açısından daha verimli olacağını ortaya koymuşlardır.

Castagnetti D. ve Dragoni E. (2007), gerilmenin analiz edilmesinin en etkin ve doğru sonuç veren yöntemlerinden bir tanesinin de sonlu elemanlar yöntemi olduğunu çalışmalarında belirtmişlerdir.

Göksenli A. ve Eryürek B. (2008), asansörün hareketli mekanizmalarını incelemişler ve kırılma mekaniği üzerine en büyük etkenlerden bir tanesinin küçük yarıçapa sahip köşe kavisleri olduğunu, bu kavislerin çentik etkisi yaratarak o bölgede gerilme yığılması meydana getirdiğini görmüşlerdir

3. KARIŞTIRMA VE KARIŞTIRMA TEORİSİ

İki veya daha fazla karışım elemanından meydana gelen bileşimi hazırlama işi karıştırma olarak açıklanabilir. Karışım bileşiminin homojen olması çok önemlidir. Çünkü karışımın başarıya ulaşip ulaşmadığına ancak homojenitenin derecesine göre karar verilmektedir. Karıştırmanın performansını belirlerken, karışım akışkanlarının birbirleri arasındaki eş dağılım derecesi, temel örnekler göz önüne alınıp karıştırabildiği zaman kolayca açıklanabilmektedir. Karıştırma teorisini incelemek için yapılacak ilk iş oluşturulacak özel karışımı incelemek olacaktır. Bununla birlikte örneklerin incelenmesinde uygulanacak olan metodun tipi, numunelerin sayısı ve yerleri, numuneleri incelemek için kullanılan metotların hassasiyet dereceleri ve karışımın istenilen özellikleri de göz önünde bulundurulmalıdır. Numunelerin elektrik iletkenlikleri, numunelerdeki anahtar karışım elemanı miktarı, çözünebilen bir katının çözünme debisi ve diğer konular gibi çeşitli kriterler kullanılabilir.

Karışım ekipmanlarını seçerken, akışkanların ve karışımın viskozitesinin bilinmesi gerekmektedir. Ayrıca karışıma uğrayan akışkanların ve karışımın yoğunluğu da bilinmesi gerekmektedir. Mekanik karışım sağlayıcılar;

- Prosesin gerekliliğine göre kullanılacak olan özel tip pervaneler
- Gücü, hızı ayarlayan mekanik ekipmanlar
- Yüksek basınçlı tanklarda sızdırmazlığı sağlayan ekipmanlardır.

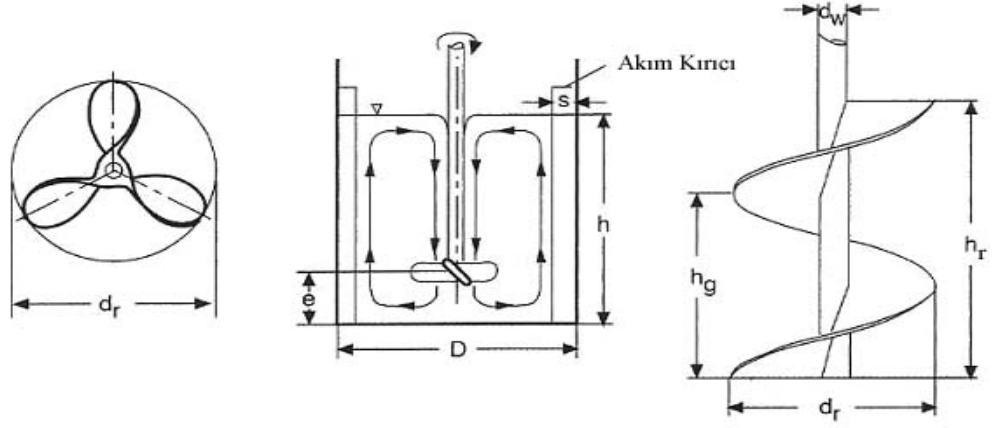
Karıştırıcılar akım şekillerine göre şu şekilde sınıflandırılmaktadır;

- Aksiyal Karıştırıcılar
- Radyal Karıştırıcılar
- Teğetsel Karıştırıcılar
- Özel Tip Karıştırıcılar (Ören M., 2006)

3.1. Aksiyal Karıştırıcılar

İki ana tipi bulunmaktadır. Pervane ve sonsuz vida tipleri akım hatlarıyla beraber Şekil 3.1.'de görülmektedir. Akım hatları kap içinde bir bütünlük teşkil etmekte ve geniş kullanma yelpazesi bulunmaktadır. Pervane tipi karıştırıcı genellikle üç bıçaklı

olarak karşımıza çıkmaktadır. Çapı ise d_r olarak gösterilir. Bıçakların eğimleri radyal yönde değişebilir. Eğim ölçüsü olarak adım yüksekliği h_g verilir. Bu yükseklik bir vidalı karıştırıcı yaprak yüzeyinin kendi eksenine etrafında dönmesi sonucu aldığı yoldur. Genel olarak $h_g=d_r$ ve $d_r=D/3$ ifadeleri kullanılır. Buradaki D karıştırıcı tankın çapıdır.



(a)

(b)

Şekil 3.15. Aksiyal karıştırıcılar (a-pervane tipi b-vidalı tip) (ÖREN,2006)

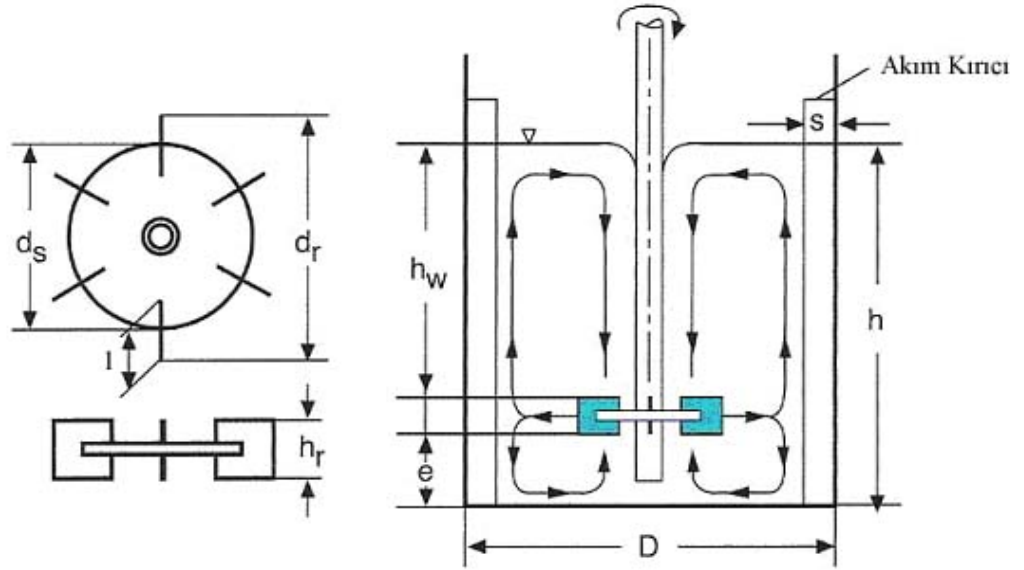
Şekil 3.1’de görüldüğü gibi daire içerisinde gösterilen pervanenin üst yüzeyi daire yüzeyinin %30 ile %50’si kadarını oluşturmaktadır. Pervanenin tanka yerleştirilmesi esnasında, tabandan olan yükseklik mesafesinin (e), pervane çapına eşit olmasına dikkat edilmelidir ($e=d_r B$). Pervanenin dönmesi sonucu eksenel yönde bir akım oluşturur. Akım yönü, pervanenin dönme yönüyle tayin edilir. Şematik olarak Şekil 3.1.’de tanktaki akışkan hareketi çizilmiştir. Bu hareket biriken akışkan kütlelerinin dönmesidir. Bu dönme hareketi zorunlu olarak bir akışkan girdabı oluşturur. Bu girdap olayı çok yüksek devir sayılarında, pervane düzlemine kadar ilerleyebilir ve bu şekilde hava kabarcığı akışkan içerisinde yayılır. Bu istenmeyen durumu önleyebilmek için girdap oluşumunu engellemek gerekir. Bunun için tanka akım kırıcılar koyulmalıdır. Genel olarak tanka, dört adet akım kırıcı yerleştirilir. Bunların genişliği $S=D/10$ kadar olmalıdır. Akım kırıcıları tank tabanından akışkan yüzeyine kadar uzanmaktadırlar. Durgun haldeki akışkanın yüksekliği h genel olarak tank çapına eşittir.

Akışkanın tank cidarı kenarındaki hızı çok düşük ise akım kırıcısını tank cidarına direkt olarak monte etmek yerine s mesafesinde monte etmek daha faydalı olur. Bu şekilde tank cidarı yakınında yüksek bir hız elde etmekle birlikte, akışkanın kuvvetli bir şekilde sirkülasyonu sağlanır. Tek bir pervane yardımıyla istenen karışım etkisi sağlanmıyor ise birden fazla pervane yerleştirilir veya benzer iletim elemanları üst üste sıralanır.

Aksiyal karıştırıcıların diğer bir türü de vidalı tip karıştırıcılardır. Bu da Şekil 3.1’de gösterilmektedir. Bu karıştırıcı tank merkezine ve merkezden kaçık olarak yerleştirilebilir. Merkezden kaçık yerleştirilmelerde akışkanın daha kuvvetli karışımı söz konusudur. Karıştırıcının h_{BgB} yüksekliği sadece akışkan içerisinde hava kabarcıklarının yayılmasını önleyecek şekilde seçilmelidir. Bu tehlike vidalı karıştırıcı ile, akışkan yukarı doğru iletilirse en asgaridir. Bu durumda karıştırıcı yüksekliği h_{BrB} , akışkan yüksekliği h ’a eşit olmalıdır. ($h_{BrB}=h$) Genel olarak $d_{BrB}=d/3$ ve adım yüksekliği $h_{BgB}=d_{BrB}$ seçilmelidir. Bu ölçüler değişik şartlar altında pratikte uygunluğunu göstermiştir. Tabi bu ölçülere bağımlı kalmamak gerekir. Çünkü karıştırıcılarda boyutların, karışım olayına olan etkisi kesin olarak tespit edilememiştir. Aksiyal akım pervaneleri, viskoziteleri 1000 kg/ms den küçük olan akışkanların karıştırılmalarında kullanılır. Daha yüksek viskoziteli akışkanlarda (~ 100.000 kg/ms) vidalı tip karıştırıcılar kullanılır. Vidalı karıştırıcıları düşük viskoziteli akışkanların karıştırılmasında kullanmak mümkündür. Bunun için adım yüksekliği h_{BgB} ’yi küçültmek ve karıştırıcının sürtünme yüzeyini büyötmek gerekir.

3.2. Radyal Karıştırıcılar

Radyal karıştırıcılarda akım hatları iki kısımdan meydana gelir. Ancak akım hatlarının yüksekliği küçüktür. Bu nedenle bilhassa ısıtmalı veya soğutmalı tanklarda kullanılması uygundur. Karıştırıcılarda genellikle bir disk veya çember üzerine yerleştirilmiş 2, 4 veya 6 plaka bulunmaktadır. Hareket esnasında büyük sürtünme ve dolayısıyla kesme kuvvetleri doğmaktadır. Bundan dolayı kap içinde önce dik akım hattı doğmakta, ancak akım hattının kap duvarına çarpmasıyla aksiyal akım hattının boyu kısa kalmaktadır. Bu hareket rotasyon hareketlerini de içerdği için radyal karıştırıcılar çok karışık bir üç boyutlu akım elde etmektedirler.



Şekil 3.2. Türbin tipi radyal karıştırıcı (ÖREN,2006)

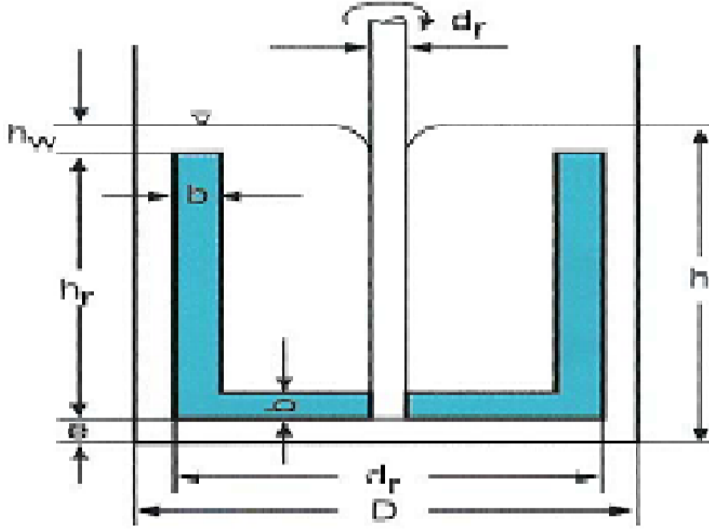
Radyal karıştırıcıya örnek olarak Şekil 3.2’de en çok kullanılan tiplerinden türbin tipi karıştırıcı gösterilmiştir. Bu karıştırıcı d_{BsB} çaplı dairesel bir diskten oluşmaktadır. Bu diskin üzerine l uzunluğunda ve h_{BrB} yüksekliğinde plakalar yerleştirilmiştir. Karıştırıcının, disk levhasının uçlarından ölçülen çapı d_{BrB} ’dir. Boyutlandırma ve yerleştirme için pervaneli karıştırıcılardaki değerler kullanılabilir ($d_{BrB}/D=1/3$, $e/d_{BrB}=1$, $h/D=1$ ve $s/D=1/10$). Dikdörtgen plakalar takriben belirtilen ölçülerde

($l/d_{BrB} = 1/5$ ve ($h_{BrB}/d_{BrB}=1/8-1/4$ arasında)) bulunmaktadır. Genel olarak girdap oluşumunu önlemek için 4 adet akım kırıcı kullanılması öngörülmüştür. Bu akım kırıcının genişliği $S=D/10$ kadardır. Plakalı karıştırıcılar viskozitesi yaklaşık 10.000 kg/ms olan akışkanlarda kullanılmaktadır.

Şekil 3.2’de gösterilen plakalı karıştırıcıya benzer birçok formlar oluşturulabilir. Genellikle dairesel disk kullanılmamaktadır ve uygun uzunlukta dikdörtgen plakalar türbin yaprakları olarak direkt mile monte edilirler. Plakalı karıştırıcı yapraklarına genellikle akım yönüne ters yönde eğim verilmektedir. Plakalı karıştırıcı yapraklarının yatay eksen etrafında kıvrılmasıyla radyal karıştırıcıdan aksiyal karıştırıcıya sürekli geçiş sağlanır. Bilinen plakalı karıştırıcılar ile elde edilen zorunlu akım alanları şematik olarak Şekil 3.2’de gösterilmektedir. Akışkan karıştırıcıyı radyal yönde terk etmektedir.

3.3. Teğetsel Karıştırıcılar

Bütün karıştırıcılar arasında en basit biçime Şekil 3.3’de gösterilen çapa tipi karıştırıcı sahiptir. Bu karıştırıcılar karıştırıcı miline paralel olarak sıralanmış iki çubuk levhanın yatay bir levha ile mile bağlanmasından oluşmuştur. Karıştırıcı çapı $d_{BrB}=D/1,1$ ile $d_{BrB}=D/2$ arasında seçilebilir. Fakat genellikle çapları tank çapından fazla küçük olmayan çapa tipi karıştırıcılar kullanılır. Çubuk levhaların genişliği olan b ’nin yaklaşık onda biri kadardır ($b=D/10$). Taban yüksekliği e genellikle küçük tutulmaktadır ve $e=D/10$ kadardır. Karıştırıcının h_{BrB} yüksekliği yaklaşık karıştırıcının d_{BrB} çapı kadardır. Bu şekilde karıştırıcı, bütün işletme şartlarında $h=D$ olmakta ve akışkan içerisinde bulunmaktadır. Karıştırıcı akışkan yüzeyinin dışına çıktığı zaman akışkan içerisine hava kabarcığı oluşma tehlikesi vardır. Bu taktirde havayı emip sıvı içinde gaz kabarcığı oluşturabilir. Ancak karıştırma özelliği artış gösterebilir. Kap içinde sıvı karıştırıcının dönme hızıyla eşdeğere yakın bir hızla hareket etmektedir. Çapa tipi karıştırıcılar karıştırıcı kabı ile sıvı arasında ısı alışverişi istendiği anda etkin olandır. Kap içindeki sıvı bir bütün kütle halinde kaldığından karıştırma olayı çok yavaştır. Çapa tipi karıştırıcılarda aksiyal ve radyal akım hatlarının çok küçük olması, karıştırma olayının yavaşlığının ana nedenidir.



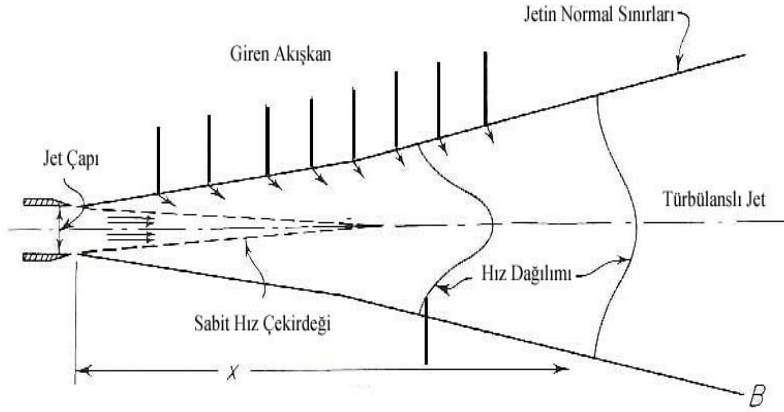
Şekil 3.3. Teğetsel karıştırıcılardan çapa tipi karıştırıcı (ÖREN,2006)

Çapa karıştırıcısı özellikle tank cidarı yakınında büyük akışkan hızları istenildiğinde kullanılır. Böyle bir durum tank cidarı ve akışkan arasında ısı alış verişini istendiği zaman söz konusudur. Bu şartlar altında akım kırıcılara ihtiyaç olmadığından çapalı karıştırıcılarda rotasyon esnasında genelde zayıf bir girdap oluşur. Çapa tipi karıştırıcılar dinamik viskozitesi 1000 kg/ms'ye kadar olan akışkanların karıştırılmalarında kullanılır. Yapılan birçok inceleme göstermiştir ki dBrB karıştırıcı çapına sahip silindir içerisindeki akışkan, katı bir cisim gibi davranmaktadır. Yani silindir içerisinde akışkan karıştırıcının dairesel hızına yakın bir hızla hareket etmektedir. Bu nedenle akışkanın karışımı zayıftır. Burada yatay çubuk levha üzerine dört veya altı adet dikey çubuk levha sıralanırsa, ilave yatay çubuklar çapa tipi karıştırıcının karışım etkisine herhangi bir değişiklik meydana getirmez. Çapa tipi karıştırıcıda iki paralel çubuk levha arası tamamen doldurulursa teğetsel karıştırıcının farklı formu olan yaprak tipi karıştırıcı olur. Çapa tipi karıştırıcı tüm karıştırıcılar arasında en basit akım alanı oluşturmaktadır. Bu akım alanı genellikle çevresel hızla belirlenmektedir. Üç boyutlu akımlar ise sadece asgari düzeyde oluşmaktadır.

3.4. Özel Tip Karıştırıcılar

3.4.1. Jet Mikserleri

Bernoulli teoremine göre yüksek hızla hareket eden sıvı kendisini çevreleyen ve daha düşük bir hızla hareket eden sıvıya oranla daha az statik basınca sahiptir. Bunun bir sonucu olarak durgun olan sıvı yüksek hızlı sıvıya oranla daha yüksek statik basınca sahip olur. Bu sebeple düşük hızla hareket eden sıvı yüksek hızla hareket eden sıvı jeti içerisine doğru çekilir. Bu prensip, yüksek hıza sahip akışkan jetinin düşük hıza sahip olan akışkanı sürüklediği ve onun büyük miktarlarını gerçek bir şekilde pompaladığını göstermiştir. Bundan dolayı karıştırma cihazlarının pek çoğu, yüksek lokal hız meydana getirmeyi esas alarak projelendirilmiştir. Bunlar kendi türbülanslarını, karıştırılması istenen kütlenin tüm uzunluğu boyunca taşıyacak şekilde yönetilirler. Şekil 3.4'te yüksek hızlı sıvı jetinin, kendisi ile karışabilen ve büyük bir kütleye sahip olan statik sıvı içerisinde girişini şematik olarak göstermektedir.



Şekil 3.4. Hareketsiz sıvı kütlesine giren sıvı jetinin şekli (Rushton ve Oldshue, 2000)

Jetin çekirdek (göbek) kısmında sabit hızlı bir bölge vardır. Jetin dış kenarları boyunca, jeti meydana getiren sıvı ile kendisini çevreleyen sıvı hızları arasında büyük bir fark olduğu için şekilde gösterilmeyen koparılmış girdaplar meydana gelir. Statik basınç farkı sebebi ile yavaş hareket eden sıvının jete katılması sebebi ile jetin hacmi artar ve buna ilaveten; jetin azalan hızı, jetin genişlemesine sebep olur. Kararlı bir su jetinin hareketsiz olan bir su içerisine sokulması yeni bir jetin oluşumuna sebep olur ve bu jetin sınırları eksenden, eğimi 1 ile 5 olacak şekilde bir açı ile uzaklaşır. Bu şekildeki bir jet, kendisini saran suyu aşağıdaki eşitlikte belirtilen miktarda sürükleyerek taşır.

$$Q_{BeB} = (0,23 / -1) \cdot Q \cdot D_{BoB} \cdot X \quad (3.1.)$$

(3.1.)’deki eşitlikte :

Q_{BeB} : Sürüklenen suyun miktarı

X : Jet ekseni boyunca uzaklık

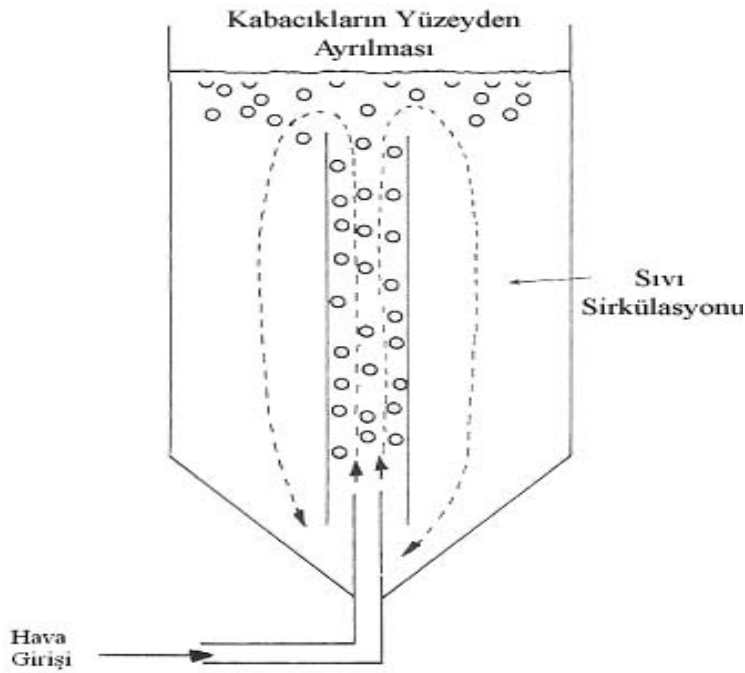
D_{BoB} : Jetin başlangıçtaki çapı

Q : Giriş noktasında, jet içerisindeki akım debisi

Q_{BeB} , Q , D_{BoB} ve X uygun olan birimlerle ölçülmelidir. Bu bağıntıya göre jet çapının 20 ile 80 katı kadar uzaklıklar için sürüklenme gücüne sahiptir. Bu içerisinde hareketsiz sıvıyı bulunduran tank büyüklüğüne oranla, jetin hız ve hacmine bağlıdır.

Geniş tankların kullanıldığı durumlarda, çok çeşitli nozüller kullanılabilir. Bu gibi sistemlerin işletme karakteristiği detaylı bir biçimde incelenmektedir. Benzer bir durumda, tankın mekanik tahrik uygulamalarında gaz

injeksiyonu ile karıştırma yapılmaktadır. En basit durumda, kabarcık sütunları, delikli bir ayırıcı plaka yardımıyla sıvı yüzeyine doğru kabarcıklı hareket oluşur ve bu da karıştırma etkisi yaratır. Eğer sıvı sirkülasyonu gerçekten çok önemliyse bir hava motoru akuple edilerek daha etkin bir karıştırma sağlanmaktadır. Bir tip bir sistem Şekil 3.5'te gösterilmektedir. Ayrıca çok çeşitli geometrilere göre değişik tipte jetler hazırlamak da mümkündür.



Şekil 3.5. Hava tahrikli ve akım kırıcılı sistem (ÖREN,2006)

3.4.2. In-Line Statik Mikserler

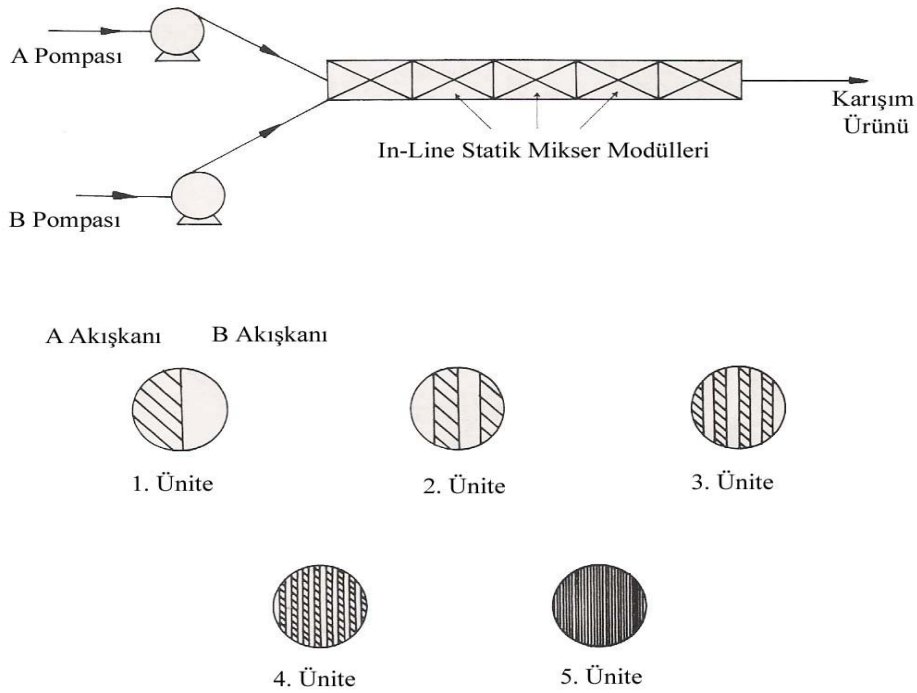
Son yıllarda birçok karıştırma ve dispersiyon işlemi için değişik tipte in-line statik mikserler geliştirilmektedir. Bu tip mikserler günümüzde maliyetleri açısından çok uygundur. Bu durumda çalışma prensibi açısından bu tip mikserler birbirine benzerken, geometrik olarak büyük farklılıklar gösterebilmektedir.

Şekil 3.6.'da sabit üniteler bir boru üzerinde monte edilmişlerdir. Bu boru hattı 2 pompa vasıtasıyla tahrik edilmektedir. Viskozitesi yüksek olan akışkanların kullanıldığı bu gibi durumlarda laminar rejimin sağlanması için akışkan dilimlere ayrılarak eş dağılım sağlanmak istenmektedir. Karışım elemanlarının artışı ile birlikte ürün

karışımında da artış gözlemlenmektedir. İlk karışım özellikleri laminar rejimdeki akışkanların akış debisine ve akışkana bağlı olmaktadır.

Sıvı-sıvı veya gaz-sıvı dispersiyonunda, türbülanslı rejim gerektiğinden yukarıda bahsi geçen mekanizma yerine başka bir yol izlenmektedir. Gaz kabarcıklarının sıvı içerisinde dağılmasıyla birlikte yüksek kütle transfer yüzeyi ortaya çıkar ve yüksek kesme gerilmeleri açığa çıkar. Bu gerilmeler sistemdeki basınç düşüşü ve mikserlere doğru akışkan debisine bağlıdır. Buna bağlı olarak daha küçük basınç düşüşlerinde akışkan debisi artacaktır.

Laminar karışım durumunda eleman sayısı arttıkça basınç verimi düşmektedir. Statik mikserlerin kullanım avantajı sürekli bir biçimde çalışması ve küçük hacim kaplamasıdır. Üniteler 1 cm'den 0,5 m'ye kadar değişebilmektedir.

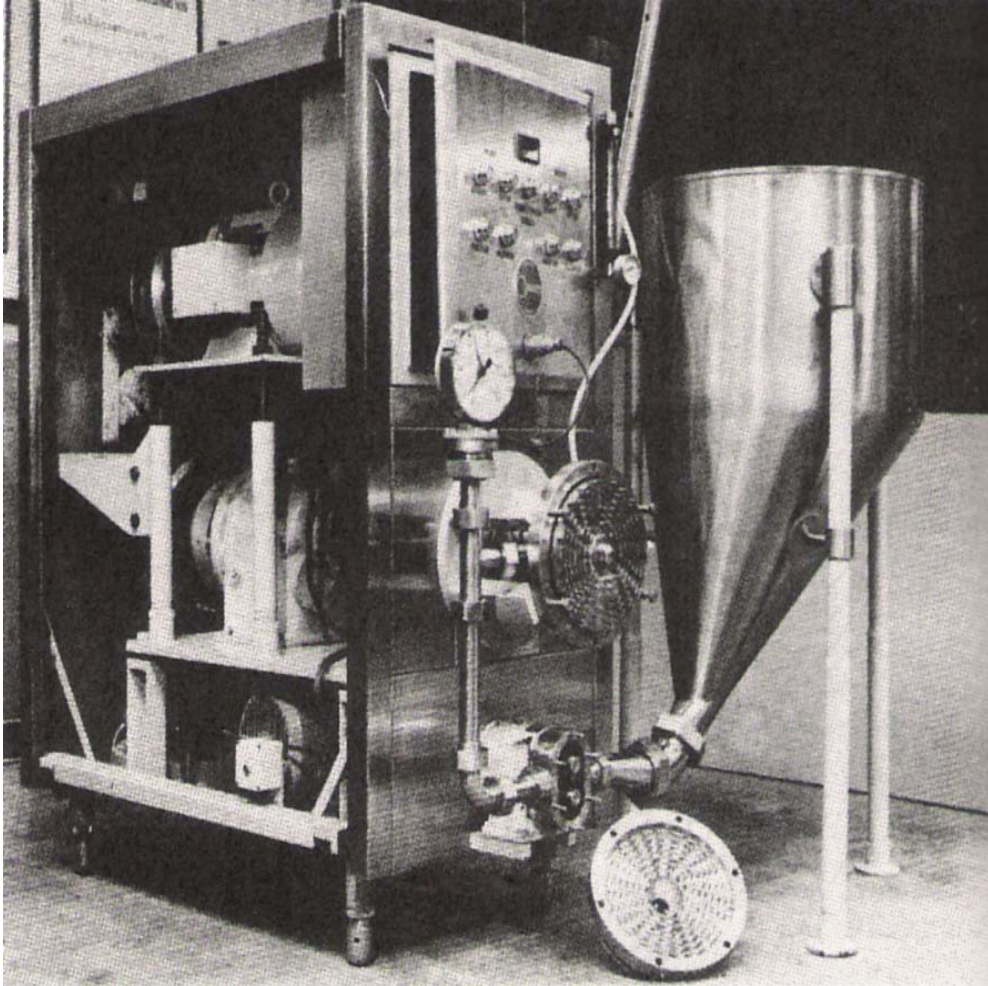


Şekil 3.6. In-line statik mikser (ÖREN,2006)

3.4.3. In Line Dinamik Mikserler

Sürekli üretim istenen, dispers katılar, emülsiyonlar, sabit köpükler, vb.. gibi akışkanların kullanıldığı bu gibi durumlarda çok çeşitli in-line dinamik mikserler kullanılabilmektedir. (Şekil 3.7) Bu sistem yüksek hızın oluşturulduğu bir rotor ve beslenecek olan malzemenin devamlı olarak pompalandığı bir sistemden oluşmaktadır. Sıvının bulunduğu kapta dispersiyon işlemi için gerekli olan kesme kuvveti yaratılır.

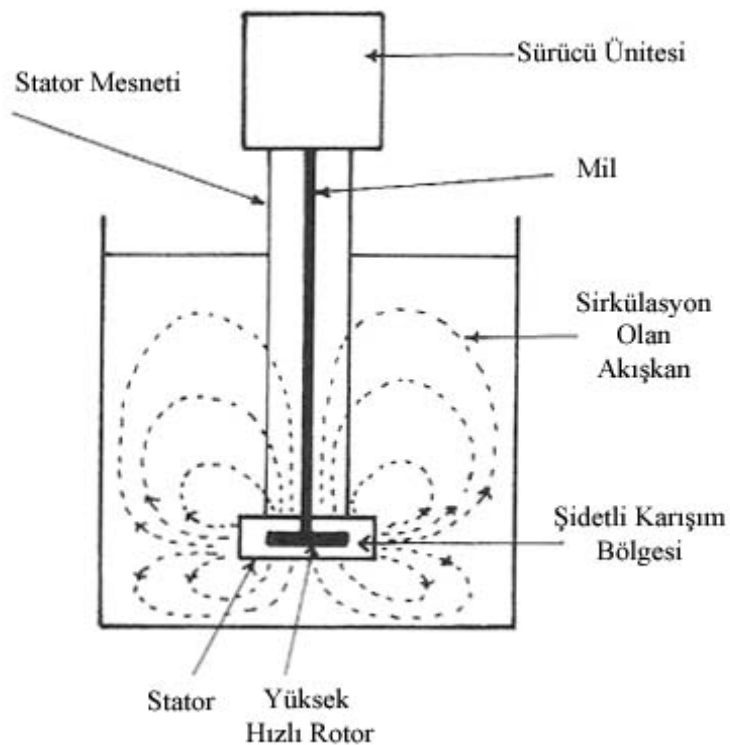
Genellikle dispersiyon ünitesi kendi kendine çok ani diferansiyel basınç yaratır; pompalama ünitesinin ayrılmasıyla giriş materyalleri beslenir. Fakat, bazı in-line dinamik mikserler pompa hareketi gerekmeksizin çalışabilmektedir ve bu durumda pompaya ihtiyaç duyulmaz.



Şekil 3.7.In-line dinamik mikser (ÖREN,2006)

3.4.4. Yüksek Hızlı Dispersiyon Ünitesi

Bu tip mikserler in-line dinamik mikserlerle benzerlik göstermektedir. Fakat bu durumda sistemde bir kap bulunmaktadır. Karıştırma bir rotor içinde yüksek hızlı motor ve stator için ihtiyaca göre uygun geometrik dizaynlar yapılabilmektedir. Akışkan doğrudan üniteye emilir ve kap içersinde sirkülasyon modeli oluşturmak için yüksek hız ile dışarıya atılır. (Şekil 3.8)

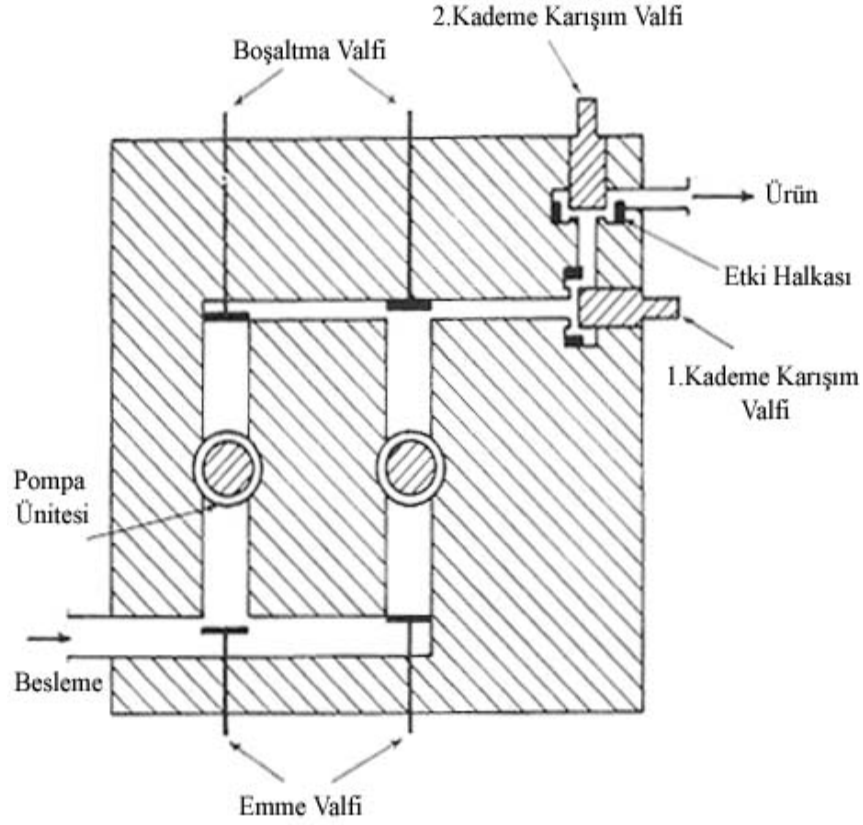


Şekil 3.8. Yüksek hızlı dispersiyon ünitesi (ÖREN,2006)

3.4.5. Valf Homojenizerleri

Pompa bölgesindeki malzemelerin çoğu, aynı zamanda ayarlanabilir küçük bir orifis içinde dispersiyon işlemi gerçekleştirilmektedir. (Şekil 3.9) Orifise doğru hareket eden bu kuvvette yüksek basınç oluşturulmakta (34-550 bar) ve akışkan yüksek kesme kuvvetlerini yenerek sürekli bir emülsiyon ve kolloid süspansiyon üretmektedir. Bununla birlikte kesme hareketi kavitasyona neden olabilmekte parçacık etkisi önem kazanmaktadır.

