

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BUZDOLABINDA KAPI ÇEKTİRME MEKANİZMASI
TASARIMI VE UYGULAMA ANALİZLERİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Serhat ŞENGÜN

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Konstrüksiyon Programı

Haziran 2018

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BUZDOLABINDA KAPI ÇEKTİRME MEKANİZMASI
TASARIMI VE UYGULAMA ANALİZLERİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Serhat ŞENGÜN
(0503091236)**

Tez Danışmanı: Y.Doç.Dr. İ. Mehmet PALABIYIK

Haziran 2018

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 0503091236 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Serhat ŞENGÜN, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “BUZDOLABINDA KAPI ÇEKTİRME MEKANİZMASI TASARIMI VE UYGULAMA ANALİZLERİ” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Y.Doç.Dr. İ. Mehmet PALABIYIK**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. Cemal Baykara**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Prof.Dr. Cüneyt Fetvacı
İstanbul Üniversitesi

Teslim Tarihi : **30 Nisan 2018**
Savunma Tarihi : **04 Haziran 2018**





Eşime...



ÖNSÖZ

Bu çalışma Arçelik A.Ş. Buzdolabı İşletmesi'nin desteğiyle hazırlanmış olup, bu destekte büyük pay sahibi olan Arçelik ailesine teşekkürü bir borç bilirim. Çalışma sırasında bilgi ve deneyimiyle yol gösteren, bütün içtenliğiyle yardımlarını esirgemeyen tez danışmanım Sayın Y. Doç. Dr. İbrahim Mehmet PALABIYIK'a sonsuz şükranlarımı ve saygılarımı sunarım.

Mayıs 2018

Serhat Şengün
Makine Mühendisi





İÇİNDEKİLER

Sayfa

İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR	xi
SEMBOLLER	xiii
ŞEKİL LİSTESİ	xv
TABLO LİSTESİ	xvii
DENKLEM LİSTESİ	xix
1. GİRİŞ	1
1.1. Tezin Amacı ve Problem Tanımı	1
1.2. Literatür Araştırması.....	2
1.3. Hipotez.....	3
2. KAPI ÇEKTİRME MEKANİZMALARI VE ÇEŞİTLERİ	5
2.1. Mevcut Uygulamalar	5
2.1.1. İlave yaylı Mekanizmalar	6
2.1.2. Kendinden yaylı Mekanizmalar.....	9
2.1.3. Eğik düzlem mekanizma.....	11
2.2. Patent Araştırması.....	12
3. TASARIM	15
3.1. Ön Tasarım	15
3.1.1. Mekanizma tipi seçimi.....	16
3.1.2. Mukayese tasarımı belirlenmesi	19
3.1.3. Çekme mesafesinin belirlenmesi	19
3.2. Detay Tasarım.....	22
3.2.1. Alt Menteşe tasarımı	22
3.2.2. Çektirici parça tasarımı.....	28
4. ANALİZ	35
4.1. Statik Analiz	35
4.1.1. Ön hazırlık	36
4.1.2. Deplasman	38
4.1.3. Menteşe üzerinde gerilmeler.....	40
4.2. Çektirici Parça Akış Analizi	41
4.2.1. Ön hazırlık	41
4.2.2. Parça dolum zamanı.....	41
4.2.3. Parça soğuma süresi.....	42
4.2.4. Hava sıkışması	43
4.3. Mekanizma Hareket Analizleri.....	44
4.3.1. Ön hazırlık	44
4.3.2. Eşdeğer gerilim analizleri	48
4.3.3. Temas bölgesi analizleri	52
4.3.4. İşlev analizi	53
4.3.5. Ömür analizi	57
4.4. Deneysel Analiz.....	59
4.4.1. İşlevsellik deneyi	60
4.4.2. Ömür deneyi	61
4.4.3. Mukayese mekanizması deneyi	64
5. SONUÇ	67
KAYNAKLAR	71
ÖZGEÇMİŞ	73



KISALTMALAR

- KAM** : Kapı aralık mesafesi
CAM : Conta atlama mesafesi
POM : Polioksimetilen





SEMBOLLER

G	: Ağırlık
F	: Kuvvet
S	: Emniyet katsayısı
I	: Kesit atalet momenti
B	: Genişlik
H	: Yükseklik
L	: Uzunluk
D	: Minimum büküm yüksekliği
T	: Malzeme et kalınlığı
R	: Büküm yarıçapı
r	: Yarıçap
μ_k	: Sürtünme katsayısı
P	: Uygulanan basınç
M	: Moment



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1: Mevcut kullanımda olan kapı alt kapak ve menteşe yatağı	3
Şekil 2: Buzdolabı kapısında ekili olan kuvvetler.....	5
Şekil 3: Buzdolabı kapısı ve yay yüklenme ilişkisi	6
Şekil 4: İlave yaylı mekanizma şematik gösterimi	7
Şekil 5: A markası - model 1 mekanizması genel görünümü	7
Şekil 6: A markası - model 1 mekanizma iç yapısı.....	8
Şekil 7: B markası - Model 2 genel görünüşü.....	8
Şekil 8: B markası - Model 2 detay görünümü	9
Şekil 9: Kendinden yaylı mekanizma şematik gösterimi.....	10
Şekil 10: A markası model 3 genel görünümü.....	10
Şekil 11: C markası Model 4 genel görünümü	11
Şekil 12: Eğik düzlem mekanizma şematik gösterimi	12
Şekil 13: D markası model 5 genel görünümü.....	12
Şekil 14: CN106766595 Structure integrating functions of closing and limiting door body of refrigerator	13
Şekil 15: CN105189897 Domestic refrigeration device having a door-closing fitting part that has a stop.....	13
Şekil 16: CN104729202 Automatic door closing device of food cold storage displaying case	14
Şekil 17: CN104567223 Auxiliary door closing device applicable to refrigerator ...	14
Şekil 18: US5138743 Refrigerator door closing device	14
Şekil 19: Dondurucu altta (solda) ve dondurucu üstte (sağda) buzdolapları	15
Şekil 20: 70cm dolapların alt menteşe bölgesi mevcut durum	18
Şekil 21: Mevcut uygulamadaki menteşe ve kapı altında pim görünüşleri	19
Şekil 22: Kapı aralık mesafesi ölçüsü	20
Şekil 23: Kapı çektirmesi için kritik kabul edilecek mesafe gösterimi.....	21
Şekil 24: Detay tasarımı yapılacak mekanizmanın patlatılmış görüntüleri	22
Şekil 25: 50cm genişliğinde bir ürünün menteşesi ve bağlantı noktaları.....	23
Şekil 26: 70cm genişliğinde ürün için önerilen menteşe ve bağlantı noktaları.....	23
Şekil 27: Menteşe üzerinde kuvvet iletimi için ilave edilen büküm	24
Şekil 28: Büküm ölçülerinin şematik görünümü	24
Şekil 29: Delik mesafesi belirlenmesinin şematik görünümü.....	25
Şekil 30: Menteşenin simetri eksenini	25
Şekil 31: Progresif kalıp ile üretilmiş bir parça örneği	26
Şekil 32: Çektirici parça alt görünümü	28
Şekil 33: Çektirici parça üst görünümü.....	28
Şekil 34: Vida tipli bir enjeksiyon makinasının kesiti	29
Şekil 35: Çektirici parça ve alt plastik temas yüzeyleri	32
Şekil 36: C form kuvvet etki yönü	32
Şekil 37: C form kesit görünümü	33
Şekil 38: Önerilen ayırma hattı	33
Şekil 39: Kalıpta farklı çekirdeklerden çıkacak kısımlar	34
Şekil 40: Parça enjeksiyon noktası.....	34
Şekil 41: Menteşe ve çektirmenin gruplu hali alttan görünüşü.....	35
Şekil 42: Menteşenin mesh edilmiş görünümü	36
Şekil 43: Malzeme bilgilerinin girilmesi	37
Şekil 44: Oluşturulan modelde kuvvet uygulaması ve sabitleme noktaları	38

Şekil 45: Menteşe toplam deplasmanı.....	39
Şekil 46: Kapı çekirme kritik noktasında deplasman.....	40
Şekil 47: Menteşe üzerinde oluşan eşdeğer gerilimler.....	41
Şekil 48: Çektirici parça enjeksiyon kalıbı dolum süreleri	42
Şekil 49: Çektirici parça enjeksiyon parça soğuma süreleri	43
Şekil 50: Çektirme parça kalıbı hava sıkışma noktaları	44
Şekil 51: Analiz için programa girilen POM malzeme değerleri.....	45
Şekil 52: POM malzemesi için S-N grafiği.....	45
Şekil 53: Temas edecek yüzeylerin seçilmesi	46
Şekil 54: Analiz için seçilen çözücü değerleri	47
Şekil 55: Mekanik analiz öncesi modelin mesh yapılmış görünümü.....	47
Şekil 56: Mekanizma hareketi üstten görünümü.....	48
Şekil 57: Mekanizma hareketi ve bu esnadaki gerilimlerin üstten görünümü	49
Şekil 58: Mekanizma hareketi ve bu esnadaki gerilimlerin açısal görünümü.....	49
Şekil 59: Yayın iç yüzeyindeki gerilim ölçüm bölgesi ve gerilim ölçüm değerleri... 50	
Şekil 60: Yay bölgesi iç kısımda seçilen bazı noktaların açılma ve kapanma sırasında yüklenmeleri.....	51
Şekil 61: En yüksek gerilme anında parça üzerindeki kritik noktalarda oluşan gerilmeler	51
Şekil 62: Gerilimin en yüksek olduğu durumda kontak üzerindeki eşdeğer gerilimler	52
Şekil 63 - Gerilimin en yüksek olduğu durumda kontak durumu	53
Şekil 64: Disk sürtünmesi sonucu oluşan kuvvet ve moment (şematik gösterim).....	54
Şekil 65 - Çekme anında oluşan kuvvet yönü ve şiddeti.....	56
Şekil 66: Kritik noktada kapı açısı	57
Şekil 67: Yayın iç yüzey bölgesinde ömür analizi	58
Şekil 68: Kontak bölgesinde ömür analizi	59
Şekil 69: Alt menteşenin montajlanmış görünümü	60
Şekil 70: KAM'den serbest bırakılan buzdolabı kapısı görünümü	60
Şekil 71: Kapı açma kapama deneyi düzeneği	61
Şekil 72: Buzdolabı kapısı raflarının ağırlıklar ile yüklenmesi.....	62
Şekil 73: 100.000 çevrim sonunda parça görünümü	63
Şekil 74: Ömür deneyi sonunda mekanizmanın görünümü	64
Şekil 75: Mukayese meknizma parçaları ömür testi öncesi görünüşleri	65
Şekil 76: Mukayese meknizma parçaları ömür testi 100.000 çevrim sonu	65
Şekil 77: Mukayese meknizma parçaları ömür testi 250.000 çevrim sonu	66
Şekil 78: Çalışma sonunda devreye alınan enjeksiyon kalıbı	68

TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 1: İncelenen ürünler	6
Tablo 2: Alternatif tasarımların genel görünüşleri	16
Tablo 3: Alternatif tasarımlarda gerekecek yatırımlar tablosu	17
Tablo 4: Alternatif tasarımların malzeme maliyetine etkisi.....	17
Tablo 5: Bazı plastiklerin çelik ile sürtünme katsayıları.....	30
Tablo 6: POM (Acetal) ve bazı diğer plastiklerin sertlik aralıkları	31
Tablo 7: Yapılan tasarım ve mukayese tasarımı özellik karşılaştırması	67





DENKLEM LİSTESİ

Sayfa

Denklem 1: Belirli bir alanda oluşan sürtünme momenti tespiti için genel formül ...	54
Denklem 2: Belirli bir alanda oluşan sürtünme momentinin tespiti için oluşturulan formül	54
Denklem 3: Belirli bir alanda oluşan sürtünme momentinin tespiti için sadeleştirilmiş formül	55
Denklem 4: Kapıda oluşan sürtünme momentinin hesaplanması	55
Denklem 4: Çektirme mekanizmasının oluşturduğu momentin hesaplanması	56
Denklem 4: Çektirme mekanizmasının kapatma mesafesi hesaplanması	57



BUZDOLABINDA KAPI ÇEKTİRME MEKANİZMASI TASARIMI VE UYGULAMA ANALİZLERİ

ÖZET

Buzdolapları her evde bulunan temel beyaz eşya olarak görevlerini sürdürmekle birlikte gün geçtikçe müşterilere ek fayda sağlayan fonksiyonları da bünyesine eklemektedir. Günümüzde sadece soğutan bir kaptan ibaret olan buzdolaplarından; mekanik ve ergonomik çözümler sunan buzdolaplarına; hatta içerisindeki gıdaları tanıyan ve buna göre yemek tarifleri öneren buzdolaplarına kadar çeşitli ek fonksiyonlar içeren buzdolapları üretilmektedir.

Bu çalışmada son kullanıcıya fonksiyonel bir ek fayda sağlayacak bir kapı çektirme mekanizması konu alınmıştır. Buzdolabı kullanıcısının kapıyı tam kapatamaması ve bu durumu farketmemesi sonucu kapının uzun süre açık kalarak enerji israfı ve daha da önemli olarak gıdalarının bozulmasıyla sonuçlanabilir. Çalışılan bu mekanizma sayesinde belirli bir eşik mesafe değerinin altında kapı kendiliğinden kapanabilmektedir.



DOOR CLOSING MECHANISM DESIGN AND APPLICATION ANALYSIS

SUMMARY

Domestic refrigerators are getting equipped with more functional benefits to the customers while they are still conducting their day to day cooling duties every day. Nowadays, we can observe refrigerators with different specs varies from the ones that are just cold boxes to the refrigerators that are offering ergonomical solutions. Even there are refrigerators in the market that can identify the food that has been placed inside and suggest meal recipes accordingly.

Automatic door pulling and closing mechanism would be an additional function that could be offered to end users will be designed and analysed in this study. In case of the end user not closing the door properly without noticing it may cause energy losses and worse spoiling the perishables and other stored goods. End product of this study will close the door under a certain gap between the door and the fridge.



1. GİRİŞ

1.1. Tezin Amacı ve Problem Tanımı

Bu çalışmada ilk yatırım ve parça maliyetleri gözönüne alınarak 70cm genişliğinde bir buzdolabında son kullanıcı tarafından belirli bir noktaya kadar kapatıldıktan sonra kendiliğinden kapanan bir buzdolabı kapı açma mekanizması konu alınmıştır.

Buzdolaplarının içi termodinamik açıdan bir kapalı sistemdir. Bu sistem içerisine dışarıdan bir madde akışı yoktur. Buzdolabı iç duvarındaki soğutucu ısı eşanjörü ile içerideki ısı alınır ve sıcaklık düşürülür. Ters yönde ise buzdolabı dışındaki ısı taşınım yolu ile buzdolabı içine doğru iletim yolu ile ilerler. Taşınım yolu ile ısı transferini en aza indirmek için ısıl iletim katsayısı düşük malzemeler buzdolabı duvarında yalıtım malzemesi olarak kullanılır. Yaygın olarak kullanılan malzeme poliüretan malzemesidir.

Buzdolabının etkin bir biçimde soğutma görevini yapması için en önemli konu buzdolabı içinin kapalı bir sistem olarak kalabilmesidir. Bu durumun kalıcı bir şekilde sağlanabilmesi için buzdolabı içine, buzdolabı dışından göreceli olarak sıcak hava girmemesidir. Buzdolabı kapısını sıkça açıp kapatmak dahi buzdolabındaki kompresörün fazladan çalışmasına yol açacaktır.

Bu sürekliliğin sağlanabilmesi için buzdolabı kapısı üzerinde içinde mıknatıs bulunan bir conta bulunur. Bu conta sayesinde buzdolabı kapısı gövde içerisinde bulunan havayı dış ortamdaki tamamen izole edebilir. Bu contanın tam kapatmaması ya da kapının aralık kalması gibi durumlarda dış ortamdaki buzdolabı içerisine sürekli bir ısı transferi ortamı oluşur ve buzdolabı içerisindeki havanın sıcaklığı artarak buzdolabı görevini yerine getiremez olur.

Buzdolabı kapısı contasının tam bir örtü sağlamaması ve aralık kalması teknik bir sorun olarak değerlendirilir ve bu tezin kapsamı dışındadır. Kapının aralık kalması ise kullanım esnasında oluşabilen ve son kullanıcıların günlük hayatta sıklıkla karşılaştıkları bir durumdur.

Kapının aralık kalması durumunda kullanıcıyı bilgilendiren çeşitli sistemler bulunmaktadır. Elektronik kart ile kontrol edilen buzdolaplarında kapı konumu sensörler sayesinde açık ya da kapalı olarak algılanır. Genelde bu tip buzdolaplarında bir de sesli uyarılar için siren bulunur. Buzdolabı üzerindeki elektronik kart sensörlerden gelen kapı açık bilgisini yorumlar ve belirli bir süre boyunca kapının açık

kalması halinde siren yardımı ile kullanıcıyı kapının açık unutulduğu konusunda uyarır. Sesli olan bu uyarı sisteminin yanında benzer bir uygulama olarak buzdolabı içerisindeki aydınlatma ışıkları da sürekli olarak yanıp sönerek kullanıcıya görsel bir uyarı sağlar. Görsel ve işitsel bu uyarılar kullanıcıyı uyarsa da kullanıcının bu uyarıları farketmemesi durumunda kapı açık kalarak soğutma performansını olumsuz etkileyecektir.

Kapının doğru bir şekilde kapanması ve kapalı bir sistem oluşturması için kritik nokta conta atlama mesafesidir. Conta atlama mesafesi conta içerisindeki mıknatısın kapı kapanmasına yakın bir noktada buzdolabı gövdesindeki sac ile manyetik etkileşime girerek kapıyı gövdeye doğru çekmeye başladığı mesafedir. Burada oluşan manyetik kuvvet, buzdolabı kapısı menteşesinde oluşan sürtünme kuvvetini yendiği durumda kapı gövdeye doğru hareket edecektir. Raflarında gıda ya da herhangi bir yük olmayan bir buzdolabı kapısında conta; buzdolabı gövdesine yaklaşık 7mm yaklaşması durumunda kapı, contanın içerisindeki mıknatısın oluşturduğu manyetik kuvvet ile kendiliğinden kapanır.

Conta içerisindeki mıknatısın kapıyı çektirip kapatabilmesi için kapının conta atlama mesafesine kadar kapatılması gerekir. Bu da neredeyse kapının tamamen kapatılması anlamına gelmektedir. Bu mesafenin daha güçlü bir mıknatıs ile artırılması mümkün değildir. Bu mesafeyi arttırmak ve kullanıcıya daha kolay ve emniyetli olarak kapanan bir kapı tecrübesi sunmak için kapı çektirme mekanizmaları geliştirilmiştir.

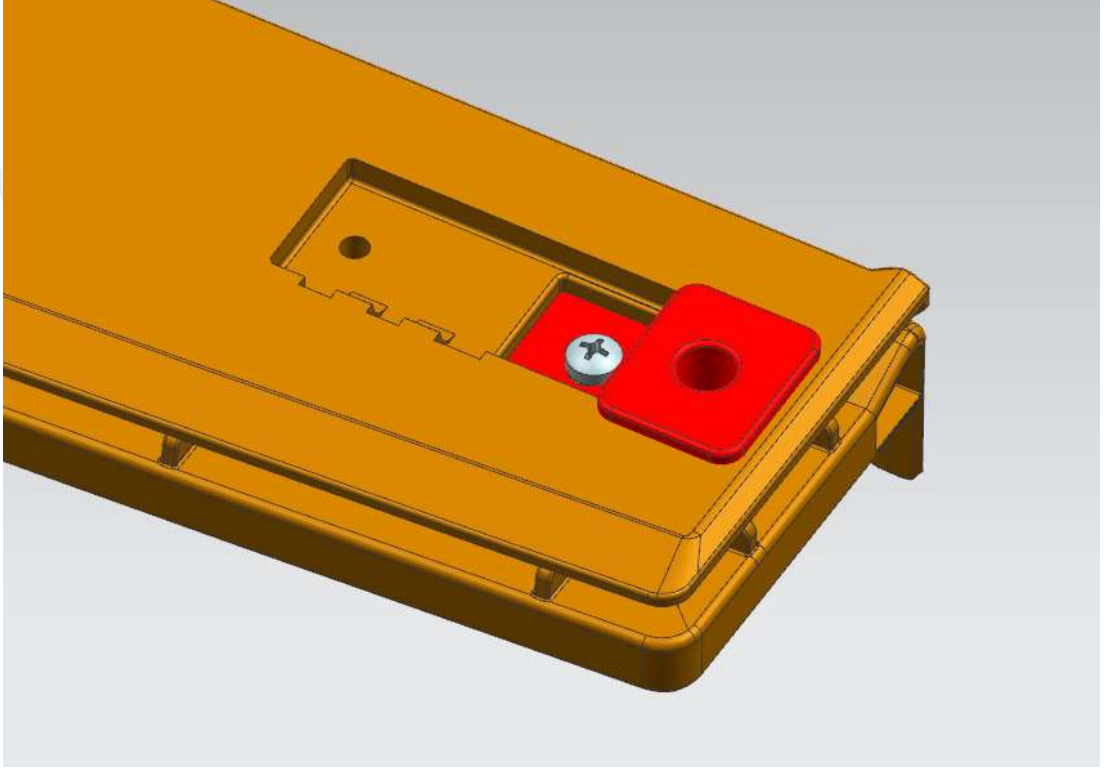
Bu tezde konu alınan kapı çektirme mekanizması ile menteşede oluşan sürtünme kuvvetini yenerek ve conta atlama mesafesinden daha büyük bir mesafeden kapıyı emniyetli bir şekilde kapatacak bir mekanizma tasarımı hedeflenmiştir.

1.2. Literatür Araştırması

Literatür araştırması için çeşitli markaların benzer uygulamalarındaki farklı üretim teknolojileri ve malzeme bilgilerinden faydalanılmıştır. Bunun yanında uluslararası yayınlanmış olan patentler incelenmiştir. İlerleyen bölümlerde bu uygulamalardan örnekler verilecektir.

1.3. Hipotez

Çalışma sırasında yatırım tutarını mümkün olan en azda tutmak ve hızlı bir şekilde uygulamaya geçmek amacı ile yeni tasarlanacak parçanın mevcut gruplara uygun olması hedeflenmiştir. Bu sebeple tasarlanacak parçalar mevcut parçaların bağlantı noktalarını kullanacaklardır. Bu nedenle mevcut kapı alt kapağı ve mevcut durumda burada yataklama ve kapının tek eksende dönmesini sağlayan menteşe yatağı tasarımlarda baz alınmıştır.

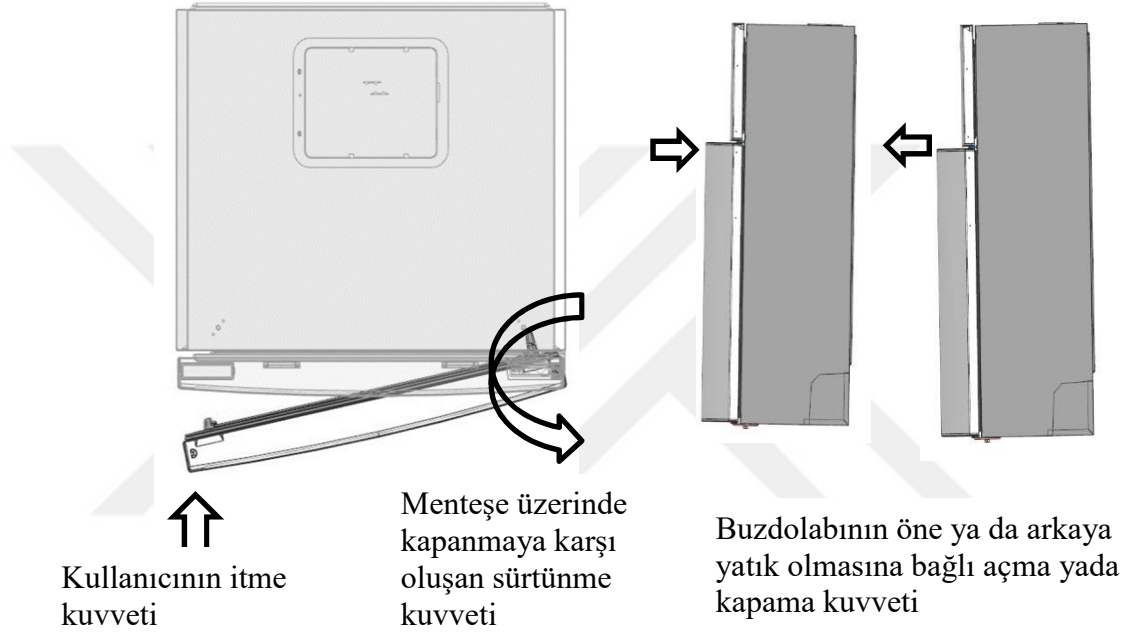


Şekil 1: Mevcut kullanımda olan kapı alt kapak ve menteşe yatağı



2. KAPI ÇEKTİRME MEKANİZMALARI VE ÇEŞİTLERİ

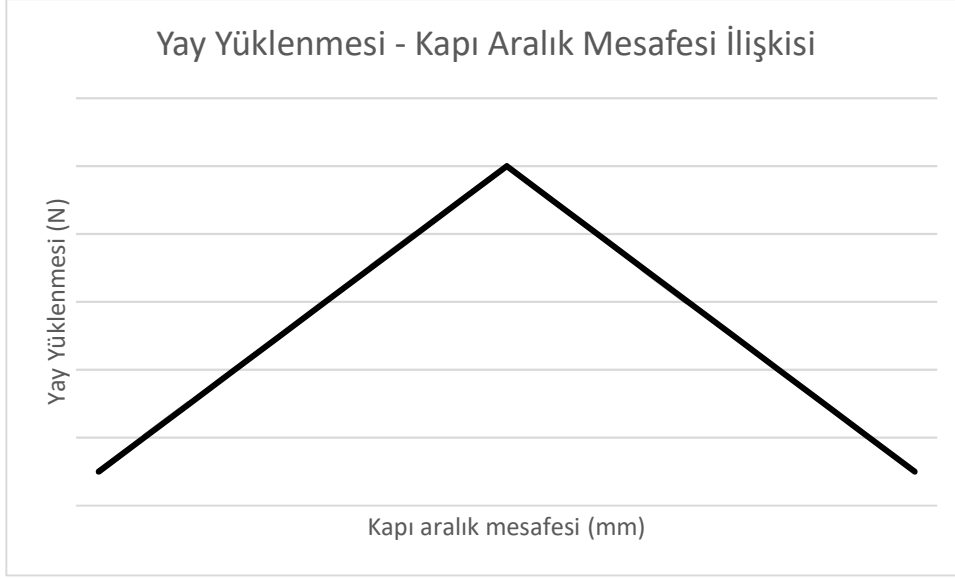
Buzdolaplarında kapının aralık kalarak gıdaların bozulmasını engellemek amacı ile kapı çektirme mekanizmaları kullanılır. Kapının aralık kalmasının sebebi kapı menteşesinde oluşan sürtünme kuvvetinin kapının kapanması için gerekli olan itme ya da kapı ağırlık kuvvetinden büyük olmasıdır. Kapı ağırlık kuvvetinin kapının kapanmasında etkin bir rol oynayabilmesi için buzdolabının arkaya doğru eğik olarak kurulması gereklidir.



Şekil 2: Buzdolabı kapısında ekili olan kuvvetler

2.1. Mevcut Uygulamalar

Mevcut durumda buzdolaplarında yaylı mekanizmalar kullanılmaktadır. Mekanizma bünyesindeki yay kapının kapanması esnasında ön yükleme yapar ve belirli bir noktadan sonra biriktirdiği enerjiyi kapının kapanması için kullanır. Mevcut uygulamalardaki yaylar mekanizmanın içerisinde ayrı bir parça olarak bulunan İlave yaylı mekanizmalar ve mekanizmanın sürekli bir parçası olarak bulunan kendinden yaylı mekanizmalar olarak iki kısma ayrılabilir. Bunun dışında enerji biriktirmek için yay kullanmayan eğik düzlem mekanizmaları bulunmaktadır.



Şekil 3: Buzdolabı kapısı ve yay yüklmesi ilişkisi

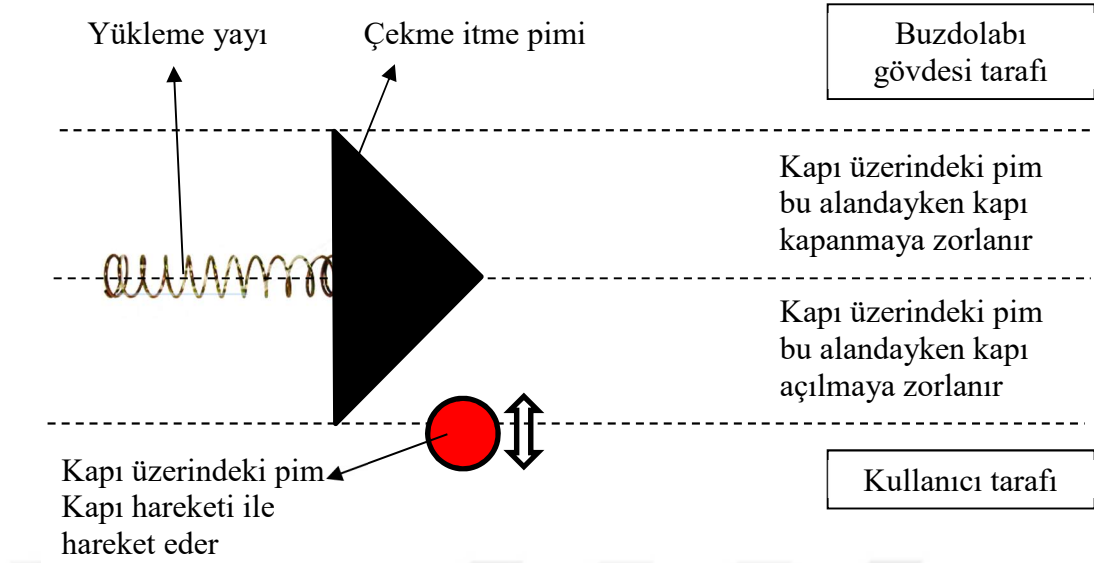
Model	Marka	Mekanizma Tipi
Model 1	A Marka	İlave yaylı mekanizma
Model 2	B Marka	İlave yaylı mekanizma
Model 3	A Marka	Kendinden yaylı mekanizma
Model 4	C Marka	Kendinden yaylı mekanizma
Model 5	D Marka	Eğik düzlem mekanizma

Tablo 1: İncelenen ürünler

2.1.1. İlave yaylı Mekanizmalar

İlave yaylı mekanizmalar genelde metal yaylar kullandıklarından dolayı daha yüksek ömürleri ile ön plana çıkarlar. Bunun yanında İlave yaylı mekanizmalar ilave montaj gereksinimleri nedeni ile üretim zorluğu oluşturmaktadır.

Mekanizma hareketli bir eğik düzlem üzerinde kayan bir pim ya da ikinci bir yüzey ile kurulur. Hareketli eğik düzlem hareketini buzdolabı kapısının hareketinden ve arkasında bulunan yaydan alır. Enerjiyi biriktirmek ve buzdolabı kapısının kapanması için kullanmak için ilave bir yay kullanılır. İlave yay kullanmaları nedeniyle ilave montaj gerektirir. Hem malzeme maliyeti hem de üretim maliyeti diğer uygulamalara göre yüksektir.



Şekil 4: İlave yaylı mekanizma şematik gösterimi

İncelenen ürünlerden A markası – Model 1 buzdolabının orta menteşesi üzerinde kurulmuş olan mekanizması ile hem alt buzdolabı kapısını hem de üst buzdolabı kapısını çektirebilmektedir.



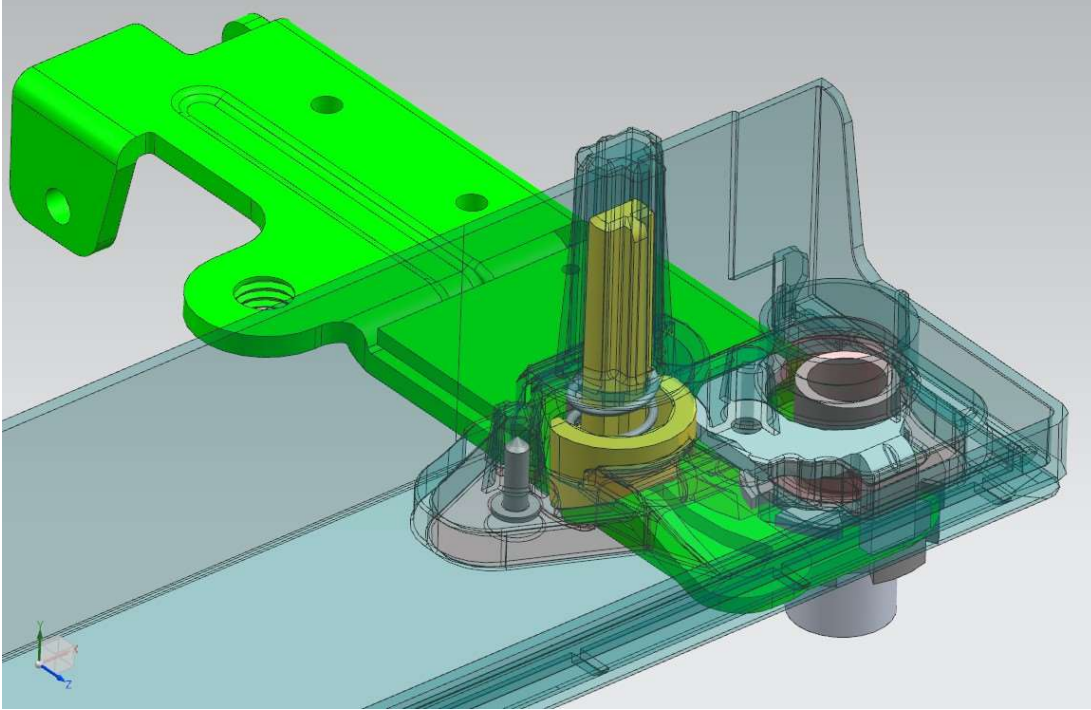
Şekil 5: A markası - model 1 mekanizması genel görünümü

Mekanizma her bir kapı üzerine bağlı birer pim ve menteşe üzerinde bulunan ve arkasında bir yay bulunan eğik bir yüzey ile çalıştırılır. Kullanıcı tarafından kapı kapatılırken kapı üzerinde bulunan pim menteşe üzerindeki eğik yüzeye bastırarak yayı sıkıştırır. Bu pim eğik yüzeyin uç noktasına geldiğinde eşik noktasına ulaşır. Bu noktadan sonra kapı serbest bırakıldığında yay eğik yüzeyi ileriye doğru itecek ve buzdolabı kapısını kapanmaya zorlayacaktır.



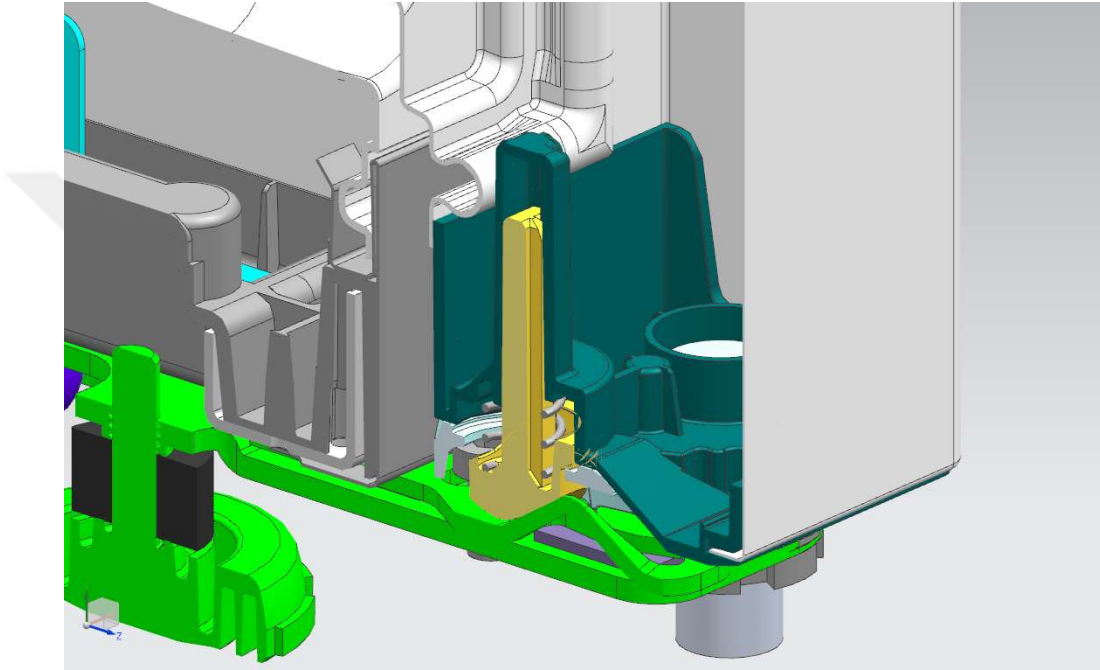
Şekil 6: A markası - model 1 mekanizma iç yapısı

İncelenen bir diğer ürün B markasına ait olan Model 2 ise benzer bir mekanizmayı düşey eksende çalıştırır. Bir önceki mekanizmada yatay olarak konumlandırılmış olan yay ve eğik yüzey bu mekanizmada düşey olarak konumlanmıştır.



Şekil 7: B markası - Model 2 genel görünüşü

Bu mekanizma içerisinde yay kullanılmaması ve menteşe üzerindeki eğik düzlem üzerinde kayan pim in kapıya sabit olması durumunda da mekanizma çalışacaktır. Bu şekilde kurulacak bir mekanizmanın dezavantajı ise buzdolabı kapısı açılıp kapatılırken kapı, eğik düzlemin yüksekliği kadar yukarı kalkacaktır. Bu durum kozmetik açıdan sorunlara yol açabileceği gibi kapının üzerinde de aynı miktarda hareket boşluğu gerektirecektir. Yay kullanımı durumunda kapının kendisinin düşeydeki yer değiştirmesi çok daha düşük seviyelerde tutulmaktadır.



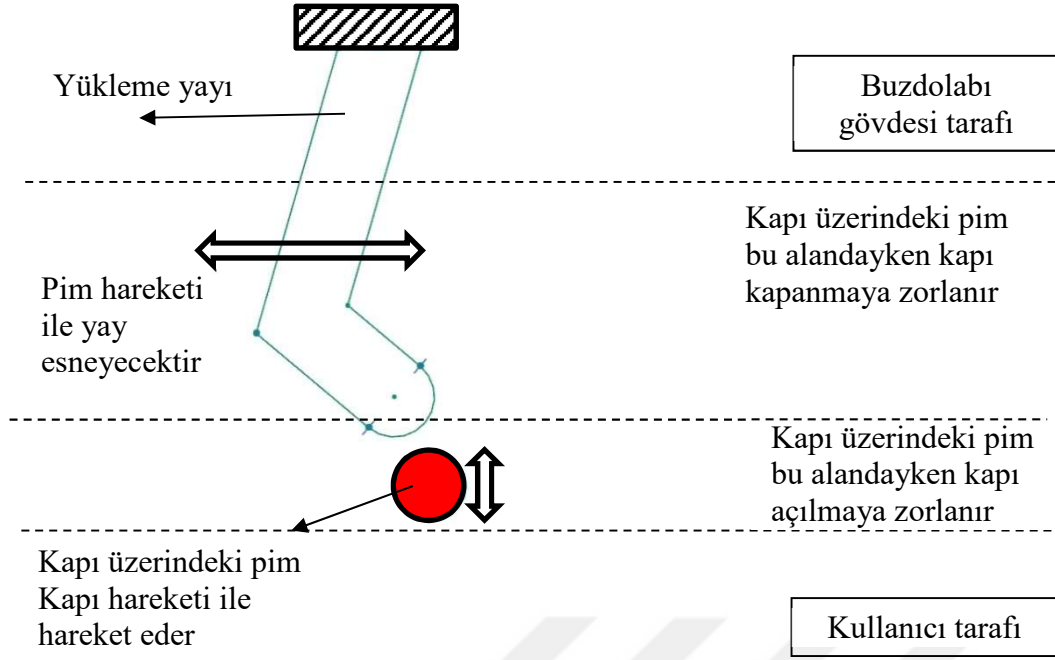
Şekil 8: B markası - Model 2 detay görünümü

2.1.2. Kendinden yaylı Mekanizmalar

Kendinden yaylı mekanizmalarda ilave yaylı mekanizmalarda da bulunan ve menteşe ile temas eden parça, yaprak yay olarak davranmaktadır. Bu mekanizmalarda farklı olarak eğik yüzey yerine kam mekanizmalarında bulunan ve birbirine sürekli temas eden eğri yüzeyler bulunur.

Mekanizma esneyen bir çektirme parçası ve bu parçayı esneten ve parçanın geri esnemesi ile de hareket eden bir pim olmak üzere iki ana kısımdan oluşur.

Esneyerek enerji biriktiren bölge parçanın kendi yüzeyi olduğundan arada başka bir parça yoktur. Bu nedenle montaj kolaylığı ve maliyet avantajı sağlarlar. Parçanın kendisi sürekli olarak elastik sınırları içerisinde esneyerek çalışır.



Şekil 9: Kendinden yaylı mekanizma şematik gösterimi

İncelenen ürünlerden A markası Model 3 orta menteşesi üzerinde bulunan esnek bir parça sayesinde kapı üzerinde bulunan pimi kavramaktadır. Buzdolabı kapısı kapanırken kapı üzerinde bulunan bu pim menteşe üzerindeki parçayı geriye doğru esnetir. Kapı belirli bir açığa kadar kapandıktan sonra kapı üzerindeki pim menteşe üzerindeki parçada eşik noktasına kadar gelir. Bu noktadan sonra kapı serbest bırakıldığında menteşe üzerindeki parça geri esnemeye başlayacaktır. Bu sayede kapıyı kapanmaya zorlar.



Şekil 10: A markası model 3 genel görünümü

İncelenen ürünlerden C markasına ait olan Model 4'ün bir önceki modelden farklı olarak çekirtme kısmı kapı üzerinde pim kısmı ise menteşe üzerindedir.

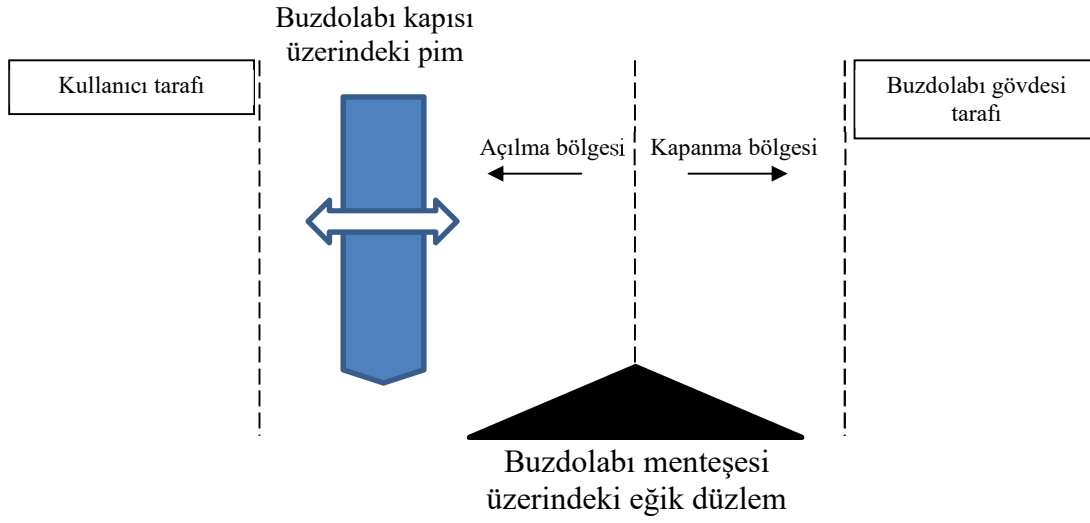


Şekil 11: C markası Model 4 genel görünümü

2.1.3. Eğik düzlem mekanizma

Buzdolabı kapısının kapanmasını sağlamak için yaygın olarak yaylar kullanılsa da pazarda eğik düzlem prensibini kullanan mekanizmalara da rastlamak mümkündür. Eğik düzlem mekanizmaları enerjiyi depolamak yerine kapının açılması sırasında kapıyı eğik bir düzlem üzerinde yükselterek potansiyel enerji kazanmasını sağlarlar. Bu enerji artışını kapının kapanması sırasında ilave bir kuvvet olarak geri yansıtırlar. Bu sistem basitlik ve dayanım olarak çok avantajlı olsa da buzdolabı kapısının açılma hareketi ile birlikte yukarı yönlü hareketi de olduğundan dolayı kozmetik ve ergonomik olarak tercih edilmez.