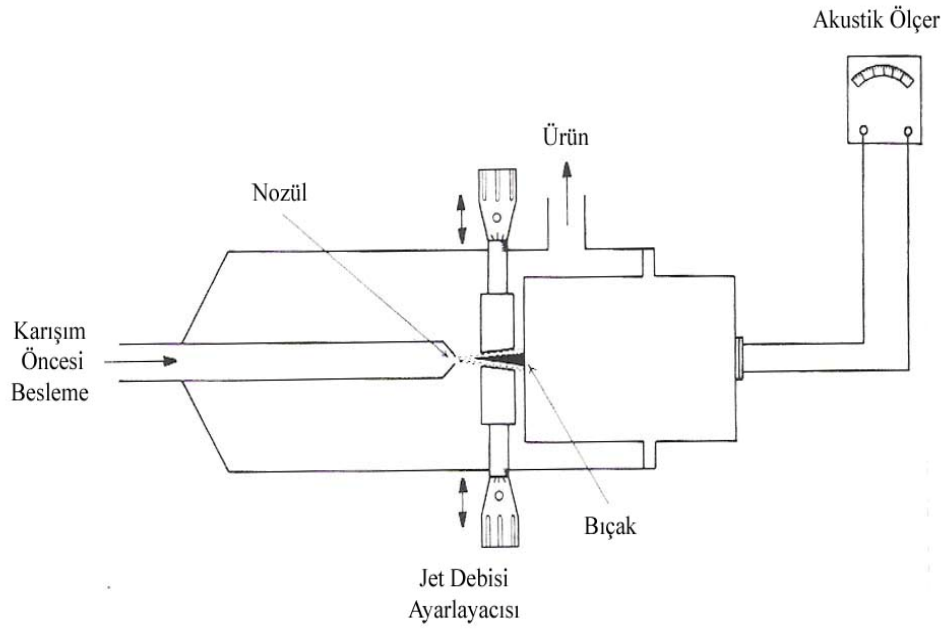
Tek ve çok basamaklı üniteler de yapmak mümkündür. Tipik olarak yüksek basınçlı ünitelerde, 300 bar ve 7000 lt/h de 60 kW motor gerekebilmektedir.



Şekil 3.9. Valf homojenizeri (ÖREN,2006)

3.4.6. Ultrasonik Homojenizerler

Ultrasonik homojenizerlerin çalışma prensibi Şekil 3.10'da gösterilmektedir. Yüksek basınçta pompalanan malzeme (150 bar'a kadar) özel olarak dizayn edilmiş orifisten geçerek yüksek hıza erişmekte ve ultrasonik frekanslı titreşim yaratmaktadır. Bu da yüksek seviyede kavitasyon yaratarak, yüksek kalitede emülsiyon ve dispersiyon üretilmesine yardımcı olmaktadır.



Şekil 3.10. Ultrasonik homojenizer (ÖREN,2006)

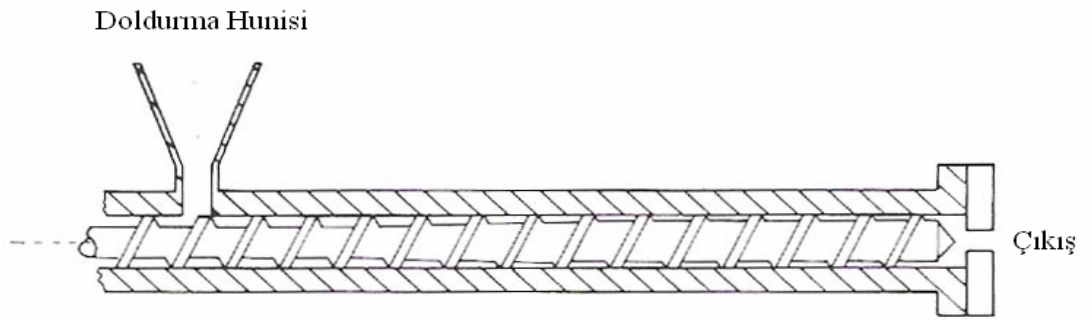
3.4.7. Ekstrüderler

Plastik endüstrisindeki karıştırma elemanları, genellikle tek veya ikiz vidalı ekstrüderlerdir. Burada beslenen malzemeler polimer veya granül halindeki tozlarla birlikte stabilizeler, plastizerler, renk pigmentleri ek bir ekipman olarak kullanılmaktadır. Ekstrüderlerin kullanma esasları, polimerin eriyerek katılarla beraber karışmasıdır. Ekstrüder olan malzeme yüksek basınçta transfer edildiğinden dolayı hareketinin kontrol edilmesi zorunludur.

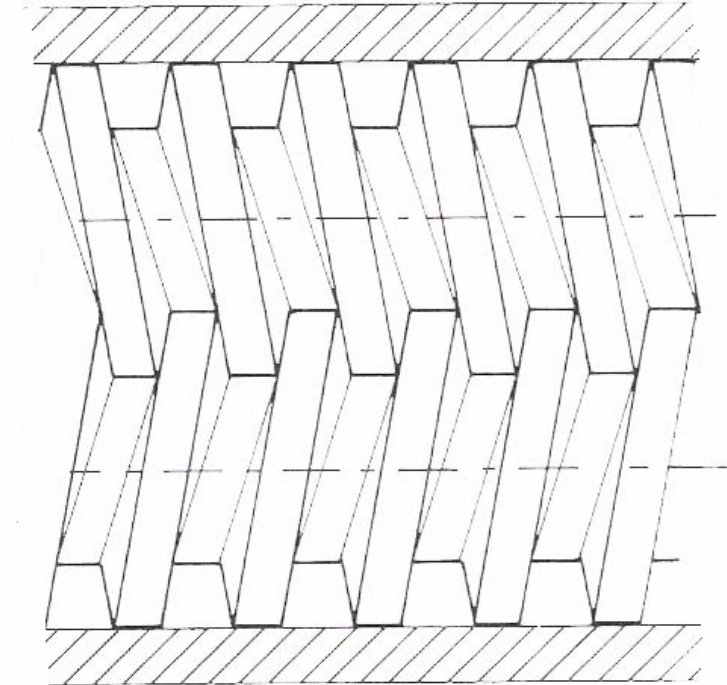
Şekil 3.11.'de rotorun kapalıya yakın olduğu bölgede kesme gerilmesinin çok yüksek olduğu görülmektedir. İkiz vidalı ünitelerden alınan ürünler, tek vidalı sistemlere oranla oldukça kaliteli ve maliyetler açısından da oldukça uygundur. Şekil 3.12'deki vidalı ünite, vida ile yüzey arasında oluşan kesme şiddetli değildir. Burada karıştırma dönel vidalı makinenin efektif çalıştırılmamasından kaynaklanmaktadır.

Tek vidalı sistemlerde performansını artırmak mümkündür. Burada tek vidalı makineler kullanılabildiği gibi, ayrıca ek karıştırma elemanı ekleyerek veya önceden anlatılan in-line tip statik mikserler de kullanılabilmektedir. Pratikte bunun gibi birçok cihaz kullanılabilir. Burada kıyas edilmesi gereken cihaz ise tek vidalı sistemlerdir. Fakat, güç ihtiyacına göre ek maliyetler de devreye girmektedir.

Gıda endüstrisinde de bu tip değişik düşünceler ortaya çıkmaktadır. Yüksek viskoziteli akışkanların kullanıldığı tek veya ikiz vidalı ekstrüderler ile ilgili uygun teorik gelişmeler günden güne devam etmektedir.



Şekil 3.11. Tek vidalı ekstrüder (ÖREN,2006)

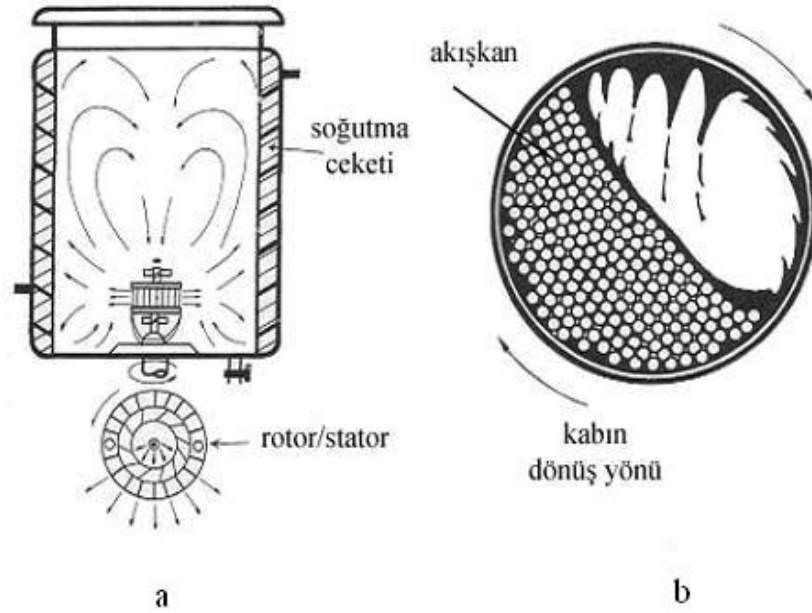


Şekil 3.12. İkiz vidalı ekstrüder (ÖREN,2006)

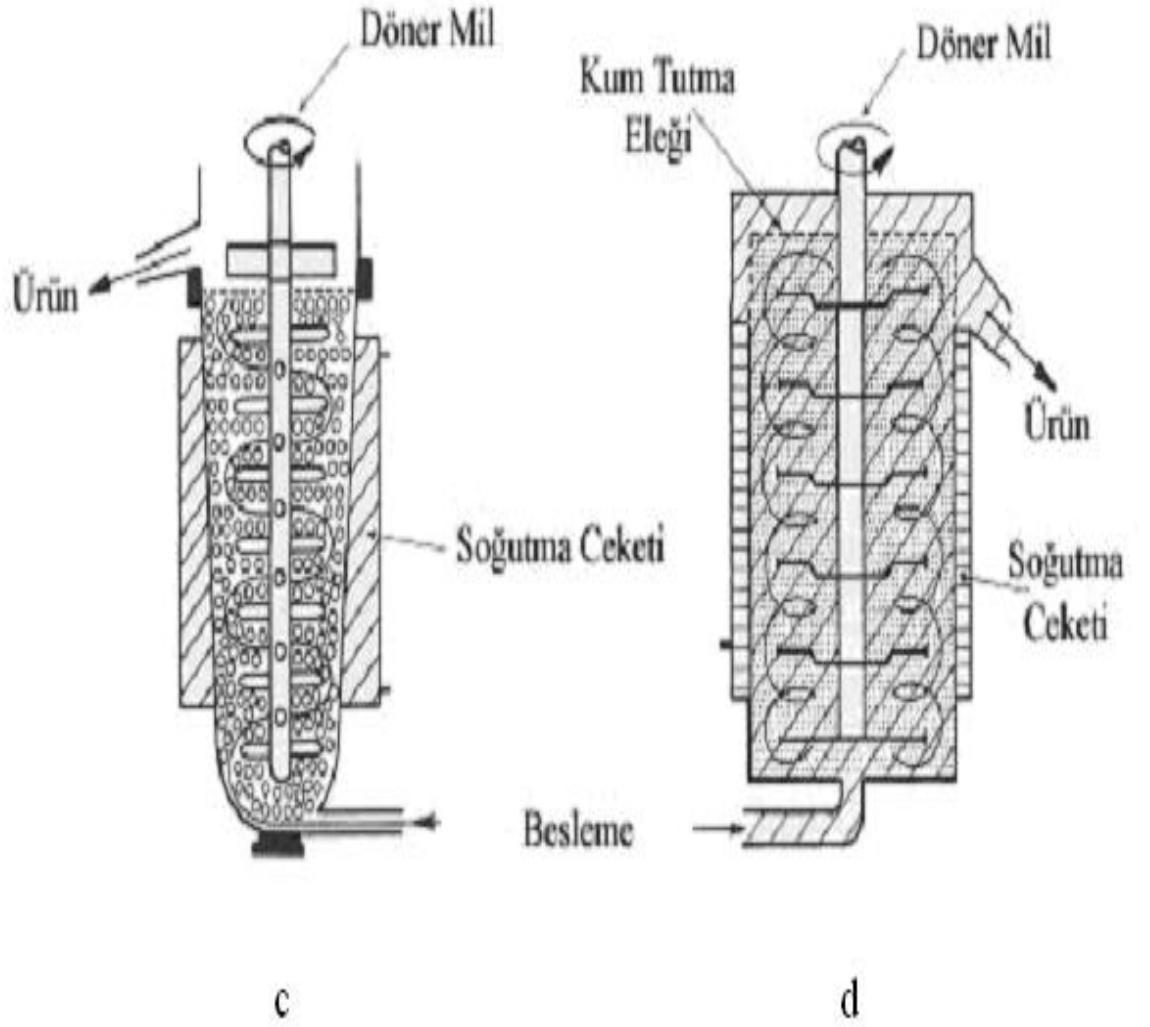
3.4.8. Öğütücü Değirmen Tipi Karıştırıcı

Saf katılara ve birbiri ile karışmayan sıvıların dispersiyonunda uygulanan çeşitli işlerde mekanik tahrikli kaplar kullanılmaz. Çünkü, tahrik edilen akışkanlar arasında yüksek kesme gerilmeleri yaratmak mümkün değildir. Gerekli olan dispersiyon kalitesinde veya stabil emülsiyonda yüksek kesme kuvvetleri oluşmaktadır. Bu gibi durumlarda çok çeşitli öğütücü değirmen tipi karıştırıcılar kullanılabilmektedir.

Değişik tipteki bu çok çeşitli öğütücü değirmen uygulamaları, ve onların çalışma prensibi, Şekil 3.13. ve Şekil 3.14'de gösterilmektedir. Bir rotor-stator vasıtasıyla dönme hareketi sağlanırken ayrıca kap cidarında soğutma ceket de bulunmaktadır. Normal karıştırıcılardaki gibi tam bir radyal veya aksiyal akım hatları oluşmaz.



Şekil 3.13. Farklı tipteki öğütücü değirmen örnekleri (a-kinetik dispersiyon tipi b-silindirik değirmen tipi) (ÖREN,2006)



Şekil 3.14. Farklı tipteki öğütücü değirmen örnekleri (c-aşındırıcılı tip d kumlu / damlamalı tip) (ÖREN,2006)

4. KARIŞIMLARIN SINIFLANDIRILMASI

4.1. Gaz-Sıvı Karışımları

Gaz-sıvı karışımları proses endüstrisinde pek çok kullanım alanına sahiptir. Genellikle gazların birbiri ile reaksiyonunda, gazların sıvı içerisinde absorpsiyonunda ve kimi zaman sıvı içerisinde gerçekleşen kimyasal reaksiyonla da, gazların içerisine su püskürtüp nemlendirilmesinde ve sıvının içerisinden gazın ayrıştırılmasında geniş bir kullanım alanına sahiptir. Bu tür karışımlar genel olarak, gazı türbin altına enjekte ederek yapılır. Gazın bir pervane altına gönderilmesi bir fayda sağlamaz. Çünkü pervaneden doğan akım aksenal ve aşağıya doğrudur.

Tamamı bu yönde olmamakla beraber onunla ilgili bulunan eski bir metot ise şu şekilde uygulanır. Gazın tank içerisinde bulunan sıvıya delikli bir boru ile gönderilmesi şeklindedir. Bu metot sadece yetersiz olmakla kalmayıp hem karışma için uzun bir zamana ihtiyaç gösterir ve hem de yukarıdaki metotlardan daha fazla kuvvet gerektirir.

Bu bağlamda her dizayn için değişik öncelikler bulunmaktadır. Örneğin, atık suyun havalandırılmasında veya fermentasyon uygulamalarında, karışım seyreltik ve reaksiyon yavaştır. Bu tip sistemde geniş karışım tankları kullanılmakta ve enerji verimliliği önem kazanmaktadır. Klorlama ve sülfatlamada reaksiyonlar hızlı olmakta ve gazlar çok iyi çözünbilmekte, ısı ve kütle transferi açısından yüksek hassasiyete sahip olmakla beraber temas süresi çok kısa olmaktadır. Çeşitli temel endüstri uygulamalarında, oksidasyon, hidrojenasyon, ve biyolojik fermentasyon gaz ve sıvı karışımları ile yapılmaktadır. Hidrojenasyon uygulamasında; gazların çözünme özelliği daha düşük kalmakta ve buna karşılık temas süresi daha uzun olmaktadır. Gazların resirkülasyonu istenen durumlarda, karışım örnekleri ve katı süspansiyonu önem kazanmaktadır. Genellikle reolojik olarak kompleks yapıdadırlar. Bu tip karışım proseslerinde sıvı içerisinde gaz dağılımı kabarcık teşekkülü ile beraber olmaktadır. Gaz ile sıvı arasında dağılım gerçekleştirirken aynı zamanda kimyasal reaksiyonda gerçekleşebilmektedir. Bu tip gaz dispersiyonu, katı-sıvı arasında meydana gelen kristalizasyon prosesinde benzerlik göstermektedir.

Benzerlik gösteren durumlar şunlardır;

A- Kabarcık sütunları oluşturma : Kabin tabanından sıvı içerisine bir boru vasıtasıyla gaz girişi yapıp kabarcık sütunları oluşmaktadır.

B- Tabakalı sütun oluşturma : Her sütunda gaz disperse olup daha sonra serbest kalmaktadır.

C- Mekanik Tahrikli Kaplar : Pervane tank içerisinde (genelde tank içerisinde akım kırıcı bulunmakta) dönerek etkin bir kütle transferi yaratmaktadır.

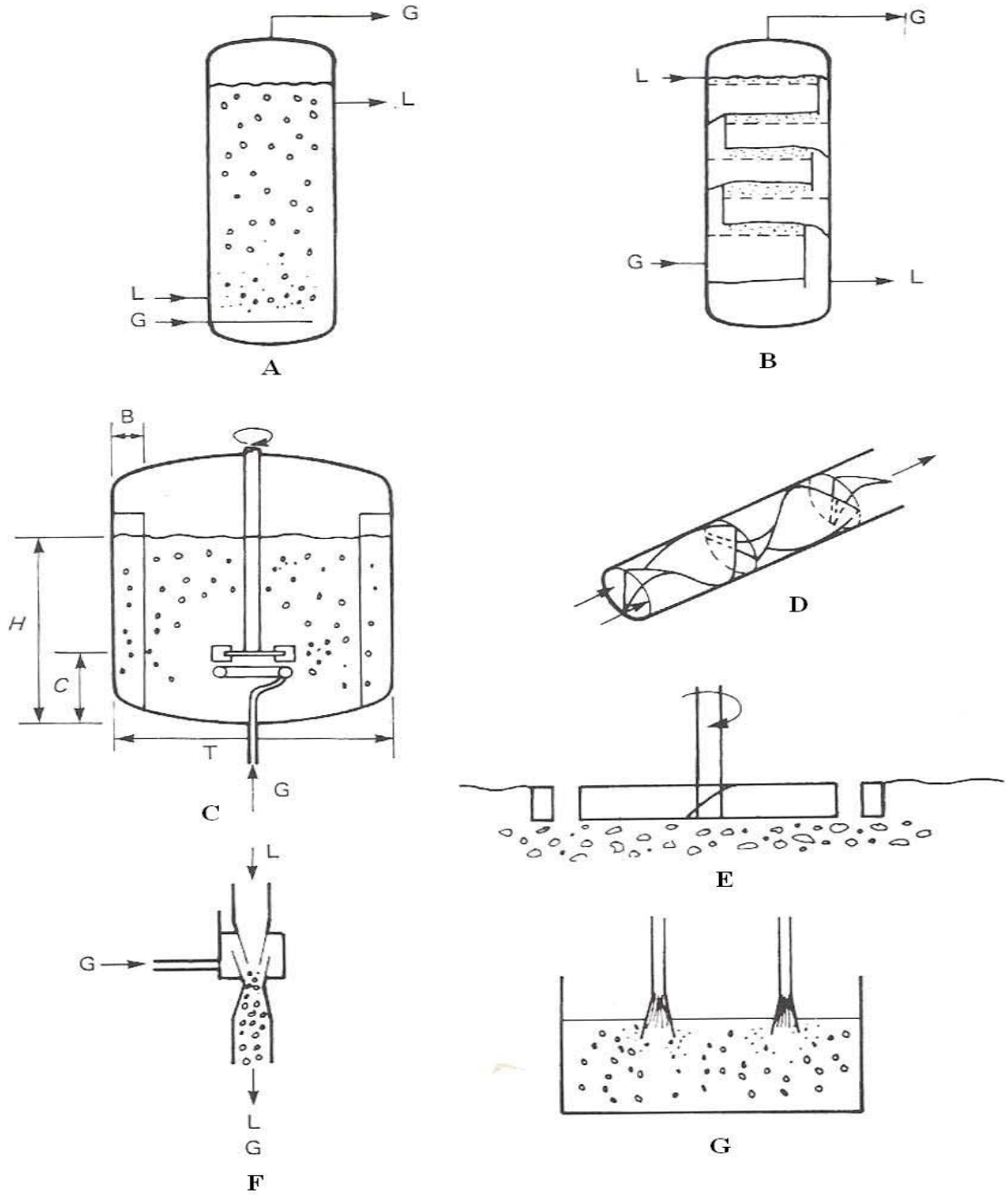
D- In-Line Statik Mikser : Karışım enerjisi akışın kendisi tarafından kaynaklanmaktadır.

E- Yüzeyi Havalandırma : Sıvı yüzeyine yakın bir bölgeye karıştırıcı pervane konur, ve hareketle sıvı yüzeyine doğru bir gaz geçişi olur.

F- Jet Püskürtücü : Bir boru içerisindeki sıvı akışıyla beraber gaz emilir, oluşan türbülansın şiddetine göre disperse olur.

G-Püskürtme Jeti : Gaz sıvı yüzeyine bir boru vasıtasıyla püskürtülerek karışım sağlanmaktadır.

Düşük viskozitelerde veya Reynolds sayısında, $Re \geq 10000$, yüksek ısı ve kütle transfer katsayısı ile iyi bir karışım elde etmek için türbülans gerekmektedir. Şekil 4.1'de bu tür cihazlar gösterilmektedir.



Şekil 4.1. Gaz-sıvı karışım tipleri (ÖREN,2006)

4.2. Sıvı-Sıvı Karışımları

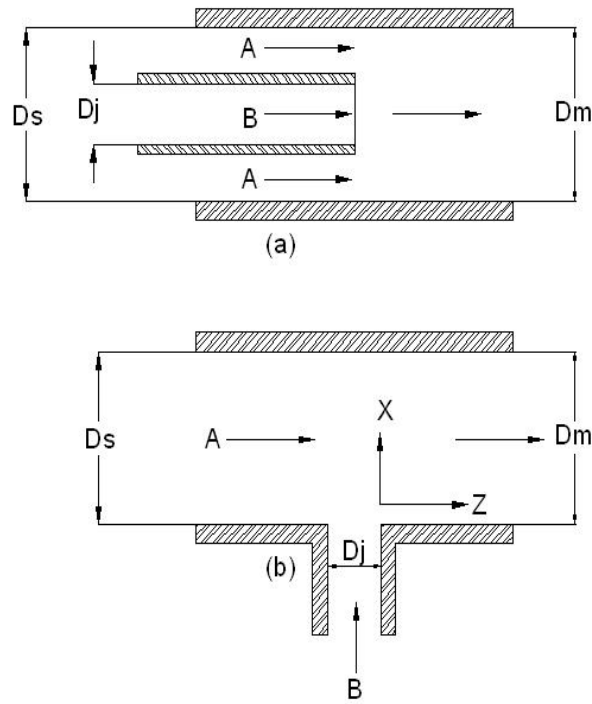
4.2.1. Karışabilir Sıvıların Karıştırılması

Statik cihazlar ile yapılan akıcı karışımlar, bir boru hattı içerisinde türbülanslı akım gerçekleştirmek suretiyle yapılan ucuz yöntemlerdendir. Bazı tipik örnekleri Şekil 4.2.a ve b.'de gösterilmiştir. Basit tip karıştırıcı (b) 10-20 mm boru ebadı ile verilmiştir.

Bu karıştırıcılar düşük viskoziteli akışkanların karışımı için uygundur (≤ 50 Ns/m). Ancak akış türbülanslı, akışkanların yoğunlukları ve akış oranları birbirine yakın olmalıdır.

Enjeksiyonlu karıştırıcılar Şekil 4.2.b.'de gösterilmiştir. Normal akış yapan bir akışkanın bir akışkanın içine eş eksenli bir boru sayesinde ikinci bir akışkan gönderilerek karışım sağlanır. Şekil 4.2.a.'da ise halkalı şekilde düzenlenmiş jetin içinden geçirilen akışkan boru içindeki diğer akışkanla karıştırılabilir. Bu cihazlar diğerlerine göre daha düşük akışlarda kullanılır. 80 mm boru ebadına kadar tatmin edicidirler. Karışımın istenilen özelliklerine haiz olması için karışım uzunluğunun uygun seçilmesi gerekmektedir.

Karıştırma metodu, karıştırılmaları istenilen sıvıların boru içerisinde türbülans meydana getirmesine bağlıdır. Türbülans, sıvının birbirine komşu tabakası arasındaki hız farkının bir fonksiyonudur. Hemen hemen hareketsiz duran bir sıvı ile temasta bulunan diğer bir sıvı son derece hızlı bir şekilde hareket edecek olursa temas yüzeyinde yüksek bir hız farkı meydana gelir ve bu iki iş yapar. Bunlardan birincisi çekim kuvveti (doğrudan doğruya dv/dy ile orantılıdır.) olup hızla hareket eden sıvıyı kısımlara parçalar ve bu parçaları, anafor veya girdap halinde daha az hızla hareket eden alanlara gönderir. Bu girdaplar oldukça uzun bir zaman kalır ve sonunda, enerjilerinin ısıya dönüşmesi sebebi ile kendi kendilerini dağıtırlar.



Şekil 4.2. Statik karıştırıcılar (ÖREN,2006)

4.2.2. Farklı Özelliklere Sahip Sıvıların Karıştırılması

Bu tür sıvıların karıştırılmasında aşağıdaki faktörler göz önüne alınmalıdır.

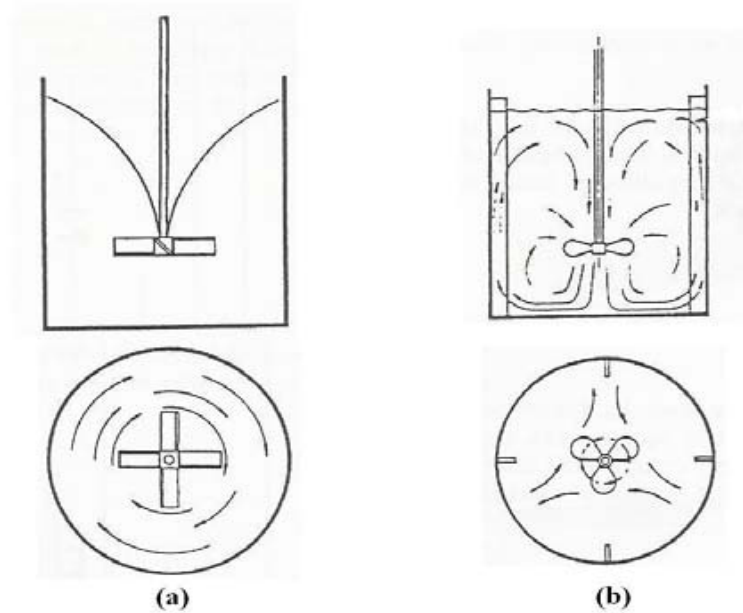
- Sürekli operasyonun miktarı
- Doğal metotlar : Karıştırılabilir sıvılar, eriyiklerin hazırlığı karıştırılamaz sıvıların dağılımı
- Gerekli karışım sıcaklık derecesi
- Sıvıların fiziksel özellikleri (özellikle viskoziteleri)
- Diğer işlemler ile birleştirilmiş karışım; Reaksiyon, Isı transferi

Bu faktörler dikkate alınarak gerekli karışım sağlanabilir. Düşük viskoziteli akışkanların devamlı karışımları için mikserler kullanılabilir.

Mikserler kimya sanayilerinde, boya ve vernik endüstrisinde, madeni yağ endüstrisinde sıkça kullanılmaktadır. Sıvıların karışımını sağlayan cihazlar, çarkları, deniz taşıt araçlarına ait pervanelere benzeyen kısımları ve türbinleri kapsayacak şekilde

standartlaştırılabilir. Basit çarklar son zamanlarda oldukça az, genel olarak sadece ufak işlerde kullanılmaktadır.

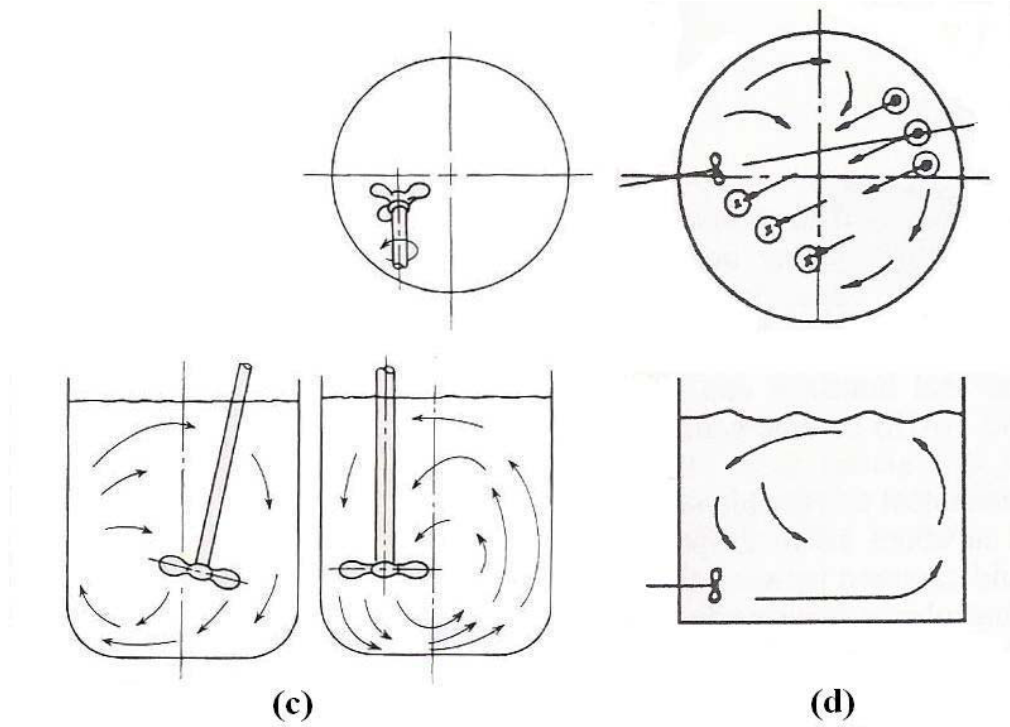
Pervanelerin yerleştirilmeleri ile ilgili farklı metotlar Şekil 4.3'te gösterilmektedir. Tank merkezine dikey olarak yerleştirilmiş bir pervaneden ve tank kenarlarına akım kırıcı konulmamış bir karıştırma tankından oluşan düzenek iyi sonuç vermemektedir. Bu sadece bir dönme hareketi meydana gelmesinden kaynaklanmaktadır. Bu durum pervane çevresindeki karışıma hava girmesine ve pervane çalışmasının yavaşlamasına sebep olur. Daha iyi sonuç veren bir düzen tank kenarlarına Şekil 4.3b'de gösterildiği gibi akım kırıcılar koymaktadır. Genel olarak bunların sayısı dört olup genişlikleri tank çapının 1/10 ile 1/12 si kadardır.



Şekil 4.3 Pervane karıştırıcı tipleri (a-mil tank merkezinde dik ve akım kırıcı yok, b-mil tank merkezine dik ve akım kırıcı var) (ÖREN,2006)

Sıvıların karıştırılmaları halinde, bu akım kırıcılar tank duvarına yapışmışlardır. Katıların sıvılar içerisinde süspansiyon durumuna getirilmeleri istenilmekte ise, tank duvarı ile akım kırıcı arasında yaklaşık olarak 2-3 cm'lik bir açıklık bırakılmalıdır. Pervanenin dik veya yatık olarak fakat merkezden farklı bir noktaya yerleştirilmesi istenilene daha çok yaklaşıtır.Yukarıdan bakıldığında dönme, saat yönünün aksi yönündedir. Hem düşeyle meydana getirilen açı hem de merkezden uzaklık büyük önem taşır. Çok büyük tanklarda (Şekil4.4.) pervanenin yandan girişi hemen hemen standart

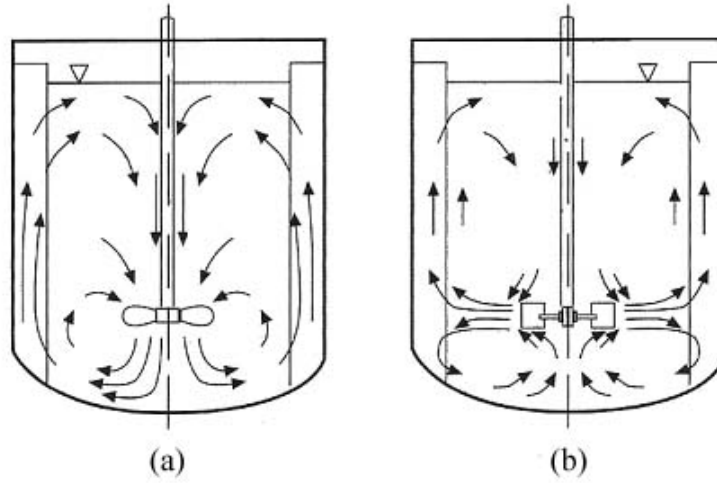
bir hal almıştır. Bunlar daima tank yarıçapı ile bir açı yapacak şekilde yerleştirilirler ve bu açı büyük önem taşımaktadır.



Şekil 4.4. Pervane karıştırıcı tipleri (c-akım kırıcı yok, pervane kenara yerleştirilmiş, d-büyük tanklar için yanal giriş düzeni) (ÖREN,2006)

Şekil 4.5'te ise karışımда meydana gelen akış modelleri gösterilmiştir. Bu akışlar radyal ve aksenal olarak sınıflandırılabilir. Karışım, karıştırıcı vasıtasıyla oluşan dolaşık girdapların hareketi ile, mikroskobik ölçekte sıvının hacimsel akışı ile meydana gelir. Hacim akışı katıların süspansiyonu ve karıştırılabilir sıvıların karıştırılmaları için, üstün karıştırma olaylarındandır. Türbülanslı karışımın, kütle transferi ve ısı transferinde önemli bir yeri vardır, proses kontrol imkanı sağlar.

Düz kanatlı türbinler esasen radyal akışlı aletlerdir. Bunlar karıştırıcı çarkından ayrılan akışkanın baskın doğrultusuna göre isimlendirilirler. Farklı özelliklere sahip sıvıların karıştırılmalarında kullanılmakta olan çark çeşitlerine, karıştırıcı ekipmanlar kısmında değinilecektir.

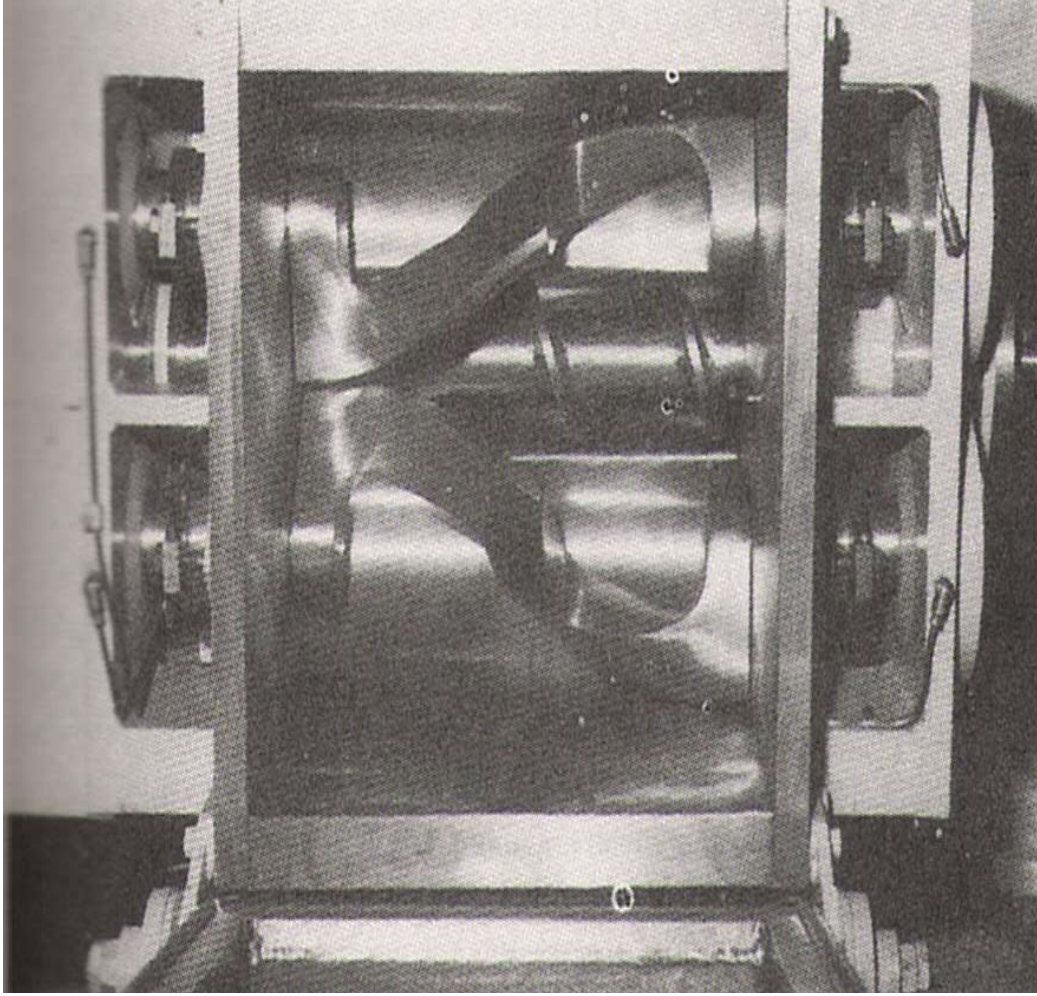


Şekil 4.5. Karıştırıcı akış tipleri (a-Aksiyal Akış b-Radyal Akış) (ÖREN,2006)

4.3. Viskoz Maddelerin Karıştırılması

Bu durum için pek az sistematik bilgi vermek mümkündür. Şekil 4.6.'da gösterilen viskozitesi çok yüksek maddeler için yoğurma makinesinin kullanılması oldukça yaygındır. Yaklaşık olarak yarı silindirik bir tabanı olan üstü açık bir tekneden meydana gelmiştir. Bu teknenin kendilerine Z şekli verilmiş iki yatay bıçak dönmektedir.

Isıtmak veya soğutmak amacıyla bir ceket ile sarılmış olabildikleri gibi uçucu karakterdeki çözücülerin kaybolmalarını önlemek amacı ile tamamıyla kapalı olarak da yapılabilirler. Bu cihazlar her zaman süresiz olarak çalışırlar ve bu sebeple cihazların boşaltılması makine gücü ile çalışan diğer cihazlar yardımıyla yapılır. Şekil 4.6'da böyle bir cihaz görülmektedir.

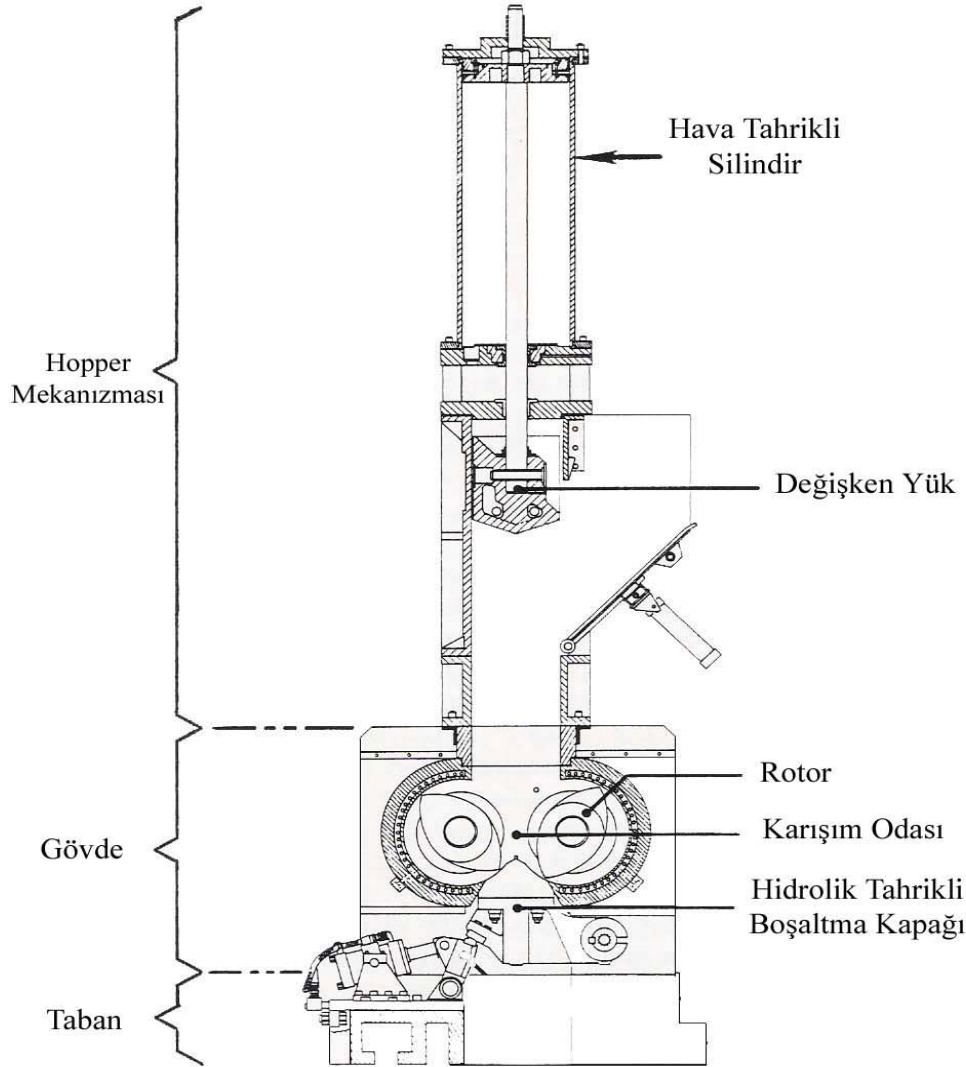


Şekil 4.6. Yoğurma makinesi (ÖREN,2006)

Bu yapı şekli genellikle sigma kanat olarak adlandırılır. Bu bıçaklar, bir bıçak tarafından döndürülen madde hemen onu izleyen bıçak tarafından alınıp döndürülebilecek şekilde tasarlanmış olup, çok fazla güç kullanılacak şekilde projelendirilmiştir.

Şekil 4.7.'de Banbury karıştırıcısı görülmektedir. Bu cihaz çoğunlukla kauçuğun karıştırılması ve yoğrulmasında kullanılır. Her biri silindirik gövde içerisinde yer almış iki bıçağı veya kanadı bulunan son derece ağır bir makinedir. Bu silindirler kısmen birbirlerini keserler.

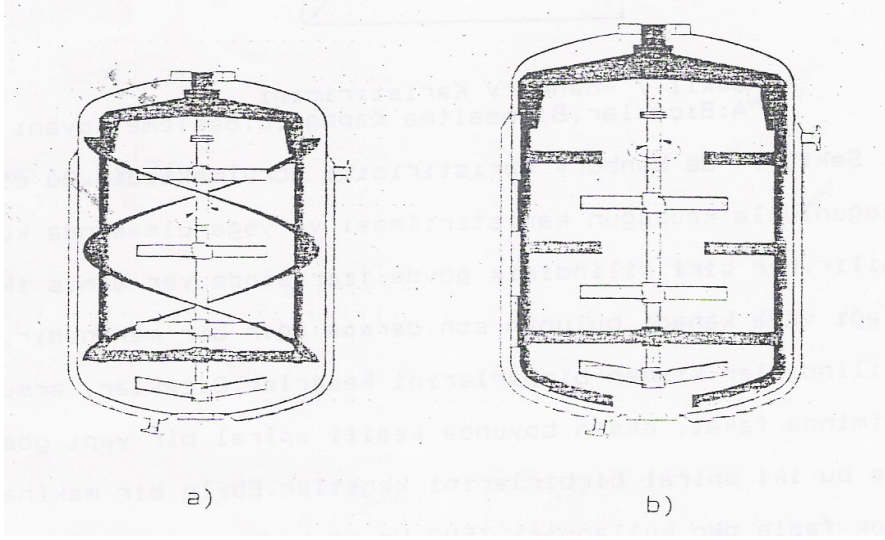
Bıçakların şekil ve durumunu göstermek amacı ile cihaz boşaltma durumunda çizilmiştir.



Şekil 4.7. Banbury karıştırıcısı (ÖREN,2006)

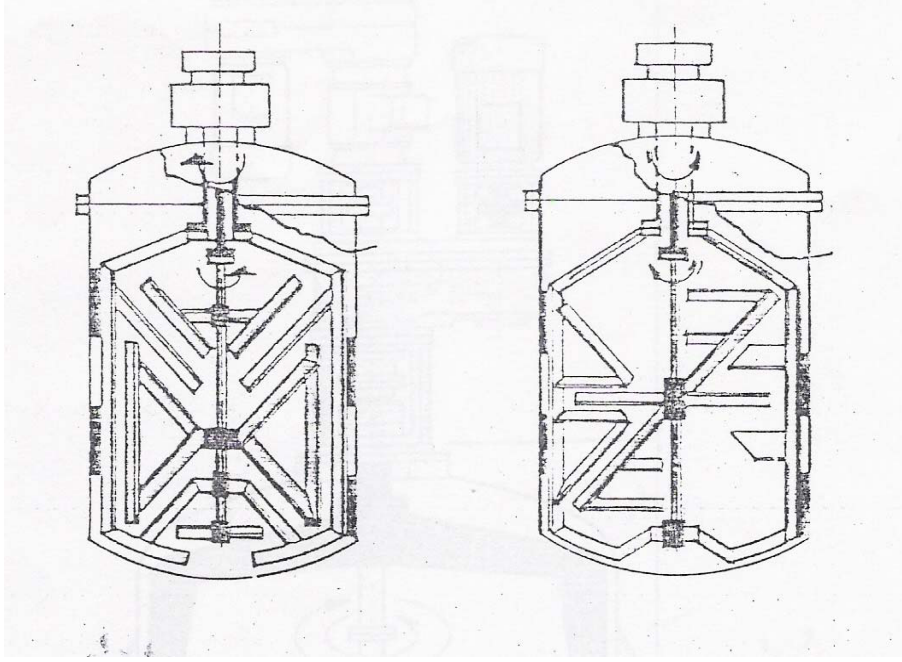
Bıçaklar, armut biçiminde fakat eksen boyunca kesiti spiral bir yapı gösterir ve bu iki spiral birbirlerini kenetler. Böyle bir makinenin çok fazla kullanılması sebebiyle, silindir duvarları su püskürtücülerle soğutulur. Bıçakların altında yer alan ağır kayan bir yapı boşaltmayı sağlar. Hidrolik bir silindir tarafından tutulan izleyici bir ağırlık, maddenin makine içerisinde tutulmasını temin eder.

Şekil 4.8.'de viskoz maddelerin karıştırılmasında kullanılan değişik dizaynlı karıştırıcılar görülmektedir. Bu tür karıştırıcılarda iki adet tahrik sistemi mevcuttur. İç kısımdaki kanatlar ile dış kısımdaki kanatlar birbirine ters yönde dönmektedirler. Genellikle kimya sektörlerinde, ilaç sanayinde, kozmetik sanayinde, yıkama acentelerinde, boya-vern timer yapıştırıcı imalatında, makine yağı imalatında, gıda sanayinde, kağıt endüstrisinde kullanılabılırler. Karıştırıcı tankı çevresindeki gömlek içerisine karıştırılan malzemenin fiziksel özelliklerini düzenleyecek şekilde sıcak veya soğuk akışkan gönderilir. Böylece karışımın daha düzenli olması sağlanmış olur.



Şekil 4.8. Viskoz madde karıştırıcıları (a-içi düz, dışı spiral kanatlı karıştırıcı b-içi düz, dışı düz kanatlı karıştırıcı) (ÖREN,2006)

Şekil 4.9.'da da kozmetik, ilaç, boya ve vernik, kurşun dizaynları görülmektedir. Bu tip karıştırıcılarda da iki tahrik mekanizması vardır. İç kısımdaki kanatlar birbirlerine ters yönde dönmektedirler.



Şekil 4.9. Özel şekilli karıştırıcılar (ÖREN,2006)

4.4. Sıvıların Katılarla Karıştırılması

Sıvının birim hacmindeki, katı miktarının çok fazla olmadığı durumlarda, ayrıca katının büyük tanecikli olmadığı sıvının ise çok fazla viskoz olmadığı durumlarda düz kanatlı türbin kullanarak katıları sıvılar içerisinde süspansiyon haline getirmek mümkün olur. Eğer bunun harici bir durum mevcut ise operasyon yoğurma veya bir katının diğer bir katı ile karıştırılması şeklini alır.

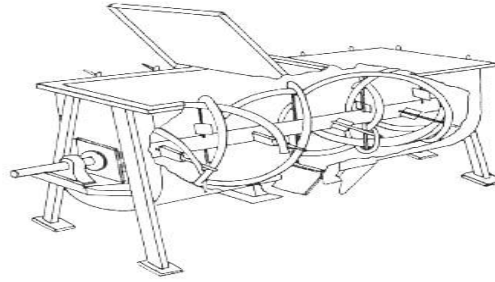
Kristalleştirme ve katı kristalli sıvı reaksiyonlarında, katı partikülleri düşük viskoziteli sıvılar içerisinde çözülebilirler. Mekanik tahrikli karıştırıcı sistemleri kullanarak, katıların çökmesini önleriz ve katı sıvı arasında meydana gelebilecek kütle transferi ve/veya kimyasal reaksiyonu uygun şartlarda sağlamış oluruz. Eğer karıştırma işlemi durdurulursa buna bağlı olarak katı ve sıvı fazlarının yoğunluğuna göre katı partikülleri sıvı yüzeyine çökelebildiği gibi dibе de çökelebilmektedir.

Başka bir yönden olaya bakarsak, küçük partiküllerin yüksek viskoz sıvılarının içinde karıştırılması da söz konusudur. Örneğin: kauçuk içerisine karbon takviyesi buna örnek olarak gösterilebilir. Burada sıvı-sıvı emülsiyonundaki gibi, ürün stabil, yüksek viskoziteli ve kompleks reolojik yapıdadır. Bu tip prosesler, yüzey ve fiziksel temastan yola çıkarak, kimyasal reaksiyon ve kütle transferi ile çözümler sunmaktadır.

4.5. Katıların Katıların veya Az Miktardaki Sıvılarla Karıştırılması

Bu konuda sistematik bir sınıflandırma yapmak mümkün değildir. Sadece çok değişik tipte cihaz kullanmakla kalmayıp aynı amaçla kullanılan cihazların tipleri, birbirlerinden çok farklı endüstri kollarında da aynıdır.

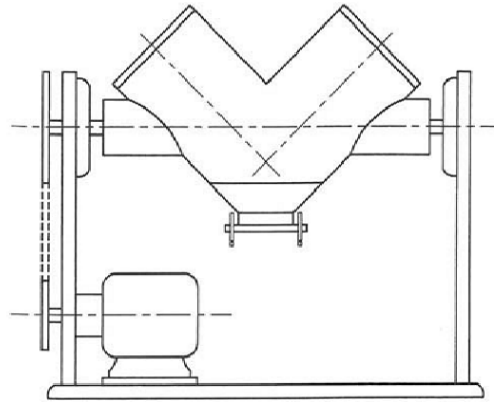
Çok ufak tanecikli kuru tozların karıştırılması halinde maddenin bir yerden diğer bir yere taşınması esnasında vidalı konveyörlerin kullanılmaları iyi bir karıştırma meydana gelmesini sağlar. Bu durumda yeniden bir cihaza ve yeniden bir güce ihtiyaç duyulmaz. Şekil 4.10'daki gibi süreksiz çalışmalar için kuru karıştırıcı pek sık kullanılır. Bu yarı silindirik bir tekneden meydana gelmiş olup toz sızmasını önlemek amacı ile üstü kapatılmıştır. İçerisinde iki veya daha fazla sayıda şeritli spiraller vardır. Spiralin biri sağa, diğeri ise sola döner ve böylece madde tekne içerisinde ileriye ve geriye doğru hareket eder.



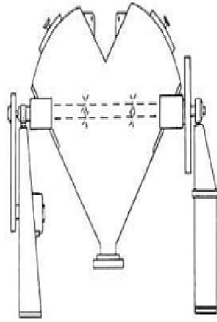
Şekil 4.10. Kuru karıştırıcı (ÖREN,2006)

Toz halindeki kuru maddelerin karıştırılmasında kullanılan diğer bir tip karıştırıcı döner silindirik karıştırıcıdır. Bu içerisinde derin oyuklar olan veya kepçe şekli verilmiş kanatlar bulunan döner bir silindirden ibarettir. Herkesçe bilinen beton karıştırıcılar buna örnektir. Çift konili karıştırıcı, alt kısımları karşı karşıya gelecek şekilde bağlanmış iki koniden oluşmuştur.

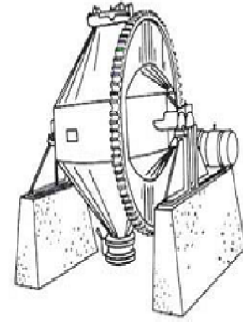
Bazı tiplerde aralarında silindirik bir kısım olmasına karşılık bazı tiplerde yoktur. Cihaz konilerin tepe noktalarını birleştiren doğruya dik bir eksen etrafında döner. Buna benzer diğer bir cihaz Şekil 4.11'de gösterilmiştir. İki kısa silindirden oluşmuştur ve bu silindirler, eksenleri arasındaki açı 90° olacak şekilde birleştirilmişlerdir. Bu cihaz silindirlerin birleştirilme yüzeyine dik ve merkezinin biraz üzerinde olan bir eksen etrafında döner.



a)



b)

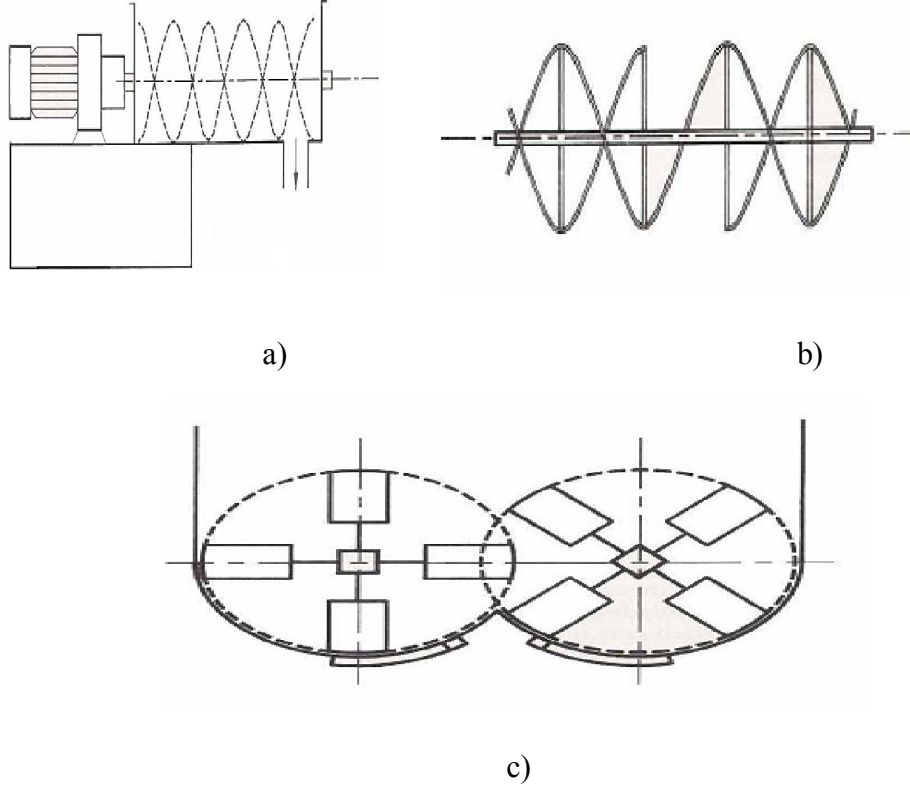


c)

Şekil 4.11. V şekilli karıştırıcılar(ÖREN,2006)

Plastik yapıda olan maddelerin karıştırılmaları için önceki kısımda açıklaması yapılan yoğurma makinesi uygundur. Bu konuda diğer bir cihaz çamur karma makinesidir. Şekil 4.12.'de gösterilen bu cihaz esas itibari ile içerisinde birbirlerine paralel ve alt kısma yakın dönen iki şaftı bulunan bir tekneden oluşmuştur. Bu şaftlar üzerinde eğimli kanatlar, kürekler veya çiviler vardır. Bu iki şaft biri diğerinin izlemiş olduğu yola gelece şekilde yerleştirilmişlerdir. Bu cihaz killerin oldukça fazla kullanılır. Kıvamlı maddelerin karıştırılmasında kullanılan diğer bir tip karıştırıcı macun bıçağıdır. Çok değişik tipte bulunan öğütme cihazlarında katıların karıştırılmalarında

kullanılabilirler. Bu esnada az miktarda sıvıda kullanıldığı olur. Böylece öğütmenin yanında bir de karıştırma yapılır.



Şekil 4.12. Çamur karma makinesi (ÖREN,2006)

Bu konu sıvıların-sıvılarla karıştırılmasından çok daha fazla güçlükler çıkarır. Sıvıların karıştırılmasında gerçekte muntazam olan son bir numunenin elde olması, karışmanın tamamlanıp tamamlanmaması konusunda, hangi kriter alınmış olursa olsun bir fikir verir. Akla yatkın bir karıştırma zamanı tamamıyla birbirlerine benzer numuneler vermeye yeterli olmaktadır. Böyle bir durum, katıların karıştırılmasında çok ender olarak elde edilebilir. Bu gibi durumlarda kütlenin tümünden gelişi güzel fakat muntazam olan bir numune almak mümkün ise de bunların ufak miktarlarda alınması halinde muntazam olmadıkları görülür. Sonuç olarak katıların karıştırılmasını açıklayan teori konusunda pek az şey yapıldığı söylenebilir (ÖREN,2006).

5. BETON

Beton çimento, ince ve kaba agrega, su ve gerektiğinde çeşitli katkı maddelerinin homojen olarak karıştırılmasından oluşan, başlangıçta plastik kıvamda olup şekil verilebilen, zamanla katılaşp setleşerek mukavemet kazanan bir yapı malzemesidir.

Günümüzde, dünyada her yıl yaklaşık 5.5 milyar ton beton üretilmektedir. Bu miktar dünya nüfusuna bölündüğünde kişi başına 1000 kg beton üretildiği ortaya çıkar. Ülkemizde ise yılda 50 milyon m³ beton üretilmektedir. Bunun % 70'inden fazlası hazır betondur ve payı hızla artmaktadır. Beton sektörünün ekonomide ihmal edilmeyecek bir yeri vardır. Halen 10.000 aileye iş imkanı sağlayan hazır beton sektörünün gelişmesi, bu sektörün büyüyüp başarılı olmasına bağlıdır.

Beton, diğer bir çok yapı malzemesine göre,

- (i) daha kolay şekil verilebilir olması,
- (ii) ekonomik olması,
- (iii) dayanıklı olması,
- (iv) üretiminde daha az enerji tüketilmesi,
- (v) her yerde üretilebilir olması,
- (vi) estetik özellikleri nedeniyle en çok kullanılan yapı malzemesidir.

Taze haldeyken plastik bir kıvama sahip olması betona istenilen herhangi bir şeklin verilmesini sağlar. Diğer bir deyişle, taze beton sertleştiğinde içine konulduğu kalıbın şeklini almış olur. Böylece, kirişler, kolonlar, karmaşık şekilli kabuklar, döşemeler, kazıklar, kütle betonları v.b. yapmak mümkün olur. Beton üretiminde büyük ölçüde yerel olanaklarla elde edilen malzemeler kullanılır. Bu husus maliyetinin diğer yapı malzemelerine oranla düşük olmasındaki en önemli noktalardan biridir. İyi bir beton dayanıklı bir yapı malzemesidir. Uygun bir şekilde tasarlanmış, üretilmiş, yerleştirilmiş, sıkıştırılmış ve bakımı yapılmışsa uzun yıllar her hangi bir bakım, onarım gerektirmeden hizmetini sürdürür. Aynı hacimdeki alüminyum, çelik ve cam üretimi için, sırasıyla, yaklaşık betonun 100, 90, 15 katı enerjiye gereksinim vardır. Enerji maliyetlerindeki hızlı artış göz önünde bulundurulduğunda, betonun bu özelliğinin önemi de anlaşılır. Beton, aynı zamanda, bir çok estetik olanaklara sahip bir

malzemedir. İstenilen şekil, renk ve yüzey özelliklerini vererek değişik görüntüler elde etmek mümkündür.

Betonun bir çok olumlu özelliğinin yanı sıra, bazı olumsuz özellikleri de bulunmaktadır. Ancak, bunların üstesinden gelebilmek için beton üreticiye ve kullanıcıya bir çok olanak sağlar. Çelik donatı kullanılarak düşük çekme dayanımı dezavantajının azaltılması, çeşitli kimyasal katkı maddeleri kullanılarak çeşitli özelliklerinin daha da iyileştirilmesi bu olanaklara örnek olarak verilebilir.

Betonlar birim ağırlıklarına göre üç ana gruba ayrılırlar. Yaklaşık 2400 kg/m^3 ağırlığında olan betonlar normal beton olarak isimlendirilir ve taşıyıcı amaçlarla en çok kullanılan beton türüdür. Hafif betonlar, birim ağırlıkları 1800 kg/m^3 'den az olan betonlardır. Yalıtım amaçlı olarak veya dayanım-ağırlık oranının yüksek olması gereken koşullarda kullanılırlar. Radyasyon kalkanı olarak kullanılacak betonlarda bazı özel agregalar kullanılarak ağırlık artırılır. Birim ağırlığı 3200 kg/m^3 'den yüksek olan bu betonlar ağır beton olarak adlandırılır. 7 m^3 'lük bir transmikserdeki beton ağırlığı 16-17 ton civarındadır.

5.1. Taze Beton

Agrega ve çimento karışımına su katıldıktan sonraki ilk bir kaç saatte beton, sıvıya benzer akıcılık özellikleri taşır ve kolayca şekil verilebilir; bu aşamadaki karışıma taze beton denir. Beton zaman içerisinde çimentonun hidratasyonu sonucunda akıcılığını kaybederek katılaşır ve dayanım kazanır. Taze beton ile ilgili temel kavramlar aşağıda verilmiştir.

İşlenebilirlik, taze betonun, ayrışmaya uğramadan, taşınması, dökülmesi, yerleştirilmesi, sıkıştırılması ve sonlanması işlemlerinin kolaylıkla yapılabilmesi özelliği olarak tanımlanabilir. Yapılan beton işinin niteliğine, betonun sertleşmesinden sonra beklenen özelliklerine, v.b bağlı olarak, yukarıda belirtilen işlemlerde aranılan nitelikler farklı olabilir. Dolayısıyla, betonun işlenebilirliğini rakamsal ifadelerle açıklamak mümkün değildir. Genel hatlarıyla baktığımızda, taze betondan beklenen nitelikler şu şekilde sıralanabilir.

- Kolayca karıştırılıp taşınabilir olması,
- Kalıplara kolayca yerleşebilir akışkanlıkta olması,

- Fazla enerji gerektirmeden sıkıştırılabilir olması,
- Taşıma, yerleştirme ve sıkıştırma sırasında ayrışmaması,
- Uygun bir şekilde sonlanabilir olması

Taze betonun işlenebilirliğini etkileyen etkenler şunlardır:

Kıvam, işlenebilirliği etkileyen en önemli faktör taze betonun kıvamıdır. Kıvam betonun akışkanlığını gösteren bir ölçüdür. Betonda artan su miktarı, kıvamı, diğer bir deyişle, betonun akışkanlığını artırır. Çünkü artan su miktarı, betonun akmaya, yerleşmeye ve sıkışmaya karşı direncinin temel sebebi olan katı taneler arasındaki sürtünmeyi azaltır. Ancak, su miktarı çok yüksek olan beton işlenebilir beton anlamına gelmez. İşlenebilmenin tanımı hatırlandığında, taze betonda ayrışma olmaması gerektiği görülür. (THBB, 2000)

Agrega tane dağılımında önemli noktalar şunlardır:

- Agreg a şekli ve yüzey özellikleri
- Betondaki çimento hamuru-agrega oranı
- Betondaki sürüklenmiş hava miktarı
- Zaman
- Sıcaklık
- Ayrışma ve terleme

Ayrışma, taze betonda iri agrega tanelerinin harçtan ayrılarak kalıpların alt kısmına çökmesidir. Bu suretle beton homojenliğini kaybeder ve beton elemanın alt ve üst bölgelerindeki özellikler farklılaşır. Hemen her zaman ayrışmayla birlikte gözlenen bir başka olgu da terlemedir.

Terleme, taze betondaki suyun kılcal boşluklardan yukarı doğru yükselmesine verilen addır. Ayrışmayla aşağıya çökelen iri agrega taneleri aralarında suyu tutamadıklarından bu suyun bir kısmı yukarıya doğru yükselir. Yükselirken ince agrega tanecikleri ve çimento taneciklerinin bir kısmını da birlikte sürükler. Yüzeye ulaştığında zayıf bir kaymak tabakası oluşturur. Ayrıca, su terleme yoluyla yükselirken

agrega tanelerinin ve donatının alt yüzeyinde birikerek bunların betonla aderansını (bağını) azaltan boşluklara neden olur.

TS EN 206-1 “Beton” Standardında beton kıvam sınıfları Çizelge 5.1.’deki gibidir.Çökme değeri yüksek betonların kıvamı yüksek, dolayısıyla işlenebilirliği iyidir. Kolay yerleştirilirler. Kuru kıvamdaki betonlar çok zor yerleştirilirler, ve pompalanamazlar.

Çizelge 5.1. Beton viskozitesi (slump) sınıfları (THBB, 2000)

<i>Sınıf</i>	<i>Çökme (Slump), mm</i>
<i>S 1</i>	<i>10 - 40</i>
S 2	50 - 90
S 3	100 - 150
S 4	160 - 210
S 5 ¹⁾	≥ 220

5.1.1. Betonun Karıştırılması

TS 11222 Standardında 1 m³’lük bir harman için en az 45 saniye, daha büyük harmanlarda ilave her 0,5 m³ için 15 saniye artırılarak karıştırma süresinin bulunabileceği belirtilmekteydi. TS EN 206-1’de süre kısıtlaması bulunmamaktadır. Uygun süre denenerek bulunmaktadır.

5.1.2. Betonun yerleştirilmesi

Beton, zorunlu olmadıkça, yatay tabakalar halinde dökülmelidir. Her tabakanın kalınlığı bir önceki dökülen tabakayla birlikte sıkıştırılabilecek şekilde, 15-30 cm olmalıdır. Zemin üstüne beton dökülecekse, beton dökülmeye başlanmadan önce, toprak zemin yeterince sıkıştırılmalı ve yaklaşık 15 cm derinliğe kadar nemlendirilmelidir.

Beton serbest olarak 1.5 m’den daha yüksekten dökülmemelidir. Daha yüksekten dökülmesi gerektiğinde düşürme oluğu kullanılmalıdır. Beton kalıp kenarından başlanarak dökülmelidir.

5.1.3. Betonun sıkıştırılması

Beton yerleştirildikten sonra, içinde boşluk ve hava kalmayacak şekilde sıkıştırılmalıdır. Betonun sıkıştırılması vibratörle yapılmalıdır. Zorunlu olmadıkça, şişleme veya tokmaklama ile sıkıştırma yapmaktan kaçınılmalıdır. Sıkıştırma işleminde içsel vibratörler tercih edilmelidir. Yeterli sıkıştırma sağlayacağı biliniyorsa, yüzey vibratörleri veya kalıp vibratörleri de kullanılabilir. Yüzey vibratörü kullanılıyorsa, sıkıştırılan tabakanın kalınlığı en fazla 20 cm olmalıdır.

5.1.4. Betonun bakımı (Kürü)

Ortam koşulları çimentonun hidratasyonu için uygun olduğu takdirde, beton zamanla dayanım kazanmaya devam eder. Dayanım kazanma hızı erken yaşlarda yüksektir, zaman içinde dayanım artışı, hızı azalarak, sürer. Betonun dayanım, donma-çözülme direnci, geçirimsizlik gibi bir çok özelliklerinin zamanla daha gelişmesi için (a) yeterli nem ve (b) uygun sıcaklık gerekir. Betonun bakımı, bu nem ve sıcaklık koşullarının sağlanması için uygulanan yöntemlere verilen genel addır.

Betona uygun nem ve sıcaklık koşullarında bakım şu yöntemlerle uygulanabilir:

- Beton yüzeylere, betonun erken sertleşme döneminde, ilave su uygulanması
- Göllendirme
- Fıskiye, sprinkler veya hortumla sulama
- Islak örtülerle kaplama.
- Beton yüzeyini örterek su kaybını önleme
- Su geçirmeyen bitümlü kağıtlar,
- Plastik örtüler,
- Sıvı, membran oluşturan kür malzemeleri,
- Kalıpların yerinde bırakılması
- Dayanım kazanımını hızlandıran, sıcaklık+nem uygulamaları
- Buhar kürü

- Beton içine yerleştirilen ısıtıcı helezonik teller kullanılması

Erken yaşlarda betonda buharlaşma nedeniyle meydana gelebilecek su kaybı çimentonun hidratasyonunu geciktireceği gibi, rötre çatlaklarına da neden olabilir. Betonun yerleştirilmesinden hemen sonra meydana gelebilecek su kaybı ortam sıcaklığı, ortam nemi ve rüzgar hızına bağlıdır. Bu bakımdan, döşemeler ve kaplamalar gibi, geniş yüzey alanlı betonlarda bu konuya ayrıca dikkat edilmesi gerektiği unutulmamalıdır.

5.2. Hazır Beton

Hazır beton üretimi, bir endüstri işlemi olarak alınabilir. Hazır beton, ham maddeleri çimento, agregalar, su, mineral ve kimyasal katkıları olan bir ürün olarak düşünülebilir. Hazır beton ile ilgili ilk patent 1903 yılında Almanya'da alınmıştır. Ancak, hazır betonun üretilip gönderilmesi ilk kez A.B.D. de 1913 yılında gerçekleşmiş ve bugünkü anlamda beton taşıyıcıları, (transmikserler) 1926 yılında geliştirilmiştir. Türkiye 'de ise hazır betonun yaygınlaşması 1980 yılından sonra başlamıştır.

Bir hazır beton firması, tesisin bulunduğu bölgedeki agregaları iyi bir şekilde tanıyabilir, bu nedenle en iyi agregayı düşük fiyata mal edebilir. Belirli çimento fabrikalarından çimentoyu istediği miktarda dökme olarak (torbasız) silolarda depolayabilir. Ayrıca kuracağı tesisteki makine ve araçları çok uzun süreler kullanabilir. Bunların yanında, sürekli olarak beton üretimi ile uğraşan deneyimli personel hazır beton tesisinde bulunur. Tüm bu nedenlerle hazır beton satın almak, şantiyede tesis kurarak üretim yapmaktan daha ekonomiktir.