Sistemin etkinliği tamamen eğik düzlemin açısına bağlıdır. Düşük açılar kullanıldığında eğik düzlemdeki sürtünme kuvveti yenilemez ve çekirtme etkisiz hale gelir. Yüksek açılarda ise sistem daha etkin çalışmakta ancak aynı oranda buzdolabı kapısı açıldığında yukarı yönde ilerlemektedir.



Şekil 12: Eğik düzlem mekanizma şematik gösterimi

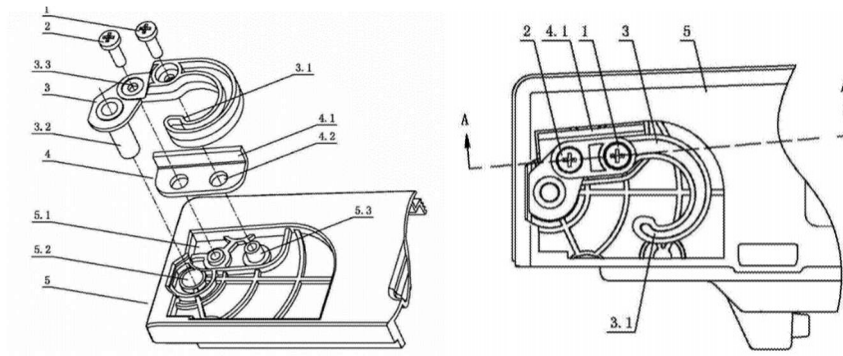
İncelenen ürünlerden D markasına ait model 5 eğik düzlem mekanizması kullanılmaktadır. Mekanizmaya ikinci bir eğik düzlem ilave edilerek kapının kapatılması dışında belirli bir pozisyonda açık kalması sağlanmıştır.



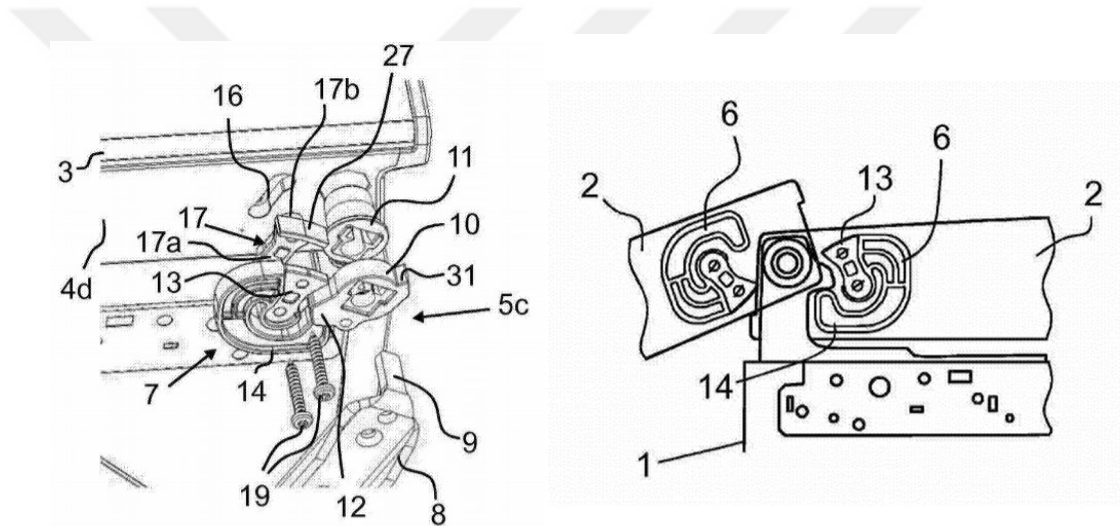
Şekil 13: D markası model 5 genel görünümü

2.2. Patent Araştırması

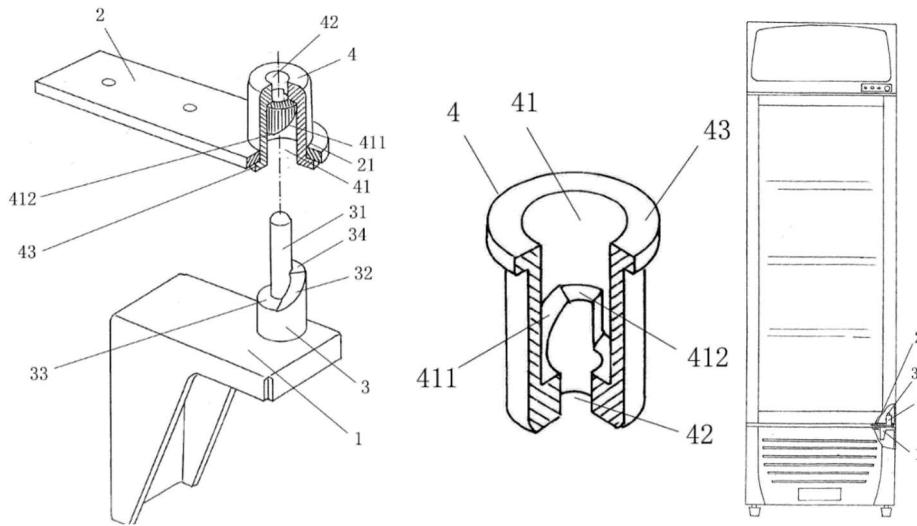
Bu tez konusuna konu olan tasarım, tekniğin bilinen durumu olarak sınıflandırılmaktadır. Bu nedenle herhangi bir patent engeline takılmamaktadır. İlgili alanda yakın zamanda alınan patentler benzer mekanizmaların buzdolabı kapısını belirli bir açıdan sonra durduran mekanizmalarla birleştirilmesini konu almaktadır. Aşağıdaki şekiller ilgili konunun benzer farklı tasarımlarına ait patenlerden alıntıdır ve referans olması açısından paylaşılmıştır. İlgili patentler çektirme mekanizmasının kendisine değil tasarımdaki stoper, montaj tenkiği gibi farklı detaylar için alınmıştır.



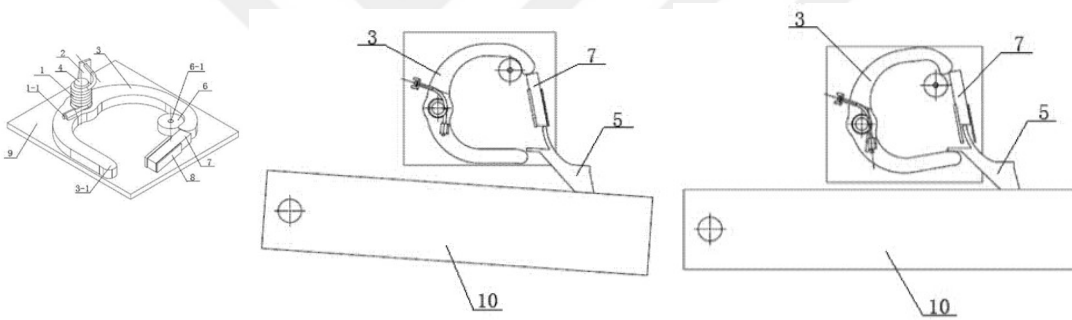
Şekil 14: CN106766595 Structure integrating functions of closing and limiting door body of refrigerator



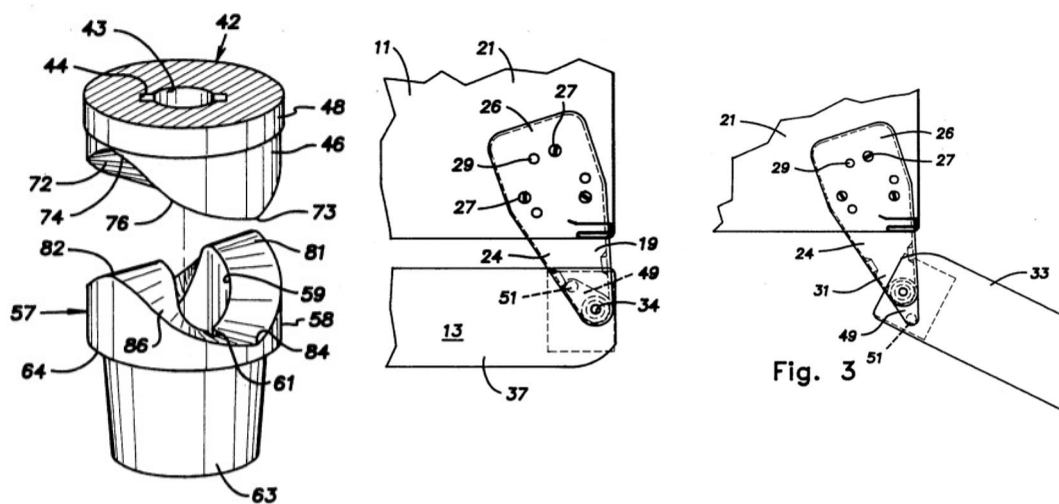
Şekil 15: CN105189897 Domestic refrigeration device having a door-closing fitting part that has a stop



Şekil 16: CN104729202 Automatic door closing device of food cold storage displaying case



Şekil 17: CN104567223 Auxiliary door closing device applicable to refrigerator



Şekil 18: US5138743 Refrigerator door closing device

3. TASARIM

Buzdolabı kapısı çektirme mekanizması tasarımı ön tasarım ve detay tasarım olmak üzere iki aşamada gerçekleştirilir.

Tasarımı yapılacak olan mekanizma 70cm genişliğindeki buzdolaplarında alt kapı için kullanılacaktır. Bu genişlikteki buzdolaplarının dondurucu bölme konumlarına göre iki temel tipi bulunmaktadır. Donducusu altta olan buzdolapları kombi olarak adlandırılırken dondurucusu üstte olan buzdolapları çift kapılı olarak adlandırılır.

Buzdolaplarında daha ağır olan kapı her zaman soğutucu bölme kapısıdır. Bunun sebebi dondurucu bölmenin daha küçük ve kapısında rafların bulunmamasıdır. Bu nedenle hafif yükleme senaryosu için dondurucu bölmesi altta olan; ağır yükleme senaryosu için ise dondurucusu üstte bir buzdolabı kullanılacaktır.







Şekil 19: Dondurucu altta (solda) ve dondurucu üstte (sağda) buzdolapları

3.1. Ön Tasarım

Ön tasarım sırasında detay tasarıma yol gösterecek ve mekanizmanın temellerini oluşturacak varsayımlar ve kriterler geliştirilir.

3.1.1. Mekanizma tipi seçimi

Benzer ürünlerin incelenmesinden ve Arçelik bünyesindeki diğer tasarımlardan elde edilen bilgiler gözetilerek bir mekanizma tipi seçilmiştir. Mekanizmadan belirli tasarım kriterlerini yerine getirirken aynı zamanda devreye alma ve kullanma maliyetlerinin de düşük olması beklenmektedir. Farklı markalardaki ürünlerin incelenmesi sonucu alternatif tasarım olarak çalışılabilecek dört farklı tip tasarım literatür araştırması sırasında incelenmiştir.

	Kendinden yaylı	İlave Yaylı
Pim Menteşede Yay Kapıda		
Pim Kapıda Yay Menteşede		

Tablo 2: Alternatif tasarımların genel görünüşleri

Devreye alma maliyeti olarak mekanizmanın ilgili parça kalıplarının yapılması ya da oluşturulacak tasarıma göre mevcut kalıpların tadilat yapılma maliyetleri göze alınacaktır. Menteşe için yaptırılacak tadilat ya da yeni kalıp orta ve alt menteşe olmak üzere iki parçayı etkileyecektir. Buzdolabı kapılarının alt ve üst kapakları için yapılacak yeni kalıp ya da tadilat farklı model görünüşlerinde birbirinden farklı parçalar kullanılması nedeni ile 21 farklı kalıbı etkileyecektir.

	Kendinden yaylı	İlave Yaylı
Pim Mentешede Yay Kapıda	<ul style="list-style-type: none"> • Çektirme parça için Yeni Enjeksiyon kalıbı • Mentешe için kalıp tadilatı 	<ul style="list-style-type: none"> • Kapı alt üst kapakları için yeni enjeksiyon kalıbı • Yeni alt ve orta mentешe sac parça kalıbı
Pim Kapıda Yay Mentешede	<ul style="list-style-type: none"> • Yeni orta mentешe sac parça kalıbı • Kapı alt üst kapak enjeksiyon kalıplarında tadilat • Pim için yeni enjeksiyon kalıbı • Çektirme parça için yeni enjeksiyon kalıbı 	<ul style="list-style-type: none"> • Yeni orta mentешe sac parça kalıbı • Kapı alt üst kapak enjeksiyon kalıplarında tadilat • Pim için yeni enjeksiyon kalıbı • Çektirme parça için yeni enjeksiyon kalıbı

Tablo 3: Alternatif tasarımlarda gerekecek yatırımlar tablosu

Yeni yapılacak tasarımın kullanım maliyeti olarak da kullanılacak parçaların malzeme maliyetleri göze alınacaktır. Çektirme parçası, pim ve kapı kapakları enjeksiyon yöntemler ile üretileceğinden plastik hammadde fiyatları bu kapsamda değerlendirilmiştir. Mentешeler ise soğuk şekillendirilmiş sac parçalardır. Sisteme ilave olabilecek bir yay ise kendinden yaylı mekanizmaların üzerine ek bir yay maliyeti olarak yansır.

	Kendinden yaylı	İlave Yaylı
Pim Mentешede Yay Kapıda	<ul style="list-style-type: none"> • Kapı mentешe yatağı POM sarf artışı 	<ul style="list-style-type: none"> • Kapı alt kapakta sarf artışı • İlave çektirme için kullanılacak pim • ilave mekanizma için yay • Mentешe sac parçada sarf artışı
Pim Kapıda Yay Mentешede	<ul style="list-style-type: none"> • İlave çektirme parça maliyeti • İlave pim maliyeti 	<ul style="list-style-type: none"> • Kapı alt kapakta sarf artışı • İlave çektirme için kullanılacak pim • ilave mekanizma için yay • İlave çektirme parka gövde ve pimleri

Tablo 4: Alternatif tasarımların malzeme maliyetine etkisi

Uygulamanın yapılacağı buzdolaplarında mentешe kapının alt yüzeyinde kalmaktadır. Çektirme kapı tarafına ya da mentешe tarafına kurularak pim diğer tarafta bırakılabilir. Çektirme için kullanılacak esnek parçanın mentешe üzerinde olması durumunda yeni

bir menteşe kalıbı yaptırmak gerekecektir. Bunun yanında kapı altına bir pim ilave edilmesi gerekeceğinden kapı alt kapak kalıbında form değişikliğine gidilecek ve çektirme ile birlikte çalışacak bir pim ilavesi yapılacaktır.

Esneyen bölgenin kapı üzerinde tutulması durumunda ise menteşe üzerine bir pim ilavesi yapılacaktır. Kapı alt kapak üzerinde çektirme yayının ilavesi için ise mevcut alt menteşe yatağı kullanılabilir. Alt yatağın olduğu bölgeye yeni bir parça oluşturularak çektirme mekanizması kurulabilir. Yeni bir enjeksiyon kalıbı yaptırılması ve alt menteşede tadilat yoluna gidilmesi bu çözüm için yeterli olacaktır.



Şekil 20: 70cm dolapların alt menteşe bölgesi mevcut durum

Bu iki durum arasında yatırım maliyeti gözetildiğinde çektirmenin kapı tarafında oluşturulması ve menteşeye pim eklenmesi daha makul bir çözümdür ve tasarım bu şekilde ilerletilecektir.

Yatırım miktarı ve malzeme maliyetinin asgari düzeyde tutulması tasarım ihtiyacı olarak talep edilmektedir. Tablolardaki veriler incelendiğinde yatırım maliyetini asgari düzeyde tutacak ve malzeme maliyetini de en az arttıracak olan kendinden yaylı, pimi menteşede ve yayı kapıda olan mekanizma tipi tercih edilecektir.

3.1.2. Mukayese tasarımı belirlenmesi

Yapılacak olan tasarımın ana hedefi maliyet avantajlı bir çözüm üretmek olduğundan tasarım kendinden yaylı, pimi menteşede ve yayı kapıda olarak ilerletilecektir. Bunun yanında tasarımın sonuçlarını daha geniş bir bakış açısı ile değerlendirmek ve varsa başka fırsatları göz önüne sermek için ikinci bir tasarımın da prototiplenerek testlere alınmasına karar verilmiştir.

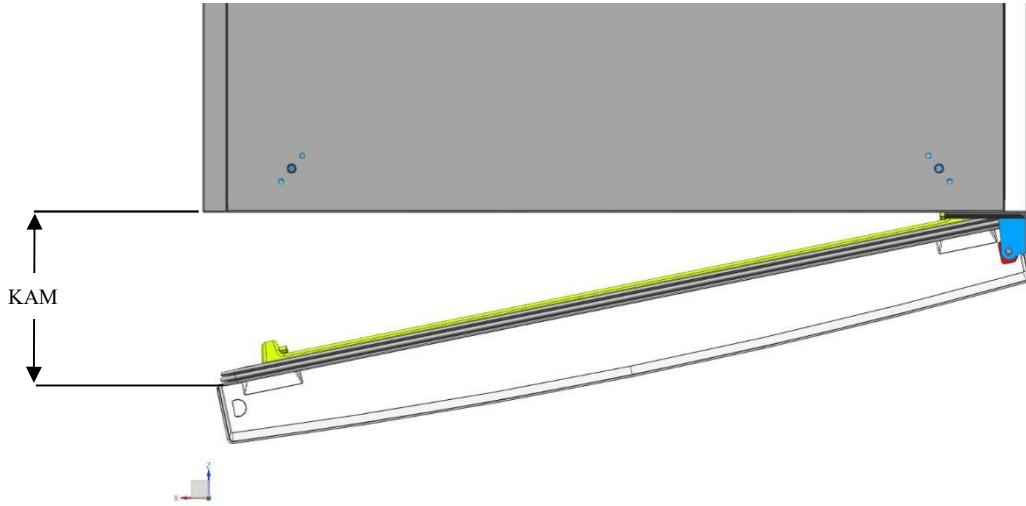
Mukayese için kullanılacak tasarımın seri üretimde de uygulanabilir olması açısından mevcut kalıpların durumları ve adetleri gözden geçirilmiştir. Kapı çekirme mekanizmasında kullanılacak olan pimin kapıda olması durumunda tüm kapı kapaklarına tadilat yapılması gerekeceğinden ve kalıp adedi yüksek olduğundan dolayı pimin menteşede olacağı bir tasarım kullanılacaktır. Bu teze konu olan tasarım kendinden yaylı olduğundan mukayese tasarımı olarak ilave yaylı, pimi menteşede ve yayı kapıda olan tasarım prototip yapılarak deney sonuçları değerlendirilecektir. Bu tasarım sadece karşılaştırma amaçlı kullanılacağından detay tasarımı yapılmayacaktır. Sadece mevcut uygulamanın prototip uyarlaması, bu teze konu olan tasarımın uygulandığı ürüne takılarak denenecektir.



Şekil 21: Mevcut uygulamadaki menteşe ve kapı altında pim görüntüleri

3.1.3. Çekme mesafesinin belirlenmesi

Buzdolabı kapısının açık ya da kapalı olduğunun tespiti için kapının açılma tarafında, menteşe olmayan tarafında, kapı sacı ile gövde flanş sacı arasındaki ölçü kullanılacaktır. Bu ölçü kapı aralık mesafesi (KAM) olarak belirlenmiştir.



Şekil 22: Kapı aralık mesafesi ölçüsü

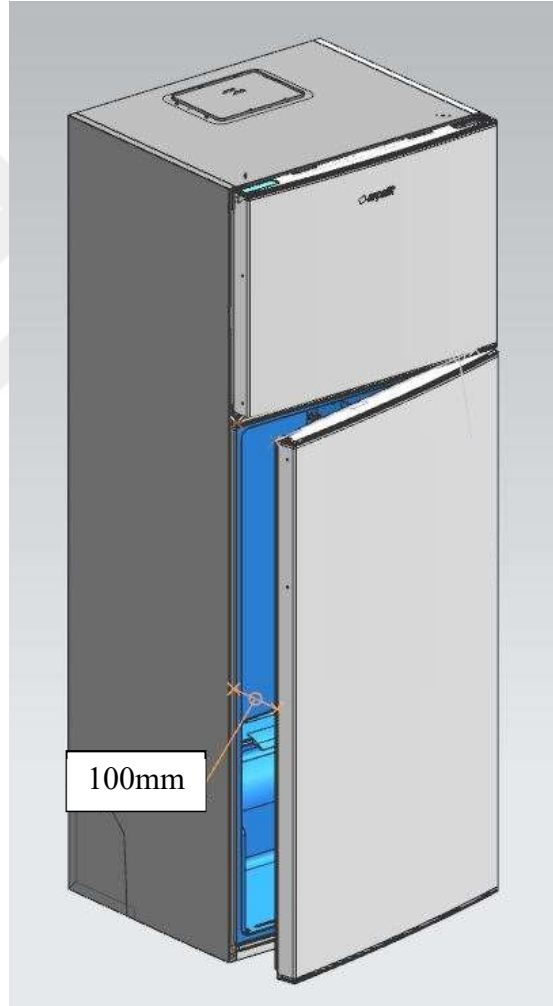
Kapı üzerindeki conta kalınlığı kapı kapalı durumda 8mm'dir. Bu ölçü göze alındığında KAM 8mm olması durumu kapı kapalı olarak değerlendirilir. Kapı contası içerisinde tam bir örtü sağlamak için mıknatıslar bulunur. Bu mıknatıslar 3mm mesafeden serbest bırakıldığında saca atlarlar. Bu ölçü de conta atlama mesafesi (CAM) olarak tanımlanmıştır.