Hazır beton tesislerinde, betonu oluşturan malzemelerin (çimento, agregalar, su ve katkıları) tartıldığı bir bölüm bulunur. Agregalar stok yerlerinden alınarak bunker denilen bölümlere doldurulur. Çimento ve varsa mineral katkıları (uçucu kül, silis dumanı, cüruf gibi) silolarda depolanır. Kimyasal katkıları için katkı tankları ya da varilleri bulunur. Beton karışım oranlarına bağlı olarak malzemeler ayrı ayrı tartılır. İki farklı üretim şekli vardır:

- Yaş sistem
- Kuru sistem

Yaş sistemde tartılan malzemeler bir büyük karıştırıcı (mikser) içine boşaltılır. Mikser içinde homojen bir hale gelinceye kadar karıştırılır. Hazırlanan bu karışım, mikserin tam altına yanaşan bir transmikserin deposuna boşaltılır. Beton, hazır beton tesisinde yükleyerek şantiyeye götüren dönebilen bir depoya sahip kamyon şeklindeki araçlara transmikser denilmektedir.

Kuru sistemde ise tartılan malzemeler doğrudan transmiksere yüklenmektedir. Yaş sistemden farkı, tesiste bir ana karıştırıcının (mikser) bulunmamasıdır. Bu sistemde beton transmikser içinde karıştırılmaktadır. Bu nedenle, kuru sistemde çalışan transmikserlerin, yaş sistemdekinden farklı olması, homojen bir karıştırma yapabilmesi için özel paletlerinin bulunması gerekir. Kuru sistemde, genellikle su, transmikser betonun döküleceği şantiyeye vardıktan sonra, transmikserin üzerinde bulunan bir depodan katılmaktadır. Transmikserin deposuna su katıldıktan sonra, depo yüksek devirde döndürülerek iyi bir karıştırma sağlanmalıdır.

Agregalar kapalı ya da açık stok sahalarında depolanır. Agregaların taşınmasında iki yöntem vardır: Birinci yöntemde, santralin etrafına yıldız şeklinde, ayrı bölmelere konan agregalar, düşmeli - kepçeli bir vinç yardımı ile alınarak tartı haznesine taşınır. İkinci yöntemde ise, agregalar stok yerlerinden lastik tekerlekli kepçe yardımı ile alınarak agrega depolarına (bunker) konur. Daha sonra tartılmak üzere agrega kantarlarına taşınır.

Yurdumuzda genellikle 6-10 m³ hacminde transmikserler kullanılmaktadır. Ancak yaş karışımda depo hacminin %80'i, kuru karışımda ise %65'inden fazla yükleme yapılmamalıdır. Beton taşınırken deponun düşük devirde (dakikada 1-4 devir) çevrilmesi gerekir. Bir önemli noktada transmiksere beton yüklemeden önce içinde herhangi bir suyun (yıkama suyu gibi) bulunmamasının sağlanmasıdır.

5.2.1. Beton taşınırken oluşan işlenebilirlik kayıpları

Beton transmikser de taşınırken deposu düşük devirde döndürülmelidir. Eğer beton karıştırılmadan taşınırsa ayrışma ve çökme oluşur, bu durumda betonun homojenliği bozulur, tekrar karıştırmak güçleşir. Beton karıştırılırken hava ile temas nedeniyle buharlaşma oluşur, bu ise su kaybına yol açacağından işlenebilirlik düşer. Taşıma sırasında ortaya çıkabilecek başka bir durum ise, agregaların su emmesidir. Bu

durum yaz aylarında iyice kuruyan agregalar için geçerlidir. Agregaların betonun suyunun bir bölümünü emmesi, yine işlenebilirliğin azalmasına yol açar. Öte yandan, özellikle sıcak havalarda çimentonun su ile yaptığı hidratasyon reaksiyonu hızlanır. Bunun sonucunda ortaya çıkan ısı betonun daha fazla ısınmasına yol açar, bu ise buharlaşmayı artırır.

Yukarıda incelenen etkilerden sadece buharlaşan suyun tekrar yeniden konması, betonda dayanım azalmasına yol açmaz. Ancak bu suyun miktarını belirlemek kolay değildir. Bu su dışında betona su katılması betonun özelliklerinin bozulmasına yol açar. Bu nedenle şantiyeye gelen betonda bir kıvam kaybı oluşmuş ise, bunu su ekleyerek gidermek doğru değildir. En iyi çözüm, betonun yolda uzun mesafeler kat etmesinin söz konusu olduğu durumlarda, beton tesisten çıkmadan önce kıvamın daha yüksek tutulması ve yolda kıvam kaybı oluşsa bile şantiyeye ulaşan betonun istenilen kıvamın altına düşmemesini sağlamaktır. Bu durum yine de sağlanamıyor ise, betona şantiyede su katmak yerine bir akışkanlaştırıcı katkı katarak işlenebilmeyi düzeltmek en iyi yoldur. Standartlarda transmikserde taşıma süresi en çok iki saat olarak sınırlandırılmıştır. Ancak bu süre priz geciktirici katkı kullanılarak uzatabilir.

Kuru sistemde ise agregalar gerçekten kuru ise ve betonun suyu transmikser şantiyeye vardığında katılıyor ise kıvam kaybı sorunu yaşanmaz. Ancak agregalardan birisi kuru, diğeri ıslak ise bu nemin çimento ile karşılaştığı anda hidratasyon reaksiyonunun başlayacağı unutulmamalıdır. Bu durumda, toplam taşıma süresi ıslak agregası ile çimentonun karıştığı andan itibaren hesaplanmalıdır.

5.2.2. Betonun pompalanması

Yurdumuzda hazır beton firmaları aynı zamanda beton pompalarına da sahiptir. Beton siparişi verildiğinde, istenirse beton pompa yardımı ile kalıplara iletilir. En büyük iletim uzaklığı pompanın gücüne bağlıdır.

Transmikserler pompaya yaklaşarak betonu boşaltırlar. Beton, pompa yardımı ile borular içinde iletilerek kalıplara dökülür. Betonun borular içinde tıkanmaya yol açmadan ve pompayı fazla zorlamadan iletilebilmesi gerekir. Pompalanabilir betonda, en büyük agregası dane büyüklüğü boru çapına bağlıdır. Kırmı taş agregası kullanıldığında en büyük agregası dane büyüklüğünün, boru çapının beşte birinden küçük olması istenir. Çökme değeri 8-10 cm olan bir beton rahatlıkla pompalanabilir. Betonun

ayrışmaması için tanelerin birbirine iyi bir şekilde yapışması gerekir. Betonda tanelerin bir arada bulunmasını, dolayısı ile ayrışmamasını ince malzemeler (300 mikrondan küçük) sağlar.

5.3. Hazır Beton Nakil Ve Hazırlama Araçlar

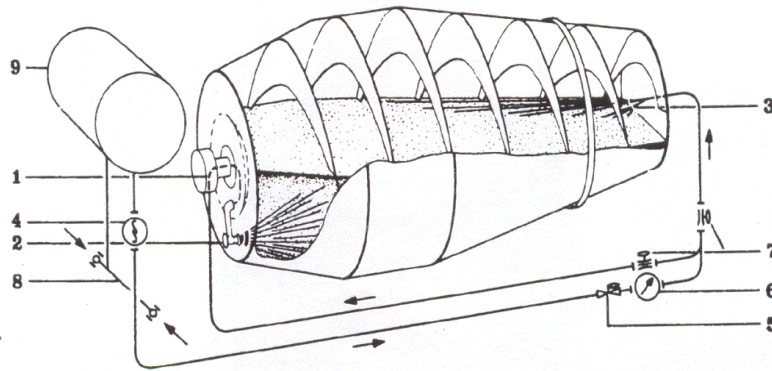
Hazır beton naklinde transmikserler kullanılmaktadır.

5.3.1. Transmikserler

Hazır beton naklinde kullanılan kuru ve yaş olarak sınıflandırılırlar.

5.3.1.1. Kuru Transmikserler

Kuru transmikserler Hazır Beton Santralından aldığı betonu yolda çevirmeden götürebilir. Betonun karıştırma ve su vermesini şantiyede yapar. Bunların, tahrik sistemleri diğerlerine göre daha güçlüdür. Kazan içinde helezonların dışında karıştırma paletleri bulunur. Su püskürtme sistemi kazanın içerisinde aynı anda 6-7 ayrı yerden su verilerek beton yapılır. Karıştırma ve su verme işleminde daha dikkat ister, operatörler daha bilinçli olmalı, su saatleri doğru çalışmalıdır, su kazanı daha büyüktür (2 ton). Nakliye süresi en fazla 2 saattir. Şekil 5.16.'de transmikser şematik olarak verilmiştir.



Şekil 5.1. Transmikser (THBB, 2000)

Krokide verilen transmikserin elemanları şunlardır;

1. Merkez dağıtıcı bağlantısı

2.Su püskürtme noktaları

3.Su püskürtme noktaları

4.Su pompası

5.Vana

6.Sayaç

7.Ayarlı vana

8.Su doldurma girişi

9.Su tankı

Her transmikser üzerinde toplam hacmi (m^3), harman hacmi (m^3), en fazla ve en az devir hızı yazılı bulunur. Beton harman hacminin toplam hacme oranı yaş karışımlar için %80, kuru karışımlar için %65'i aşmamalıdır.

5.3.1.2. Yaş Transmixerler

Bu tür transmikserler santralden aldığı suyu verilmiş hazır betonu yolda min. (1-4 d/dk) da kazanı çevirerek gider. Taşıma süresi en fazla 2 saat dir. Piyasada kullanılan transmikserlerin boyutları ve kapasiteleriyle ilgili genel bilgiler Çizelge 5.2.'de verilmiştir.

Çizelge 5.2. Transmikser bilgi cetveli (THBB, 2000)

	5m ³	6m ³	7m ³	8m ³	Birim
Bürüt Hacim	7800	10200	11800	13200	Litre
Averaj Ebat	5000	6000	7000	8000	Litre
Yükleme Hızı	10-20	10-20	10-20	10-20	saniye/m ³
Boşaltma Hızı	15-40	15-40	15-40	15-40	saniye/m ³
Tambur Hızı(max)	16	16	16	16	devir/dk
Tambur Çapı	2270	2270	2270	2270	mm
Yükleme Yüksekliği	2500	2500	2500	2500	mm
Tam Yükseklik	2500	2500	2500	2500	mm
Boşaltma Yüksekliği	1170	1170	1170	1170	mm
Genişlik,Kamyonlu	2480	2480	2480	2480	mm
Genişlik, Kamyonsuz (C)	2290	2290	2290	2290	Mm
Ağırlık	3100	3400	3800	4200	Kg
Su Tankı kapasitesi	650	650	650	650	Litre
Su Pompası Basıncı	240/2.6	240/2.6	240/2.6	240/2.6	1/bar
Şase Uzunluğu(B)	4700	5000	5350	6300	Mm
Toplam Uzunluk(A)	4980	5275	5675	6625	Mm
Dizel Motor Gücü	45	52	64	76	HB

6. MATERYAL VE METOD

6.1. Materyal

Bu çalışmada yapılan tasarımlarda sonlu elemanlar yöntemi ANSYS 14.0 programıyla kullanılmıştır. Sonlu elemanlar metodunda, temel olarak üç yaklaşım kaynağı vardır. Birincisi fiziksel ve geometrik olarak çalışma alanının tanımı, diğer ikisi sonlu sayıda elemana bölünme ve algoritmanın çözümüdür.

Kullanıcı modelini oluşturmaya başlamadan önce, fiziksel sistemi matematiksel olarak nasıl simule edeceğini çok iyi tasarlaması gerekmektedir: İlk olarak, yapılacak olan analizin amacı iyi belirlenmelidir. Modelin hepsini mi yoksa bir kısmının mı simule edileceğine karar verilmelidir. Modelin ne kadar detaylandırılacağı, analizde kullanılacak eleman tipi ve modelde kullanılacak olan ağ örgüsü yoğunluğu belirlenmelidir.

Üç boyutlu kabuk modeller üç boyutlu bir düzlemde ince yapıların modellenmesi amacı ile kullanılmaktadırlar. Bir çok üç boyutlu kabuk modeller, direk modelleme yöntemleri ile daha kolay oluşturulsalar da, katı modelleme ile de zorlanmadan oluşturulabilmektedirler.

Üç boyutlu katı model analizi, simetri ekseni olmayan ya da sabit bir kesit alanına sahip olmayan kalın yapılar için üç boyutlu düzlemde kullanılırlar. Direk modelleme metodları ile üç boyutlu model oluşturabilmek çok kolay değildir (Acar, 1997).

Modelin ve yapının değerlendirilmesi genellikle yapı içerisindeki yük yollarının iyi şekilde anlaşılması ile gerçekleştirilebilir. Bu amaç için en uygun olanlar grafiksel sonuçlardır. Yer değiştirme grafikleri, gerilme grafikleri ve reaksiyonları gösteren grafikler bu konuda çok yardımcıdır. Bu aşamada, dağılım ve gerilmelerin yönü büyüklüklerinden daha önemlidir.

Eğer yüklemeler de basit komponent yüklemeleri seviyelerine indirgenebilirse, elde edilen sonuçların anlaşılması ve yorumlanması diğer birleşik kompleks yüklemelere nazaran çok daha kolay olacaktır.

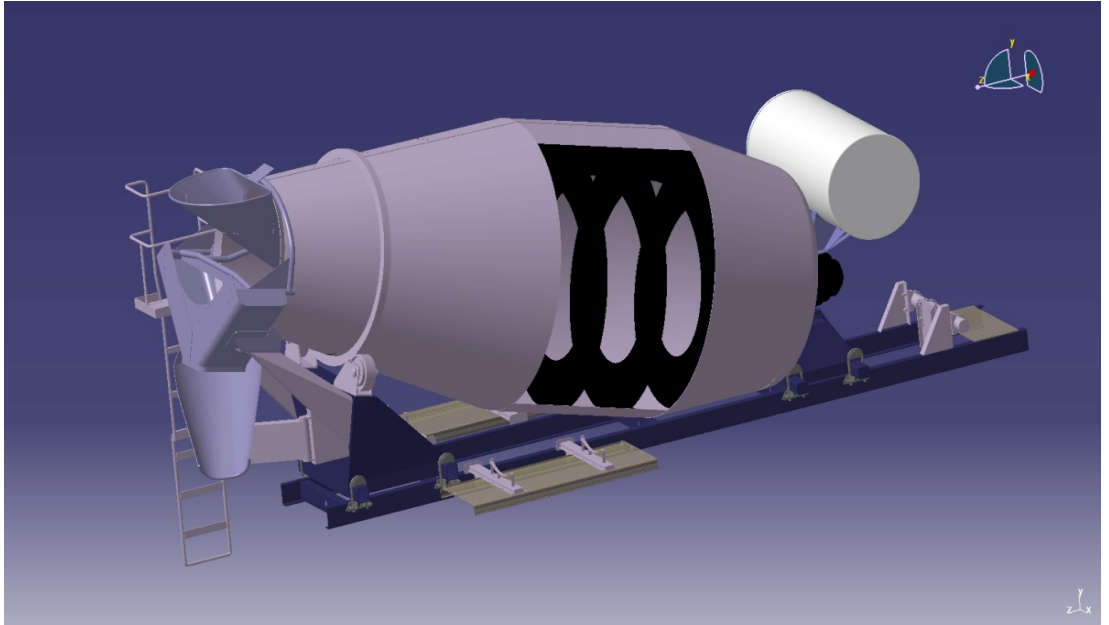
Transmikserlerin taşıdıkları yükün ağırlığı, maruz kaldıkları darbe ve basınç,

Çalışma alanları ve çalışırken yaptıkları hareketlerden, hafifletilirken sağlamlık ve güvenilirlikten taviz verilmemesi gereklidir.

Ağırlık kontrollerinin artması nedeniyle tüm dünyada ve Türkiye’de 50–100 kg ların bile kritik önem kazandığı bir piyasada, yaklaşık 1 tonun üstünde bir ağırlık büyük avantaj sağlamaktadır. Bu sayede transmikser doluyken daha fazla beton taşımakta, kullandığı yolların aşınması da azaltmaktadır.

Çalışmada ele alınan mikser bütününde Domex, Docol ve St 52 elikleri kullanılmaktadır, su tankı ise alüminyumdur. Mikser emberi Gs60 tipi yüksek dayanıklı özel alaşımlı çelikten oluşturulmuştur. şasi ve taşıyıcı konsollar Domex 700MC elik sacdan yapılmıştır. Kazan ve helezonda Domex Wear 400, dolum ve boşaltım sisteminde Docol Wear 450 kalite elik kullanılmıştır. Betonun aşındırıcılığına dayanıklı, hafif ama aynı zamanda sağlam ve uzun ömürlü bir ürün ortaya çıkması hedeflenmiştir.

Beton mikseri üretmek özel bilgi ve deneyim gerektirmektedir. Genelde bir hazır beton santralinden alınan imento, kum, çakıl ve su karışımı olan yaş beton araç üzerine monte bir betonyer ile şantiye sahasına taşınmaktadır. Bu sırada betonyer haznesi, şanzımandan alınan gücü kullanan veya ayrı bir motordan gücünü alan dişli tarafından devamlı olarak döndürülmektedir. Bu dönme hareketiyle beton devamlı karıştırılarak kıvamı korunmaktadır. şekil 6.1.’de komple ürün verilmiştir.



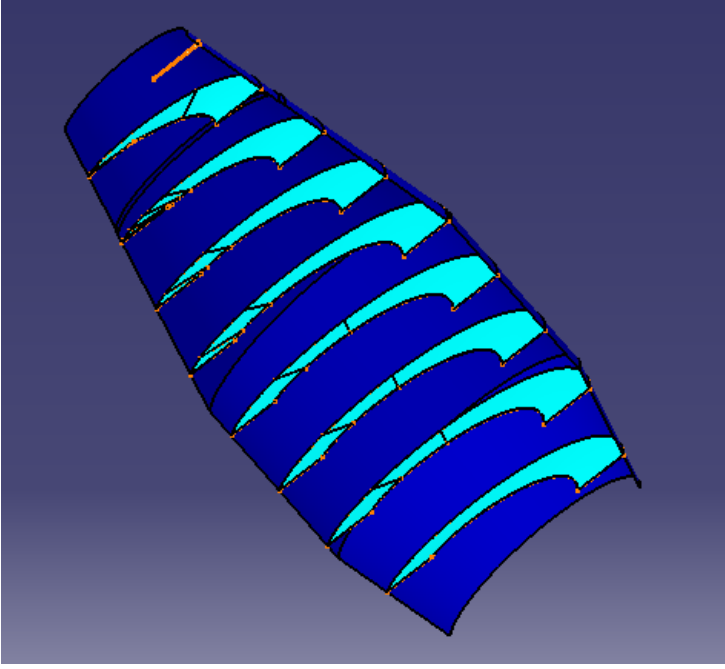
şekil 6.1. Transmikser katı modeli

6.2. Metod

Çalışmada, meydana gelen gerilme ve şekil değişimini elde edebilmek amacı ile sonlu elemanlar metodu kullanılmıştır. Sonlu elemanlar metodunun uygulanması için de ANSYS 14.0 bilgisayar yazılımı seçilmiştir. Ayrıca Transmikser üç boyutlu olarak CATIAV5R20'de modellenmiştir. Ancak çalışmada transmikserin önünde ve arkasında bulunan konsollar ele alınmıştır. Tüm çalışma ön ve arka konsollar üzerine yoğunlaştırılmıştır.

6.2.1. Katı Model Oluşturma ve Analizi

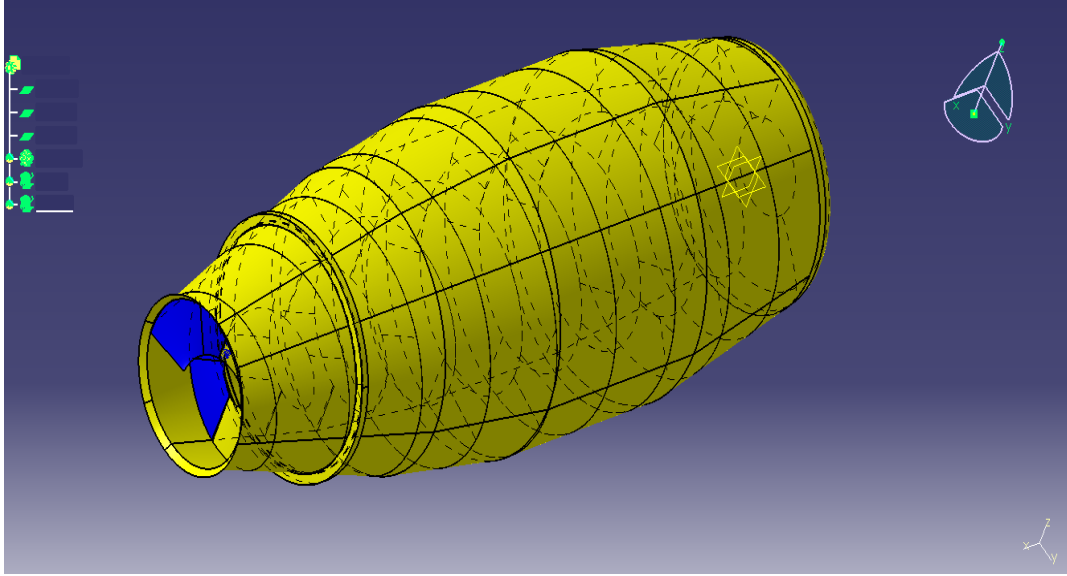
Çalışmada hedeflenen ön ve arka konsolların iyileştirilmesi olsa da yinede tüm sistemin katı modeli de oluşturulmuştur. Bunun gerekçesi sistemin fiziksel ölçülerinin yeni tasarımılandırılan ön ve arka konsollara uygun olması gerektiğidir. Katı modellemede ilk önce taslak olarak iki boyutlu bilgi girilmiştir. Geometrik kısıtlamalar ve ölçülendirme dikkat edilmiştir. Girilen ölçülendirme verisi için iki boyutlu şekil yeniden yapılandırılmıştır. İstenilen ölçülerde model elde edilinceye kadar gerek geometrik kısıtlamalar ve/veya gerekse ölçülendirmelerde bir takım değişiklikler yapılmıştır. Daha sonra süpürme veya öteleme yöntemiyle iki boyutlu şekil üç boyutlu model halinde oluşturulmuştur. Derinlik için kullanılan değer ölçülendirme bilgisidir. Böylece oluşturulmuş üç boyutlu model üzerinde istenildiği takdirde ürün ağacından kolayca değişiklikler yapılabilir seviyeye getirilmiştir. Transmikserin oluşturulan helezonlu kesit katı modeli Şekil 6.2.'de, üretilmiş kazan çalışması Şekil 6.3.' de, kazan katı modeli Şekil 6.4.' de, montaj detayı Şekil 6.5. ve Şekil 6.6.'da Transmikser komple kesiti sunulmuştur.



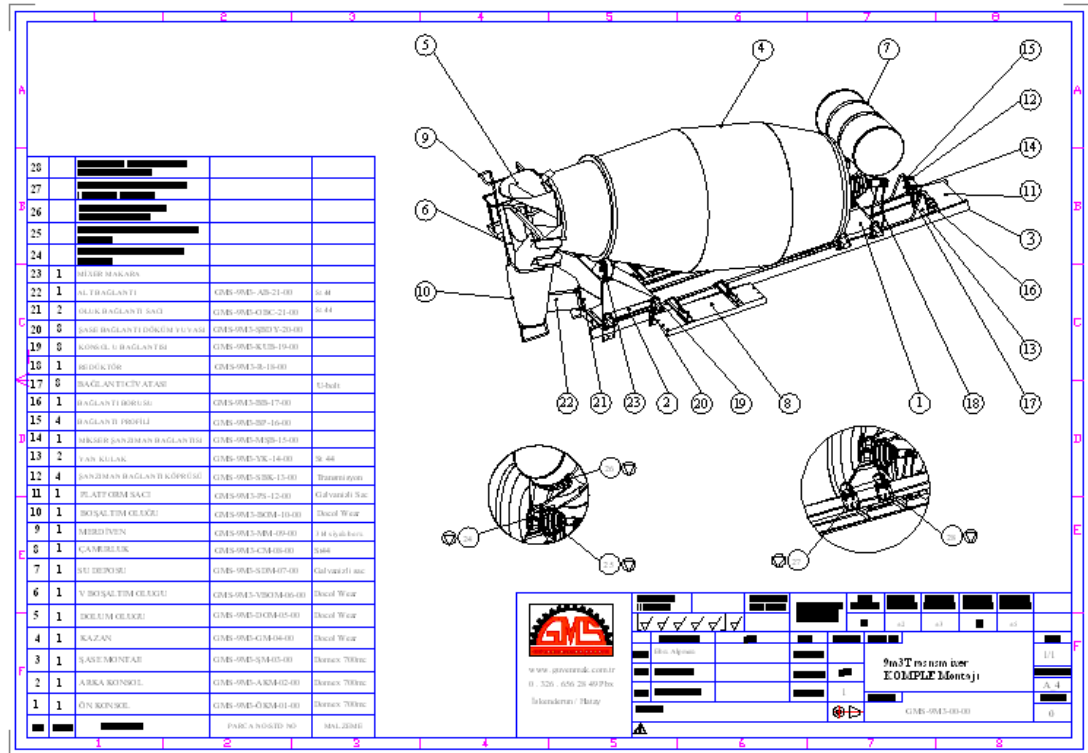
Şekil 6.2. Helezon kesit katı modeli



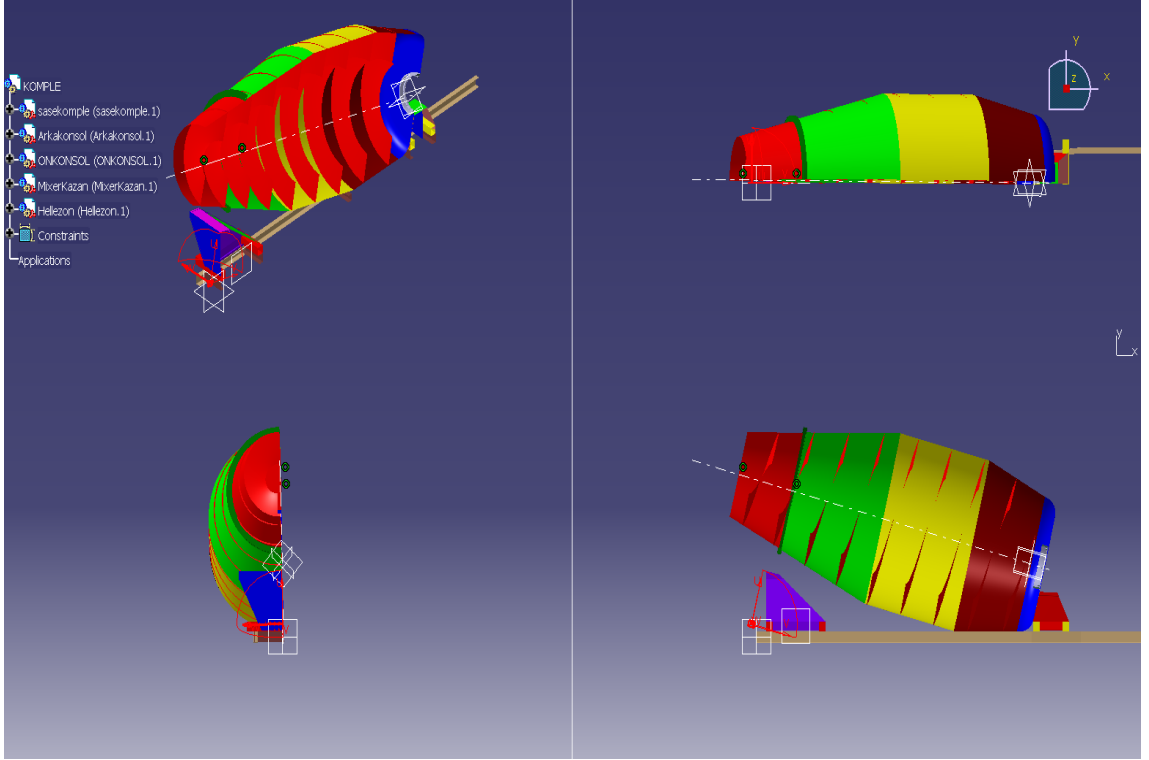
Şekil 6.3. Üretilmiş kazan çalışması



Şekil 6.4. Kazan katı modeli



Şekil 6.5. Transmikser montajı



Şekil 6.6. Transmikser komple kesiti

Üretim aşamasında ve ürün teslimine hazır mikserler Şekil 6.7. ve Şekil 6.8.'de verilmiştir. Komple ürün resimlerde daha net anlaşılmaktadır.



Şekil 6.7. Üretim aşamasındaki transmikser



Şekil 6.8. Ürün teslim transmikser

Katı modelleme sistemlerindeki adımlar, geometrik kısıtlamalar, ölçülendirme verisi ve/veya ölçülendirme ilişkisi kullanımı sayesinde modelin elemanlarını direk olarak değiştirmeye gerek duymadan modeli değiştirmeyi mümkün kılmaktadır.

Sanal ortamda CAE (Computer Aided Engineering) ile ürünün çalışma şartlarındaki fonksiyonelliğinin ve dayanımının analizi edilmektedir.

ANSYS yazılımı mühendislerin mukavemet, titreşim, akışkanlar mekaniği ve ısı transferi ile elektromanyetik alanlarında fiziğin tüm disiplinlerinin birbiri ile olan interaksyonunu simule etmekte kullanılabilen genel amaçlı bir sonlu elemanlar yazılımıdır. Bu sayede gerçekleştirilen testlerin ya da çalışma şartlarının simule edilmesine olanak sağlayan ANSYS, ürünlerin henüz prototipleri üretilmeden sanal ortamda test edilmelerine olanak sağlamaktadır. Ayrıca sanal ortamdaki 3 boyutlu simulasyonlar neticesinde yapıların zayıf noktalarının tespiti ve iyileştirilmesi ile ömür hesaplarının gerçekleştirilmesi ve muhtemel problemlerin öngörülmesi mümkün olmaktadır.

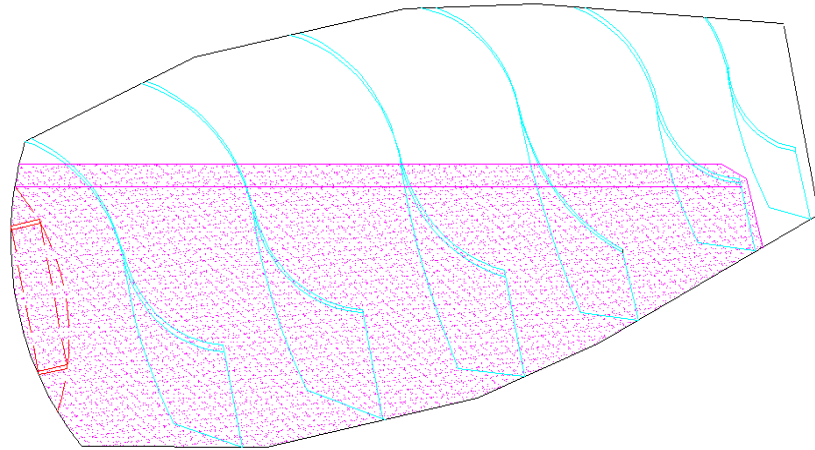
ANSYS 14.0 programının yeni ara yüzü olan Workbench, modelleme ve analiz aşamalarında getirdiği kullanım kolaylıkları açısından kullanıcılara büyük avantajlar sunmaktadır. Klasik ANSYS programına göre daha kullanışlı bir kullanıcı ara yüzüne sahiptir. Otomatik mesh yapma kolaylığı sağlar, çizimlerin daha kolay yapılmasını sağlar. 3D modelleme programlarında çizilen şeklin adaptasyonu kolaydır. Bu gerekçeler nedeniyle bu çalışmada kullanılmıştır.

6.2.2. Problemin Tanımı

Transmikserdeki konsolların açısı önemli bir fonksiyona hizmet etmektedir. Tayin edilen konsollardaki açı sayesinde kazanın içindeki malzemenin daha etkili karışımı sağlanmaktadır. Konsollardaki açı karayolu taşımacılığı standartlarına göre aracın yerden yüksekliğine de dolaylı yoldan etki etmektedir. Ayrıca aracın rampaya çıkış esnasında malzemenin dökülmesine sebep olacaksa yine arka konsolun tasarımı ile ilişkilidir. İşte bu etkenlerden dolayı konsolların tasarımı transmikserde önem arz etmektedir.

Ele alınan taşıyıcı ön konsol ve arka konsolun açısal konumları farklı olmasına bağlı olarak araca temas eden profili şaseye farklı kuvvetler iletir, bu da farklı tepki kuvvetlerine neden olur. Oluşan bu tepki kuvvetlerinden karşılıklı iki tanesi sıfır ya da negatif bir değerde olursa konsollar statik olarak dengesiz olacağı için bu tepki kuvvetlerinin sıfır veya negatif olduğu tarafa doğru itmeye çalışacaktır. İşte bu bölgelerde en fazla deformasyon olacaktır. Dayanımı arttırıcı ek saclarla besleme yapılmıştır.

Taşınan malzemenin transmikser içerisindeki durumu kullanım esnasında su seviyesi olarak adlandırılır. Konum transmikserin doluluk oranını ifade etmektedir. Analizde uygulanacak kuvvetlerin etkisi bakımından önemlidir ve Şekil 6.9.'da 2D AutoCAD ortamında resmedilmiştir.

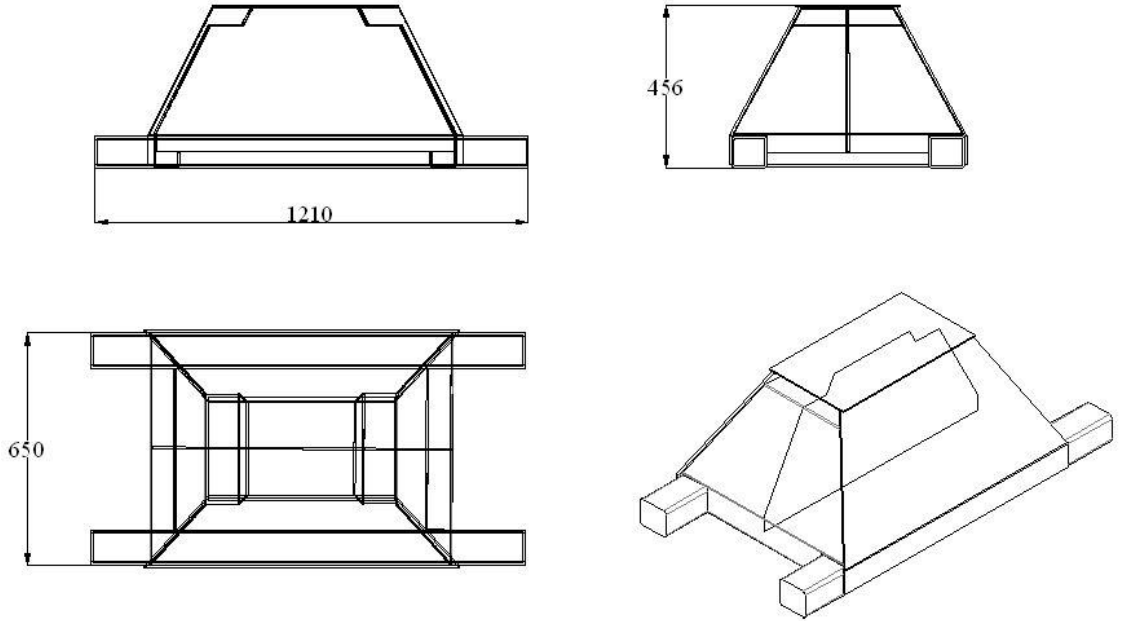


Şekil 6.9. Transmikser doluluk oranı

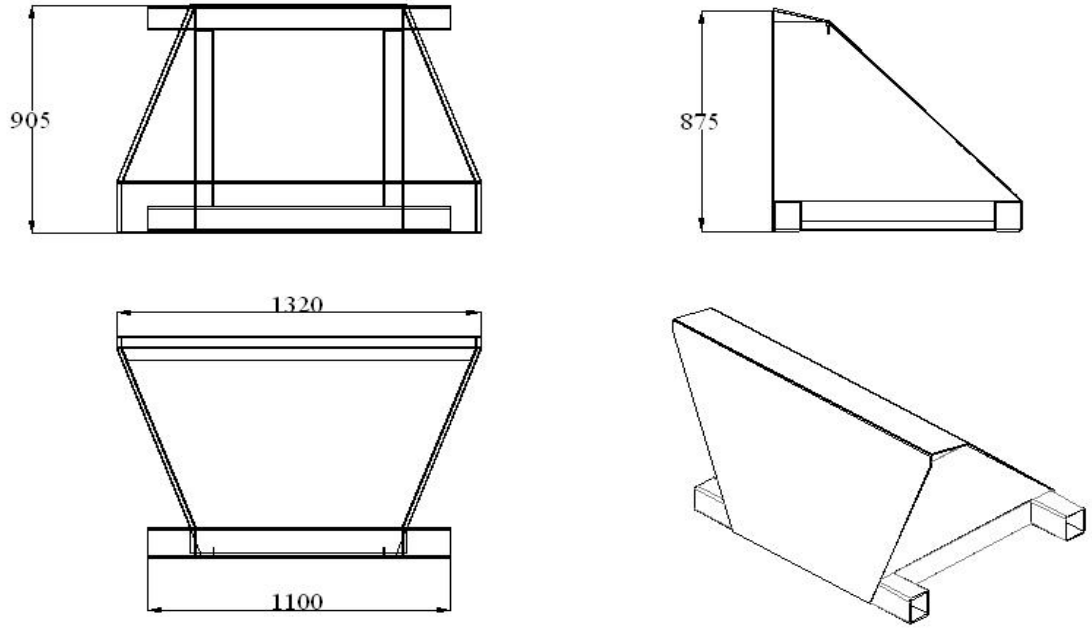
Geliştirilen taşıyıcı arka konsolun açılı durumuna göre analizi yapılacak olan

tüm yapı malzemeyi taşıma koşullarına göre şartlandırılmıştır. Bu şartlar tam sağlandığında, adım adım gerçekleştirilecek ve her bir yer değiştirmeye karşılık gelen reaksiyon kuvveti analiz sonunda doğru okunacaktır.