Bu iki ifade birlikte değerlendirildiğin KAM 11mm olması durumunda kapının emniyetli bir şekilde kapandığı belirtilebilir. Bu değer üzerindeki her mesafe kapının aralık kalacağı ve soğutma işleminin olması gerektiği gibi yürütülemeyeceği anlamına gelir.

Kapı çektirme mesafesi için bir diğer belirleyici etken de kapı açık uyarı sistemidir. Buzdolaplarında bulunan bu elektronik sistem bir sensor yardımı ile kapının kapalı ya da açık olduğunu algılayarak kapının açık unutulması durumunda elektronik kart üzerindeki siren çalmaya ve buzdolabı aydınlatma ışıkları yanıp sönmeye başlar. Bu şekilde kullanıcı sesli ve görsel olarak uyarılmış olur. İlgili sensörün kapıyı kapalı olarak algıladığı mesafesi KAM'nin 40mm ve altında olduğu mesafelere eşdeğerdir. Dolayısıyla KAM'nin 11mm den büyük ve 40mm den küçük olduğu aralıkta; buzdolabı kapısı açık bırakılırsa kullanıcı sesli ve ya görsel herhangi bir uyarı almayacak ve buzdolabı kapı açık olmasına rağmen kapalı algoritması ile çalışmaya devam edecektir.

Kapı ektirme mesafesi bu kriterler göz önünde bulunarak en az 40mm olmalıdır. Buradaki manyetik sensörün hassasiyet toleransları nedeni ile bu ölçü emniyetli tarafta kalarak 60mm olarak değerlendirilebilir.

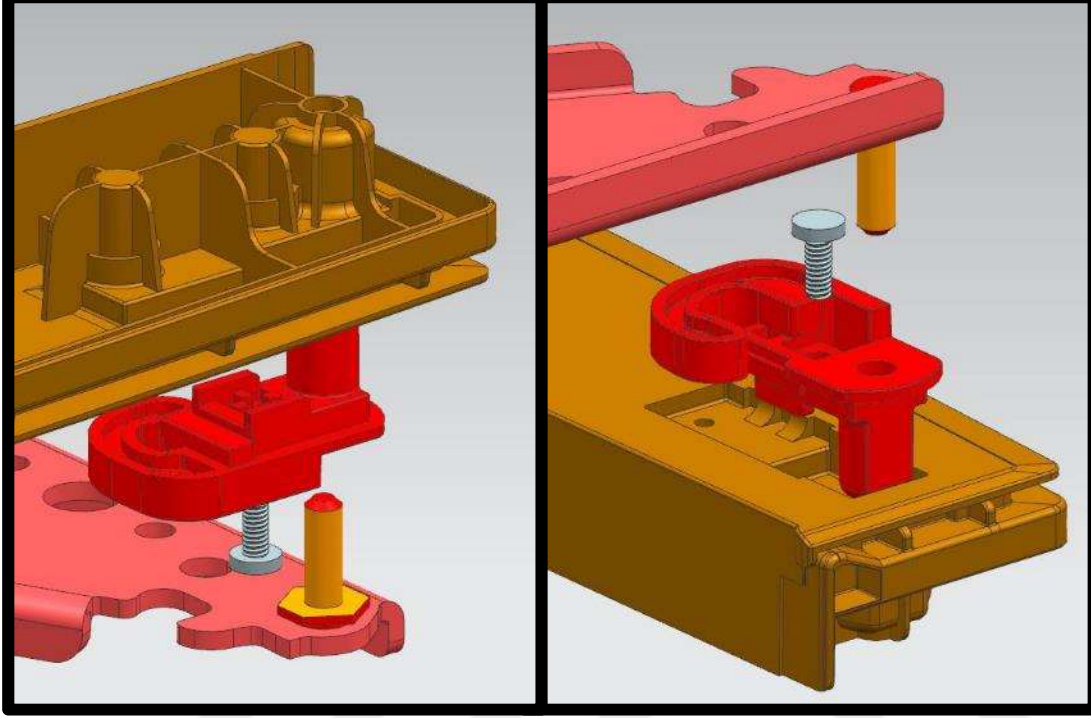
Bu değerlemelerin dışında kullanıcının algısal kalite açısından bu değerlerin çok üzerine çıkılmasında fayda vardır. Ticari bir ürün olan buzdolaplarını satın alan kullanıcılar ürün ile iletiŐime geçtiklerinde bu fonksiyonu fark etmeli ve hayatlarını kolaylaŐtıracaaęı hissine sahip olmalıdır. Bu nedenle farklı kullanıcıların görüŐlerine ve pazardaki diğer uygulamaları da gözeterek; bu tasarımda ektiricinin yakalama anındaki KAM 100mm olarak tespit edilmiştir.



Şekil 23: Kapı çektirmesi için kritik kabul edilecek mesafe gösterimi

3.2. Detay Tasarım

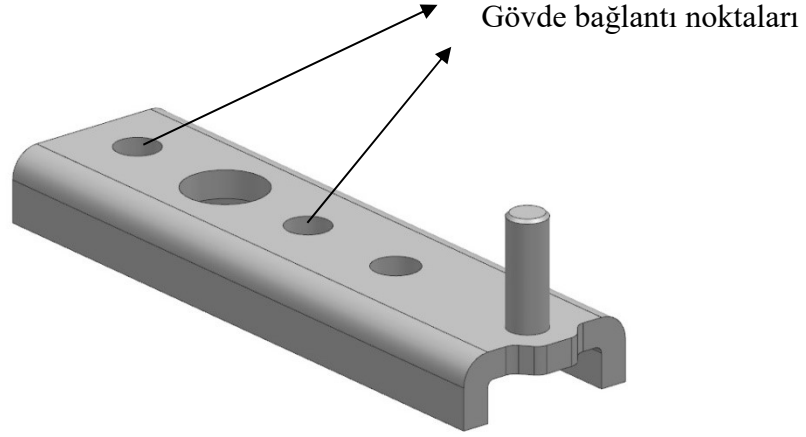
Ön tasarımı yapılmış olan çektirme mekanizması alt menteşe ve çektirici parçasından oluşur. Malzeme seçimi, bağlantı şekli ve birbirleri ile olan ilişkileri detay tasarımda belirlenir.



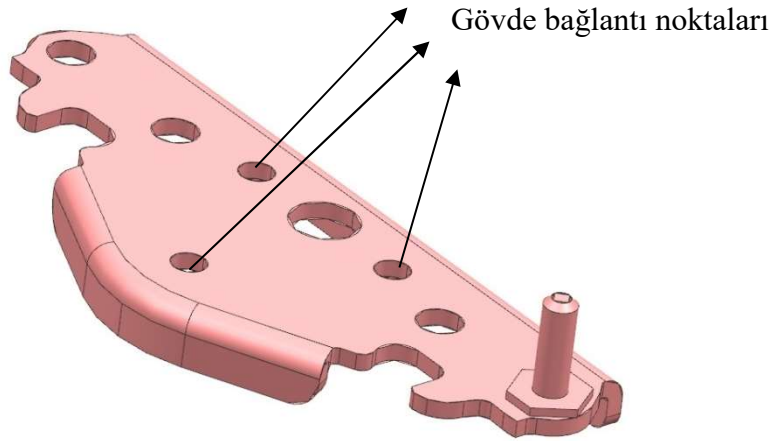
Şekil 24: Detay tasarımı yapılacak mekanizmanın patlatılmış görüntüleri

3.2.1. Alt Menteşe tasarımı

Alt menteşe buzdolabı kapısının ağırlığını gövdeye iletme görevini üstlenir. Buzdolabı kapısı kapalı olduğu durumlarda statik yüke maruz kalır. Buzdolabı kapısı açılıp kapatılırken de menteşe üzerindeki pimi eğilme yükü altında çalışır ve menteşeye moment uygulayarak burulmaya zorlar. Burulma momenti ürün genişliği arttıkça kapı genişliği ve kuvvet kolu arttığından dolayı artar. Bu nedenle 50cm genişliğindeki ürünlerde menteşenin gövdeye bağlandığı bölgede menteşe pimi ile aynı eksende iki vida kullanılırken 70cm bu tasarımda farklı bir eksende üçüncü vida kullanımı tercih edilmiştir.

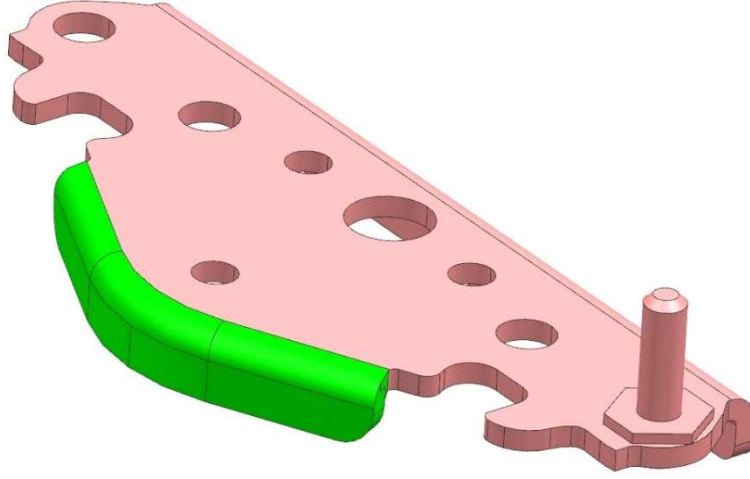


Şekil 25: 50cm genişliğinde bir ürünün menteşesi ve bağlantı noktaları



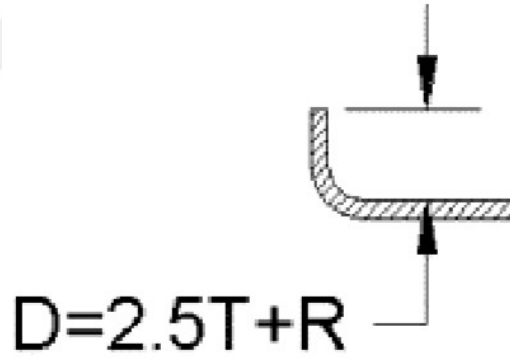
Şekil 26: 70cm genişliğinde ürün için önerilen menteşe ve bağlantı noktaları

Menteşedeki üçüncü sabitleme noktası ek bir moment kolu oluşturarak menteşenin üzerine binen eğilme kuvvetine bir tepki kuvveti oluşturacaktır. Bu kuvvetin doğru bir şekilde menteşe pimine iletilebilmesi için menteşe üzerine bir form ilave edilmiştir. Bu form sayesinde $I_y = (b \cdot h^3) / 12$ kesit atalet momenti formülü gözetilerek ilave bir h ölçüsü sisteme dahil edilmiştir.



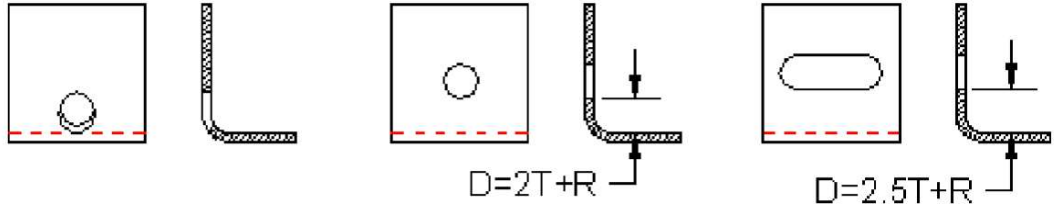
Şekil 27: Menteşe üzerinde kuvvet iletimi için ilave edilen büküm

Bükümün yüksekliğini hesaplamak için $D = 2.5T + R$ formülü kullanılmıştır. Bükümde kullanılan iç yarıçap $R = T / 2$ olarak kabul edilmiştir.



Şekil 28: Büküm ölçülerinin şematik görünümü

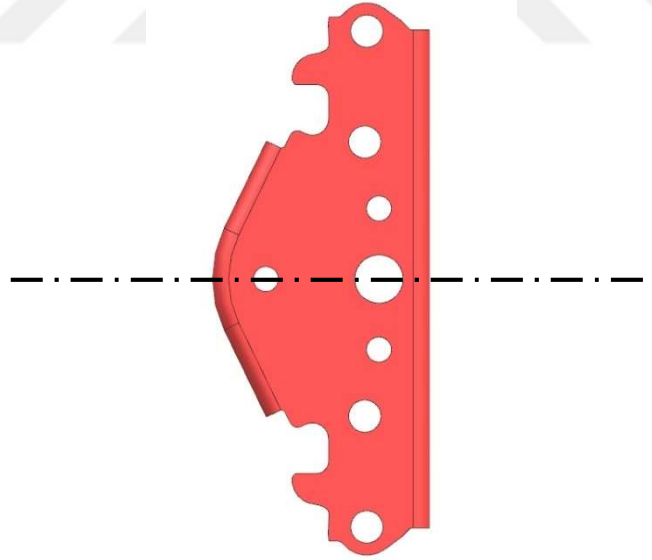
Büküme yakın kalan deliklerin büküm işlemi sırasında deforme olmaması ve formunu koruyabilmesi için büküm kenarı ile delik kenarı arasında güvenli bir boşluk bırakılmıştır. Bu boşluk miktarının tayini için belirtilen $D = 2T + R$ formülü kullanılmıştır.



Şekil 29: Delik mesafesi belirlenmesinin şematik görünümü

Bu teze konu olan 70cm buzdolaplarının kapıları son kullanıcının buzdolabını kullandığı yere ve tercihlerine bağlı olarak sol tarafa ya da sağ tarafa açılabilir. Bu dönüşümün yapılabilmesi için buzdolabı üzerindeki menteşelerin diğer tarafta olması gereklidir.

Buzdolabının diğer tarafındaki menteşelerin farklı parçalar olması hem maliyet açısından bir yük getirmekte hem de son kullanıcı için ilave parça tutma ve ya temin etme zorlukları yaşatmaktadır. Bunun yerine ürün üzerinde sunulan mevcut menteşeler simetrik olarak tasarlanarak bir taraftan sökülüp diğer tarafta kullanılacak hale getirilirler.



Şekil 30: Menteşenin simetri eksenini

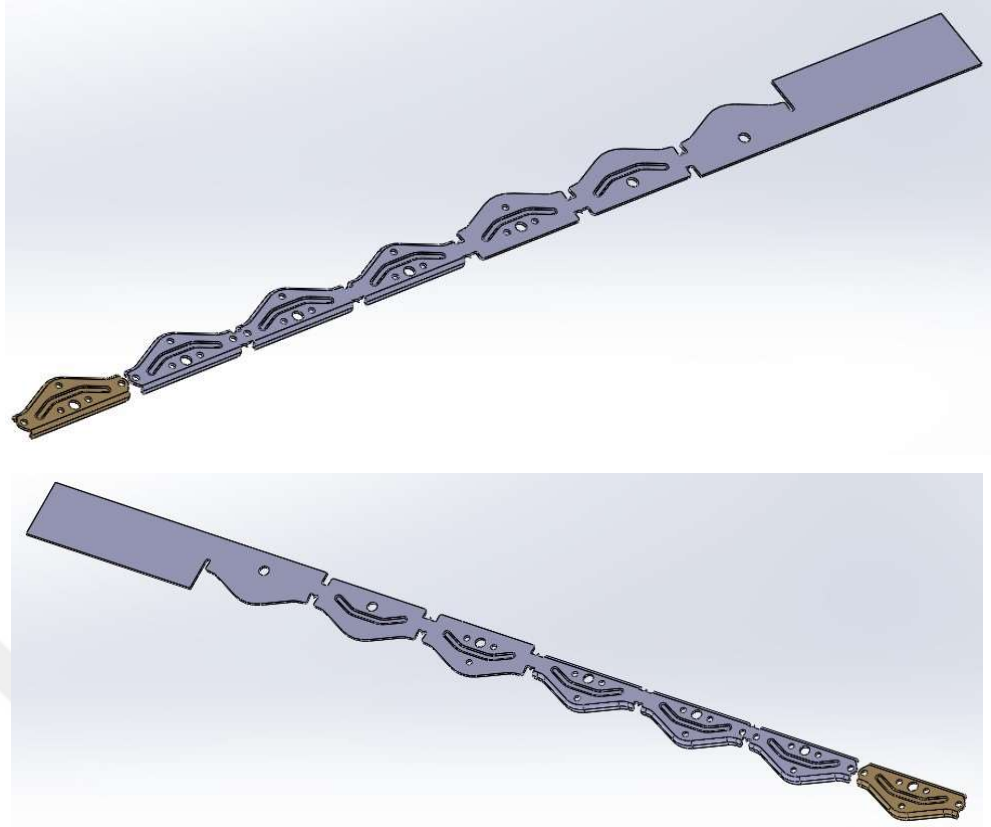
Menteşenin malzeme seçiminde üretim teknolojisi, fiziksel ve kimyasal direnci dikkate alınır. Fiziksel olarak kapı raflarının yüklenmesi ile birlikte 30kg'a ulaşabilen buzdolabı kapısının oluşturduğu kuvvet ve momente dayanabilecek ve 10 yıl'a kadar

kullanım ömrü boyunca korozyona direnç sağlaması beklenmektedir. Menteşe her bir buzdolabında bir adet ve bu genişlikte buzdolaplarının sadece Türkiye’de yaklaşık bir milyon beş yüz bin adetlik bir pazarı olduğu düşünüldüğünde hızlı bir çevrim süresi ile üretilmesi gereklidir. Bu nedenle menteşenin progresif sac kalıp ile üretilmesine karar verilmiştir.



Şekil 31: Progresif kalıp ile üretilmiş bir parça örneği

Progresif kalıplar; otomatik olarak yürümesi gereken yüksek hızlı üretimler için kullanılır. Küçük ve büyük boyutlu parçalar içinde uygundur. Progresif kalıp ile birkaç operasyon aynı kalıpta ve belirli bir düzende gerçekleştirilir. Bu sayede presin her bir çevrimi sonunda bir parça imal edilmiş olur.



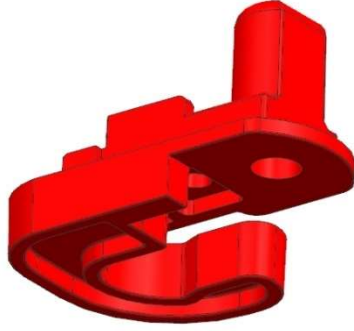
Şekil 32: Mevcut menteşe kalıbı progresif kalıp sac açınımı

Bu kriterler göz önünde bulundurulduğunda soğuk şekillendirmeye uygun yüksek mukavemetli çeliklerle DIN EN 10149-95 standartlarında ve 3mm kalınlığında S355MC hammadde olarak seçilmiştir. Korozyon direncini sağlaması için çinko kaplama mavi pasivasyon yöntemi uygulanır. Krom mavi pasivasyon, çinko kaplamalar üzerine yüksek korozyon dayanımına sahip parlak mavi pasivasyon tabakaları oluşturmak üzere formüle edilmiştir. Pasivasyon +6 değerli krom içermemektedir ve uzun ömürlü bir pasivasyon çözeltilisidir. Alkali asitli ve siyanürlü çinko kaplamalar üzerine dolap ve askı olarak uygulanabilir. Korozyona karşı direncinin fazla olması ile, kalıcı ve dayanıklı mavi renk vermesiyle ön plana çıkar.

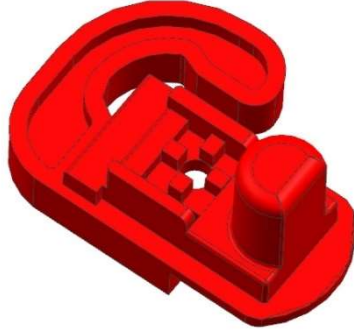
3.2.2. Çektirici parça tasarımı.

Çektirici parça sürekli olarak alt menteşe ile temas halinde olacağından ve buzdolabı kapısı her açılıp kapatıldığında esnemeye maruz kalacağından sürtünme ve esneme açısından mekanizmadaki kritik komponenttir.

Kullanım bölgesi gereği alt kapının altında kalacaktır. Bu nedenle görsel bir malzeme değildir. Tasarım sırasında algısal kalite unsurları dikkate alınmaz ve tamamen işlevine odaklanılır.