Transmikserler de tüm yükü taşıyan konsollardır. Bunun için oluşan bu kuvvetler hesaplanarak kritik bölgelerdeki elemanların mukavemet hesapları yapılmalı ve güvenilirliği ortaya konmalıdır. Çalışmada öncelikle standart kullanılan konsollar incelenmiştir. Bu incelemede ele alınan ön konsolun teknik resmi Şekil 6.10.'da ele alınan arka konsolun ise teknik resmi Şekil 6.11.'de sunulmuştur. Bu çalışmada ANSYS 14.0 paket programı kullanılarak sonlu elemanlar metodu ile maksimum gerilmelerin hangi noktalarda oluştuğu tespit edilmiş ve elastik davranış kabulü yapılarak yapının bu yükleri emniyetli bir şekilde taşıyabilmesi için her bir elemanın emniyet gerilmelerinin altında kalacak şekilde gerekli boyutlandırma işlemi gerçekleştirilmiştir.



Şekil 6.10. Ele alınan taşıyıcı ön konsolun teknik resmi



Şekil 6.11. Ele alınan taşıyıcı arka konsolun teknik resmi

Ele alınan konsollarla ilgili olarak Şekil 6.12. ve Şekil 6.13.'de üretilmiş konsol çalışmaları verilmiştir.

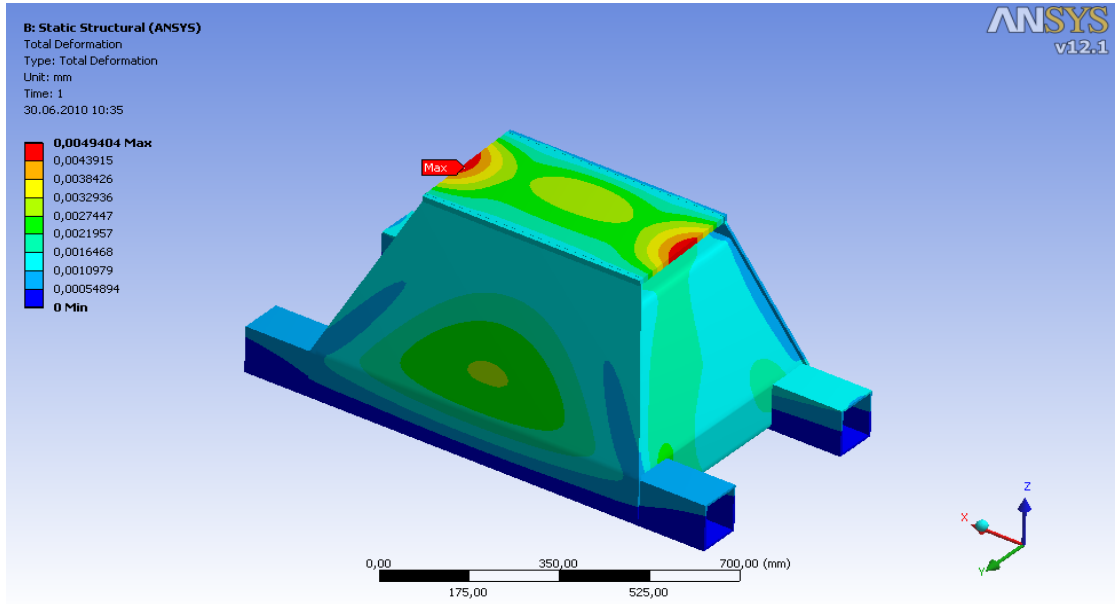


Şekil 6.12. Üretilmiş ele alınan taşıyıcı ön konsol

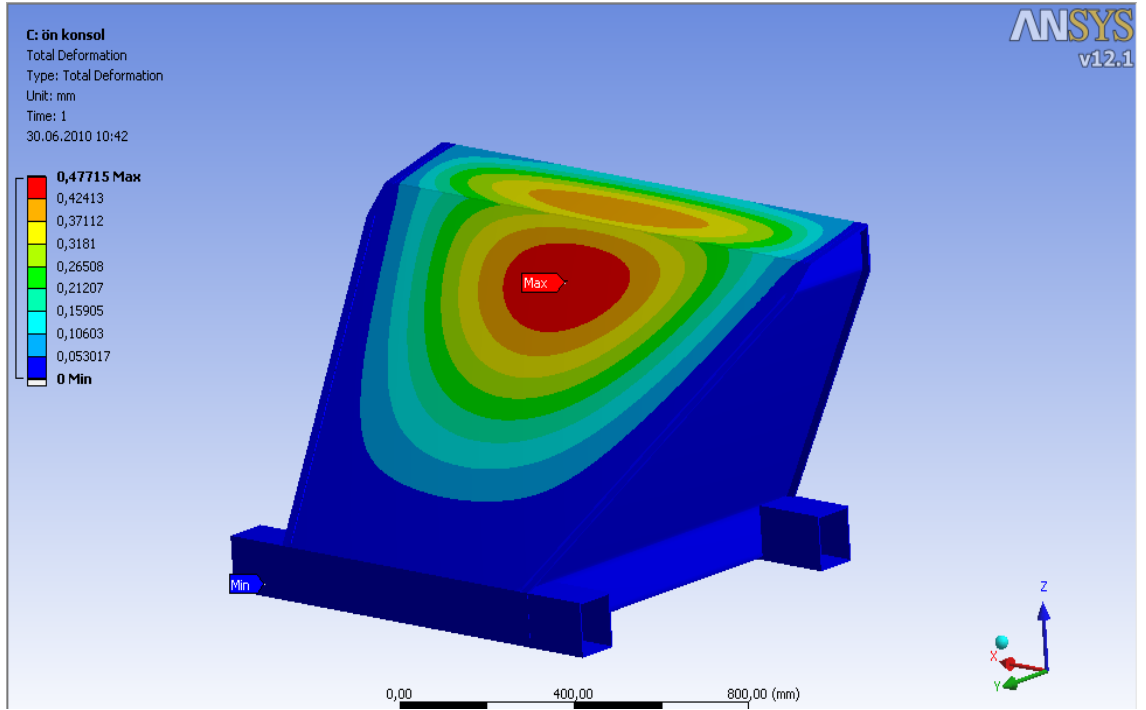


Şekil 6.13. Üretilmiş ele alınan taşıyıcı arka konsol

Ele alınan konsollar analize tabi tutulmuş yapılan analizler sonucunda ön konsolun toplam deformasyonu (çökme) Şekil 6.14.'de arka konsolun ise Şekil 6.15'de verilmiştir.



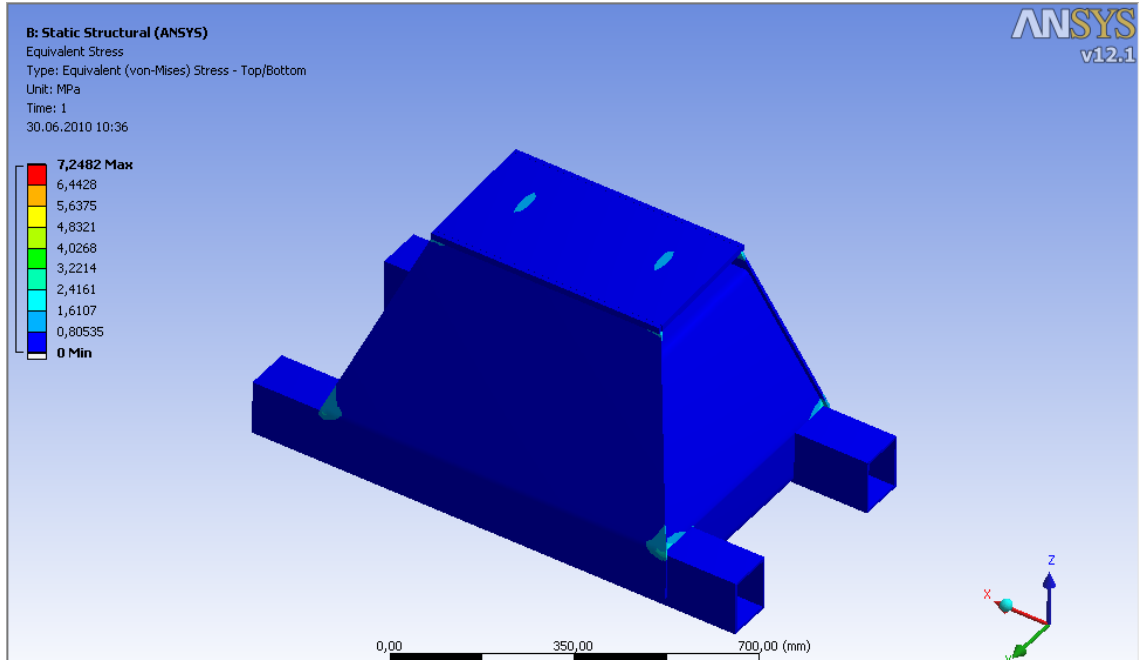
Şekil 6.14.Ele alınan taşıyıcı ön konsol toplam deformasyonu



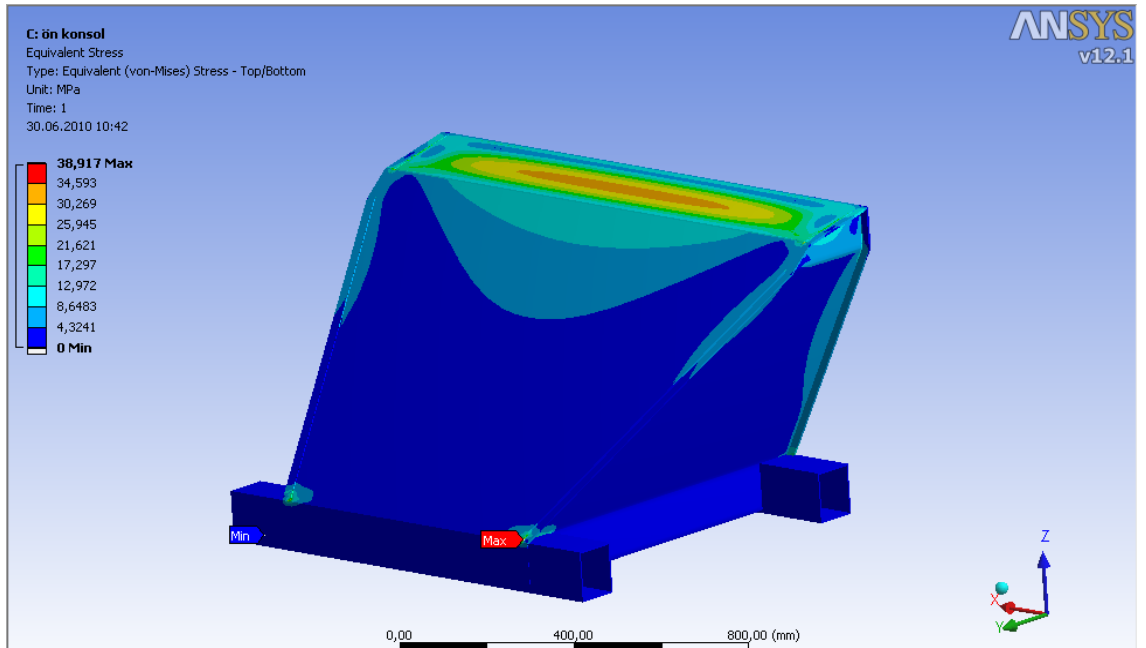
Şekil 6.15. Ele alınan arka konsol toplam deformasyonu

Şekil 6.14. ve 6.15.'de yer alan ön ve arka konsolların toplam deformasyonları incelendiğinde ön konsolda, iki ayrı bölgede en fazla deformasyon arka konsolda ise bir bölgede ancak daha yaygın deformasyon görülmüştür. Bunların giderilme zorunluluğu gerçektir. Bu saptama çalışmanın nedenli yararlı olduğunun da göstergesidir.

Çalışmada farklı karakterlerdeki ve farklı eksenlerdeki gerilmelerinde incelenmesi gerekmektedir. Farklı karakterlerdeki ve farklı eksenlerdeki gerilmelerin doğurduğu ayrı ayrı etkileri, tek başına yaptığı varsayılan gerilmeye eşdeğer gerilme denmektedir. Çalışmada ön ve arka konsolların eşdeğer gerilme analizleri yapılarak ön konsol eşdeğer gerilmesi Şekil 6.16.'da, arka konsolun eşdeğer gerilmesi Şekil 6.17.'de sunulmuştur.



Şekil 6.16. Ele alınan ön konsol eşdeğer gerilmesi



Şekil 6.17. Ele alınan arka konsol eşdeğer gerilmesi

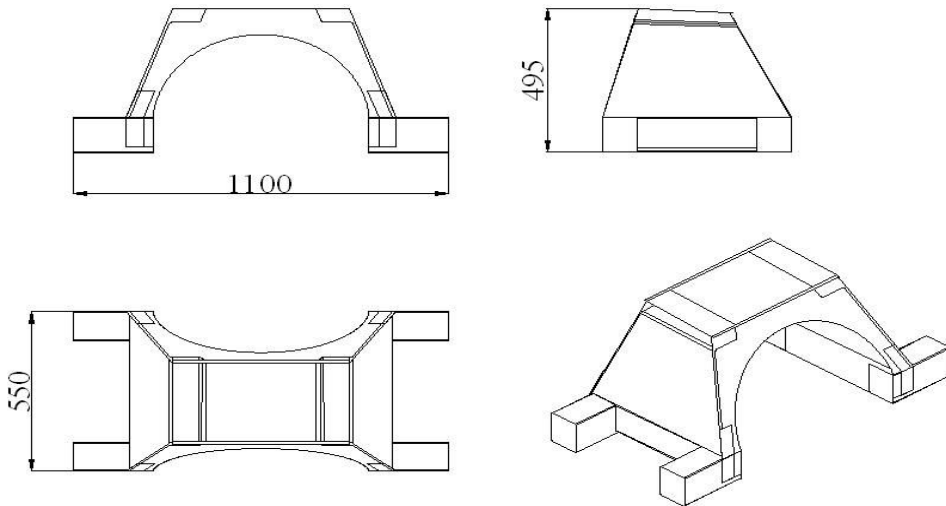
Şekil 6.16. ve 6.17.'de yer alan ele alınan ön ve arka konsolların analizleri sonucunda eşdeğer gerilmesi incelendiğinde ele alınan ön konsolda eşdeğer gerilme açısından bir sıkıntı görülmemekle birlikte, ele alınan arka konsolda ise bir bölgede ancak oldukça yaygın eşdeğer gerilme görülmüştür. Bunun giderilme zorunluluğu gerçektir. Bu saptamada çalışmanın nedenli yararlı olduğunun göstergesidir.

Ele alınan konsolların dayanım açısından eksiklerinin giderilmesi gerekmektedir. Çalışmada zayıf bölgelere destek olarak ek saç konulmuştur. Amaç konsolların güçlendirilmesidir. Güçlendirme sırasında yapılabilecek değişikliklerle sistemin hafifletilmesi de amaçlanmıştır.

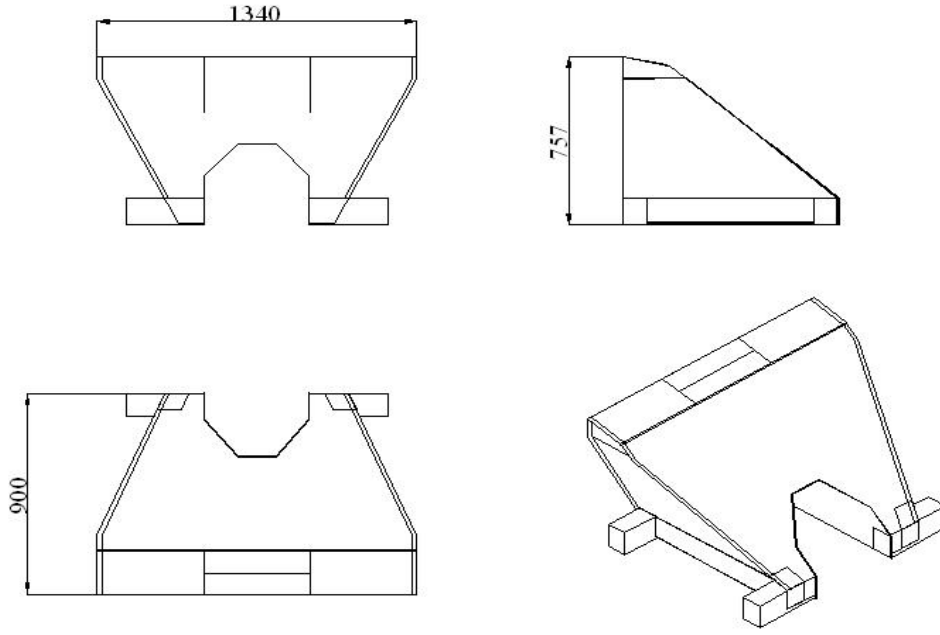
Sistem tasarımında ön konsola ve arka konsola dışarıdan gelen yüklerin ve momentlerin yönleriyle, şiddetleriyle belirlenmesi gerekmektedir. Oluşturulan sistemde analizi yapılacak kısımlar aralarında birleşim boşluğu kalmayacak şekilde tasarlanmasına dikkat edilmiştir. Bunun gerekçesi analizler sırasında sonlu eleman düğüm noktaları birleşim bölgesinde kavuşmalarıdır. Ayrıca eğrisel yüzey içeren parçalar da sağlıklı mesh oluşturmaya da önem verilmiştir. Mesh elemanlarının kendi içlerinde boyutsal ilişkileri sınırların dışına çıkmamıştır. Şartlar sağlandıktan sonra lineer-nonlinear analiz için ortam sağlanmıştır.

6.2.3. Problemin Çözümü

Bölüm 6.2.2’de ele alınan analizler sonucunda ön ve arka konsollardaki risk bölgelerine konstrüktif parçalar konulmuştur. Bu parçalar bu bölgelerdeki dayanımları arttırma amaçlıdır. İhtiyaçlar doğrultusunda geliştirilen ön ve arka konsolların teknik resimleri Şekil 6.18. ve Şekil 6.19.’da sunulmuştur.



Şekil 6.18. Geliştirilen taşıyıcı ön konsolun teknik resmi



Şekil 6.19. Geliştirilen taşıyıcı arka konsolun teknik resmi

6.2.3.1. Sonlu Eleman Analiz Aşamaları

Çalışmada geliştirilen konsolların analizleri aşağıdaki aşamalarla yapılmıştır.

- Sistemin CAD (Computer Aided Design) Geometrisinin oluşturulması,
- Yapılan basitleştirmeler ve kabuller,
- Kullanılan malzeme modellerinin belirlenmesi,
- Yapının sonlu elemanlar modelinin belirlenmesi,
- Sınır Koşullarının belirlenmesidir.

Bu aşamalar sonunda, hedeflenenler;

- *Toplam Deformasyon – (mm)*
- *Eşdeğer Gerilme –(MPa)*

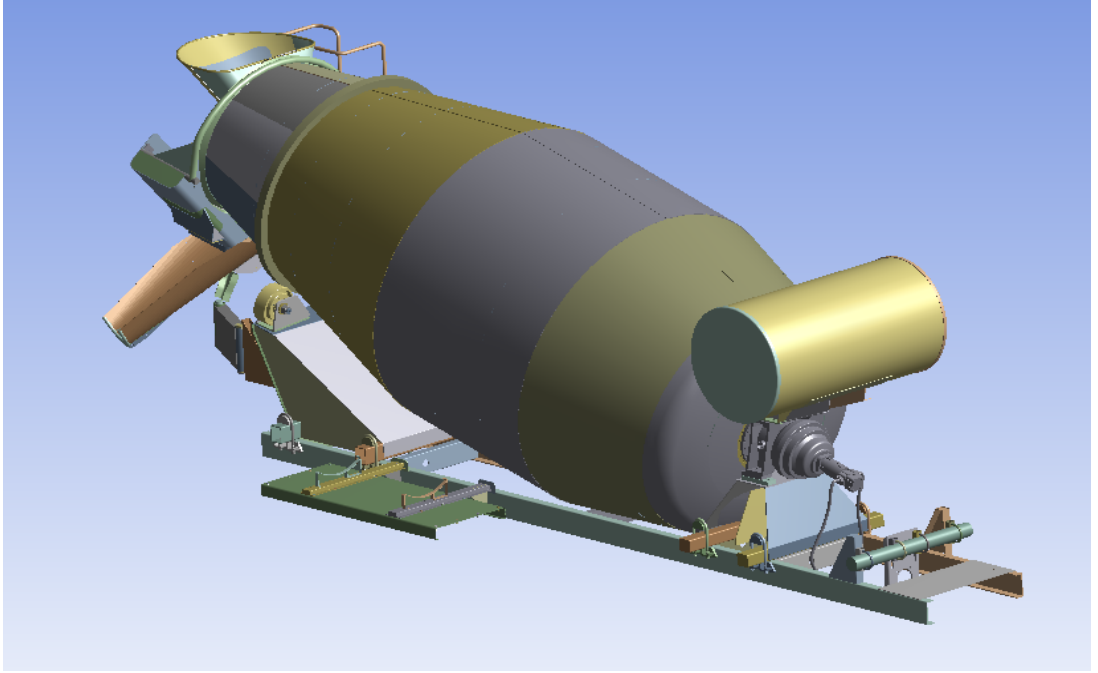
nin bulunması olmuştur.

6.2.3.2. Modellerin Ansys'e Aktarılması

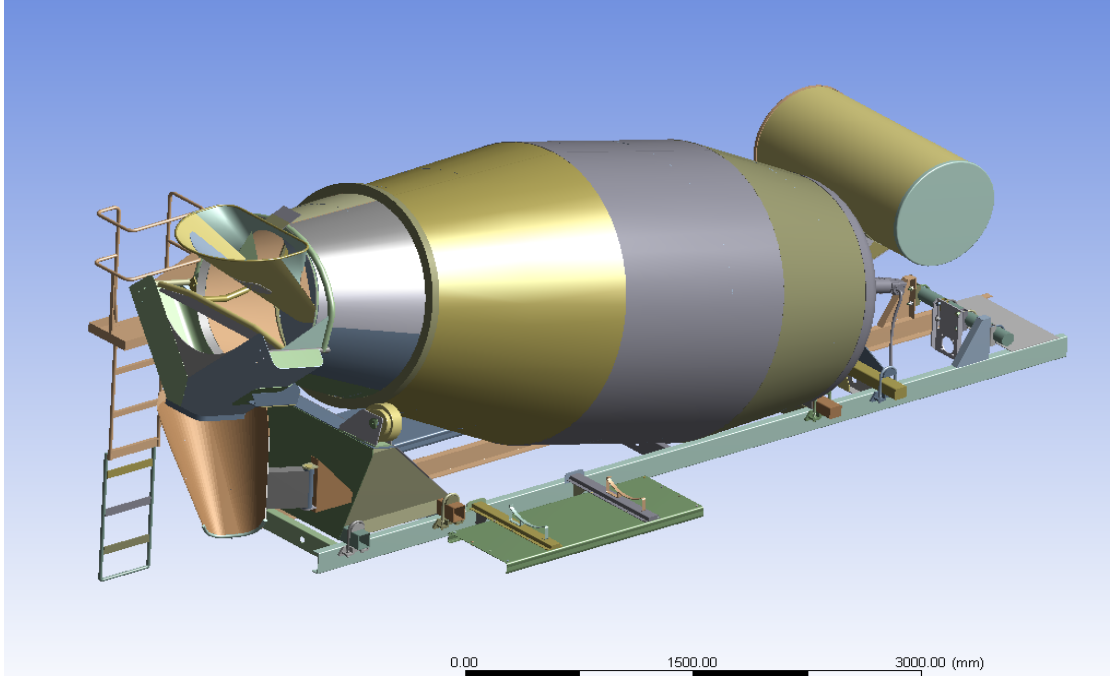
6.2.3.2.1. Transmikser modelinin Ansys'e Aktarılması

Konsolların geliştirilebilmesi için transmiksirin konsollarla temasta bulunduğu bölgelere etkilerinin araştırılma gereği açıktır. Bu nedenle öncelikle transmiksir tasarımı CatiaV5R20'de tasarlanıp modellenmiş ve sonra modeller IGES formatında kaydedilmiştir. Bu dosya türü tüm çizim ve analiz programlarında kullanılabilen ortak bir dosya türüdür ve bu dosya türünde kaydedilen dosyalar ANSYS programına kolaylıkla aktarılabilir.

Sistem adımlarının başında yer alan ve taşıyıcı konsollara gelen yükleri belirleyebilmek için transmiksirin katı modeli oluşturulmuştur. Oluşturulan katı model ANSYS 14.0 programına aktarılmıştır. Geliştirilen taşıyıcı ön konsolun ön planda olduğu görünüş Şekil 6.20.'de, Geliştirilen taşıyıcı arka konsolun ön planda olduğu görünüş ise Şekil 6.21.'de sunulmuştur.



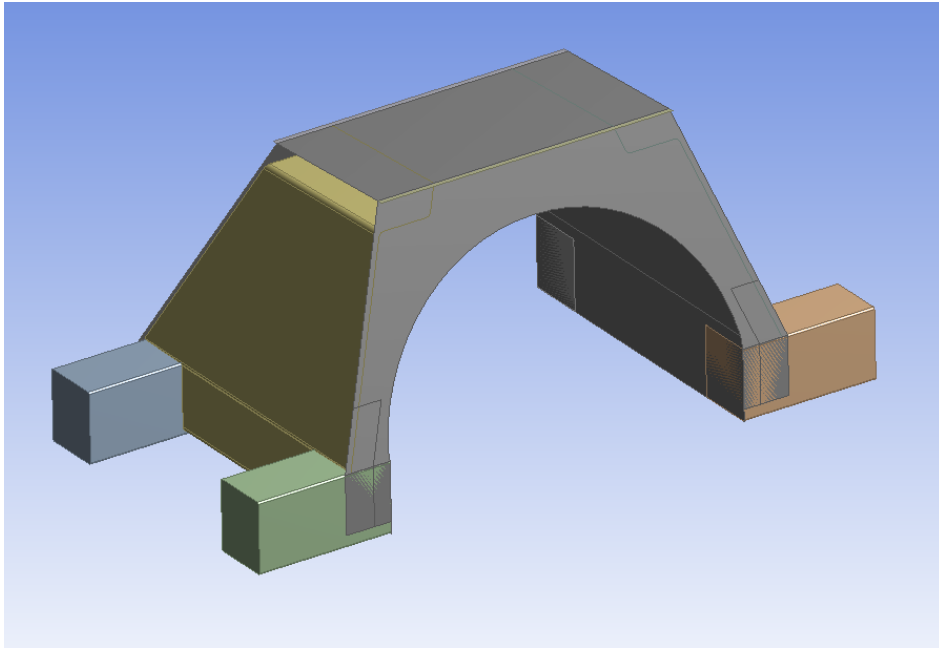
Şekil 6.20. ANSYS'e aktarılan modelin geliştirilen taşıyıcı ön konsolun ön planda olduğu görünüş



Şekil 6.21. ANSYS'e aktarılan modelin geliştirilen taşıyıcı arka konsolun ön planda olduğu görünüş

6.2.3.2.2. Geliştirilen Taşıyıcı ön konsol modelinin ANSYS'e aktarılması

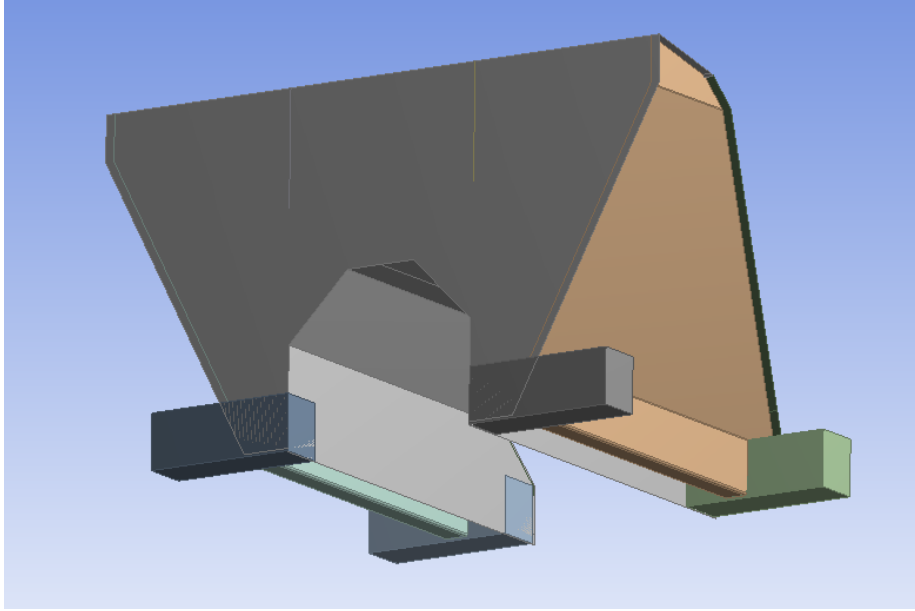
Geliştirilen taşıyıcı ön konsolun tamamı CatiaV5R20 programında çizilmiştir. Şekil 6.22.'de görüldüğü üzere yapı ANSYS ortamına alınmıştır.



Şekil 6.22. Geliştirilen taşıyıcı ön konsol

6.2.3.2.3. Geliştirilen Taşıyıcı arka konsol modelinin ANSYS'e aktarılması

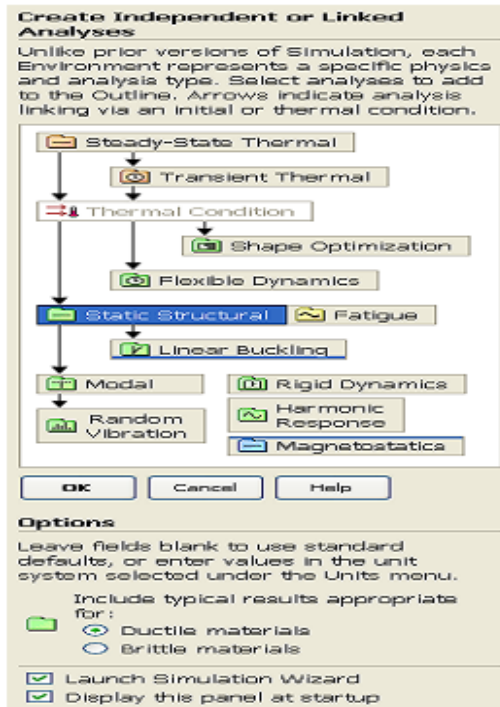
Geliştirilen taşıyıcı arka konsolun tamamı CatiaV5R20 programında çizilmiştir. Şekil 6.23.'de görüldüğü üzere yapı ANSYS ortamına alınmıştır.



Şekil 6.23. Geliştirilen taşıyıcı arka konsol

6.2.3.3. Analiz Tipinin Tanımlanması

Bu çalışmada analiz türü olarak statik analiz seçilmiştir. Şekil 6.24.'de verilmiştir.

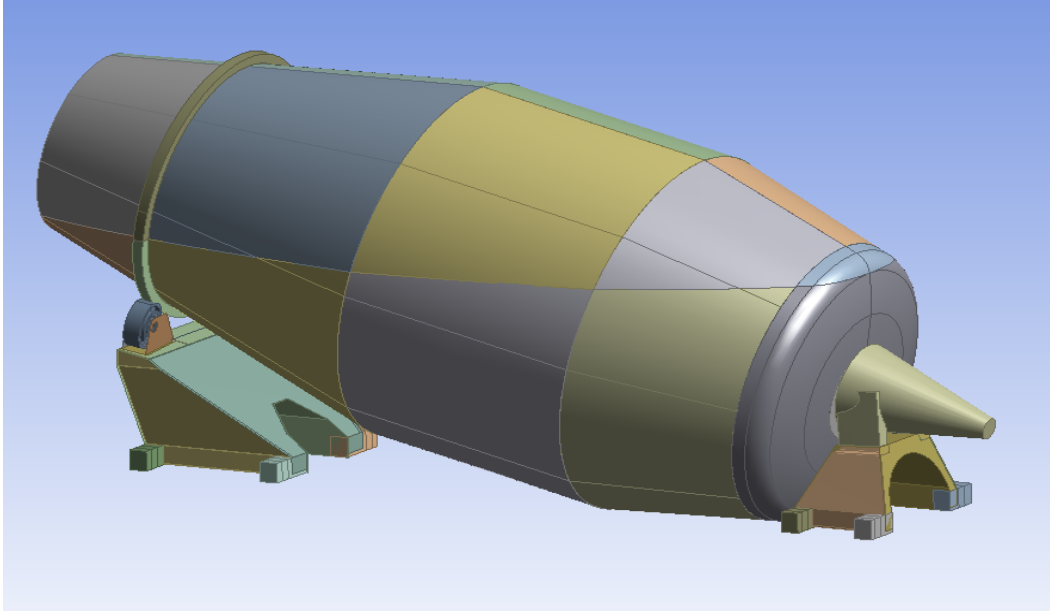


Şekil 6.24. Analiz tipinin belirlenmesi

6.3.3. Yapılan Basitleştirmeler ve Kabuller

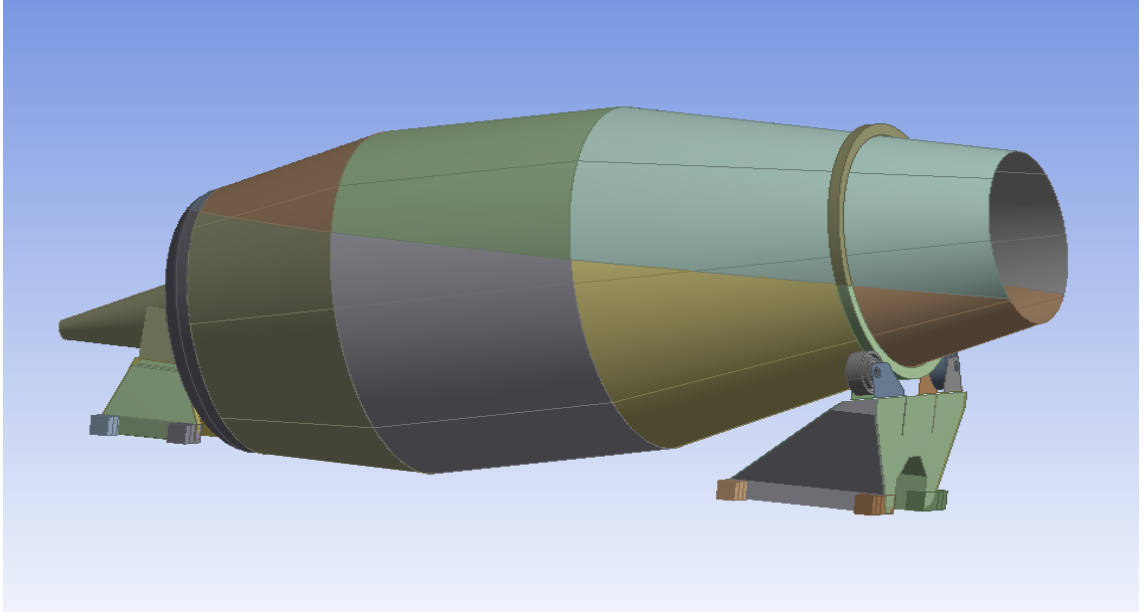
Yapılan çalışmanın bilgisayar ortamına aktarılması için test koşullarının iyi tayin edilmesi ve parçanın montajının iyi bilinmesi gereklidir.

Bilgisayar kaynaklarını daha verimli kullanabilmek için analizde kullanılan eleman ve düğüm noktası sayısı azaltılmıştır. Bu analiz için gereken zamanı kısaltmıştır. Bilindiği üzere analiz uygulanacak bölümler geliştirilen taşıyıcı ön konsol ve arka konsoldur. Bu nedenle diğer montaj elemanları basitleştirilmiştir. Şekil 6.25.'de sunulmuştur.

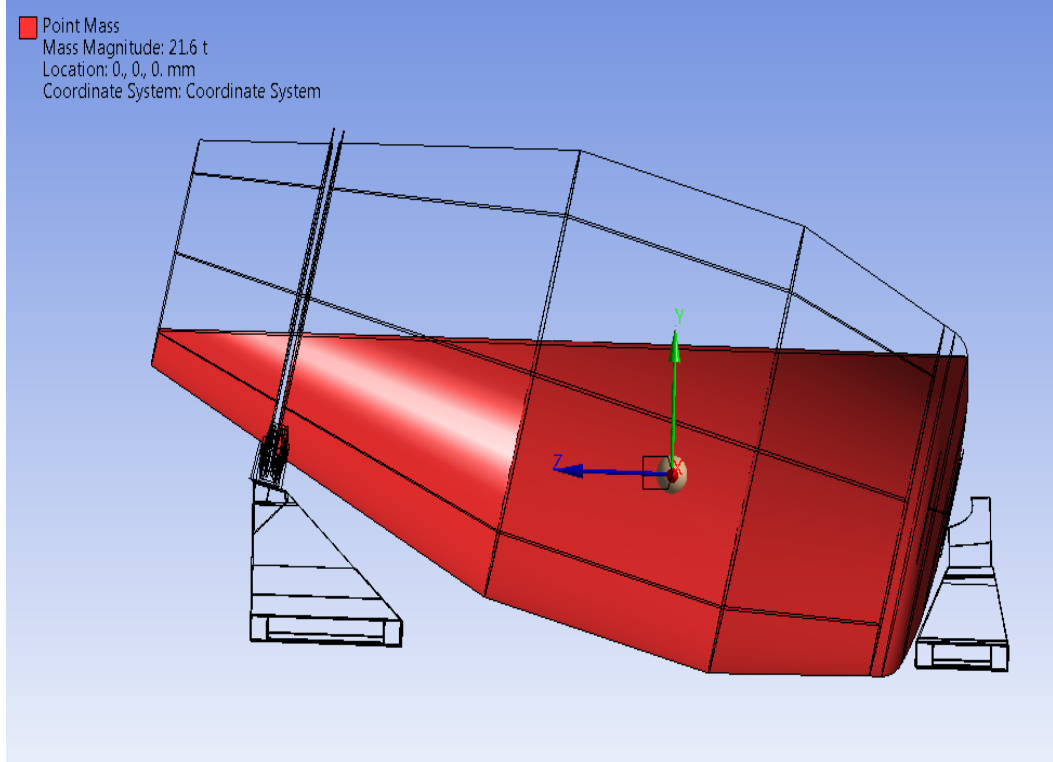


Şekil 6.25.Basitleştirilmiş transmikser modeli

Basitleştirilmiş transmikserin beton yüklenmiş halinin katı modeli ise Şekil 6.26.'de , kabuk modeli ise Şekil 6.27.'de sunulmuştur.



Şekil 6.26. Beton yüklü bölgenin tüm hacmin %65 i olacak şekilde kesildiğini gösteren şekil,



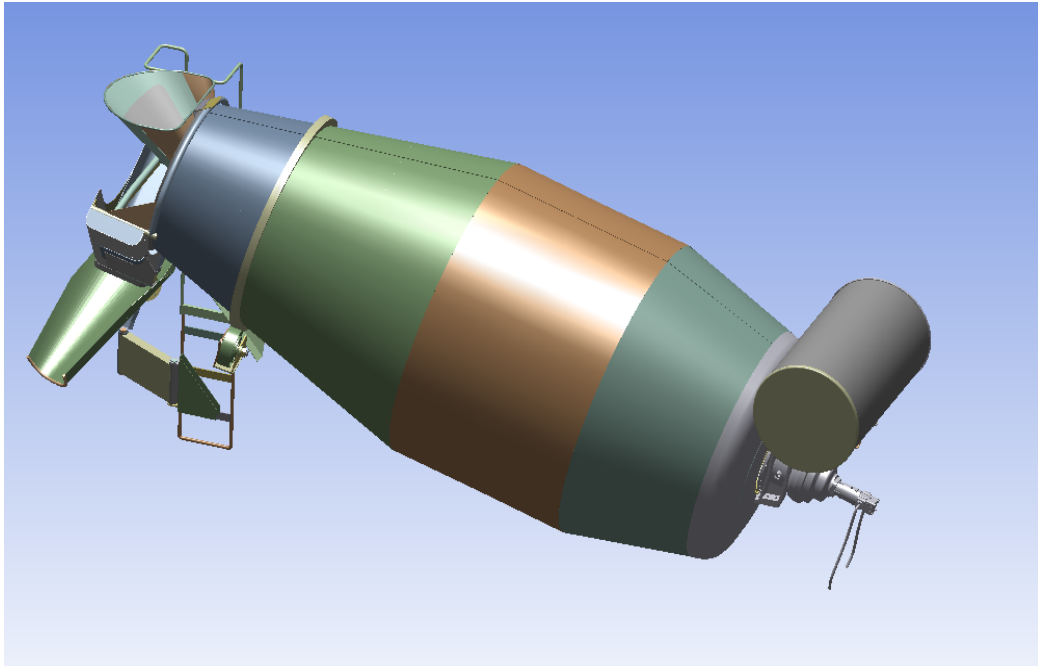
Şekil 6.27. Transmikser kabuk modeli

Tasarım parametresi olarak alınan beton 21,6 tondur. Beton sisteme ağırlık merkezi hesaplanarak yerleştirilmiştir.

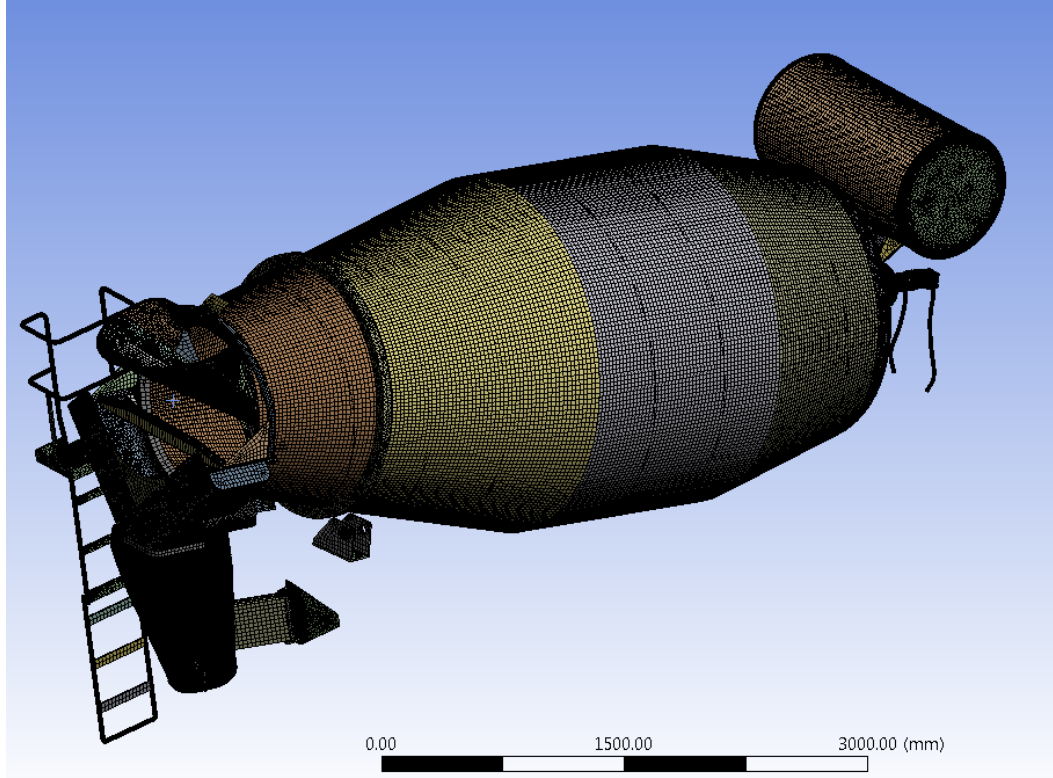
Model belirtilen bölgeden kesilmiş, istenilen hacim oranında kütlesi hesaplanmış ve point mass olarak betonun kütle merkezine oturtulmuştur. Yer çekimi etkisi ile point mass çalışarak beton kütlesi atanmıştır. 9 m³ lük transmikserin hacim hesabı Şekil 6.28.'de, montaj resmi ve meshli şekli Şekil 6.29.ve Şekil 6.30.'da sunulmuştur.

9 m3 YENİ TRANSMİKSER HACİM HESABI					
Bombe			Orta Koni Konisi		
Yükseklik	260 mm		a(küçük yarı çap)	767.5 mm	
Çap	1746 mm		b(büyük yarı çap)	1110 mm	
Hacim1	0.497761692 m³		l(uzunluk)	1445 mm	
			h(yükseklik)	1403.823 mm	
			Hacim4	3.929643 m³	
Bombe Konisi			Arka Koni		
a(küçük yarı çap)	873 mm		a(küçük yarı çap)	550 mm	
b(büyük yarı çap)	1110 mm		b(büyük yarı çap)	752.5 mm	
l(uzunluk)	965 mm		l(uzunluk)	850 mm	
h(yükseklik)	935.4442795 mm		h(yükseklik)	825.5263 mm	
Hacim2	2.902793578 m³		Hacim5	1.108821 m³	
Orta Gövde			Toplam Hacim		
r(yarıçap)	1110 mm		13.83872 m³		
h(yükseklik)	1395 mm				
Hacim3	5.39970505 m³		Kullanılabilen		
			Hacim(%65)	8.995171 m³	

Şekil 6.28. Hacim hesabı



Şekil 6.29. Ağırlığı hesaplanan montaj resmi



Şekil 6.30. Ağırlığı hesaplanan montajın mesh'li resmi

6.3.4. Malzeme Özelliklerinin Tanımlanması

Analiz tipinin belirlenmesi ve modelin ANSYS ortamına aktarılmasından sonraki aşama malzeme özelliklerinin tanımlanmasıdır. ANSYS 14.0'de malzemelerin özellikleri tanımlanmıştır. Şekil 6.31.'de veri girişi yapılır.

2	Material			
3	Structural Steel	☐		Fa Di
4	Structural Steel-modified	☐		Fa Di
5	Structural Steel-Y+	☐		Fa Di
6	Structural Steel-Z+	☐		Fa Di
*	Click here to add a new material			

Şekil 6.31. Malzeme tanımlanması

Soğuk şekillendirilmiş ve kaynaklı ürünler içinde en rekabetçi alternatif ürün olarak ortaya çıkmaktadır. Bu malzeme kamyon kasa, vinç ve iş makinesi gibi ekstra yüksek mukavemetli uygulamalarda kullanılır. Son yıllarda yüksek dayanım ve hafiflik istenen tüm çelik yapılarda bu ürünün kullanıldığı görülmektedir. Ayrıca bu malzemelere yüksek dayanım özellikleri alaşım elementleri ile değil yalnızca özel ısıtma ve soğutma işlemleri ile kazandırıldığı için karbon eşdeğeri düşük ve dolayısı ile

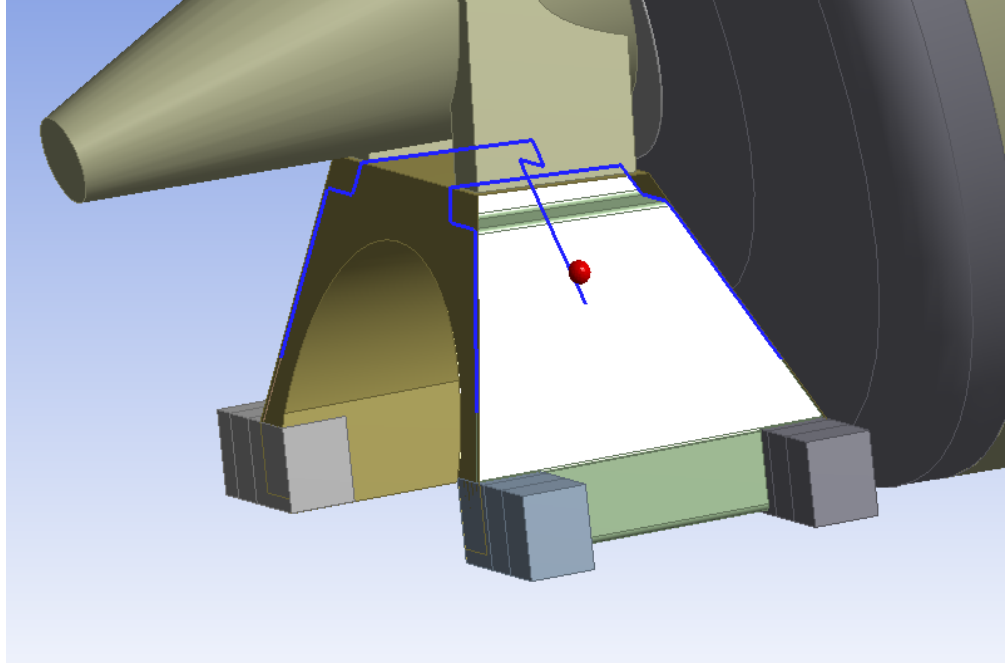
kaynaklanabilme ve bükülebilme özellikleri işlemeye çok elverişlidir. Çizelge 6.1.'de tüm malzeme özellikleri verilmiştir.

Çizelge 6.1.Malzeme özellikleri

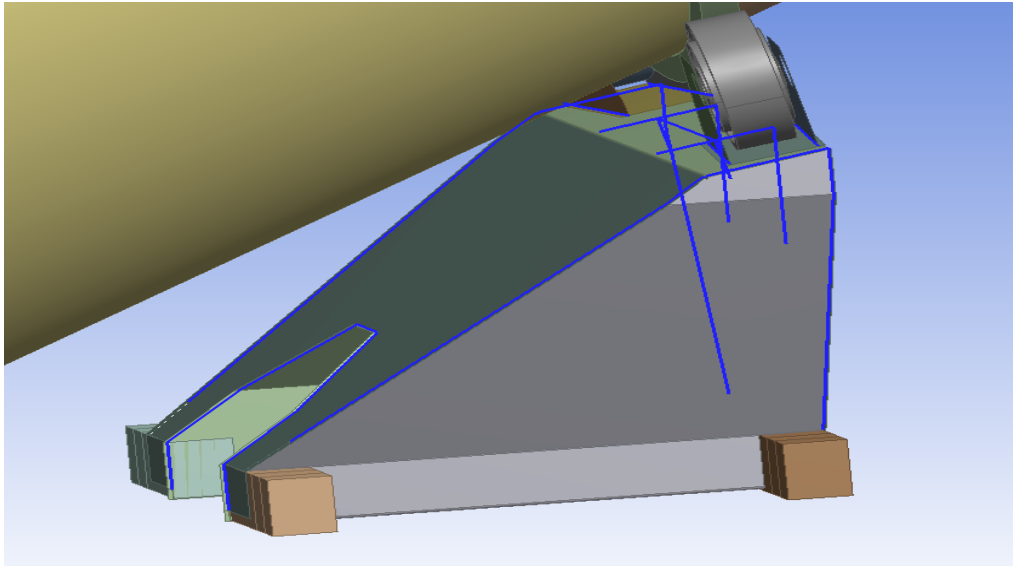
Product Program Domex and Docol Advanced High Strength Steels										
Mechanical properties										
Structural steels										
Domex Docol	Yield strength N/mm ²		Yield strength after bake hardening N/mm ²	Tensile strength N/mm ²		Elongation		Minimum bending radius in 90° bend		
	min	max		min	max	A ₅₀ (%) t ≤ 3	A ₅ (%) t ≥ 3	t ≤ 3 mm	3 < t ≤ 6 mm	t > 6 mm
						min	min	min	min	min
Domex 460 MC	460			520	670	15	19	0.5 x t	0.7 x t	0.9 x t
Domex 500 MC	500			550	700	14	18	0.6 x t	0.8 x t	1.0 x t
Domex 550 MC	550			600	760	14	17	0.6 x t	1.0 x t	1.2 x t
Domex 600 MC	600			650	820	13	16	0.7 x t	1.1 x t	1.4 x t
Domex 650 MC	650			700	880	12	14	0.8 x t	1.2 x t	1.5 x t
Domex 700 MC	700			750	950	10	12	0.8 x t	1.2 x t	1.6 x t
Domex 960	960			980			8		3.0 x t	3.0 x t
Domex 1200	1200			1350			8		3.0 x t	
Docol 1000 DP	700	950	850	1000	1200	7		2.0 x t		
Docol 1200 M	950		1150	1200	1400	3		3.0 x t		
Wear resistant steels										
Domex	Yield strength N/mm ²		Tensile strength N/mm ²	Elongation		Hardness			Minimum bending radius in 90° bend	
	typical	typical		A ₅₀ (%) t ≤ 3 mm	A ₅ (%) t ≥ 3	HBW		3 ≤ t ≤ 6 mm		
				min	typical	min	max	min	min	
Domex Wear 400	1000		1250		10	360		420		3.0 x t
Docol	Yield strength N/mm ²		Tensile strength N/mm ²	Elongation		Hardness			Minimum bending radius in 90° bend	
	typical	typical		A ₅₀ (%) t ≤ 3 mm	A ₅ (%) t ≥ 3	Brinell	Rockwell	Vickers	t ≤ 3 mm	3 < t ≤ 6 mm
				min	typical	HBW typical	HRC typical	HVS typical	min	min
Docol Wear 450	1150		1500	3		440	43	456		3.0 x t
Corrosion resistant steels										
Domex Docol	Yield strength N/mm ²		Tensile strength N/mm ²		Elongation		Minimum bending radius in 90° bend			
	min	max	min	max	A ₅₀ (%) t ≤ 3 mm	A ₅ (%) t ≥ 3	t ≤ 3 mm	3 < t ≤ 6 mm		
					min	min	min	min		
Domex 550 W	550		600			18			1.0 x t	
Domex 700 W	700		750			12			2.0 x t	
Docol 700 W	700		800		5			2.0 x t		

Programda mühendislik dataları bölümünde, farklı malzemeler tanımlanmıştır. Bu malzemeler basitleştirilmiş daranın ağırlığını ve ağırlık merkezini tutturabilmek amacıyla uygun olanlarıyla değiştirilmiştir.

Çalışmada hedef olarak belirlenen ön ve arka taşıyıcı konsolların transmiksken kenarlarıyla birleştirilmiş modelleri Şekil 6.32. ve Şekil 6.33.'de sunulmuştur.



Şekil 6.32. Geliştirilen taşıyıcı ön konsol kenarlarının birleştirilmiş modeli



Şekil 6.33. Geliştirilen taşıyıcı arka konsol kenarlarının birleştirilmiş modeli

İstenilen yeni tasarımların kabuk modelleri dikkatlice ve tüm elemanlar birleşik olacak şekilde konumlandırılmıştır. Sistemin mesh yoğunluğu çok fazla sıklıkta atanmıştır. Analiz için kabul edilen baskı kafesi malzemesi lineer izotrop özellik taşıdığından ANSYS'te yalnızca elastisite modülü ve Poisson oranının girilmesi analiz için yeterli olmaktadır. Çizelge 6.2.'de verilen mekanik özellikler katalog değeri olduğundan, emniyet tedbiri olması bakımından malzemenin elastisite modülü 200 MPa olarak alınmıştır. Böylelikle analizde en büyük deformasyonların elde edilmesi

amaçlanmıştır. Poisson oranı genellikle çelikler için kabul edilmekte olan 0,3 olarak kabul edilmiştir.

Seçilen malzeme özellikleri aşağıda sunulmuştur;

Yapı DOMEX700 malzemesi kullanılarak test edilmiştir.

E (elastisite modülü) = 200,000 MPa

Nu (poisson oranı) = 0.3

Yoğunluk = 7.65e-9 ton/m³

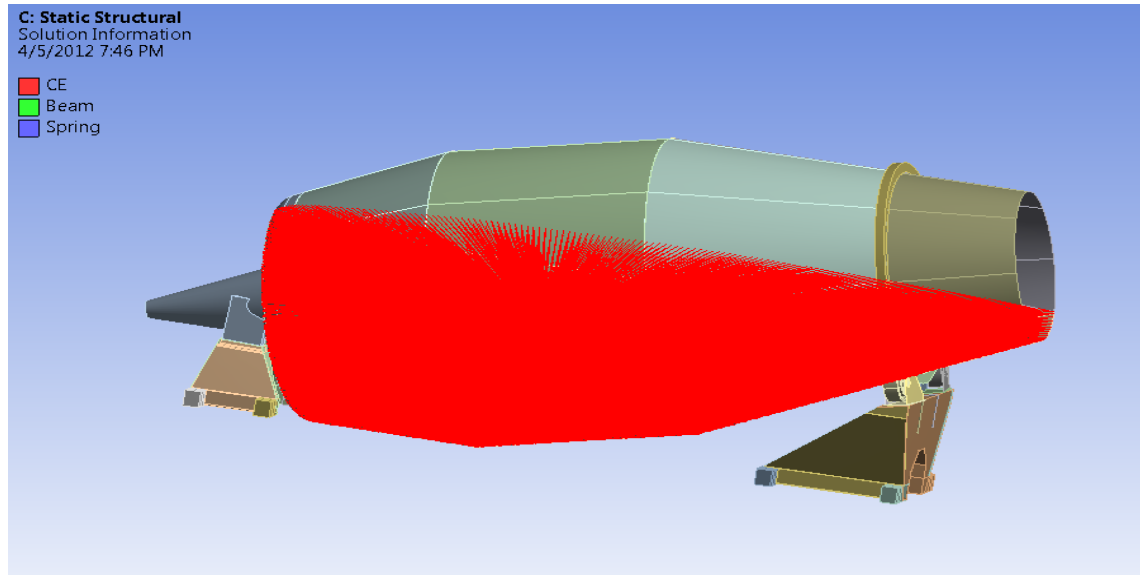
Akma Gerilmesi = 700 MPa

Çizelge 6.2. Domex700MC malzeme özellikleri

Domex Docol	Yield strength N/mm ²		Yield strength after bake hardening N/mm ²	Tensile strength N/mm ²		Elongation		Minimum bending radius in 90° bend		
	min	max	min	min	max	A ₅₀ (%) t ≤ 3	A ₅₀ (%) t > 3	t ≤ 3 mm	3 < t ≤ 6 mm	t > 6 mm
Domex 460 MC	460			520	670	15	19	0.5 x t	0.7 x t	0.9 x t
Domex 500 MC	500			550	700	14	18	0.6 x t	0.8 x t	1.0 x t
Domex 550 MC	550			600	760	14	17	0.6 x t	1.0 x t	1.2 x t
Domex 600 MC	600			650	820	13	16	0.7 x t	1.1 x t	1.4 x t
Domex 650 MC	650			700	880	12	14	0.8 x t	1.2 x t	1.5 x t
Domex 700 MC	700			750	950	10	12	0.8 x t	1.2 x t	1.6 x t

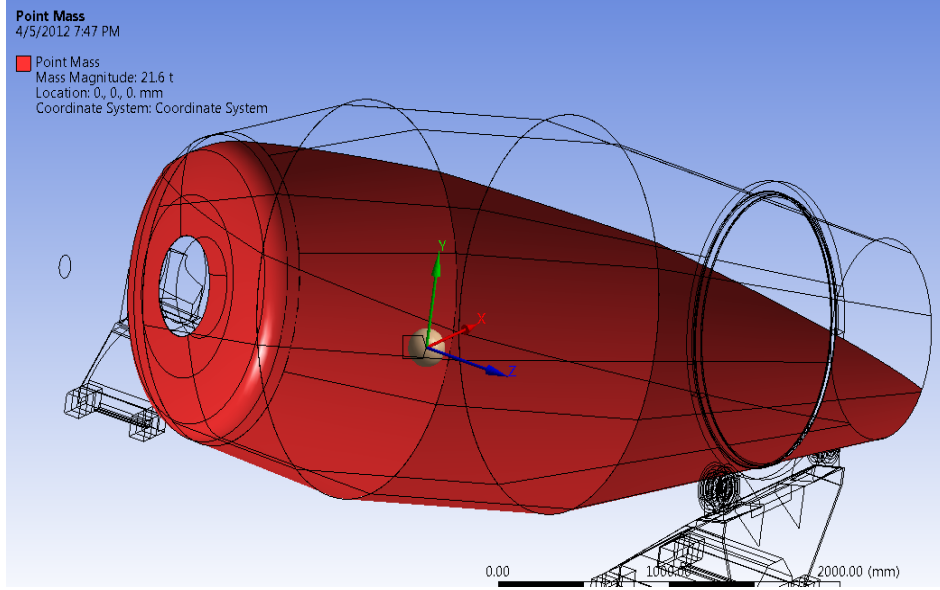
6.3.5. Sınır Koşulları

Sistemin yük taşıması durumunda taşınan malzemenin etkisi Şekil 6.34.' de sunulmuştur.



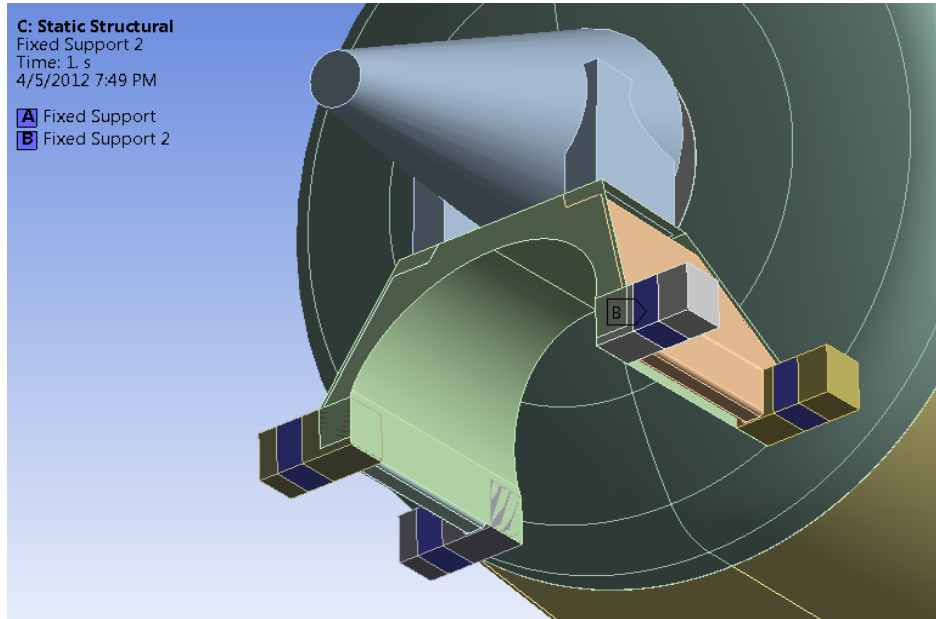
Şekil 6.34. Taşınan malzemenin etki ettirilmesi

Beton kütle yapıнын tümünün % 65'ini kapsayacak şekilde analize sokulmuştur. Şekil 6.35.'de görülen kütle merkezinde yük 21,6 ton olarak tanımlanmıştır.

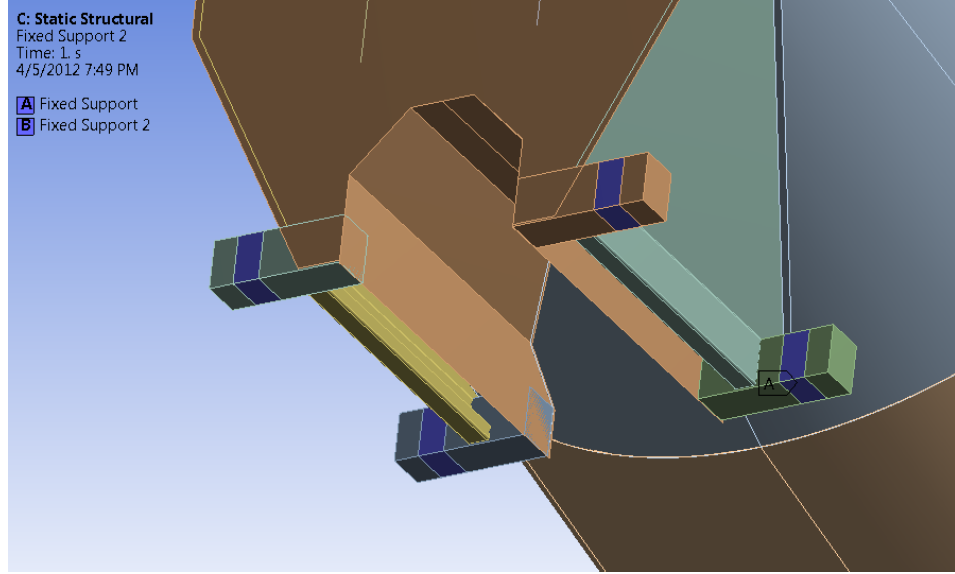


Şekil 6.35. Ağırlık merkezine göre sınır koşullandırılması

Analiz için gerekli geliştirilen taşıyıcı ön konsolun sabit nokta tanımlanması şekil 6.36.'da, taşıyıcı arka konsolun sabit nokta tanımlanması ise Şekil 6.37.'de, verilmiştir.



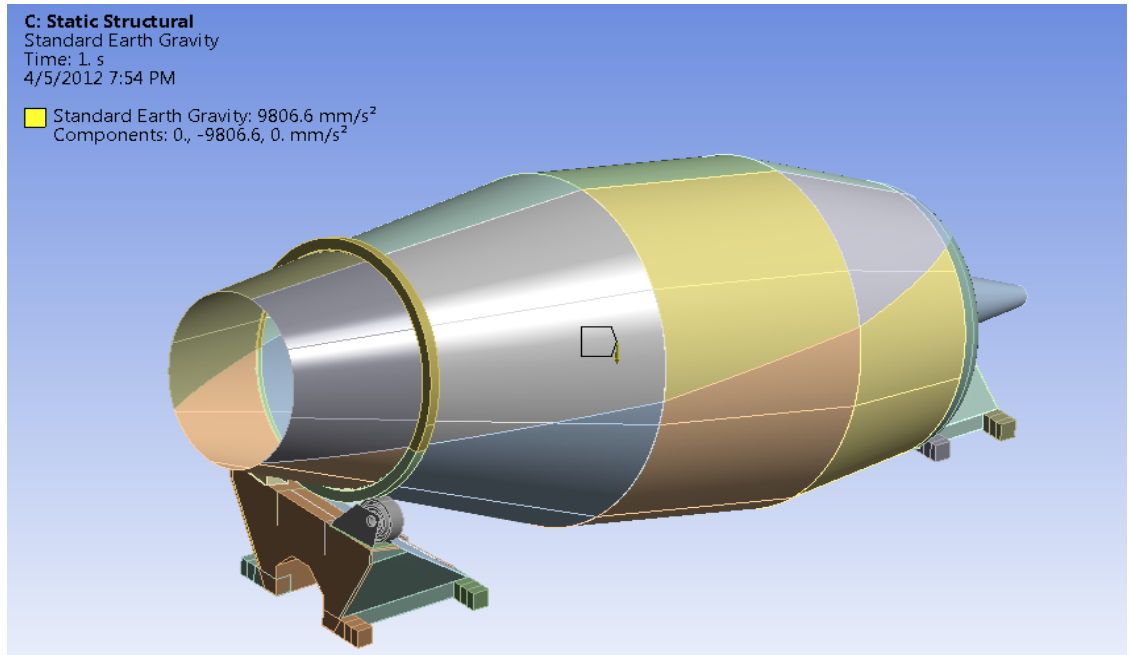
Şekil 6.36. Geliştirilen taşıyıcı ön konsolda sabit noktalarının tanımlanması



Şekil 6.37. Geliştirilen taşıyıcı arka konsolda sabit noktalarının tanımlanması

Yeni tasarım mesnetlerin şaseye oturduğu yüzeylerde, mavi bantlı bölgelerden tüm serbestlik derecelerinde tutturulmuştur.

Yerçekim ivmesininde programda tanıtılması gerekmektedir. Tanımlanan yer çekim ivmesinin yer aldığı katı model Şekil 6.38.'de verilmiştir.

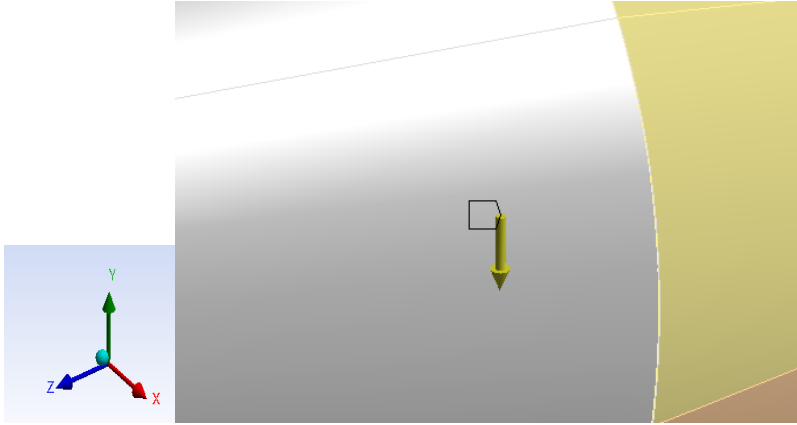


Şekil 6.38. Yerçekimi ivmesinin tanımlanması

Yerçekimi ivmesinin dikkate alındığı kütle merkezine tanım değerleri şöyledir;

Scope	
Geometry	All Bodies
Definition	
Coordinate System	Global Coordinate System
X Component	0. mm/s ² (ramped)
Y Component	-9806.6 mm/s ² (ramped)
Z Component	0. mm/s ² (ramped)
Suppressed	No
Direction	-Y Direction

Bu tanım değerlerine bağlı olarak elde edilen görüntü ise Şekil 6.39.'da sunulmuştur.



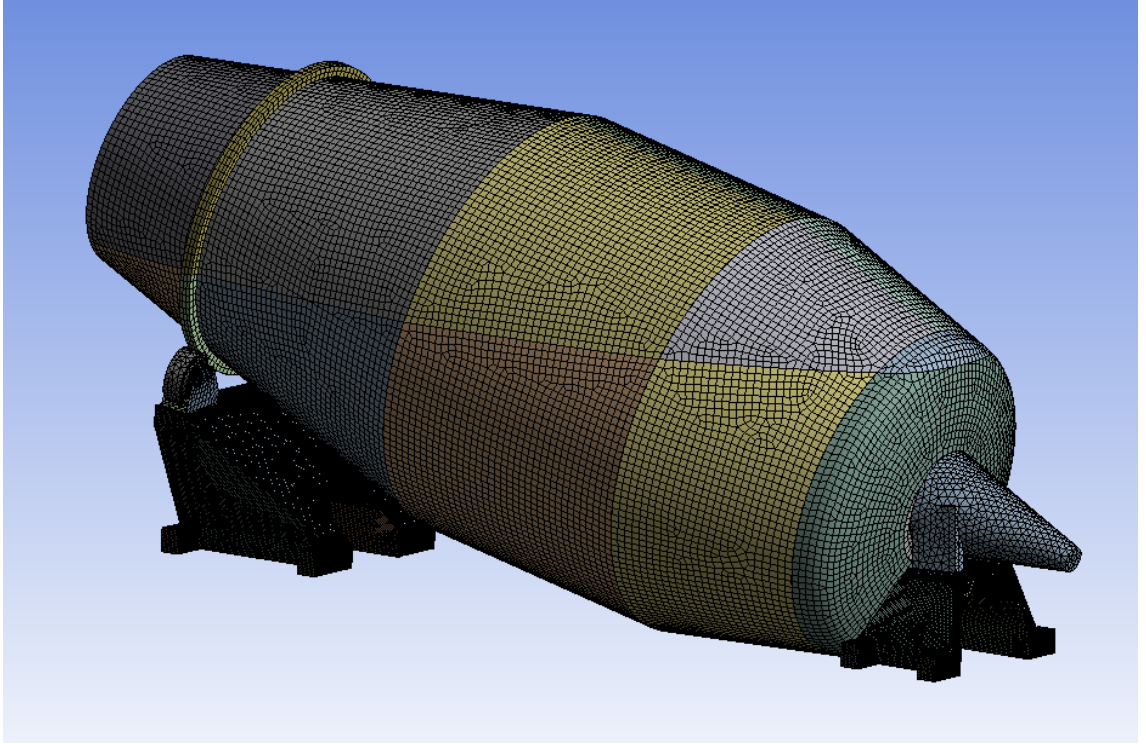
Şekil 6.39. Yerçekimi ivmesinin yakından kütle merkezine tanımlanması

Tüm yapı, nokta kütle de dahil olmak üzere yer çekimi ivmesi etkisine bırakılmıştır.