Şekil 33: Çektirici parça alt görünümü

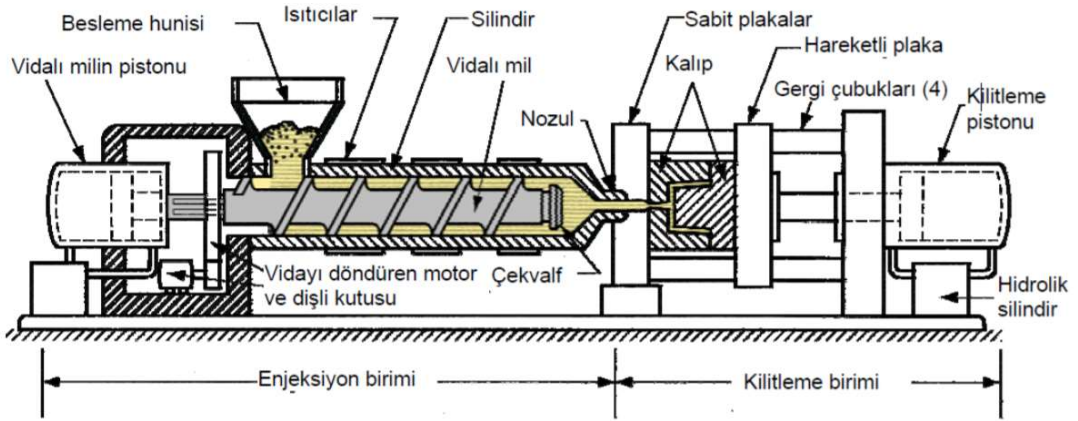


Şekil 34: Çektirici parça üst görünümü

Parçanın sürekli maruz kalacağı yükler ve sürekli esnemesi göz önünde bulundurulduğunda parçanın plastik malzeme olmasına, yüksek adet ihtiyacı, düşük işçilik maliyeti, düzgün yüzeyli ve karmaşık şekilli parça üretimi gibi faktörler nedeniyle plastik çekirtilme parçasının enjeksiyon yöntemiyle imal edilmesine karar verilmiştir.

Plastik enjeksiyon, sıcaklık yardımı ile eritilmiş plastik hammaddenin bir kalıp içine enjekte edilerek şekillendirilmesi ve soğutularak kalıptan çıkarılmasını içeren bir imalat yöntemidir. En yaygın imalat yöntemlerinden olan bu metot ile en küçük

komponentlerden, bahçe mobilyalarına kadar çok çeşitli ebat ve kategorilerde plastik parçalar imal edilebilir. 25 g ile 50 kg olan parçaları istenilen son boyutlara çok yakın üretmek mümkündür. Kalıpta birden fazla göz bulunabilir ve her seferinde birden fazla parça üretilebilir. Farklı teknolojiler kullanılarak çok iyi yüzeyler elde edilebilir ve genellikle bitirme işlemine ihtiyaç duyulmaz. Kalıp maliyeti çok yüksek olduğundan ancak büyük üretim sayıları için ekonomik olur.



Şekil 35: Vida tipli bir enjeksiyon makinasının kesiti

Parçada ihtiyaç duyulan, yüzey sertliği, çekme değeri, enjeksiyonda akıcılık, maliyet ve temin edilebilirlik gibi faktörlere bakıldığında malzeme olarak teflon katkılı POM seçilmiştir. Bu seçimde en büyük etken POM malzemenin diğer malzemelere oranla daha düşük sürtünme oranı ile kayma hissi vermesi ve diğer plastiklerin karşılamayacağı, sürekli azalıp, artan yükler veya sıcaklıklar altındaki sağlamlığıdır.

Malzeme 1	Malzeme 2	Sürtünme Katsayısı
PC	Çelik	0,55
ABS	Çelik	0,50
SAN	Çelik	0,50
Nylon	Çelik	0,40
PMMA	Çelik	0,40
POM	Çelik	0,30
PS	Çelik	0,40
PPO	Çelik	0,35
PP	Çelik	0,33
HDPE	Çelik	0,26

Material/Counter Material	Static Coefficient of Friction	Dynamic Coefficient of Friction
Delrin 100, 500, 900 on Steel	0.20	0.35
Delrin 500CL on Steel	0.10	0.20
Delrin AF on Steel	0.08	0.14
Delrin 500 on Delrin 500	0.30	0.40
Delrin 500 on Zytel 101	0.10	0.20

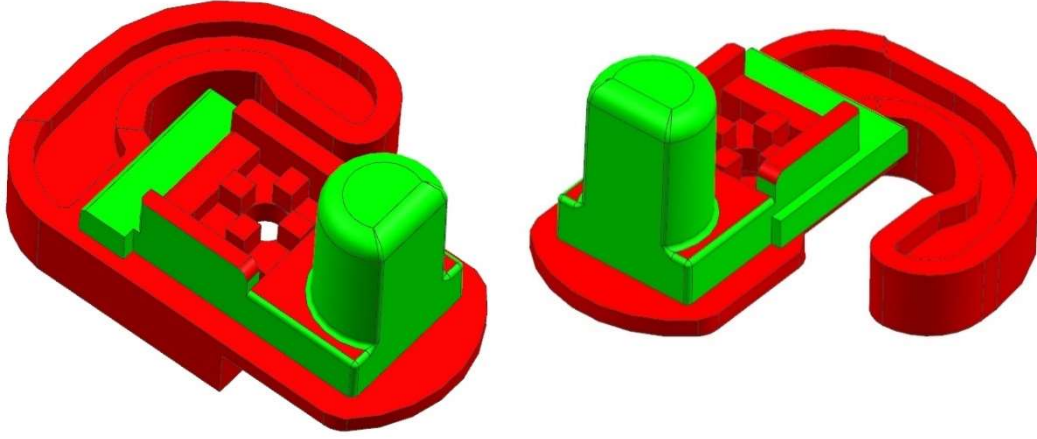
Tablo 5: Bazı plastiklerin çelik ile sürtünme katsayıları

Kısa adıyla POM düşük sürtünme katsayısı, yüzey sertliği ve yüksek ölçüsel tutarlılığı nedeni ile sanayide sıklıkla tercih edilir. Başlıca kullanım alanları arasında ağır sanayi makine parçaları, büyük iş makineleri parçaları, konveyör sistemlerinde, burç ve rulmanlar, çarklar, silindirler, zamanlama ve sonsuz vidalar, piston, manifold, dişli vb. parçalar bulunur.

Hardness Scales		Material
Durometer (Shore) A	Durometer (Shore) D	
		Acetal (POM)
		Acrylic
		Acrylonitrile Butadiene Styrene
		Acrylonitrile Styrene Acrylate
		Epoxy
		Fluoropolymer
		Liquid Crystal Polymer
		Phenolic
		Polyamide
		Polycarbonate
		Polyester
		Polyether Imide
		Polyetherketone
		Polyethylene
		Polyimide
		Polyolefin
		Polyphenylene Oxide
		Polyphenylene Sulfide
		Polypropylene
		Polystyrene
		Polysulfone
		Polyurethane
		Polyvinyl Chloride
		Silicone
		Styrene Acrylonitrile
		Thermoplastic Elastomer
		Thermoplastic Polyurethane

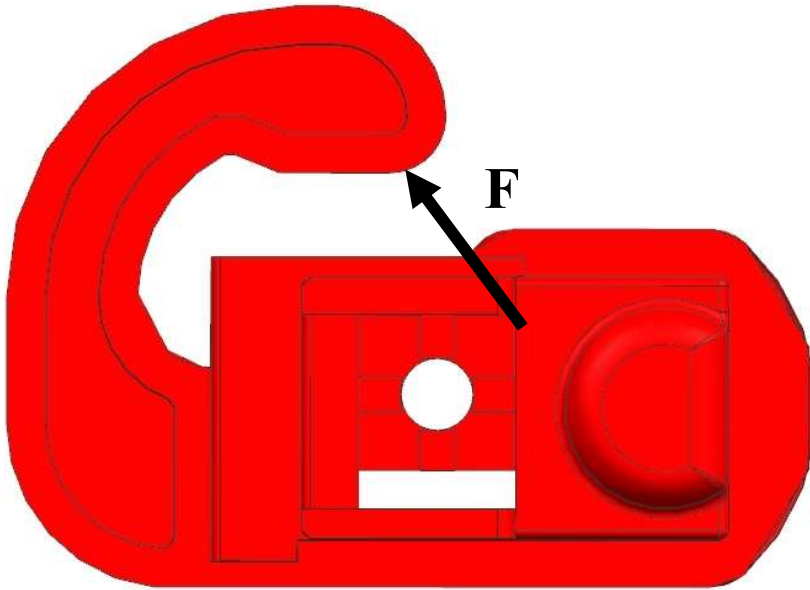
Tablo 6: POM (Acetal) ve bazı diğer plastiklerin sertlik aralıkları

Tasarımın yataklama kısmı mevcut kapı alt kapağına uyum sağlayacak şekildedir. Parçanın esnemesi ile oluşan kuvvet kapı plastiğine yani kapıya şekil bağı ile iletilir. Bu bölgede kullanılan vida üretim prosesleri sırasında çekirme parçasının kapı plastiğinden çıkıp düşmesini önlemek amaçlıdır. Buzdolabı kapısı üretildikten ve buzdolabına montajı yapıldıktan sonra çekirme parçası kapı ve menteşe arasında sıkışmış bir halde çalışacağı için buradaki vida üzerinde herhangi bir yük olmayacaktır.

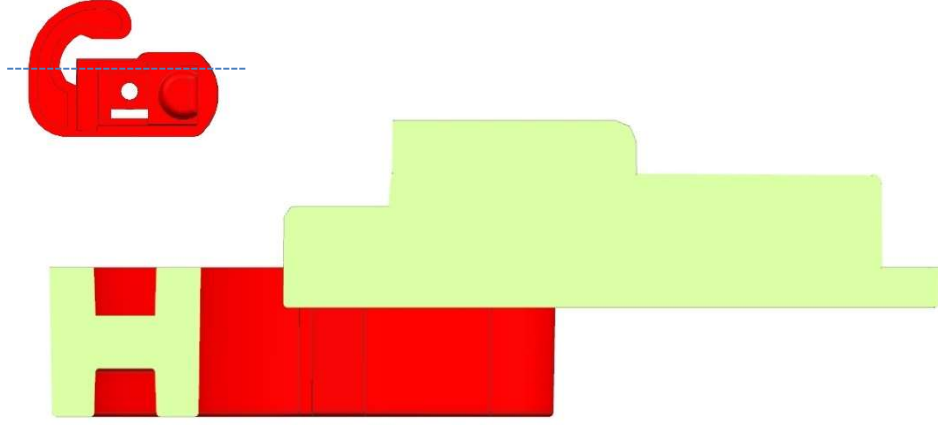


Şekil 36: Çektirici parça ve alt plastik temas yüzeyleri

Çektirme kolunun esnemesini sağlamak için “C” şeklinde bir form tasarlanmıştır. Bu form çalışması esnasında sembolik olan bu “C” şekli ile aynı düzlemde kuvvetlere maruz kalacaktır. Daha küçük hareket miktarları ile daha yüksek kuvvetler elde edebilmek amacı ile bu bölgedeki kesidin formu için I profil kesit formu kullanılmıştır.



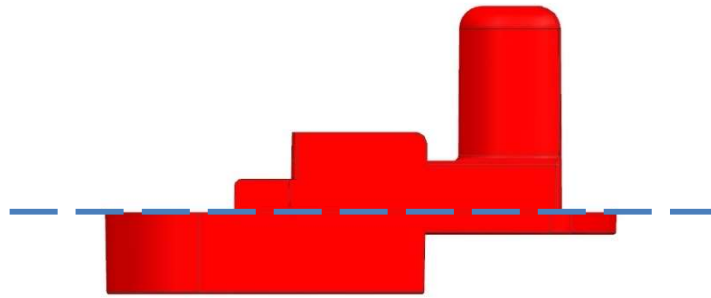
Şekil 37: C form kuvvet etki yönü



Şekil 38: C form kesit görünümü

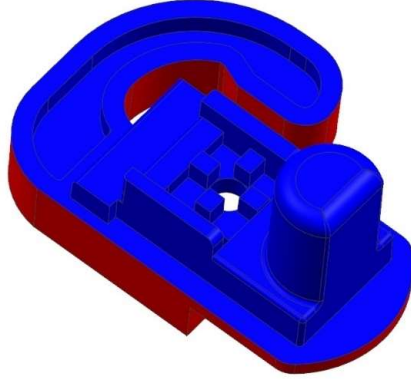
Plastik enjeksiyon kalıplarında parça basılırken ergiyik halde ilerletilen malzemenin kalıp boşluğunu doldurma basıncı, kalıbı kapalı durumda tutma basıncını yenmesi durumunda ergiyik malzeme kalıbı aralayarak sızmalar yapabilir. Bu durum çapak oluşumu olarak adlandırılır.

Kalıp ayırma hattı belirlenirken ayırma hattının parçanın menteşe ile temas halinde olan yüzeyinde olmamasına özen gösterilmiştir. Kalıp ayırma hattı üretim sırasında çapak yapma riski yüksek olduğundan bu şekilde bir önlem alınmıştır. Bu bölgede çapak olması mekanizmanın istenen seviyede çalışmamasına hatta takılmalar yaparak hiç çalışmamasına sebep olabilir.



Şekil 39: Önerilen ayırma hattı

Çapak oluşmamış olsa dahi kalıp ayırma hattı kalıpta iki farklı kavitenin birleşme noktası olduğundan bu bölgede her zaman çizgi şeklinde bir iz bulunmaktadır. Kalıp ayırma hattını bir kenar üzerine taşıyarak bu iz de gizlenmiş olur.

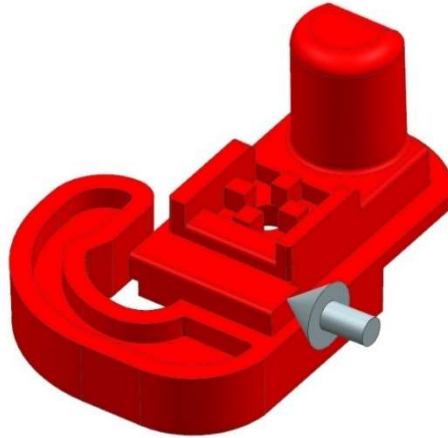


Şekil 40: Kalıpta farklı çekirdeklerden çıkacak kısımlar

Plastik parçanın enjeksiyon noktası seçilirken parçanın uç noktalarına mümkün olduğunca eşit mesafelerde olması öngörülmüştür. Bu sayede daha hızlı bir dolma sağlanarak ergiyik soğumadan tüm noktalara ulaşması hedeflenmiştir.

Enjeksiyon noktası seçimindeki diğer bir kriter de parçanın menteşe ile temas noktalarında kaynak noktası bulunmaması istenmektedir. Kaynak noktaları zayıf mekanik özellikler taşıyabileceği için bu bölgelerde zamanla çatlama ve kırılma riskleri oluşacaktır.

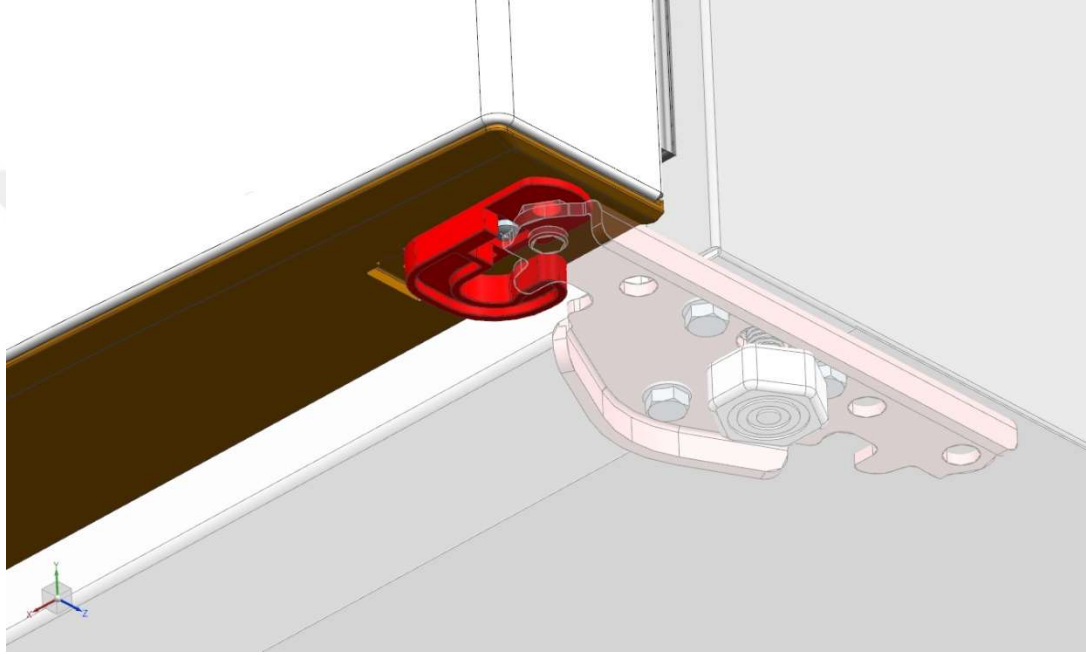
Çekici parçanın kendi içerisindeki C formun şekli ve kesiti nedeni ile malzeme kenarlardan akacaktır. Kenarlardan da içeriye yakın olan kenar daha kısa olduğundan malzeme bu kenarda daha önde gidiyor olması düşünülmektedir. Bu nedenle enjeksiyon noktası C formun dışında bir bölgede olursa ve ergiyik malzeme C forma homojen bir şekilde giriş yaparsa kaynak bölgesi çekici parça ve menteşenin temas bölgesinin arkasında oluşacaktır. Bu sebeple enjeksiyon noktası parça kenarında, parçanın geometrik merkezine yakın ve geniş bir kesit bölgesinde planlanmıştır.



Şekil 41: Parça enjeksiyon noktası

4. ANALİZ

Detay tasarımı yapılmış olan çekirtme mekanizması ve menteşe statik yükleme ve gerilme analizlerine tabi tutulmuştur. Daha sonrasında çekirtme parça enjeksiyon prosesindeki malzeme davranışını görmek için akış analizine tabi tutulmuştur. Mekanizmanın çalışmasını, çalışma esnasında kritik parçalar üzerindeki yükleri gözlemleyebilmek ve tepki kuvvetlerini ölçerek mekanizmanın çalışmasını doğrulamak amacı ile mekanik analizler uygulanmıştır.



Şekil 42: Menteşe ve çekirtmenin gruplu hali alttan görünüşü

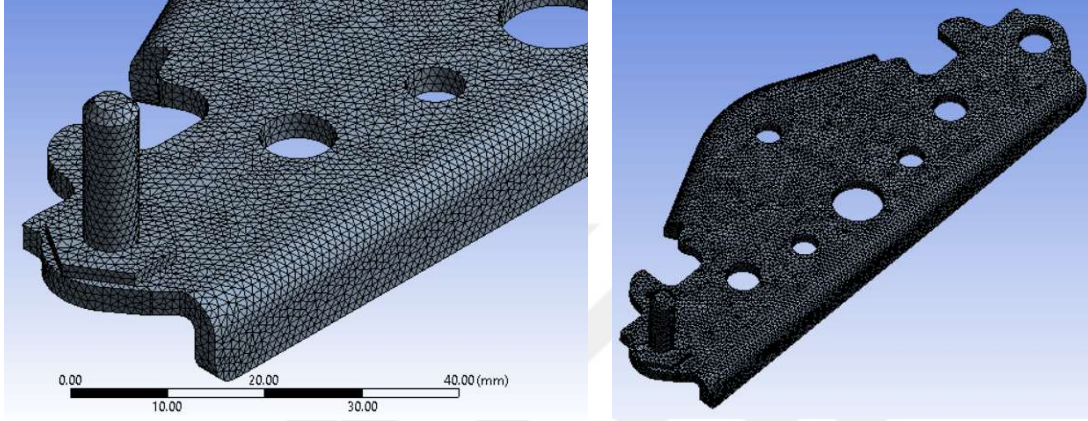
Yapılan analizlerden sonra kapı yükleme testine alınmış ve sonuçları deneysel analiz başlığı altında sonuçları paylaşılmıştır.

4.1. Statik Analiz

Bu başlık altında kapının statik halde yüklenmesini simule etmek için Ansys programı eşliğinde APDL çözücü algoritması kullanılmış olup, kapı kapalı konumda iken menteşe üzerindeki deplasman ve gerilmeler incelenmiştir. Simülasyonu hızlı yapabilmek adına buzdolabı kapısı tasarım detayları bu analizlere dahil edilmemiştir. Buzdolabı kapısındaki deplasman kapı rijid kabul edilerek hesaplanmıştır.

4.1.1. Ön hazırlık

Analiz öncesinde model üzerinde bazı hazırlıklar yapılması gerekir. İlk olarak model mesh edilir. Model üzerindeki mesh sıklığı sonucun doğruluğunu artırırken, çözüm süresini de uzatır. Ayrıca kullanıcı isteğine bağlı olarak da odaklanılmak istenen bölgelerde fazla olmak üzere değişik sıklıkla mesh örgüsü yapılabilir. Bu model üzerinde orta sıklıkta değişken olmayan mesh yapılmıştır.



Şekil 43: Menteşenin mesh edilmiş görünümü

Menteşenin vida bağlantı noktalarında buzdolabı gövdesi ile birebir hareket olacağından ve buzdolabı gövdesi rijid kabul edildiğinden bu noktalarda sabit bağlantı belirtilmiştir. Bu noktalarda hareket olmayacak şekilde sınır şartı girilmiştir. Malzeme bilgisi alanına daha önce belirlenmiş olan S355MC çeliği değerleri girilir.