Sınır şartlarının tatbik edilmesinden sonra problem çözüme hazırdır. Program, denklem takımlarını sınır şartlarına göre düzenlemekte ve eş zamanlı olarak çözmektedir. Çözüm sonucunda yer değiştirmelerin tüm düğüm noktalarındaki değerleri hesaplanmaktadır. Düğüm noktalarındaki değerler ve enterpolasyon fonksiyonları kullanılarak, eleman içinde herhangi bir noktadaki yer değiştirme ve gerilmeler hesaplanmıştır.

6.3.6. Mesnetlerin Belirlenmesi Ve Mesh

Modelle kuvvetlerin uygulanmasından sonra son işlem mesnet noktalarının belirlenmesidir. Tüm yapının meshlenmiş hali Şekil 6.40.'da sunulmuştur.



Şekil 6.40. Sistemin mesh modeli

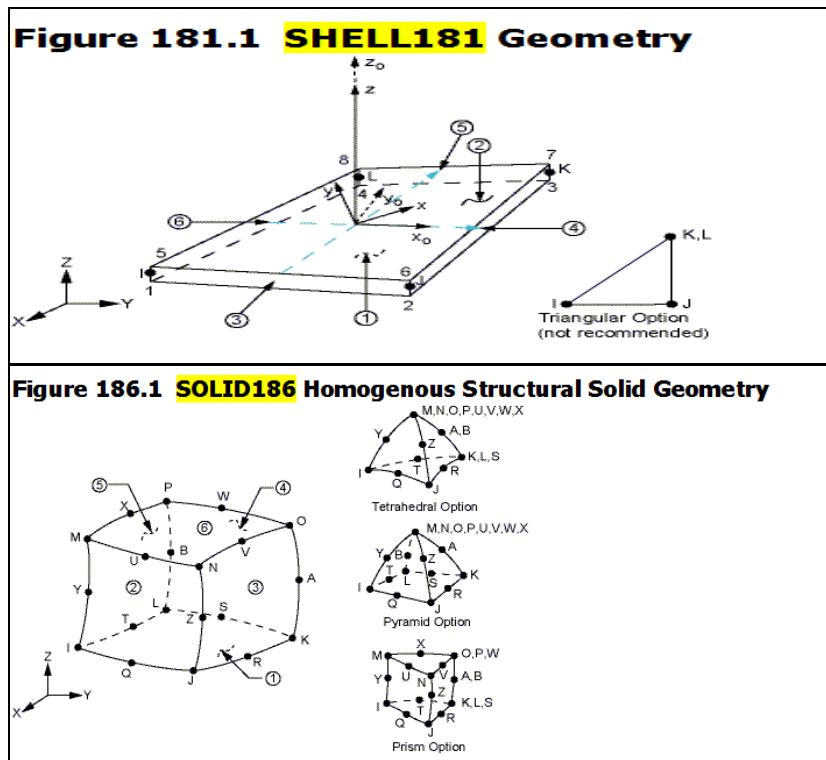
Sonlu eleman analizi için katı modelin sonlu sayıda elemana bölünmesi (mesh) gerekmektedir. ANSYS 14.0 programı elemana bölme işlemini otomatik olarak yapmakta ve aynı zamanda sonlu eleman ağının önemli parametrelerinin kullanıcı tarafından girilmesine olanak sağlamaktadır.

ANSYS 14.0, katı modelin analiz dosyasına alınması ile birlikte kaba bir boyutlandırma ile sonlu eleman ağını oluşturur. İlk olarak oluşturulan bu ağ genellikle gerçeğe yakın sonuçların elde edilmesi ve hatta kimi durumlarda analizin gerçekleşmesi için bile yeterli gelmemektedir.

Eleman sayısının düşük tutulması gerçekten uzak sonuç vermekte olduğu gibi, çok fazla sayıda eleman kullanılması analiz için gereken bilgisayar gereksinimini artırmakta ve analiz süresini uzatmaktadır. Bu nedenle sonlu eleman ağındaki eleman sayısı, kullanıcı tarafından iyi bir şekilde optimize edilmelidir. ANSYS programının da çözüm sonrası "Structural Error" komutu ile sonlu eleman ağındaki eleman sayısındaki hassasiyet nedeniyle oluşan hatalar enerji metotları kullanılarak hesaplanabilmekte, hata dağılımlarını geometri üzerinde göstererek kullanıcıya oluşturduğu sonlu eleman ağının hassasiyeti hakkında fikir verebilmektedir. Hataların yüksek olduğu bölgelerde "Mesh > Refinement" komutu ile eleman sayısı artırılabilir.

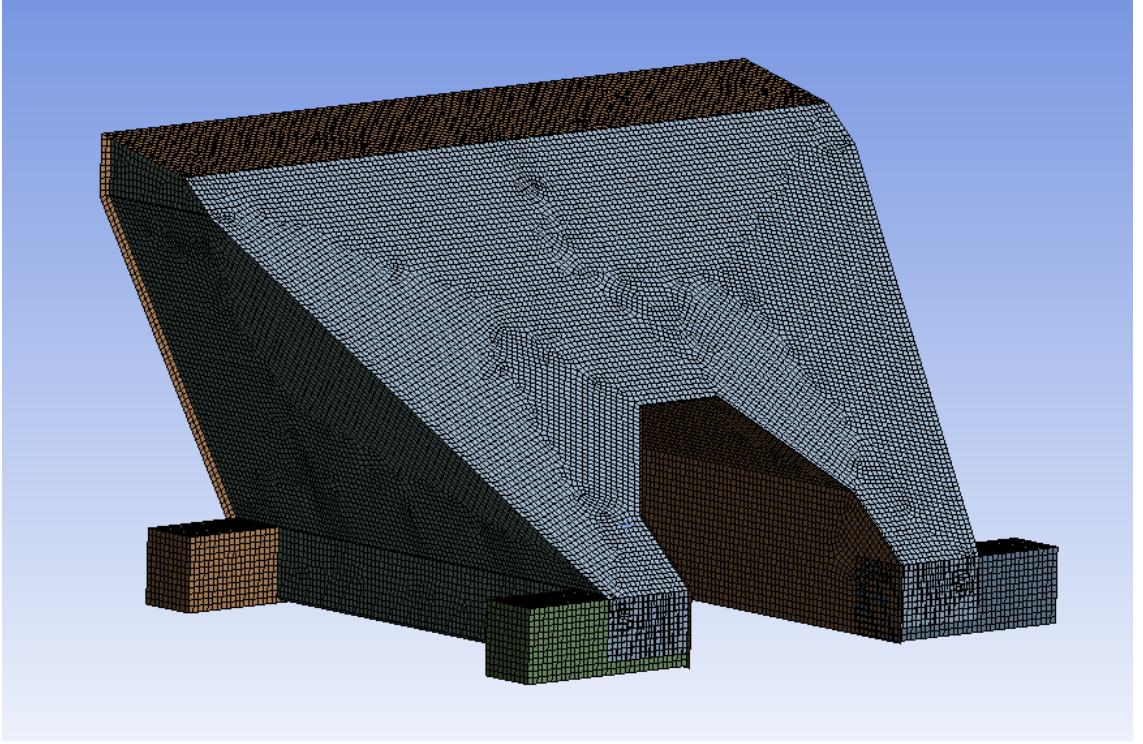
Ardışık çözümler sonrasında yapılan yüksek hatalı bölgelerdeki eleman sayısı artırımı sonucunda oluşturulan sonlu eleman ağı ile analiz gerçekleştirilmiştir. Daha fazla eleman kullanımının ise sonuçların önemli ölçüde değiştirmedeği gözlemlenmiştir.

Oluşturulan sonlu elemanlar modelinde kabuk (sac) yapılar ANSYS programı içerisinde SHELL181 ve katı yapılar ise SOLID186 tipi elemanlar kullanılarak oluşturulmuştur. Bu elemanlar ANSYS eleman teknolojisinde 18x süper elemanlar ailesine ait olup yan tarafta görülen analiz detaylarını desteklemektedir. Yapılan analiz için kullanılan eleman teknolojisi yeterlidir. Şekil 6.41’de sunulmuştur.

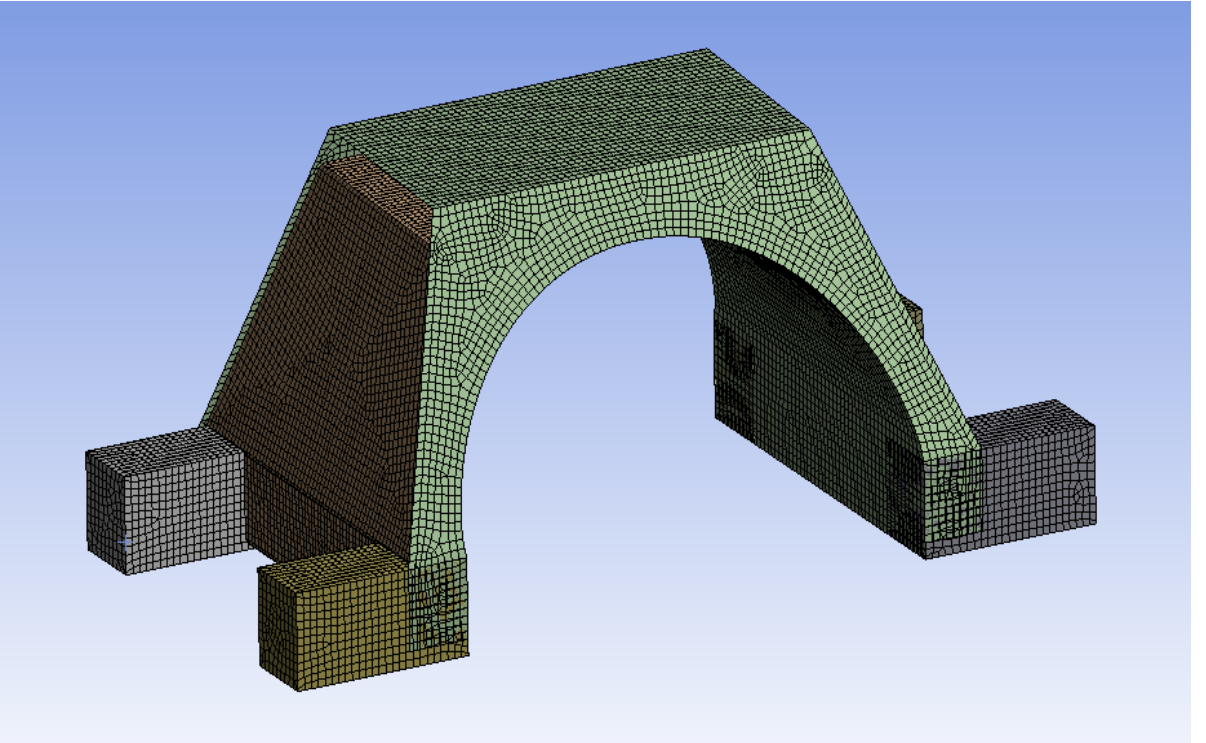


Şekil 6.41. Ansys’de geometrisine göre seçilen yapı tipleri

Geliştirilen taşıyıcı ön ve arka konsol yapılarının Sonlu Elemanlar Modeli gerilme değerlerini temiz bir şekilde yakalayabilmek için küçük elemanlardan oluşturulmuştur. Şekil 6.42. ve Şekil 6.43.’de verilmiştir.



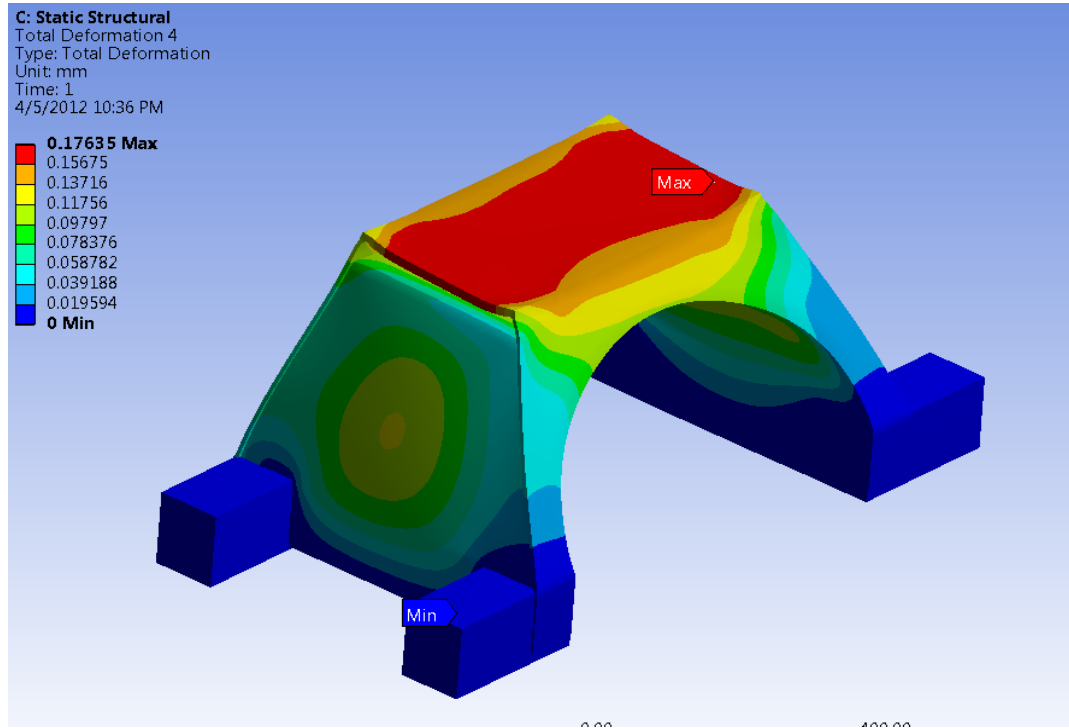
Şekil 6.42. Meshlenmiş geliştirilen taşıyıcı arka konsol



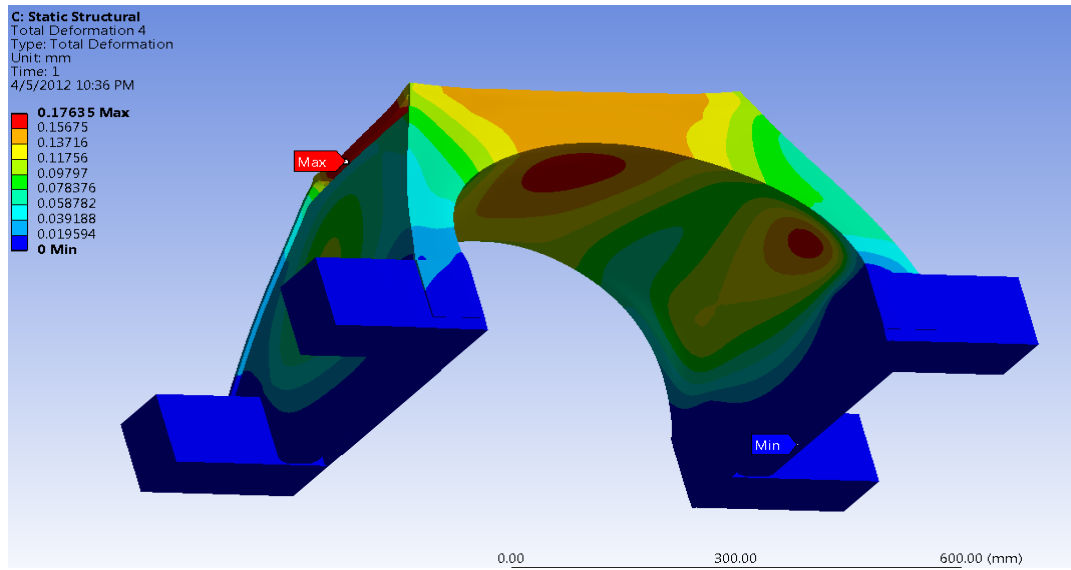
Şekil 6.43. Meshlenmiş geliştirilen taşıyıcı ön konsol

7. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

Sistemde analiz sırasında deformasyon mm biriminde incelenmiştir. Geliştirilen taşıyıcı ön konsol da yapılan analiz sonucunda görülen deformasyona uğratılmış ve deformasyonun en fazla olduğu bölgeleri gösteren katı model görüntüleri Şekil 7.1. ve Şekil 7.2.'de sunulmuştur.



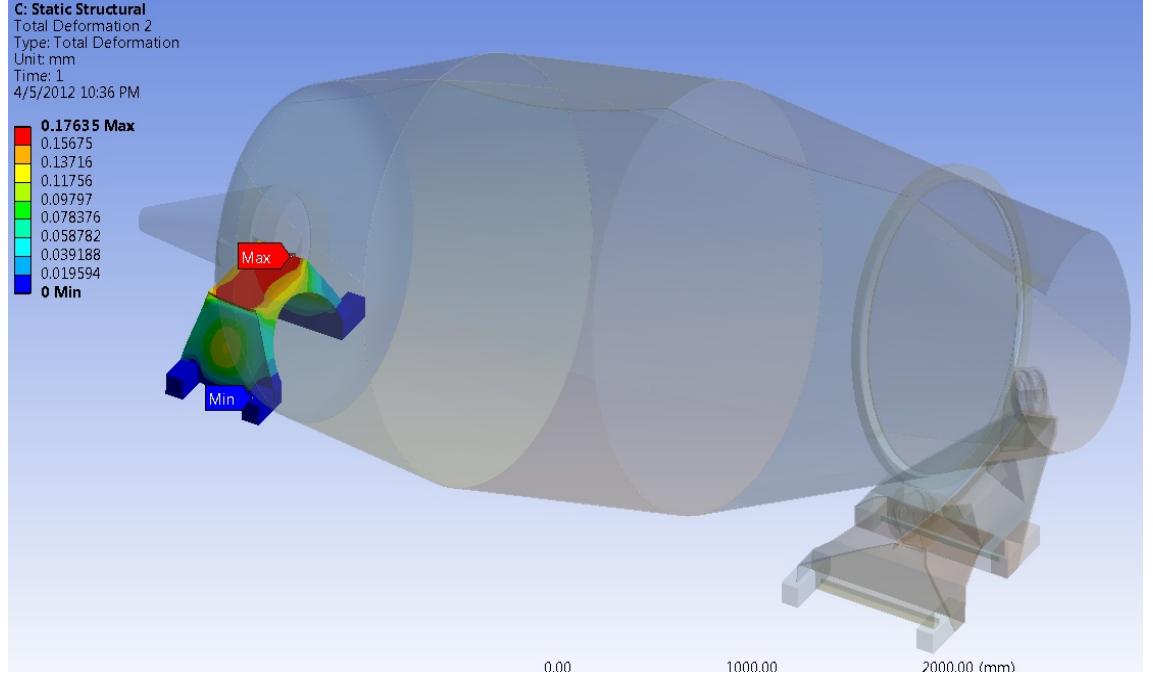
Şekil 7.1. Geliştirilen taşıyıcı ön konsol toplam deformasyonu en fazla noktaları



Şekil 7.2. Geliştirilen taşıyıcı ön konsol toplam deformasyonu en fazla olan noktaları

Şekil 7.1. ve 7.2. incelendiğinde en fazla deformasyon miktarının sadece 0.17635 mm olduğu görülmektedir.

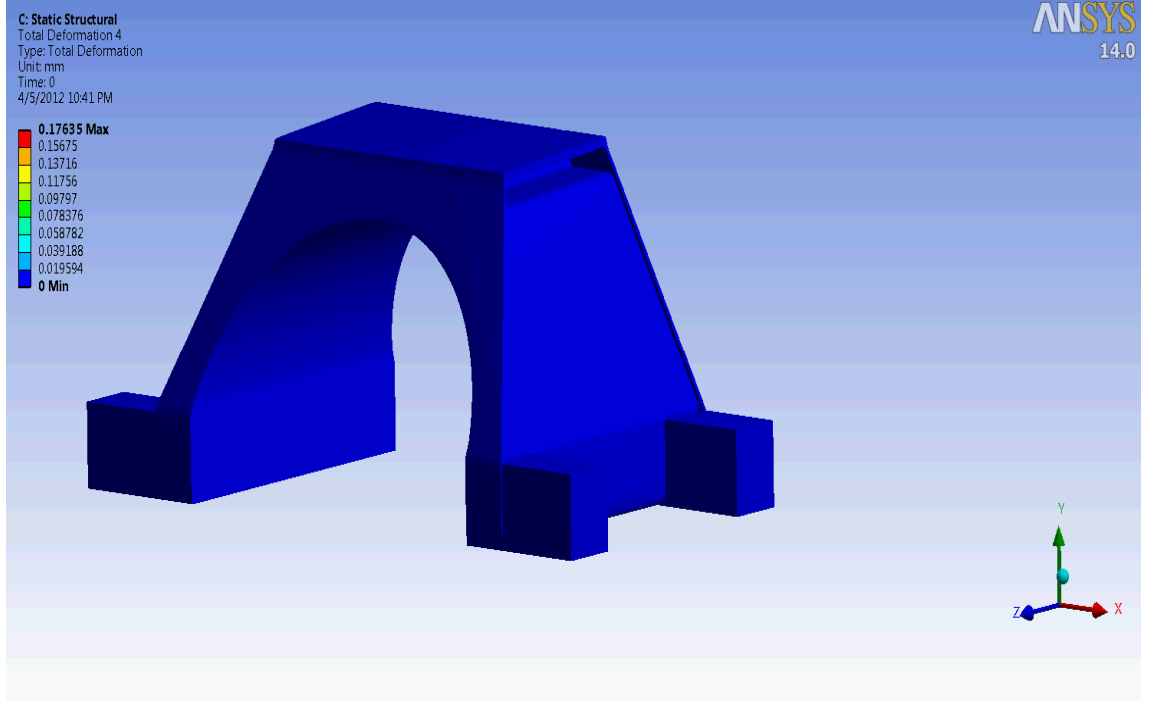
Ön konsol üzerine konulmuş transmiksler birlikte deformasyon görüntüleri ise Şekil 7.3.'de verilmiştir.



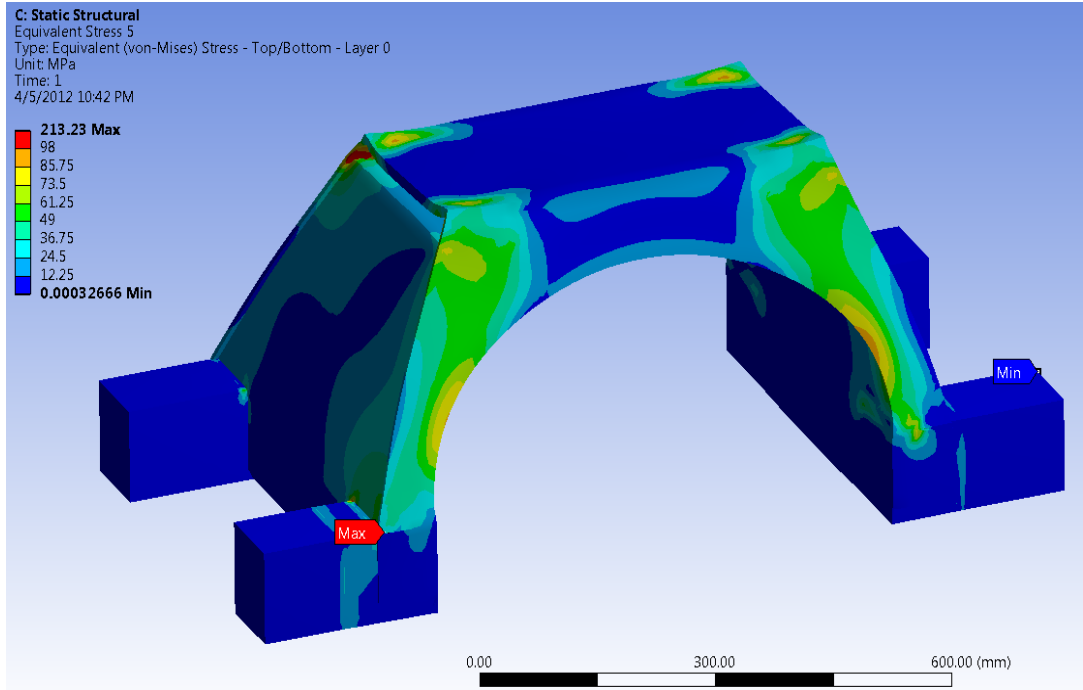
Şekil 7.3. Komplete geliştirilen taşıyıcı ön konsol toplam deformasyonu

Geliştirilen taşıyıcı ön konsol üzerinde transmiksler toplamda farklı bölgelerde en fazla 0.17635 mm deformasyon oluşturmaktadır.

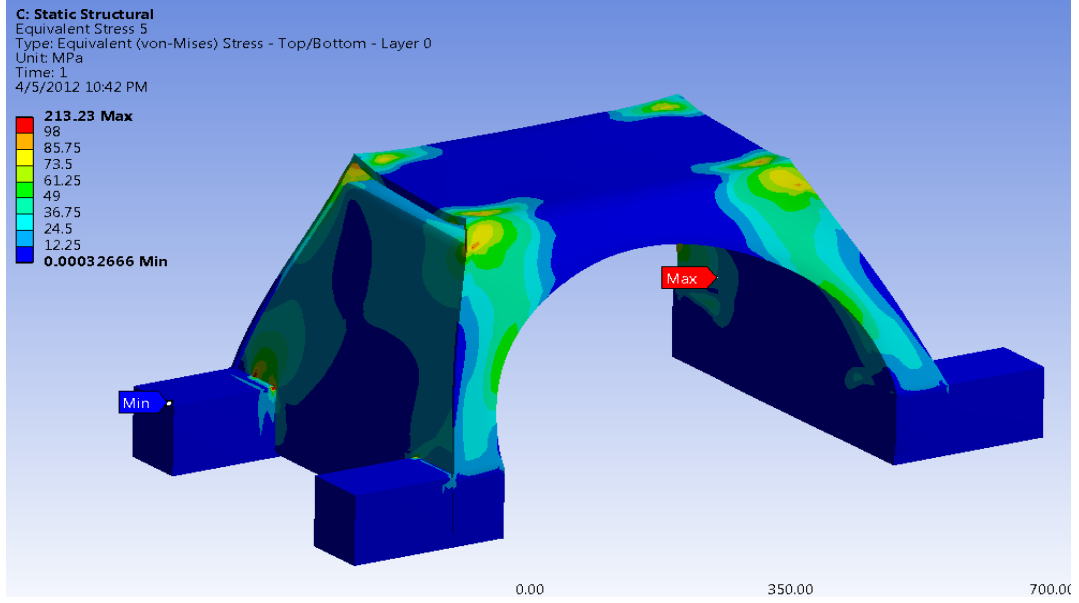
Geliştirilen taşıyıcı ön konsol üzerinde gerilmenin en fazla ve en az olduğu bölgeler ise 172 kez abartılarak Şekil 7.4., Şekil 7.5.ve Şekil 7.6.'da sunulmuştur.



Şekil 7.4. Geliştirilen taşıyıcı ön konsol toplam deformasyonu 172 kez abartılması



Şekil 7.5. Geliştirilen taşıyıcı ön konsol eşdeğer gerilmesinde en fazla noktası



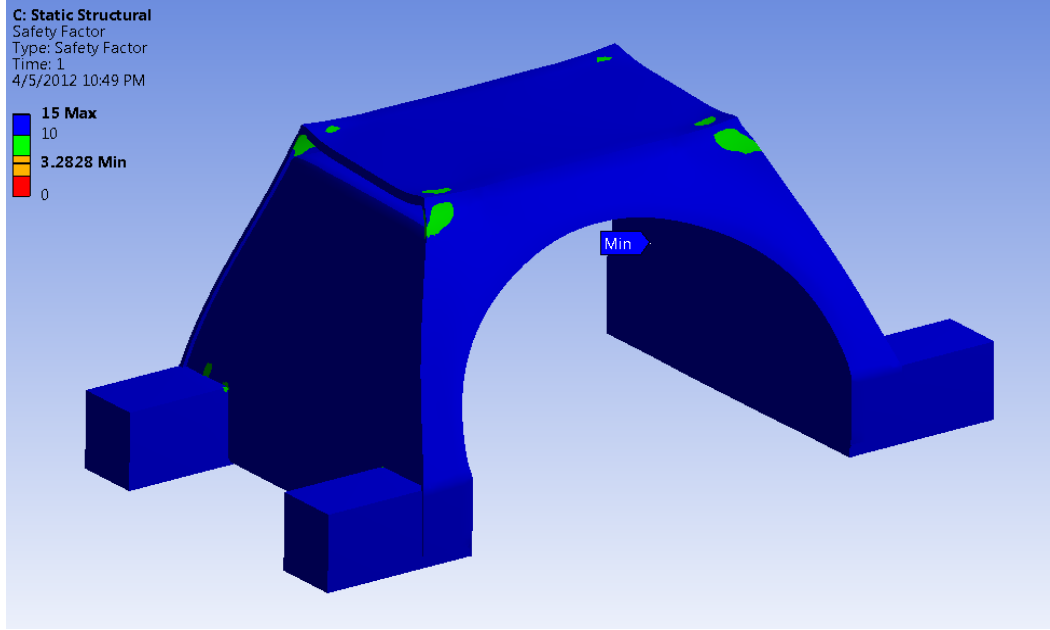
Şekil 7.6. Geliştirilen taşıyıcı ön konsol eşdeğer gerilmesinde en fazla noktası

Eşdeğer gerilmenin en fazla olduğu değerin 213 MPa olduğu görülmektedir. bu değer köşe noktalarda tekil yük değeridir. Tekil yük, alanın köşe noktalarda sıfıra yaklaşması neticesinde stressin sonsuza ırsamması olarak görülmektedir. Bu durum sonlu elemanlarda bir sorun olup gerçek model üzerinde, belirtilen stres den daha az gerilmelerin oluşacağı ve o bölgenin gerçekte kendiliğinden yıpranarak yüksek stresleri kendi içerisinde yok edeceği bilinmektedir..

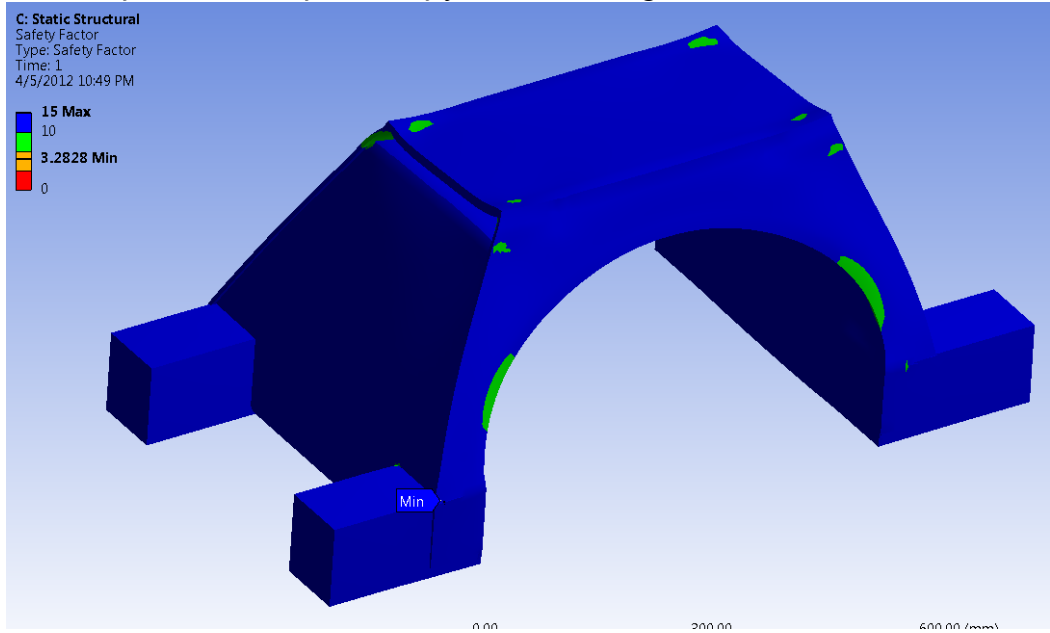
Buna göre yapı kullanılan malzeme ile güvenlidir.

Geliştirilen taşıyıcı ön konsolda yapılan yeni tasarım ile gerilme yapı üzerine homojen bir şekilde dağıtılarak güvenli bir yapı oluşturulmuştur. Yapı, kullanılan DOMEX700 malzemenin akma gerilmesi olan 700 MPa gerilmesine göre güvenlidir.

Yapılan tasarım ile gerilmeler düzgün bir şekilde dağıtıldığı için güvenlik faktörü de dağınık olarak Şekil 7.7. ve Şekil 7.8.'de verilmiştir. Minimum değer 3,28 olup güvenlik faktörü 1 değerine göre yapı 3 kattan fazla emniyetlidir.



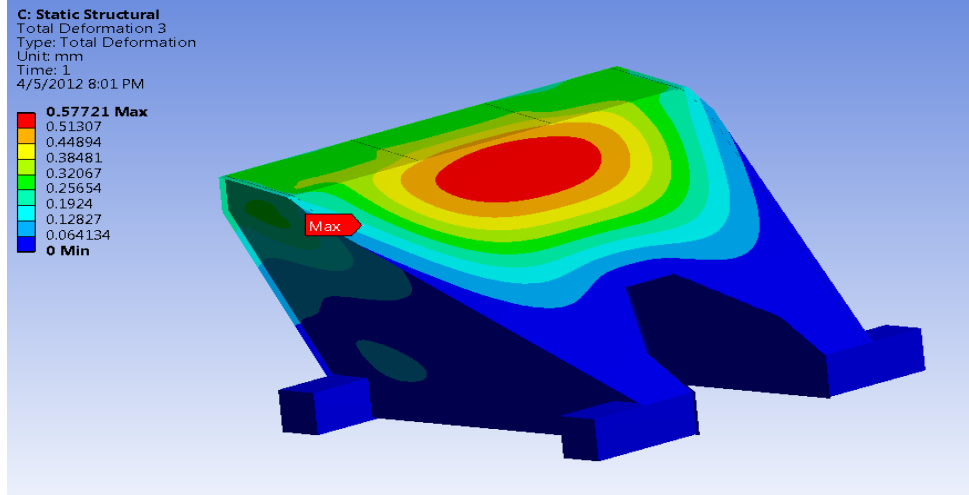
Şekil 7.7. Geliştirilen taşıyıcı ön konsol güvenlik faktörü en az noktası



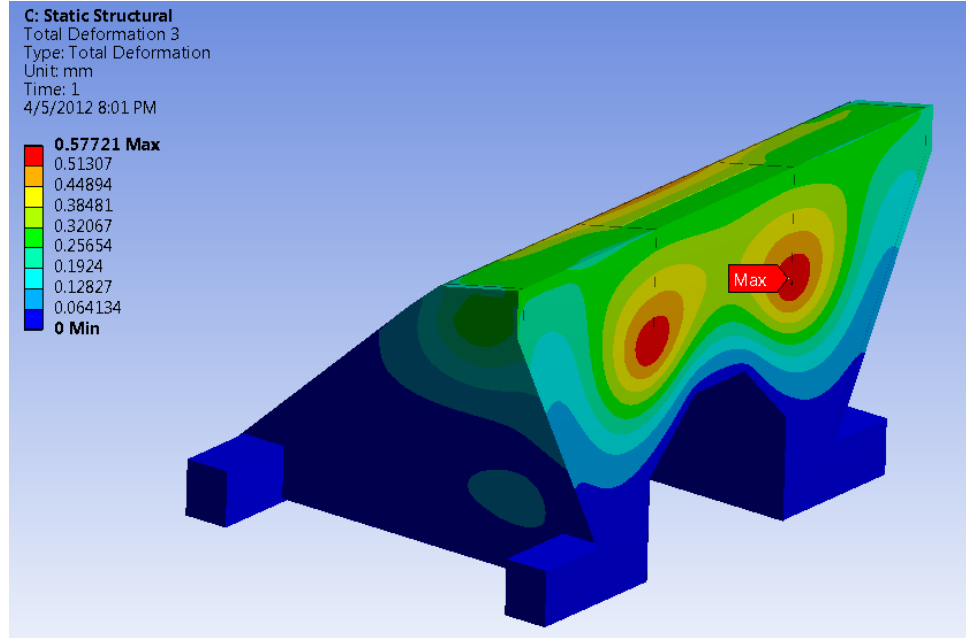
Şekil 7.8. Geliştirilen taşıyıcı ön konsol güvenlik faktöründe 1 e göre durumu

Geliştirilen taşıyıcı arka konsolda yapılan analiz sonucunda görülen deformasyona uğratılmış ve deformasyonun en fazla olduğu bölgeleri gösteren katı model görüntüleri Şekil 7.9 ve Şekil 7.10.' da sunulmuştur.

Analiz sonucunda geliştirilen taşıyıcı arka konsol üzerinde toplamda farklı bölgelerde 0,57 mm deformasyon oluşmaktadır.

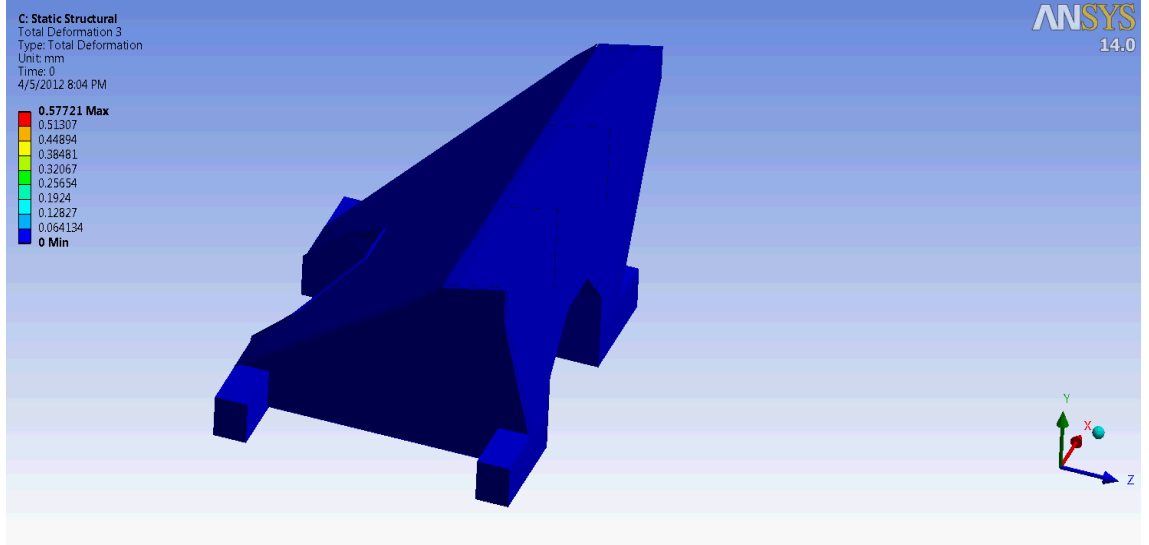


Şekil 7.9. Geliştirilen taşıyıcı arka konsol toplam deformasyonu önden gösterimi



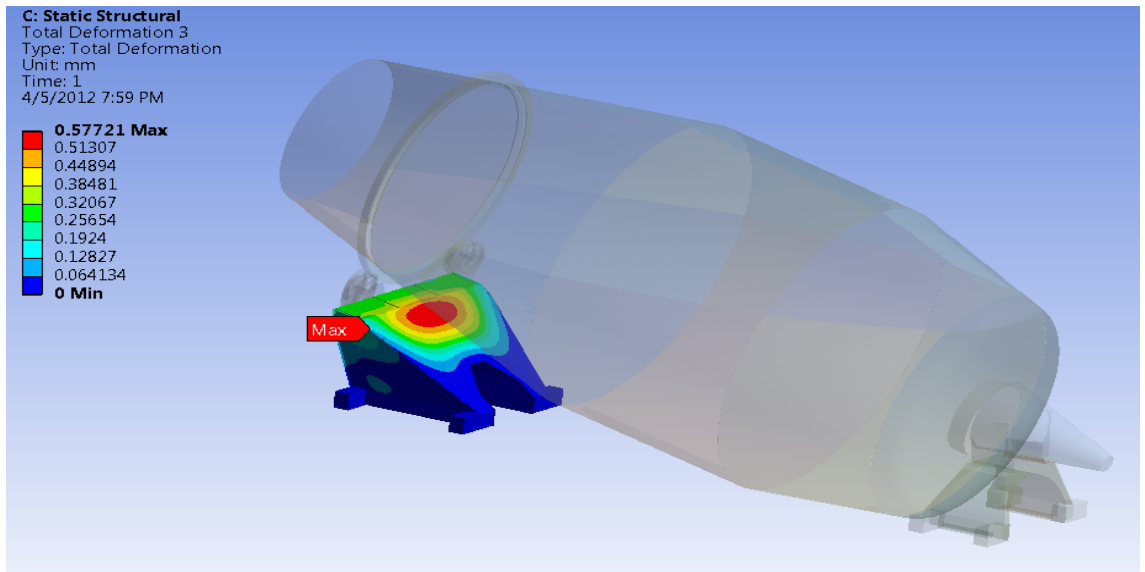
Şekil 7.10. Geliştirilen taşıyıcı arka konsol toplam deformasyonu arkadan gösterimi

Şekil 7.11. incelendiğinde taşıyıcı arka konsolda en fazla 0.57721 mm çökme olduğu görülmüştür. Bu değer oldukça iyidir. Bu değer 160 kez abartma sonucunda elde edilen değerdir.



Şekil 7.11. Geliştirilen taşıyıcı arka konsol toplam deformasyonu 160 kez abartılması

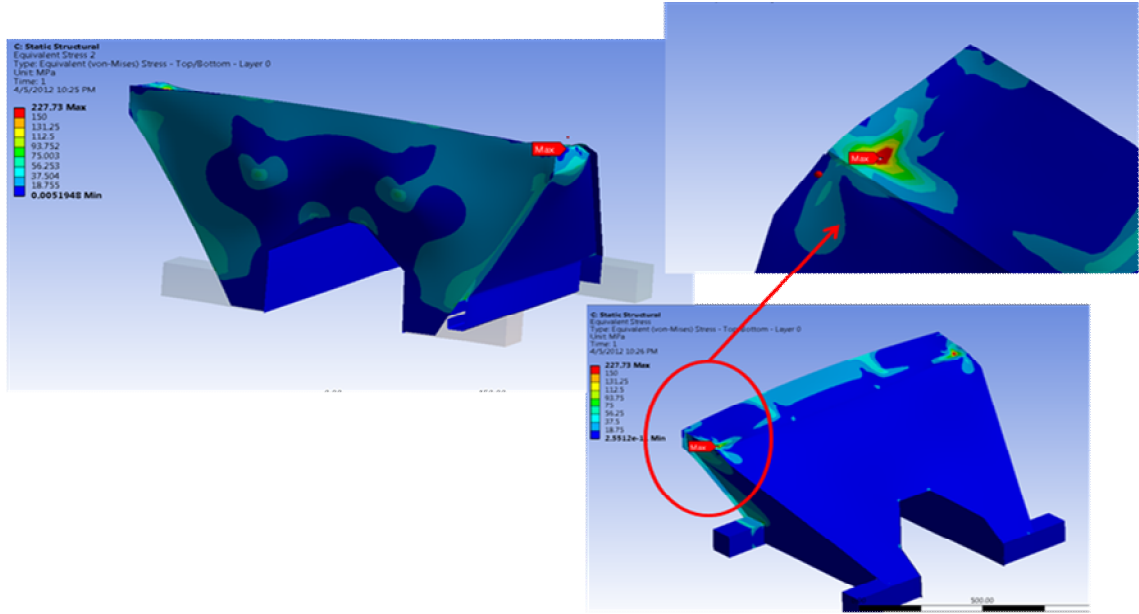
Transmikserin taşıyıcı arka konsol üzerinde neden olduğu deformasyon görüntüsü ise Şekil 7.12.'de sunulmuştur.



Şekil 7.12.Komplede geliştirilen taşıyıcı arka konsol toplam deformasyonu

Malzeme sünek yapıda olduğundan, Von Mises gerilmeleri de incelenmiştir. Analiz öncesi öngörülen, yük altında parçanın elastik bölgede (akmadan) çalışacağı analiz sonucuda teyit edilmiştir. En büyük gerilmeler oturma yüzeylerinde ve kazana paralel olan bölümlerde görülmüştür. Yalnız çapağı andıran küçük bir bölgede gerilme yığılmasına rastlanmıştır, bu da katı modellemede ortaya çıkan küçük bir hatadan kaynaklanmaktadır.

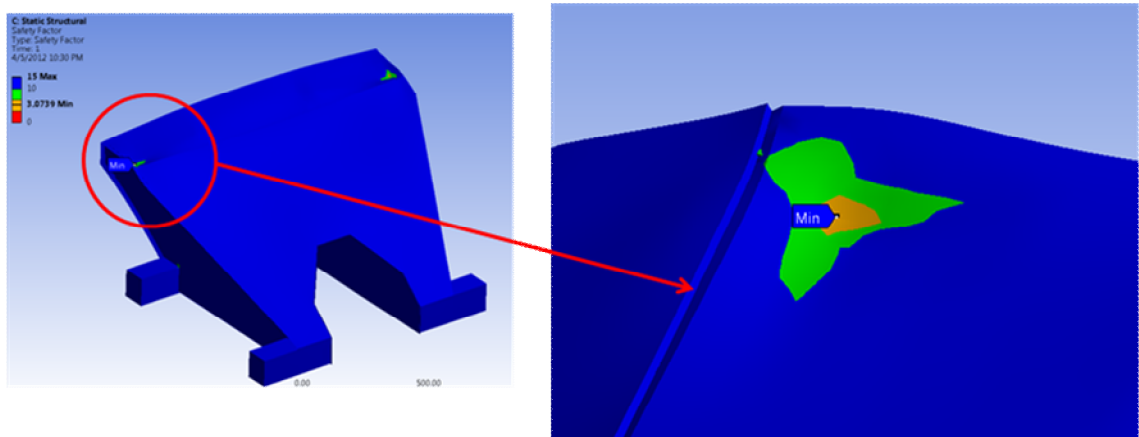
Taşıyıcı arka konsol için yapılan gerilme analizleri sonucunda ise ulaşılan sonuçlar Şekil 7.13.'de verilmiştir.



Şekil 7.13. Geliştirilen taşıyıcı arka konsol toplam deformasyonu en fazla noktaları

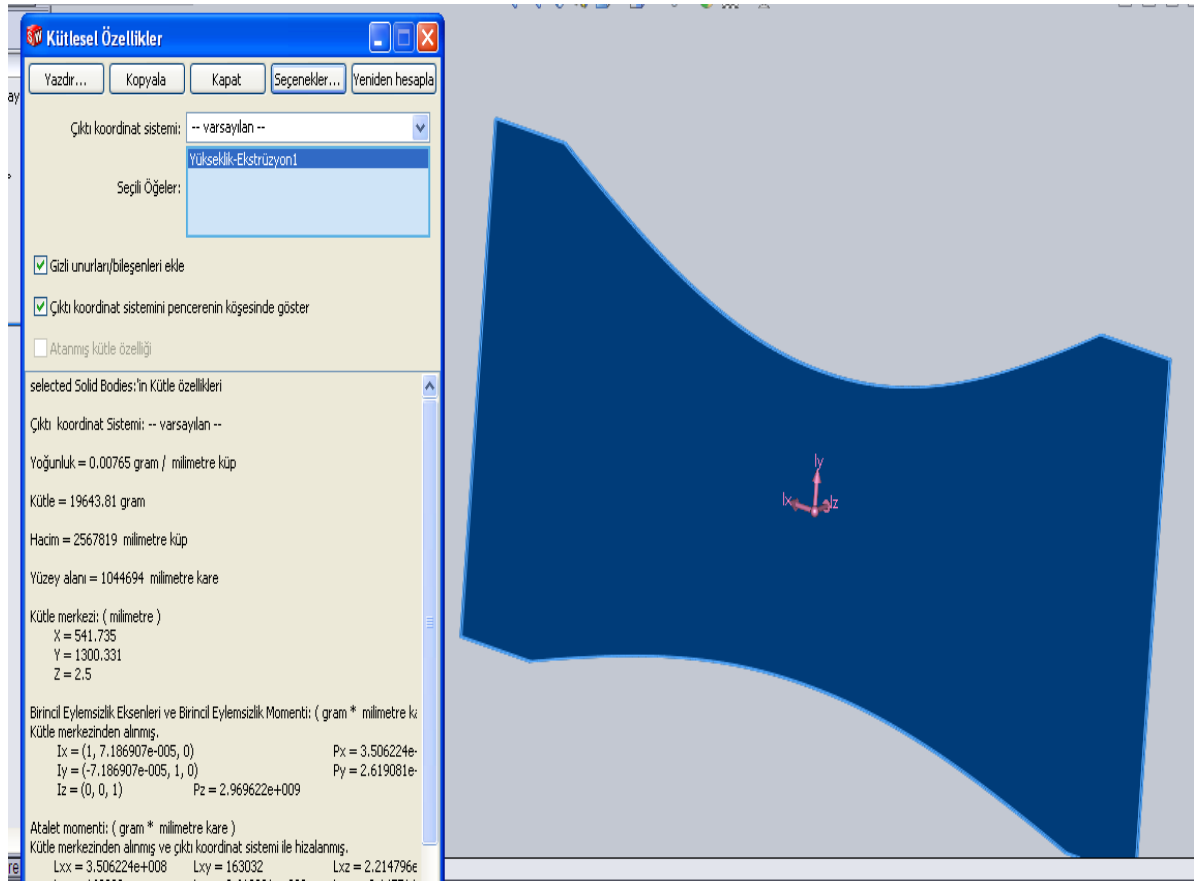
Geliştirilen taşıyıcı arka konsol üzerinde yapılan analiz sonucunda elde edilen en fazla gerilme 227 MPa'dır. Geliştirilen taşıyıcı arka konsol üzerine basan braketlerin köşelerinde teki yükleme oluşmaktadır. Buna rağmen DOMEX 700 malzemesinin akma gerilmesi olan 700 MPa gerilmesine göre güvenlidir.

DOMEX 700 malzemeye göre yapı üzerindeki güvenlik faktörü minimum 3,07'dir. Şekil 7.14. Güvenlik faktörü 1'e göre yapı bu noktada 3 kat güvenlidir.

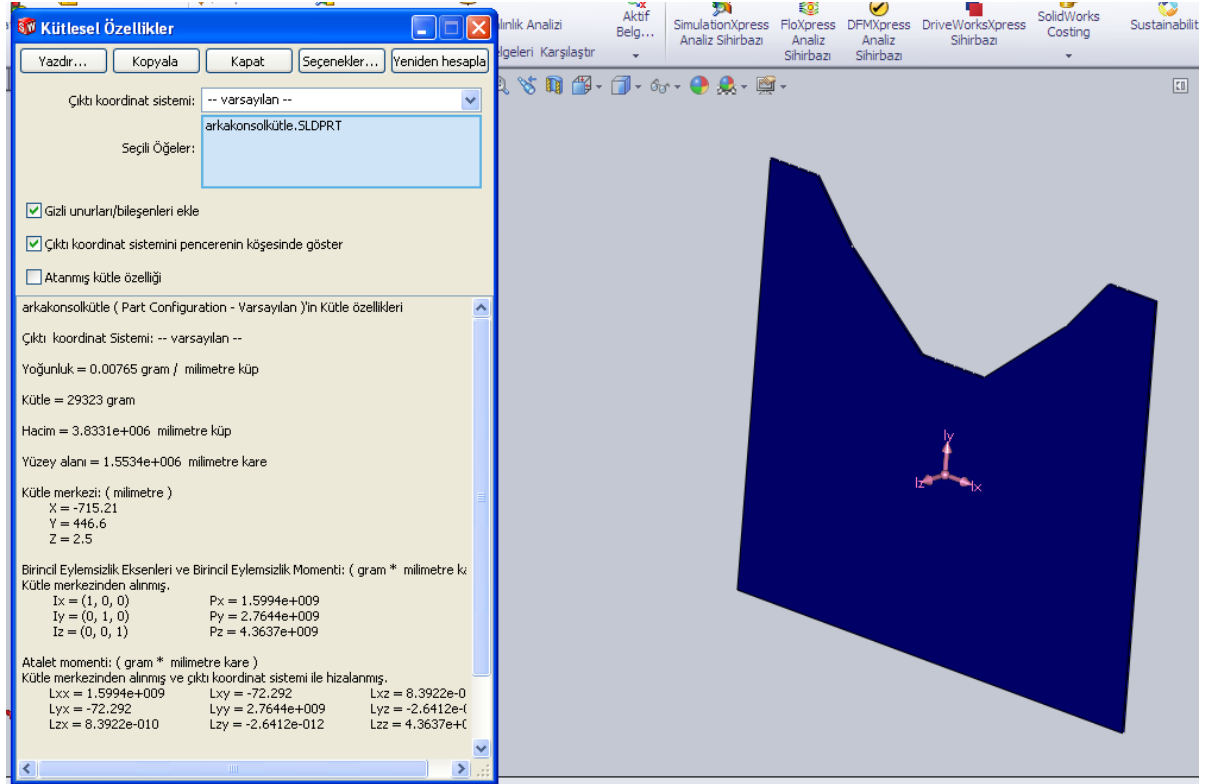


Şekil 7.14. Geliştirilen taşıyıcı arka konsol toplam deformasyonu en az noktaları

Kullanım ömrünün daha uzun, taşıma maliyetinin daha düşük olması hafiflikle mümkündür. Yakıt maliyetlerindeki artışta dikkate değer girdi haline dönüşmüştür. Bu arayışa cevap verebilmenin yolu taşıyıcı sistemlerin mümkün olduğunca kütlelerini kg'lık kütle eksiltiştir. Şekil 7.15. ve Şekil 7.16.'da tüm kütle değerleri ve çıkarılan alanın açılımı sunulmuştur. Transmikser de önemli rol oynayan taşıyıcı konsollardan güvenilirliği kaybetmeden, tasarımda estetik bir yaklaşım yapılmıştır. Tasarımda hafiflik ve alandan kazanç ön planda tutulmuştur.

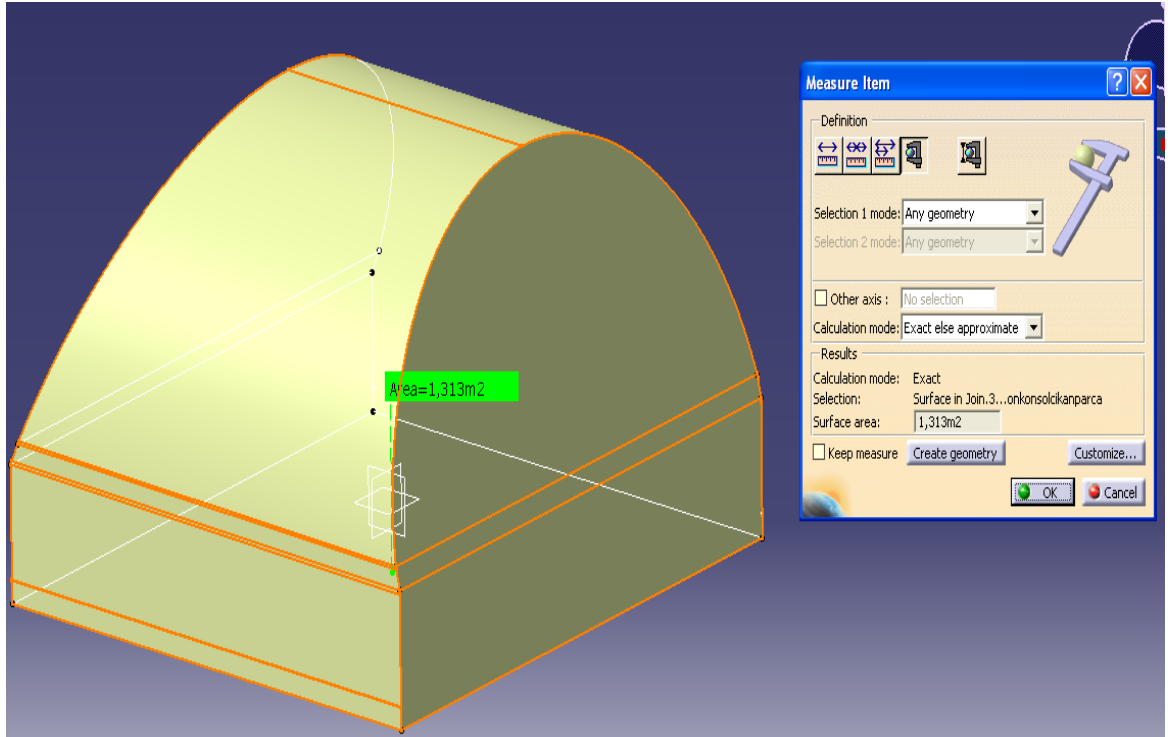


Şekil 7.15. Geliştirilen taşıyıcı ön konsoldan çıkarılan alanın kütlesi (g)

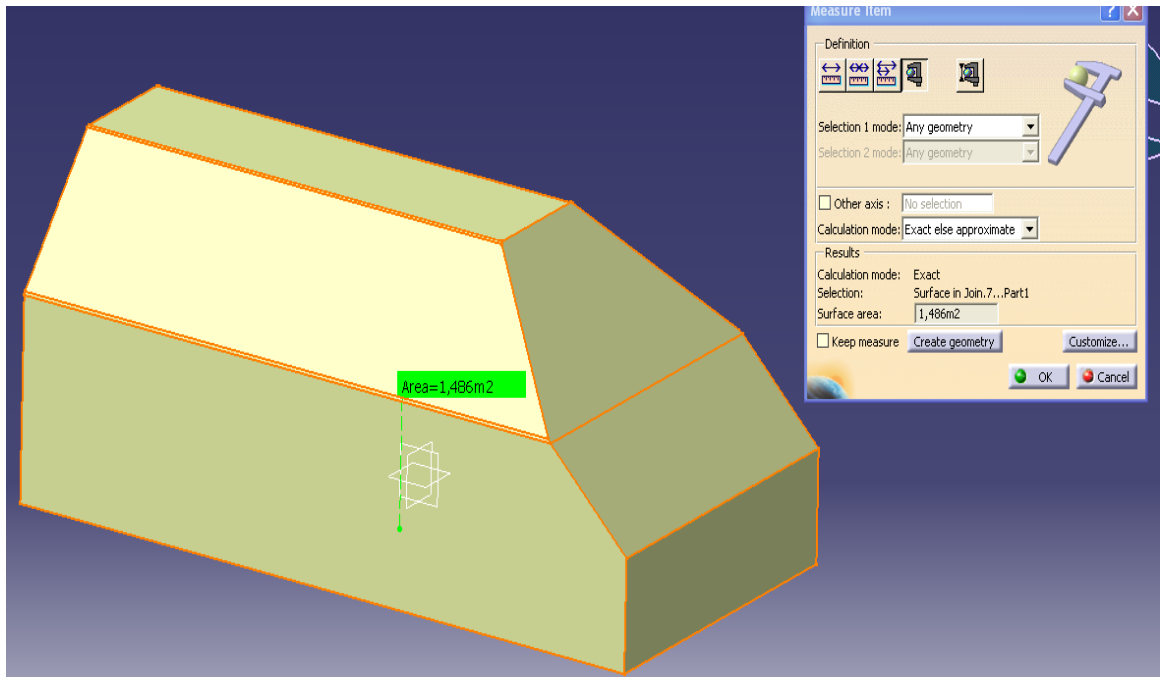


Şekil 7.16. Geliştirilen taşıyıcı arka konsoldan çıkarılan alanın kütlesi (g)

Şekil 7.17.'de geliştirilen taşıyıcı ön konsoldan çıkarılan alan görüntüsü verilmiştir. Bu alan 1.3 m^2 dir. Şekil 7.18.'de ise geliştirilen taşıyıcı arka konsoldan çıkarılan alan verilmiş olup, 1.4 m^2 'lık değere sahiptir. Böylelikle uygulamada kolaylık, işgücü ve zamandan da katma değer sağlamıştır.

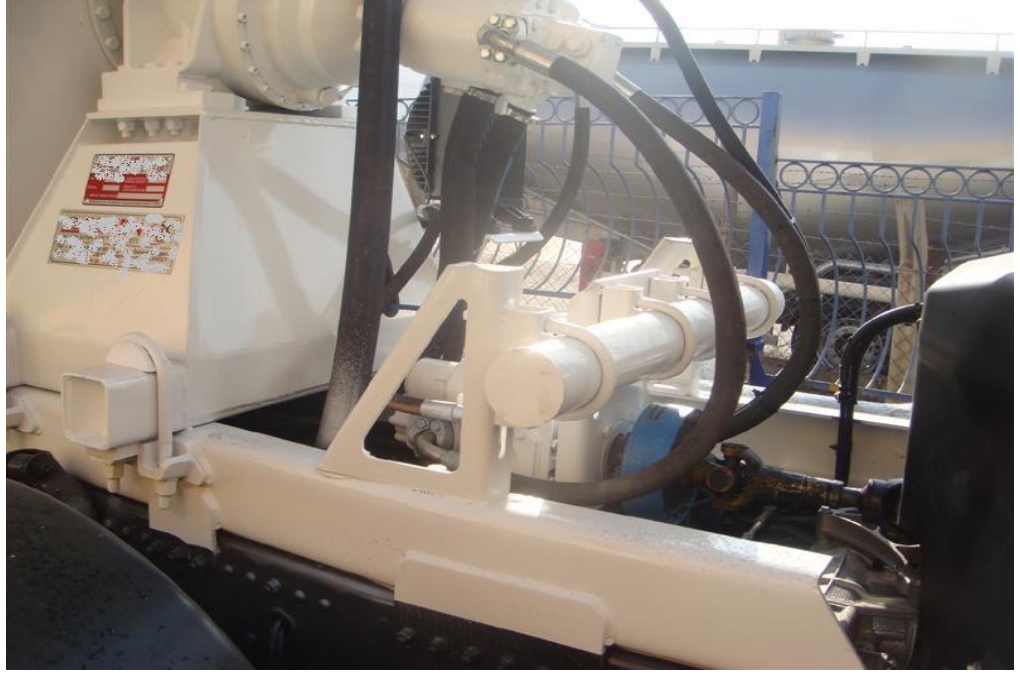


Şekil 7.17. Geliştirilen taşıyıcı ön konsoldan çıkarılan alanı (m^2)



Şekil 7.18. Geliştirilen taşıyıcı arka konsoldan çıkarılan alanı (m^2)

Geliştirilen taşıyıcı ön ve arka konsolların üretimi de gerçekleştirilmiştir. Geliştirilen taşıyıcı ön konsoldan evvel kullanılan ön konsol Şekil 7.19.'da verilmiştir. Konsolun mekanik ve ağırlık sorunlarının dışında hidrolik bağlantı sorunları olduğu da gözükmemektedir.



Şekil 7.19. Üretilmiş ele alınan taşıyıcı ön konsolu

Geliştirilen taşıyıcı ön konsol üretilmiş olup Şekil 7.20.'de sunulmuştur. Geliştirilen taşıyıcı ön konsol oluşturulan konstrüktif çözümlerle hidrolik bağlantılarını da daha uygun hale getirmiştir.



Şekil 7.20. Üretilmiş geliştirilen taşıyıcı ön konsollar

Aynı çözüm taşıyıcı arka konsol içinde düşünülmüş olup üretimi gerçekleştirilmiştir (Şekil 7.21.).



Şekil 7.21. Üretilmiş geliştirilen taşıyıcı arka konsolu

8. SONUÇ VE ÖNERİLER

Geliştirilen taşıyıcı ön ve arka konsolların taşıdıkları gerilmelerin düzgün bir şekilde (özellikle geliştirilen taşıyıcı ön konsolda) dağıtıldığı görülmüştür.

Tasarımda kullanılan DOMEX700 malzemesinin akma dayanımı 700 MPa dır. Analiz sonucunda her iki konsolda da elde edilen gerilme değerleri 213 ve 227 MPa dır. Her iki yapı için de gerilme değerleri incelendiğinde tasarımılandırılan yapı yaklaşık 3 kat yapı güvenlidir.

Geliştirilen taşıyıcı ön konsoldan yaklaşık 19 kg , taşıyıcı arka konsoldan 29 kg lık kütle eksiltiştir. Toplamda 48 kg lık bu değer oldukça önemlidir.

Geliştirilen taşıyıcı ön konsoldan çıkarılan alan 1.3 m^2 dir. Geliştirilen taşıyıcı arka konsoldan çıkarılan alan ise, 1.4 m^2 dir. Toplamda 2.7 m^2 lik alan dikkate değerdir.

Taşıyıcı ön ve arka konsolların analizinde statik davranış incelenmiştir. Daha sağlıklı bir sonuca ulaşabilmek için sistemin dinamik davranışı da incelenmelidir. Zira transmikseler sürekli hareket halinde olup yol şartlarından gelen olumsuz dinamik kuvvetlerinde etkisindedir.

Gerilmeler açısından değerlendirildiğinde 3 kat güvenlik faktörü ile elde edilen hesaplamalar genel makine imalatı için oldukça uygun değerlerdir. Bu dinamik faktörlere bağlı yükleri de karşılayabilecek bir değerdir.

Yeni yapılan tasarımın modellenemeyen dinamik davranışı temsil etmesi için daha fazla modifikasyondan kaçınılması gerekir.

Deformasyonun en fazla olduğu bölgelerde tasarımda değişikliğe gidilerek keskin noktalar yuvarlatılmalıdır. Destek noktalarında farklı şekillendirmeler yapılarak ürüne yansıtılmalıdır. Burada görselliğe de önem verilmelidir.

Özet olarak mesnetlerin yapılan çalışma neticesinde güvenli sınırlar dahilinde olduğu görülmektedir.

KAYNAKLAR

- Medek, J., Fort, I., (1985) **"Mixing in vessel with eccentric mixer"**, Proceedings of the Fifth European Conference on Mixing, Wurzburg, Germany, , pp. 263–271.
- Ranade, V.V., Joshi, J.B., (1989) **"Flow generated by pitched blade turbines. I. Measurements using laser Doppler anemometer"**, Chem. Eng. Commun.pp.81 197–224.
- Fasano, J.B., Bakker, A., Penney, W.R., (1994) **"Advanced impeller geometry boosts liquid agitation"**, Chem. Eng. pp.110–116.
- Jaworski, Z., Nienow, A.W., Dyster, K.N., (1996) **"An LDA study of the turbulent flow field in a baffled vessel agitated by an axial, down-pumping hydrofoil impeller"**, Can. J. Chem. Eng.pp.74 3–15.
- Zhou, G., Kresta, S.M., (1996) **"Distribution of energy between convective and turbulent flow for three frequently used impellers"**, Chem. Eng. Res. Des.pp. 74 379–389.
- Schafer, M., Yianneskis, M., Wachter, (1998) **"P., F. Durst, Trailing vortices around a 45° pitched blade impeller"**, AIChE J.pp. 44 1233–1265.
- Mavros, P., Xuereb, C., Bertrand,J., (1998) **"Determination of 3-D flow fields in agitated vessels by laser Doppler velocimetry: use and interpretation of RMS velocities"**, Chem. Eng. Res. Des.pp. 76 223–233.
- Patwardhan, A.W., Joshi, J.B., (1999)**"Relation between flow pattern and blending in stirred tanks"**, Ind. Eng. Chem. Res.pp. 38 3131–3143.
- Tomas M., Linek, V., Eva, P., (2003) **"Gas hold-up, mixing time and gas–liquid volumetric mass transfer coefficient of various multiple-impeller configurations: Rushton turbine, pitched blade and techmix impeller and their combinations"**, Chem. Eng. Sci.pp. 58 1839–1846.
- Firoz, R.K., Chris, D.R., Grahan, K.H., (2004) **"A multi-block approach to obtain angle resolved PIV measurements of the mean flow and turbulence fields in a stirred vessel"**, Chem. Eng. Technol.pp. 27 264–269.
- Dilli Avni,2006,Catia V5 Programı ile İzotropik ve Anizotropik Malzemededen Yapılmış Makine Elemanlarında Gerilme Analizi,Yüksek Lisans Tezi,Fırat Üniv.33-35s,Elazığ
- Arpaçay, S. (2006). **Çimento karıştırıcı paletinde gerilme analizi** . Bitirme projesi, Dokuz Eylül Üniversitesi Makine Mühendisliği,İzmir.
- Doğan, M. (2006). **Paslanmaz Çeliklerin Köşe Kaynaklı Birleştirmelerinde Gerilme Analizi**. Yüksek lisans tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Oysu C. (2006). **Finite Element And Boundary Element Contact Stress Analysis With Remeshing Technique**. Bitirme Projesi. Kocaeli Üniversitesi Mekatronik Mühendisliği, Kocaeli.
- Vullo V. ve Vivio F. (2007). **Elastic Stress Analysis Of Non-Linear Variable Thickness Rotating Disks Subjected To Thermal Load And Having Variable Density Along The Radius**. Bitirme projesi. Department of Mechanical Engineering, University of Roma, Roma.
<http://www.sciencedirect.com/>

- Castagnetti D. ve Dragoni E. (2007). **Standard Finite Element Techniques For Efficient Stress Analysis Of Adhesive Joints**. Yüksek Lisans Tezi. Dipartimento di Scienze e Metodi dell'Ingegneria, Università di Modena e Reggio Emilia, Modena. <http://www.sciencedirect.com/>
- I-Cheng, Y. (2006). **Computer-Aided Design For Optimum Concrete Mixtures**. Cement and Concrete Composites, 29, 193–202, Aralık 27, 2006. <http://www.sciencedirect.com/>
- Xi F. ve Qin Z. (1998). **An Integrated Approach For Design And Analysis Fluid Mixer**. Computer-Aided Design, 30, 1037–1045, Mayıs 12, 1999. <http://www.sciencedirect.com/>
- Göksenli A. ve Eryürek B. (2008). **Failure Analysis Of An Elevator Drive Shaft**. Bitirme projesi. İstanbul Teknik Üniversitesi Makine Mühendisliği, İstanbul.
- Ören Muzaffer, 2006, **Karıştırma ve Karıştırıcılar Kullanım Alanları ve Hesaplama Yöntemleri**. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniv. 2-32s, İstanbul.
- Bağlan, H.İ. **'Ürün Hayat Sürecinde Tasarım ve İmalata Eşzamanlı Yaklaşım'** Yüksek Lisans Tezi, 2007, Zonguldak, 3-5s
- J. Y. Oldshue, **Fluid Mixing Technology**, McGraw-Hill, New York, 1983.
- THBB, 2000, **Pompa ve Transmiser Ders Notları**, 10-25s, İstanbul
- Acar, B., 1997, **Finite Element Analysis of Fracture Mechanics Problems**, Yüksek Lisans Tezi, Ortadoğu Teknik Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümü, Ankara, 121 s.
- Dogan Engin Alnak, 2007, **'Karıştırıcı tanklarda kullanılan kanatların nümerik analizi'**, Yüksek Lisans Tezi, 4s, Sivas.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın hazırlanması esnasında bilgi ve tecrübelerini esirgemeyen Yrd. Doç. Dr. Ayhan Erol ve Serkan Kurt'a, tezin her aşamasında yardım ve desteğini hiç eksik etmeyen tez danışmanım Yrd. Doç. Dr. Selçuk Mısıkoğlu'na ve halen çalışmakta olduğum Güven Makine çalışanlarına teşekkürlerimi sunarım.

En içten destek, yardım ve ilgisini eksik etmeyen, her zaman yanımda olan eşim Öğr. Gör. Bekir Alpman'a, farkında olmasa da manevi destekte bulunan sevgili kızıma, hayatımın her anında ve her alanında gerek maddi gerekse manevi her türlü desteği vermekten kaçınmamış, ömürlerini çocuklarına adanmış anneme, babama ve ailemin diğer üyelerine şükranlarımı bir borç bilirim.

ÖZGEÇMİŞ

1977 yılında Yalova'da doğdum. İlk, orta, ve lise öğrenimimi Bursa Karacabey'de tamamladım.1996-2000 yılları arasında Afyon Kocatepe Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Metal öğretmenliğinde lisans eğitimimi tamamladım. 2001-2004 yılları arasında Bursa Karacabey'de faaliyet gösteren NSK- Rot-Rotil Sanayi A.Ş.'de imalat-Tasarım Şef yrd. olarak 3 yıl görev yaptım. 2004-2005 yılları arasında tarım hasat makineleri ve aletleri üretimi yapan FİMAKS Ltd. Şti.'nde Tasarım Şefi olarak 1,5 yıl görev yaptıktan sonra 2005'de evlilik dolayısıyla İskenderun'a yerleştim. 2005-2008 yılları arasında M.K.Ü. Dört Yol Meslek Yüksekokulu'nda part-time öğretim elemanı olarak görev yaptım. 2008 yılından beri de Güven Makine Sanayi ve Tic. Ltd. Şti.'de Arge koordinatörü olarak çalışmaktayım.