Properties of Outline Row 3: Structural Steel				
	A	B	C	D E
1	Property	Value	Unit	
2	Density	7850	kg m ⁻³	
3	Isotropic Secant Coefficient of Thermal Expansion			
4	Coefficient of Thermal Expansion	1.2E-05	C ⁻¹	
5	Reference Temperature	22	C	
6	Isotropic Elasticity			
7	Derive from	Young's Modu...		
8	Young's Modulus	2E+05	MPa	
9	Poisson's Ratio	0.3		
10	Bulk Modulus	1.6667E+11	Pa	
11	Shear Modulus	7.6923E+10	Pa	
12	Field Variables			
13	Temperature	Yes		

Şekil 44: Malzeme bilgilerinin girilmesi

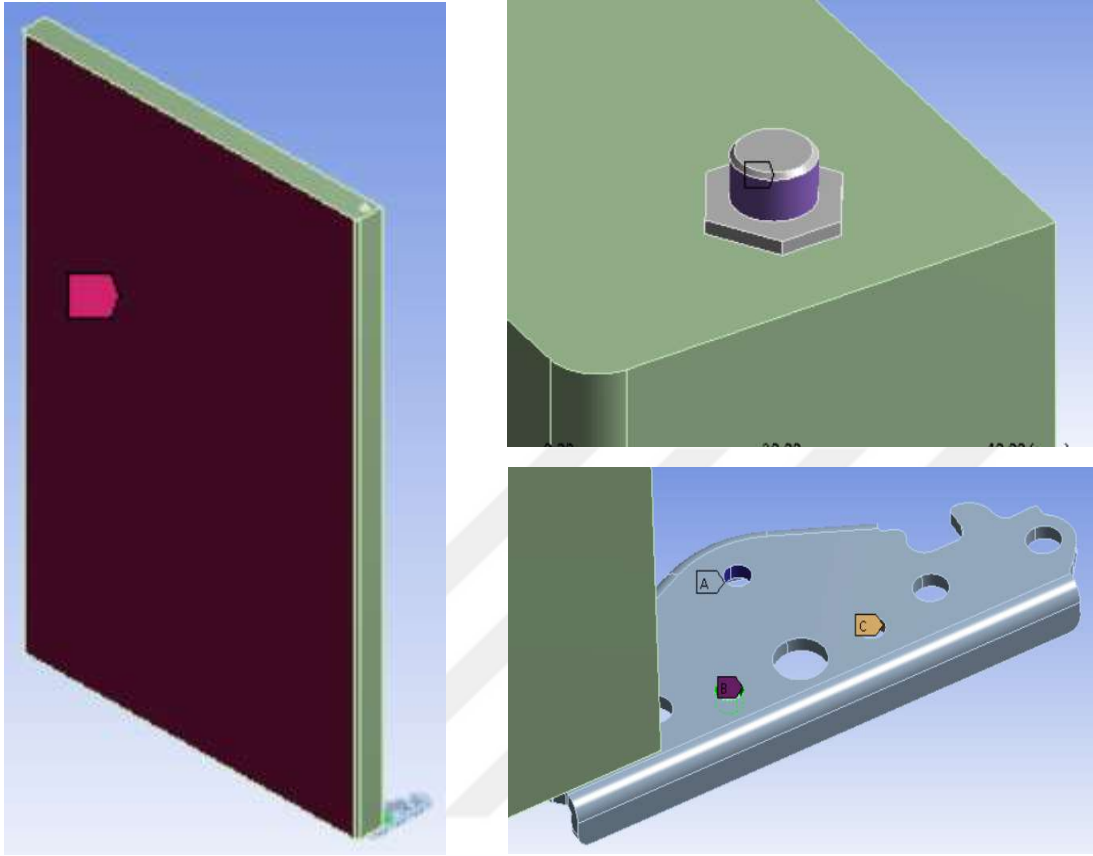
Uygulanacak kuvvetin belirlenmesi için yükleme testi parametreleri kullanılmıştır. Bu test gereğince tüm kapı rafları, 0,5 kilogram ağırlığında ve 80 mm çaplı ağırlıklarla alabildiğince yüklenir. Yumurtalıklar test esnasında çıkartılır (sabit olanlar hariç). İki raf arası serbest mesafe 250 mm veya daha büyük ise ağırlıklar üç sıra dizilir; iki raf arası serbest mesafe 100 mm ve 250 mm arasındaysa iki sıra dizilir; 100 mm'den az ize tek sıra dizilir. Bu şekilde bir dizilim ile buzdolabı kapısına 23kg yükleme yapılabilmektedir. (Rakamlar Arçelik gizliliği nedeni ile örnek olarak verilmiştir. Test için kullanılan standartlar farklıdır. Test için kullanılan ağırlık toplamı 23 kilogramdır).

Tespit edilen bu kuvvete buzdolabı kapısının kendi ağırlığı da eklenerek 30 kg olarak tüm kapı boyunca uygulanmıştır. Analiz için dondurucusu üstte olan çift kapılı bir buzdolabı modeli oluşturulmuş ve kritik olan alt kapı modellenmiştir. Modelde alt kapının üst menteşesini temsilen bir pim yerleştirilmiş ve alt menteşe olduğu gibi alınmıştır.

Üst menteşe piminin görevi kapının ağırlığı ve alt menteşeden moment noktası ile yana devrilmesine karşı moment oluşturmaktır. Bu pim düşey yük taşımamakla birlikte kapının devrilmesine karşı moment oluşturur ve alt menteşede oluşabilecek yan kuvvetleri azaltır.

Kurulmuş olan modelin detaylı görünümü alttaki resimde mevcuttur. Kapının üzerine yayılı bir şekilde uygulanan kuvvet (solda), kapı üst menteşenin görünümü ve

yataklanması (sağ üstte) ve alt menteşe yakından görünümü ve sabitleme noktaları (sağ altta) görülmektedir.

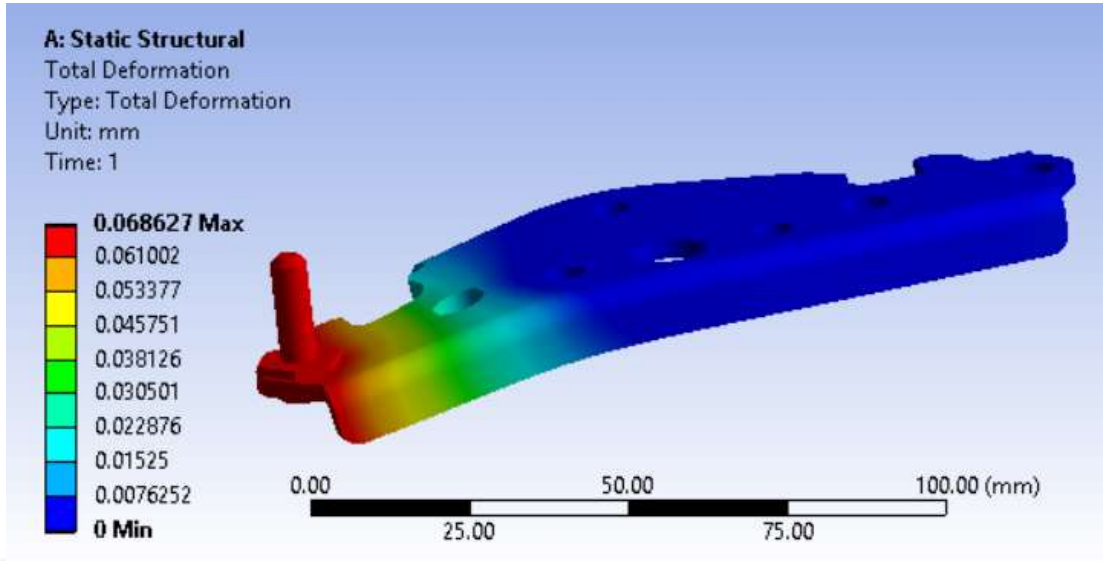


Şekil 45: Oluşturulan modelde kuvvet uygulaması ve sabitleme noktaları

4.1.2. Deplasman

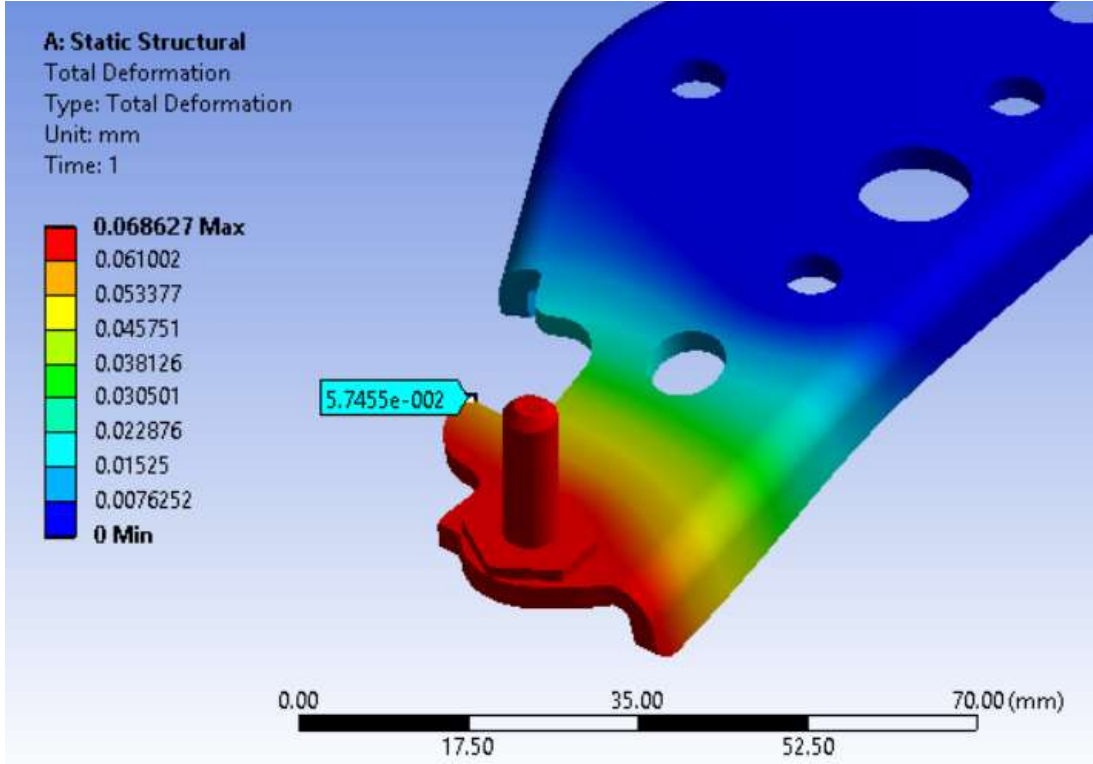
Kapının yüklenmesi ve kendi ağırlığının verdiği etki ile menteşe üzerinde oluşan deplasman incelenmiştir. Üst menteşe piminin olmadığı durumda kapı ağırlık merkezi menteşe ekseninden yaklaşık 330 mm uzakta olduğundan bu kuvvet kolu etkisi ile bir moment oluşur ve kapı düşer. Üst menteşe pimi bu momente karşı bir kuvvet kolu etkisi yaratır ve tepki kuvveti ile moment oluşturur. Üst menteşenin bunun dışında bir yük taşıma etkisi yoktur.

Kapının dönme etkisi bu şekilde azaltıldığından dolayı alt menteşeye sadece düşey doğrultuda kapı yüklemesini ve ağırlığından oluşan 30kgf kuvvetin karşılanması ve bu kuvvetin oluşturduğu momentin bir kısmının karşılanması kalacaktır. Bu kuvvetler altında menteşenin deplasmanı aşağıdaki şekilde gösterilmiştir.



Şekil 46: Menteşe toplam deplasmanı

Toplam deplasmanın yanı sıra kapı çektirme hareketi için kritik olan menteşenin uç noktasındaki deplasman da incelenmiştir. Bu noktada incelenen deplasman 0,06mm olarak görülmektedir. Bu ölçünün bileşenlerine inildiğinde en büyük etkinin Y eksenindeki (düşey eksen) çökmeden kaynaklandığı görülmektedir. Aynı noktanın Z ekseninde (yatay eksen) pozitif ve X ekseninde (derinlik) negatif deplasman yapması ise menteşenin yük altında çektirme parçası ile daha keskin bir şekilde temas edeceği anlamına gelecektir. Bu durum yük altında çektirme parçasının kontak bölgesinde aşınmasına yol açabilir.

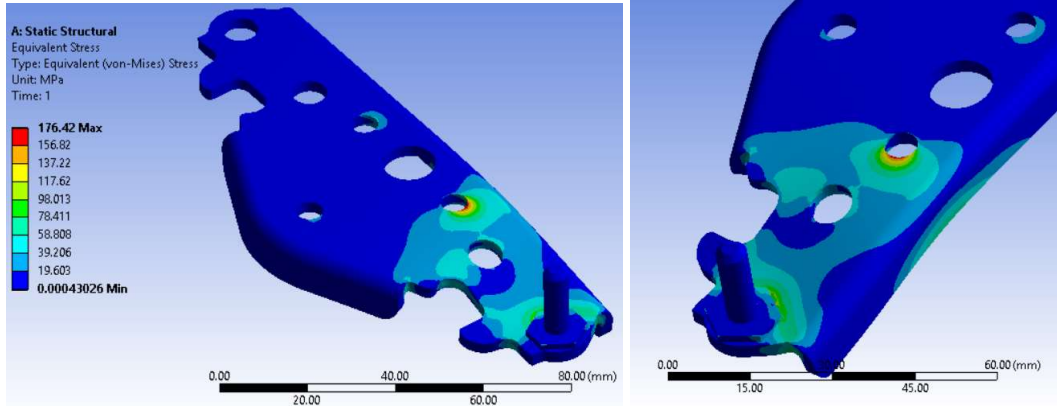


Şekil 47: Kapı çektirme kritik noktasında deplasman

4.1.3. Menteşe üzerinde gerilmeler

Menteşe üzerindeki gerilmeler incelendiğinde gerilimin yükün transfer edildiği pim dibi bölgesinde ve kapıya en yakın sabitleme noktasında yoğunlaştığı görülmektedir. Bunun yanı sıra menteşenin bağlandığı 3 noktadan kapıya en yakın olan vida yükün büyük bir kısmını taşıdığı gözlenmektedir. Arka tarafta kalan vidalar (sabitleme noktaları) mesnet noktası olarak çalışmakta ve öndeki vidaya kuvvet kolu etkisi yapmaktadır. Bu nedenle ön tarafta kalan sabitleme noktasındaki gerilim yoğun olarak gözlenmektedir. Gerçek hayattaki bir buzdolabı düşünüldüğünde daha az yük taşıyan diğer iki sabitleme noktası menteşenin konumunu koruması ve buzdolabının ağırlığı ile esnemelerine karşı önleyici görev yaptığından tasarımdan çıkartılmamıştır.

Gerilim analizinde yapılan bir diğer gözlem de kuvvetlerin pimden arkaya doğru taşınırken yükün menteşe üzerinde oluşturulmuş olan düşey büküm üzerinden akıyor olmasıdır. Gerilim bükümün ön sabitleme noktası civarında yoğunlaştığı ve buradan sabitleme noktasına aktığı gözlenmiştir.



Şekil 48: Menteşe üzerinde oluşan eşdeğer gerilimler

4.2. Çektirici Parça Akış Analizi

Kapı çektirici parçanın enjeksiyon prosesi esnasındaki malzeme davranışını görmek için yapılan akış analizinde Moldflow yazılımı kullanılmış olup; dolum sıcaklıkları, dolum hızları, dolum hava hapsolmaları, dolum hava kalan bölgeler, dolum türbülansları, katılaşma sıcaklıkları ve katılaşma sonra çarpılmalar incelenmiştir.

4.2.1. Ön hazırlık

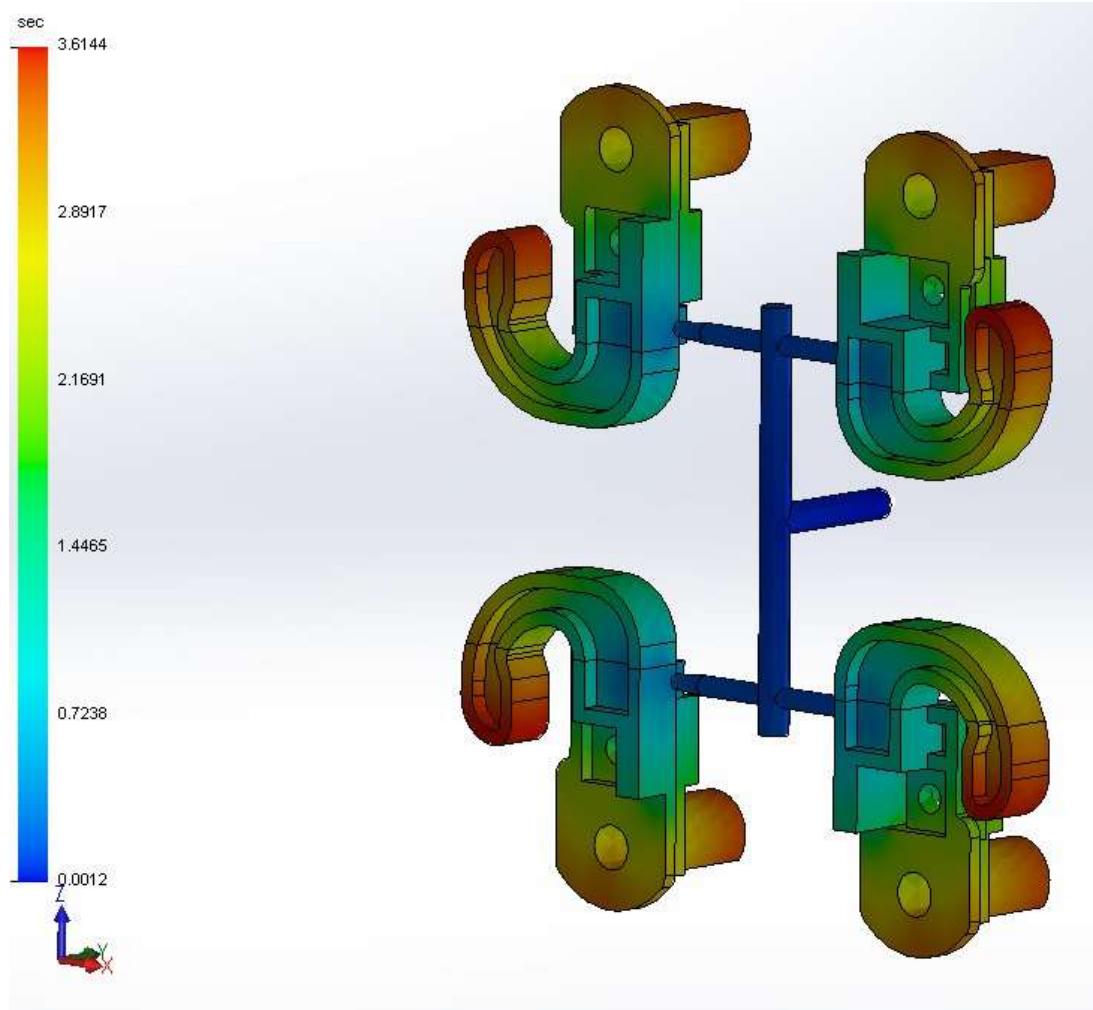
Akış analizinde de statik analizde olduğu gibi bazı ön hazırlıklar yapılması gerekir. İlk olarak model program içine aktarılması amacıyla *.xt formatına çevrilir. Daha sonra da mesh oluşturma işlemi yapılır. Proses parametreleri ve malzeme değerleri girildikten sonra analiz çalıştırılır.

Parça üründe bir adet kullanılacak olmasına rağmen yıllık toplam üretim adedi göz önüne alındığında parçanın çok gözlü bir kalıp ile yapılması daha ekonomiktir. Bunun yanında kapısının açılma yönü değiştiğinde menteşeler sağdan sola geçer ve bu nedenle çektirici parçanın da sağ sol olarak ayanlanmış şekilde kopya bir tasarımı gereklidir. Parçanın enjeksiyon kalıbının bir enjeksiyonda iki set sağ sol simetrik parça imal edecek toplam dört gözlü bir kalıp ile yapılması planlanmıştır.

4.2.2. Parça dolum zamanı

Enjeksiyon parçanın dolum analizlerinin proses kriterleri olarak 200 °C ergiyik malzemenin 80 °C kalıba enjekte edilmesi kabul edilmiştir. Bu şartlar altında parçanın 3,6 saniyede dolduğu gözlenmiştir. Dolum sırasında akışı engelleyecek bir tasarım

gözlemlenmemiştir. Yolluk kesitleri daralarak bölündüğünden akış sürekli ve her bir göz için eşit ağırlıklarda ilerlemektedir.



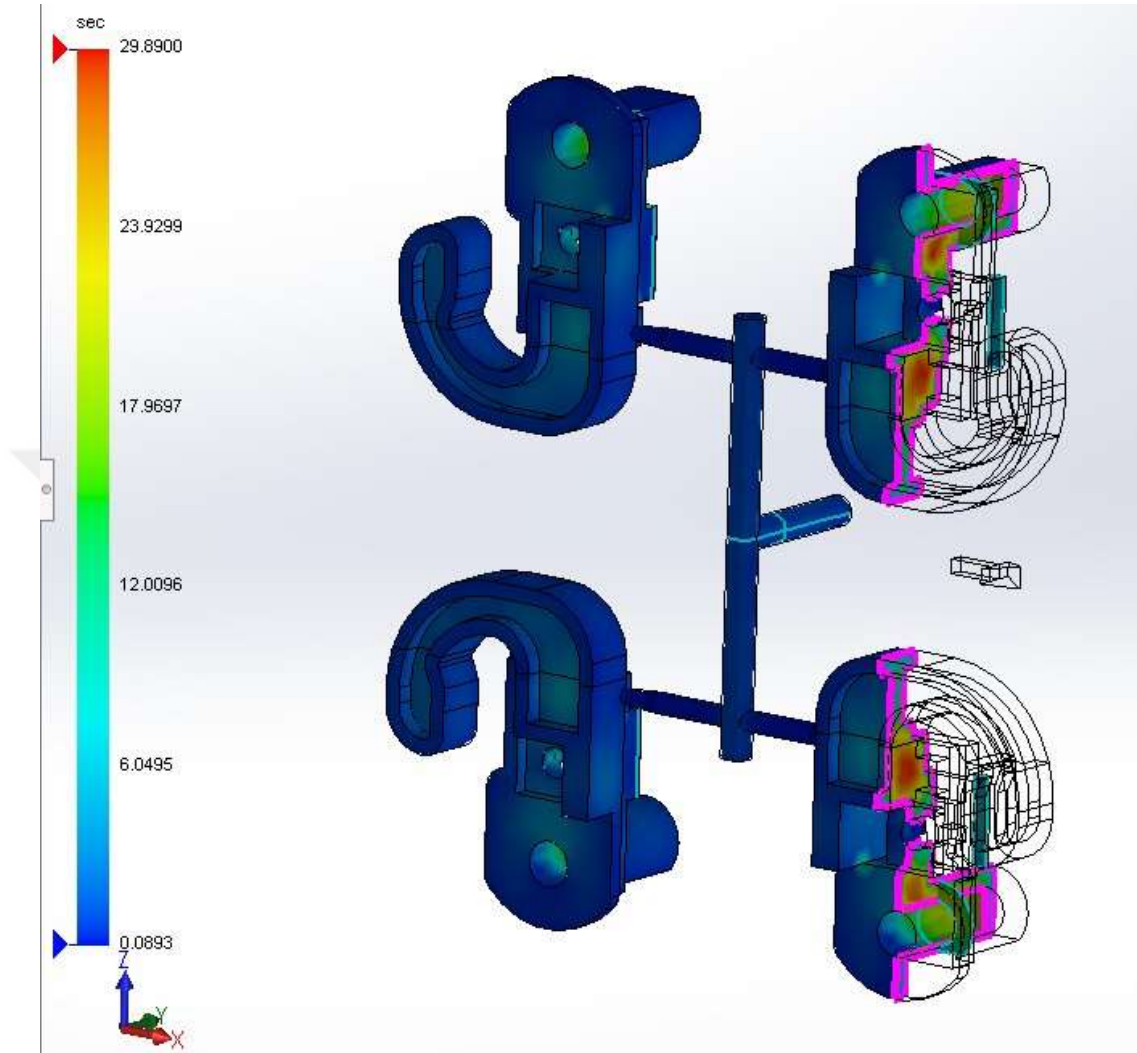
Şekil 49: Çektirici parça enjeksiyon kalıbı dolum süreleri

4.2.3. Parça soğuma süresi

Parçanın soğutulması için çekirdeklerin en derin noktalarından 10mm daha derinden su kanalları geçecek şekilde planlanmıştır. Yapılan analizde ortam sıcaklığı 25⁰C ve soğutma suyu sıcaklığı 30⁰C olarak alınmıştır. Parçanın kalıptan çıkarılma sıcaklığı da 40⁰C olarak alınmıştır. Bu şartlar altında parçanın yaklaşık 30 saniyede soğutulabildiği gözlemlenmiştir.

Parçanın et kalınlığı homojen olarak dağılmadığından soğutmanın zor olduğu bölgeler et kalınlığının yüksek olduğu parçanın orta bölgeleri olarak tespit edilmiştir. Bu bölgelerde et kalınlığını inceltmek soğutma zamanını düşürmek için bir çözüm olsa da

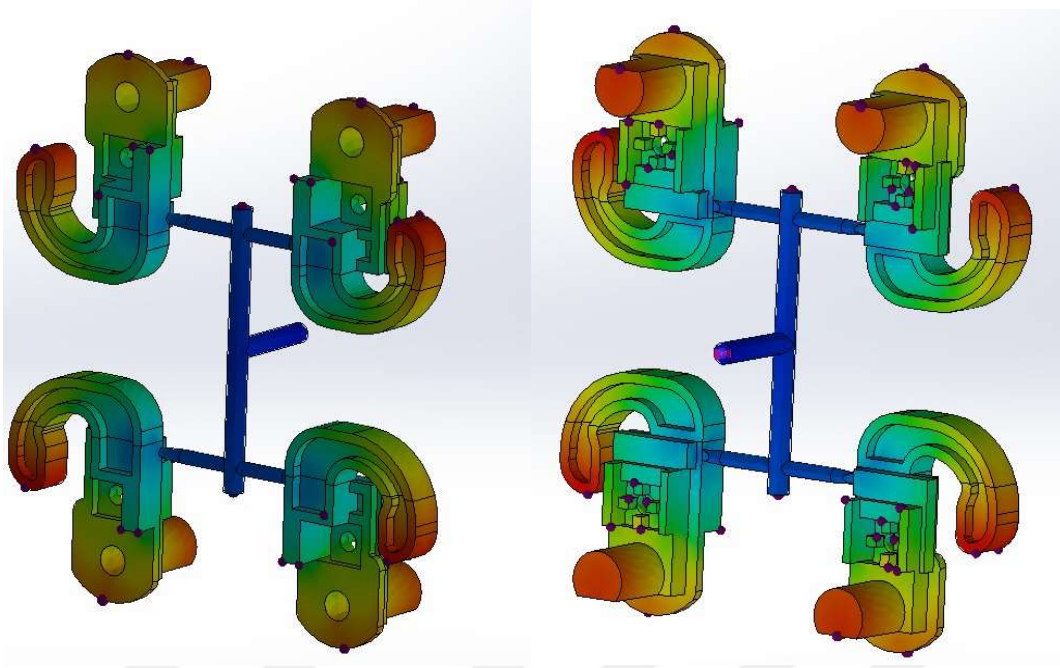
parça mukavemetini etkileyeceği için soğutma süresini düşürecek çözümler tasarımda uygulanmamıştır.



Şekil 50: Çektirici parça enjeksiyon parça soğuma süreleri

4.2.4. Hava sıkışması

İlgili parçanın dolumu sırasında kalıp boşluğundaki hava ergiyik malzemenin kalıba dolması ile belirli noktalarda sıkışacaktır. Ergiyik malzemenin en son dolduğu bu noktalarda hava sıkışmalarının parça yüzeyini bozmaması ve çökmeler oluşturmaması için kalıp yapımı sırasında bu noktalarda hava tahliye kanalları açılması planlanmalıdır.



Şekil 51: Çektirme parça kalıbı hava sıkışma noktaları

4.3. Mekanizma Hareket Analizleri

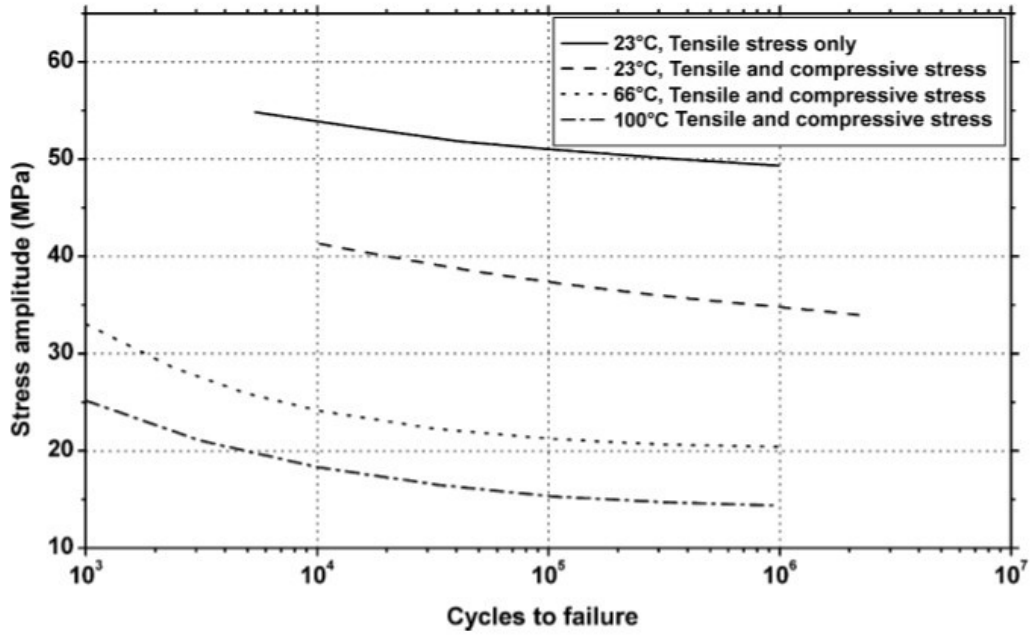
Çektirici parçanın kapının açılıp kapanması sırasında oluşan hareketi ve maruz kaldığı gerilmeler bu bölümde incelenmiştir. Analizler için Solidworks programında nonlinear static yazılım algoritması ve Ansys Workbench nonlinear static modülleri kullanılmıştır. Mekanizma iki ayrı yazılımda da birbirine benzer sonuçlar vermiştir. Detaylı inceleme Ansys Workbench üzerinden yapılmıştır.

4.3.1. Ön hazırlık

Mekanizmanın hareketinin incelenmesi için Ansys non linear static modülü kullanılmıştır. Öncelikli olarak kullanılan malzeme sisteme tanıtılmıştır. Menteşe malzemesi olarak program üzerindeki bir çelik seçilmiştir. POM malzeme için tedarik edilen değerler sisteme girilmiştir. Malzeme genel karakteristiklerinin yanında daha sonraki ömür analizlerinde kullanılmak üzere malzemenin çevrim bazında gerilim tablosu da programa girilmiştir.

Properties of Outline Row 3: POM			
	A	B	C
1	Property	Value	Unit
2	Density	1420	kg m ⁻³
3	Isotropic Elasticity		
4	Derive from	Young's Modulus and P...	
5	Young's Modulus	3400	MPa
6	Poisson's Ratio	0.35	
7	Bulk Modulus	3.7778E+09	Pa
8	Shear Modulus	1.2593E+09	Pa
9	Field Variables		
10	Temperature	Yes	
11	Shear Angle	No	
12	Degradation Factor	No	
13	Alternating Stress Mean Stress	Tabular	
14	Interpolation	Semi-Log	
15	Scale	1	
16	Offset	0	MPa
17	Tensile Yield Strength	73	MPa
18	Compressive Yield Strength	73	Pa
19	Tensile Ultimate Strength	78	Pa
20	Compressive Ultimate Strength	0	Pa

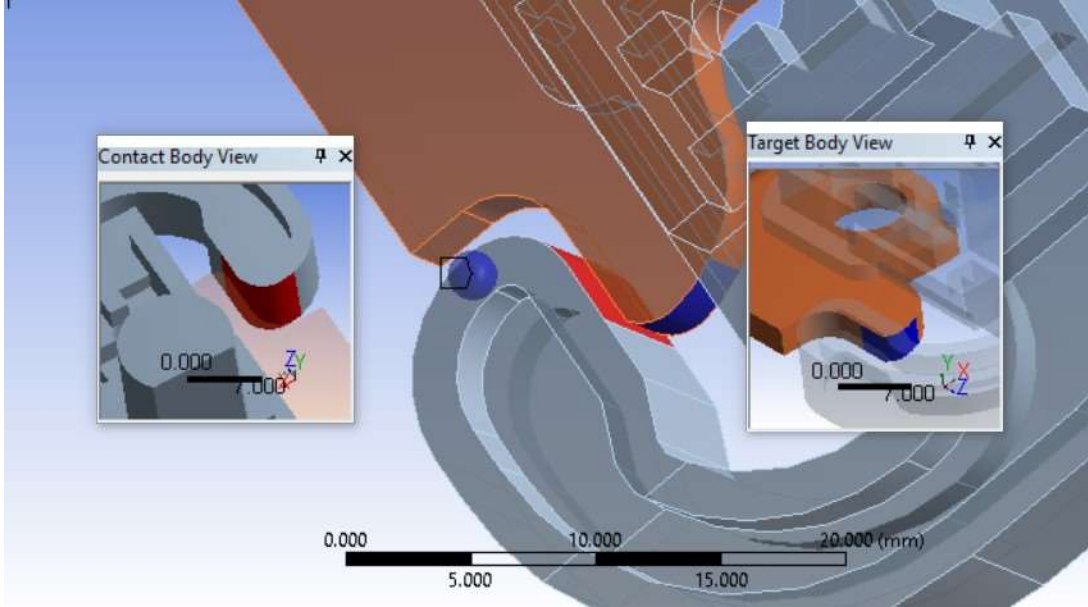
Şekil 52: Analiz için programa girilen POM malzeme değerleri



Şekil 53: POM malzemesi için S-N grafiği

Mekanizmanın hareketi için kuvvet kullanılmamıştır. Bunun yerine çekirici parça pim eksenini etrafında 35 derecelik dönme yapacak şekilde programlanmıştır. Kuvveti oluşturmak için menteşe ile çekirici parça arasına temas yüzeyi tanımlanmıştır.

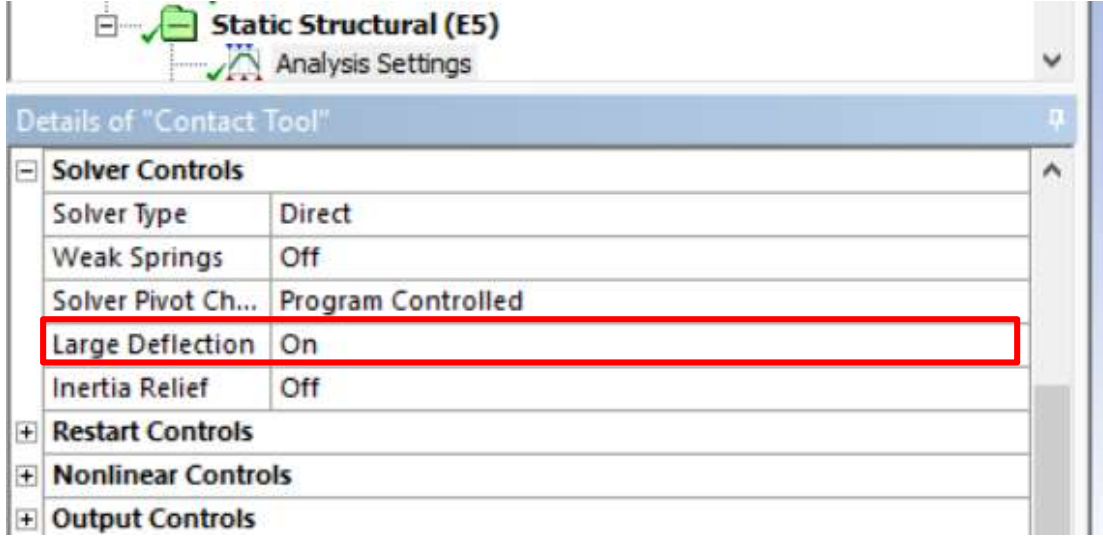
Gerilimi yaratacak olan kuvvet gerçek hayatta olduğu gibi çektirici parça dönmeye başladığında menteşeye sürtmesi ve esnemesi sonucu oluşacak olan kuvvettir. Her iki parça üzerinde de temas yüzeyleri süpürme alanı boyunca oluşturulmuştur.



Şekil 54: Temas edecek yüzeylerin seçilmesi

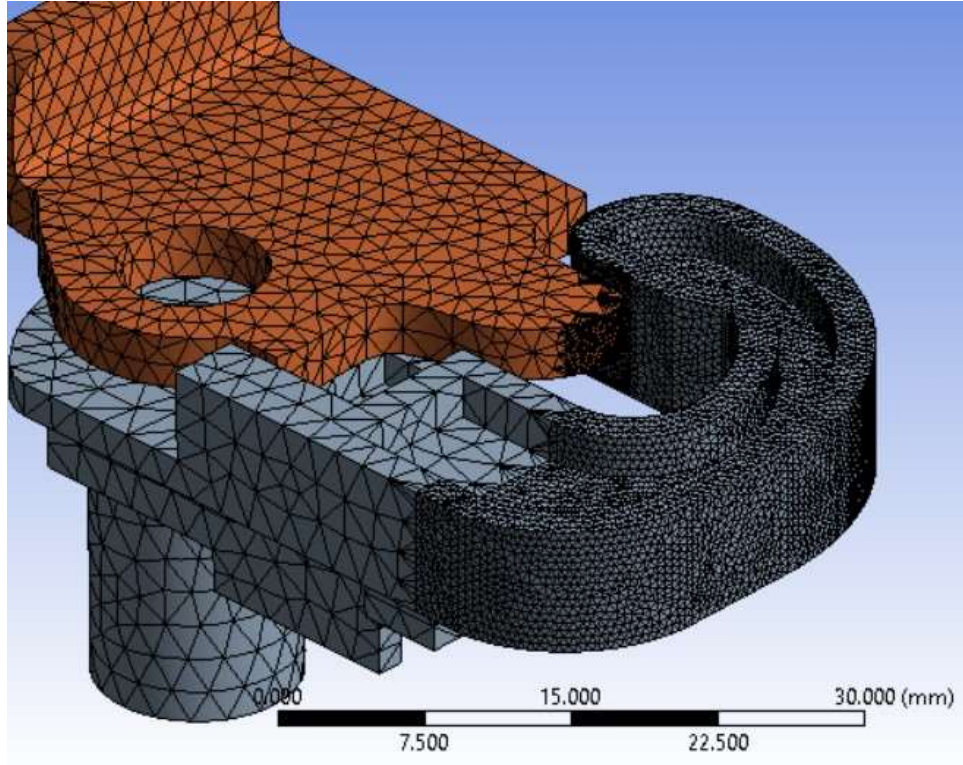
Çektirici parçanın esnemesi sırasında oluşacak kuvvetleri daha iyi simüle edebilmek için non linear modülü kullanılmıştır. Bu modülün lineer modülden farkı; her bir ara adımda malzemenin mevcut gerilimini baz alarak esnekliğini tekrar hesaplamasıdır. İki analiz türünün karşılaştırılması için güzel bir örnek balık oltası kamışının ucu verilebilir. Bu tür bir oltanın ucu boştayken çok esnek olsa da balık yakalama anında oltanın gerilmesi ile bu bölge esnekliğini kaybedecektir. Lineer bir hesapta olta ucu hep esnek kabul edilirken non-linear bir hesapta oltanın boş halinden yüklü haline olan her adımda esnekliği tekrar hesaplanacaktır.

Verilen örnekteki benzer bir durum olarak bu tezin konusu olan sistemdeki çektirici temel olarak bir yaprak yaydır. Bu yayın hareketindeki her adımdaki gerilmesi ve yüklenmesi farklıdır. Bu farkları da hesabın içerisine alabilmek için non-linear analiz modülü kullanılmış ve büyük deplasman seçeneği var olarak işaretlemiştir.



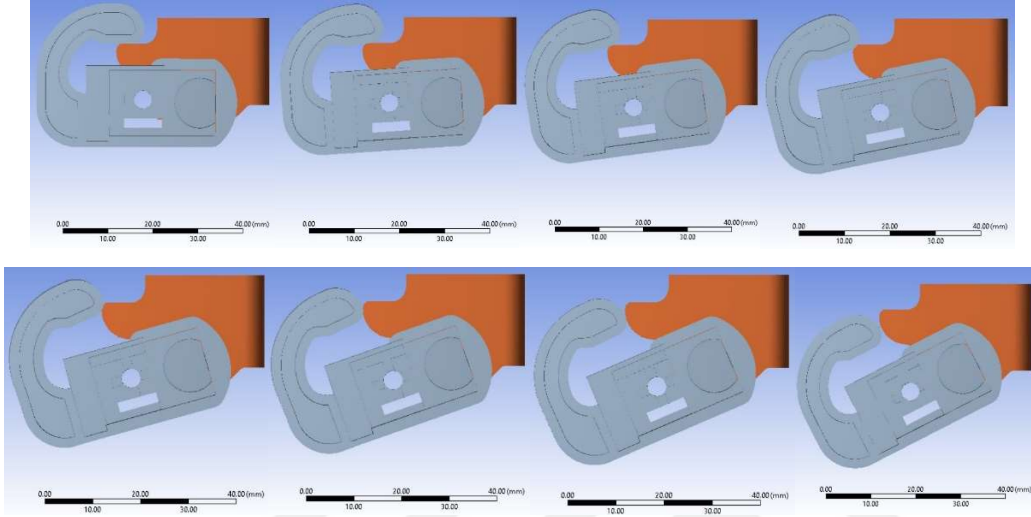
Şekil 55: Analiz için seçilen çözücü değerleri

Parçalar üzerinde çözüm süresini mümkün olduğunca düşürürken sonuçların doğruluğunu ve çözünürlüğünü mümkün olduğunca yüksek tutmak için değişken sıklıklarda mesh kullanılmıştır. Mesh sıklığı kontakt noktalarında ve esnemenin detaylı inceleneceği yaprak yay bölgesinde yüksek sıklıkta tutulurken parçanın geri kalan kısımlarında düşük tutulmuştur.



Şekil 56: Mekanik analiz öncesi modelin mesh yapılmış görünümü

Mekanizmanın çalıştırılması sonucunda menteşe tarafı sabit kalırken çektirici kısmı ise pim ekseninde etrafında dönerek hareket edecektir. Hareket sırasında yaprak yay görevi gören çektirici kolu gerilerek; buzdolabı kullanıcısı açısından kapının açılması sırasında zorlayıcı kapanması sırasında ise yardımcı rolü üstlenecektir.



Şekil 57: Mekanizma hareketi üstten görünümü

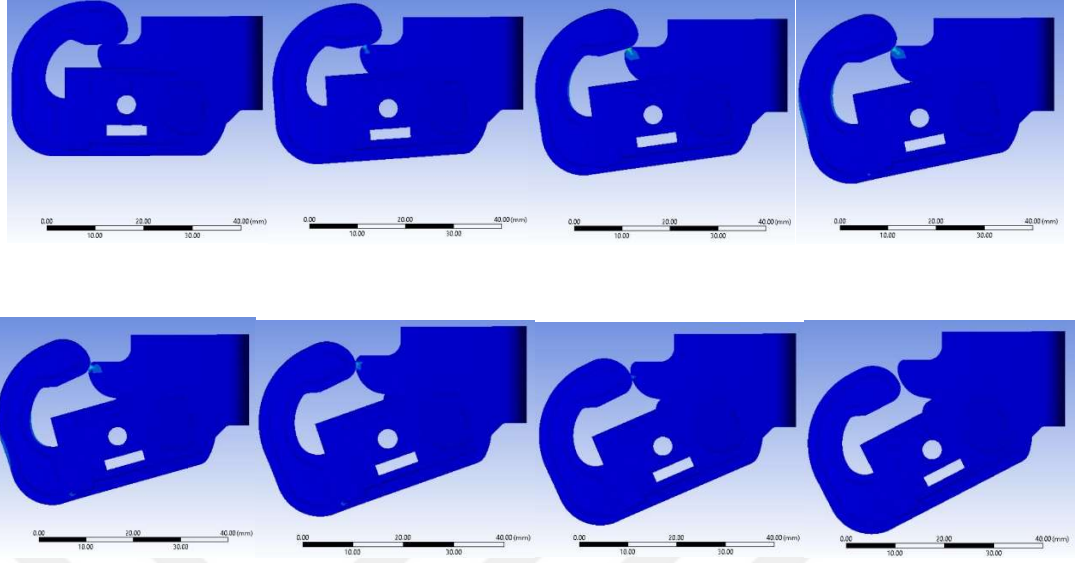
4.3.2. Eşdeğer gerilim analizleri

Çalışma sırasında odaklanılan bölgede gerilimler incelenmiş olup, menteşe kısmında oluşan gerilimlerin çelik malzemesi için göreceli olarak çok düşük olması sebebi ile detay analiz yapılmamıştır. Gerilim ve diğer analizlerin de odak noktası çektirme parçasıdır.

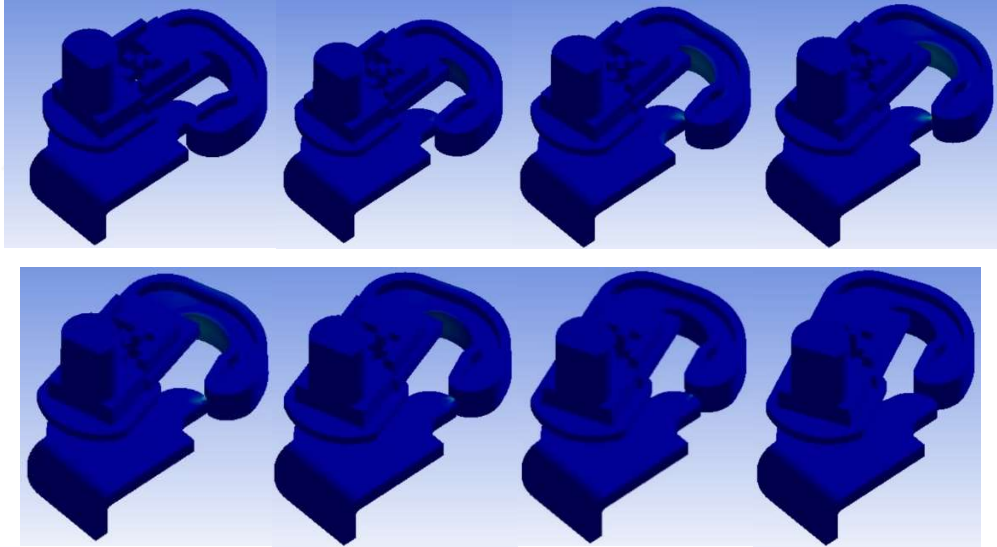
Çektirme parçası üzerinde iki kritik bölgede gerilim gözlenmiştir. Birinci bölge yaprak yayın açılıp kapanarak gerilim yüklediği C bölge'nin orta kısmı, diğeri de çektirme parça ile menteşenin temas noktasında oluşan sürtünme kuvveti kaynaklı gerilmelerdir.

Yaprak yay kısmında oluşan gerilmeler hem açılma hem de kapanma sırasında kendini çekme gerilmesi olarak gösterir. Baskın gerilmelerin çekme gerilmesi olması ve gerilmenin en büyük olduğu aralığın kapının açılırken ve de kapanırken deplasmanın en yüksek olduğu tepe noktasında gerçekleşmesi nedeni ile analizlerde bu anın üzerinde durulmuştur. Kapının kapanırken çektirme parçasının geometrisi nedeni ile

herhangi bir baskı gerilimi oluşturmadığı ve kapanma sırasında da menteşenin çektirici parçayı ittirerek çekme gerilimi oluşumuna sebep olduğu gözlenmiştir.

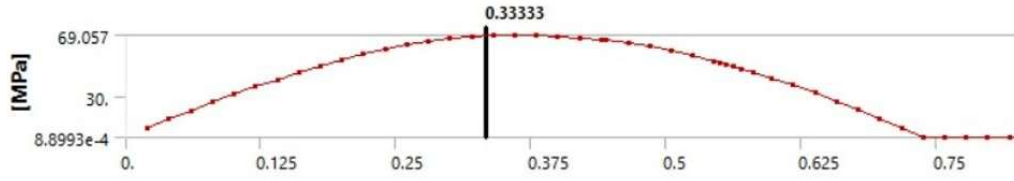
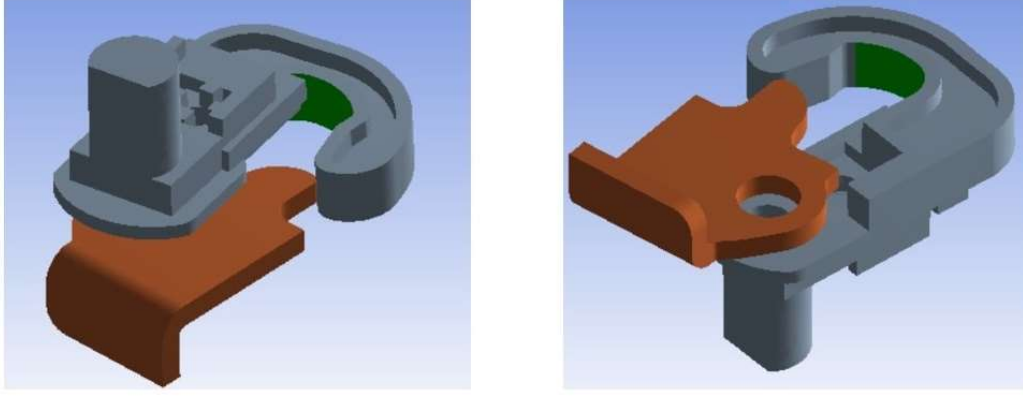


Şekil 58: Mekanizma hareketi ve bu esnadaki gerilimlerin üstten görünümü



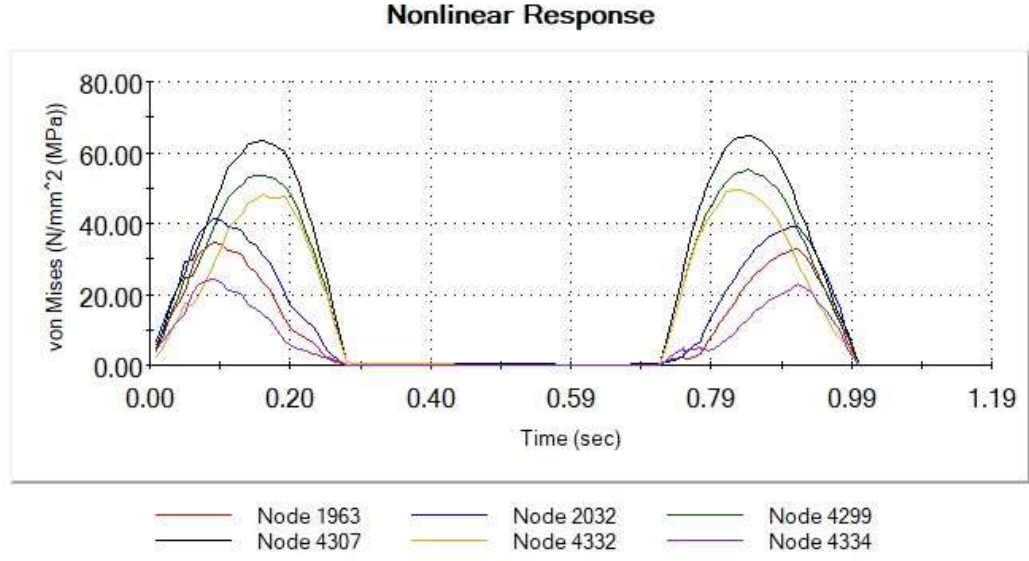
Şekil 59: Mekanizma hareketi ve bu esnadaki gerilimlerin açısıl görünümü

Gerilim noktalarından yaprak yay bölgesinin iç kısmı zaman çizelgesinde normal dağılıma benzer bir grafik çizmekte ve oluşan gerilmeler malzeme plastik deformasyon mukavemetinin altında kalmaktadır. Bu nedenle bu bölgede oluşan gerilmeler beklenen seviyede ve emniyetli olarak değerlendirilmiştir.



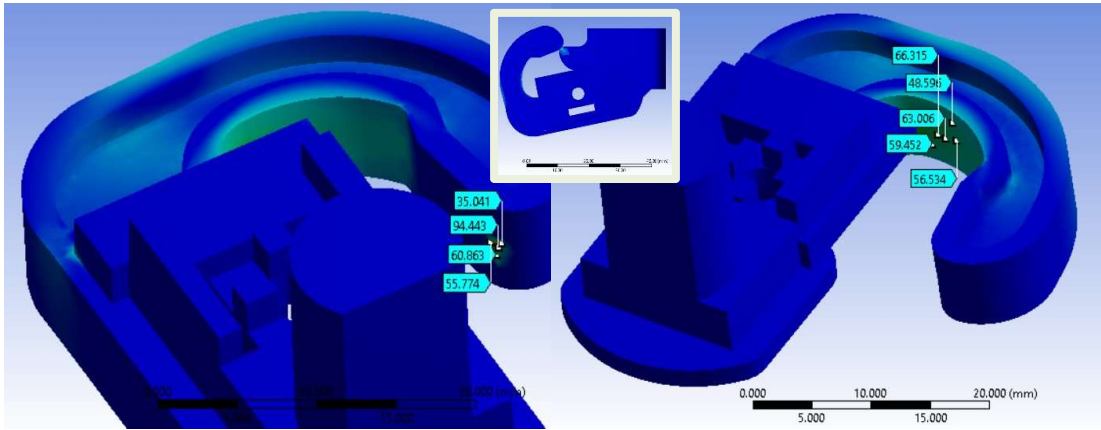
Şekil 60: Yayın iç yüzeyindeki gerilim ölçüm bölgesi ve gerilim ölçüm değerleri

Kapının açılıp kapanması sırasında oluşan gerilme kuvvetleri bu iki durum için birbirine simetrik ve benzer bir yapı göstermektedir. Bu durumun sebebi parça üzerinde oluşan gerilimlerin dış bir kuvvetin sonucundan ziyade çektirici parçanın menteşe üzerinde kayarken yaptığı deplasman sonucu oluşmasıdır. Burada menteşe, kam mekanizmasındaki bir kam gibi davranırken çektirici parçanın ucu da kam mekanizmasındaki izleyici rolünü üstlenir. Pim ucunun izlediği rota her iki durum için benzer olduğundan ve menteşe ucunun, çektirici mekanizmayı herhangi bir anda sıkıştırmaması nedeni ile aşağıdaki şekilde görüldüğü gibi simetriğe yakın bir gerilim eğrisi oluşur.



Şekil 61:Yay bölgesi iç kısmında seçilen bazı noktaların açılma ve kapanma sırasında yüklenmeleri

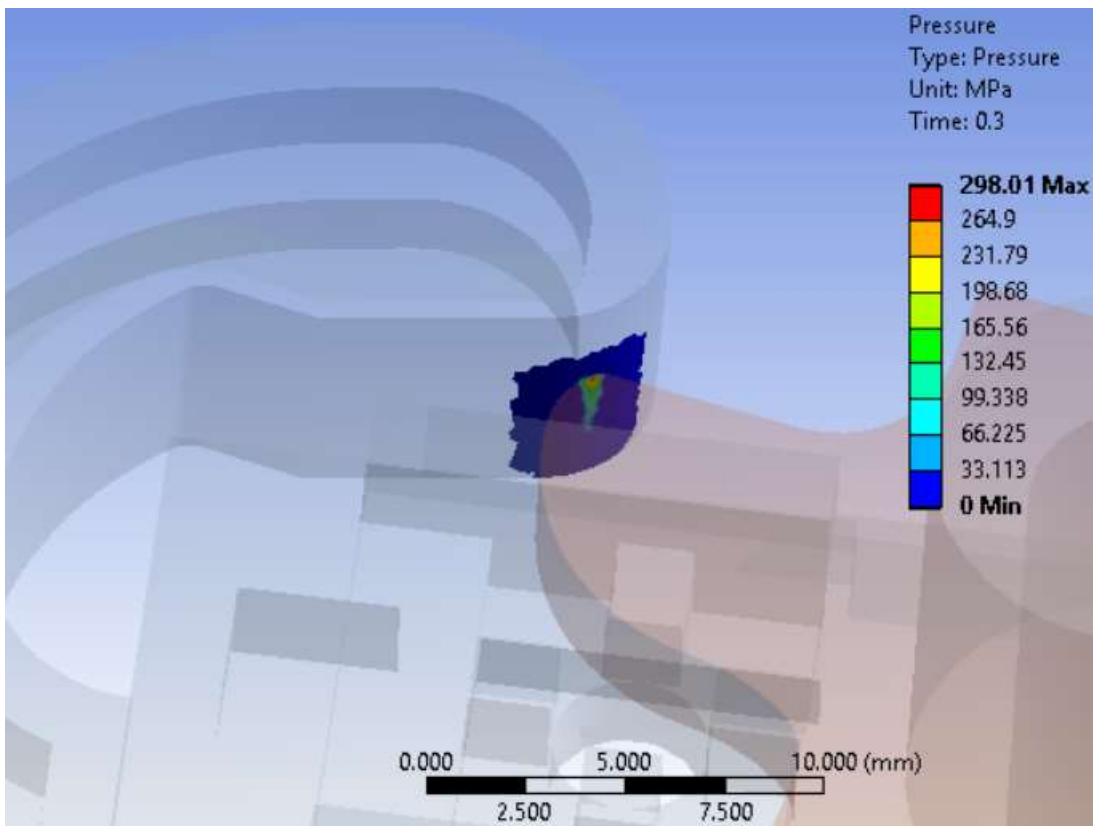
Çektirici parçanın iç kısmındaki gerilimler normal bir yayın elastik sınırlar içerisinde deformasyonu şeklinde bir eğilim gösterirken aynı parçanın kontakt bölgesindeki gerilimlerin temas ve sürtünme nedeni ile noktasal ve daha şiddetli olduğu gözlemlenmiştir.



Şekil 62: En yüksek gerilme anında parça üzerindeki kritik noktalarda oluşan gerilmeler

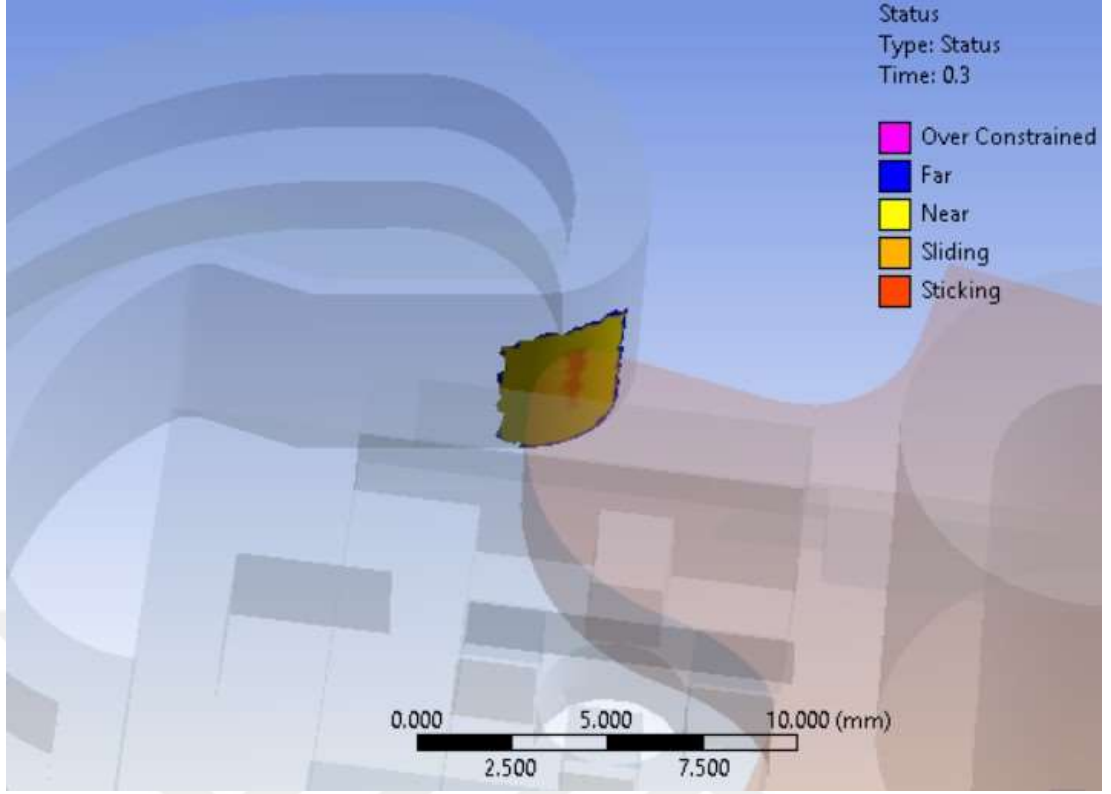
4.3.3. Temas bölgesi analizleri

Temas bölgedeki malzeme akma geriliminin üstünde oluşan gerilimler noktasal olarak gözlenmiştir. Bunun yanında bu tür gerilimler çevrimin her anında değil yalnızca gerilimin en yüksek olduğu, çektiricinin C bölgesinin en çok açıldığı anda gerçekleştiği görülmüştür. Bu anın dışında, çevrimin diğer adımlarında gerilimler malzeme akma geriliminin altında seyretmektedir. Yapılan bu analiz ve sonucunda oluşan değerler bu tür anlık ve noktasal gerilimlerin mekanizma çalışmasına engel teşkil etmeyeceği ancak zaman içerisinde bölgesel aşınmalar ile karşılaşılabilceği şeklinde yorumlanmıştır.



Şekil 63: Gerilimin en yüksek olduğu durumda kontak üzerindeki eşdeğer gerilimler

Temas bölgesindeki en yüksek gerilim anında çektirme paçanın maruz kaldığı gerilme ve sürtünme kuvveti etkisi ile ya da herhangi bir plastik deformasyon ile menteşeye yapışması gibi bir durumun söz konusu olmadığı gözlenmiştir. Çektirme parça, menteşe ile temas olduğu her adımda menteşe üzerinde kayıyor olarak görünmektedir.



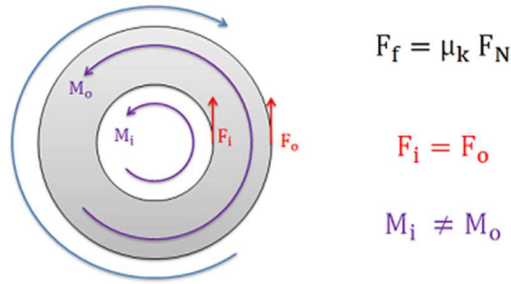
Şekil 64 - Gerilimin en yüksek olduğu durumda kontak durumu

4.3.4. İşlev analizi

Çektirici parça aynı zamanda kapının ağırlığının menteşeye iletiildiği parçadır ve kapının ağırlık yükü bu parça ile menteşeye ve buradan da buzdolabı gövdesine ve yere iletilir. Kapının açılması sırasında çektirici parça ile menteşe arasında oluşan sürtünme kuvveti kullanıcı tarafından yenilebilir. Kapı kapatılırken de aynı durum söz konusu olabileceği gibi işlevsel olarak da çektirici parçanın kapıyı belirli bir açıdan sonra kapatabilmesi beklenmektedir.

İlgili sürtünme kuvvetini hesaplamak için disk sürtünmesi moment hesabı ele alınmıştır. Başka bir yüzey ile sürtünmesi bulunan bir diskin her bir noktasındaki sürtünme kuvveti o noktada bulunan yüzeye dik kuvvet ile malzemeye bağlı olan sürtünme katsayısının çarpımıdır. Yüzeyde oluşan basıncın tamamen homojen (İngilizce: uniform) ve kinetik sürtünme katsayısının her noktada aynı olduğu kabul edilirse, sürtünme alanı boyunca her bir noktada da sürtünme kuvveti aynı olacaktır. Sürtünme kuvvetinin aynı olması, noktaların merkeze olan mesafelerinin farklı olması nedeni ile ilgili noktaların momentlerinin aynı olduğu anlamına gelmemektedir.

Merkeze yakın noktalar daha düşük moment oluştururken, merkezden uzak noktaların oluşturacağı moment daha büyüktür.



Şekil 65: Disk sürtünmesi sonucu oluşan kuvvet ve moment (şematik gösterim)

Sürtünme alanı boyunca oluşan toplam momenti bulmak için aşağıdaki formülden yararlanır. Bu formüle göre her bir noktadaki yüzeye dik basınç, sürtünme katsayısı ile ve ilgili noktanın merkeze olan uzaklığı ile çarpılarak kümülatif toplamı alınır.

$$M = \int_A dM = \int_A \mu_k * p * r * dA$$

Denklem 1: Belirli bir alanda oluşan sürtünme momenti tespiti için genel formül

Formülü sadeleştirmek için sürtünme katsayısı ve yüzeye dik basınç sabit kabul edilerek integralin dışına alınır. Yüzeydeki basınç da yüzeye uygulanan toplam kuvvetin, yüzey alanına bölünmesi şeklinde dönüştürülebilir.

İntegralin içinde kalan alan değişkeni “dA” da yarıçap üzerinden formülize edilir. Diferansiyel mertebesinde alan değişimi basitçe çemberin çevresi ile yarıçap diferansiyelinin çarpımıdır. Bu bileşeni de formüle işledikten sonra formül aşağıdaki şekli alacaktır.

$$M = \mu_k \frac{F_{load}}{\pi(R_o^2 - R_i^2)} \int_{R_i}^{R_o} r * (2\pi r) dr$$

Denklem 2: Belirli bir alanda oluşan sürtünme momentinin tespiti için oluşturulan formül

$$M = \frac{2}{3} \mu_k F_{\text{Load}} \left(\frac{R_o^3 - R_i^3}{R_o^2 - R_i^2} \right)$$

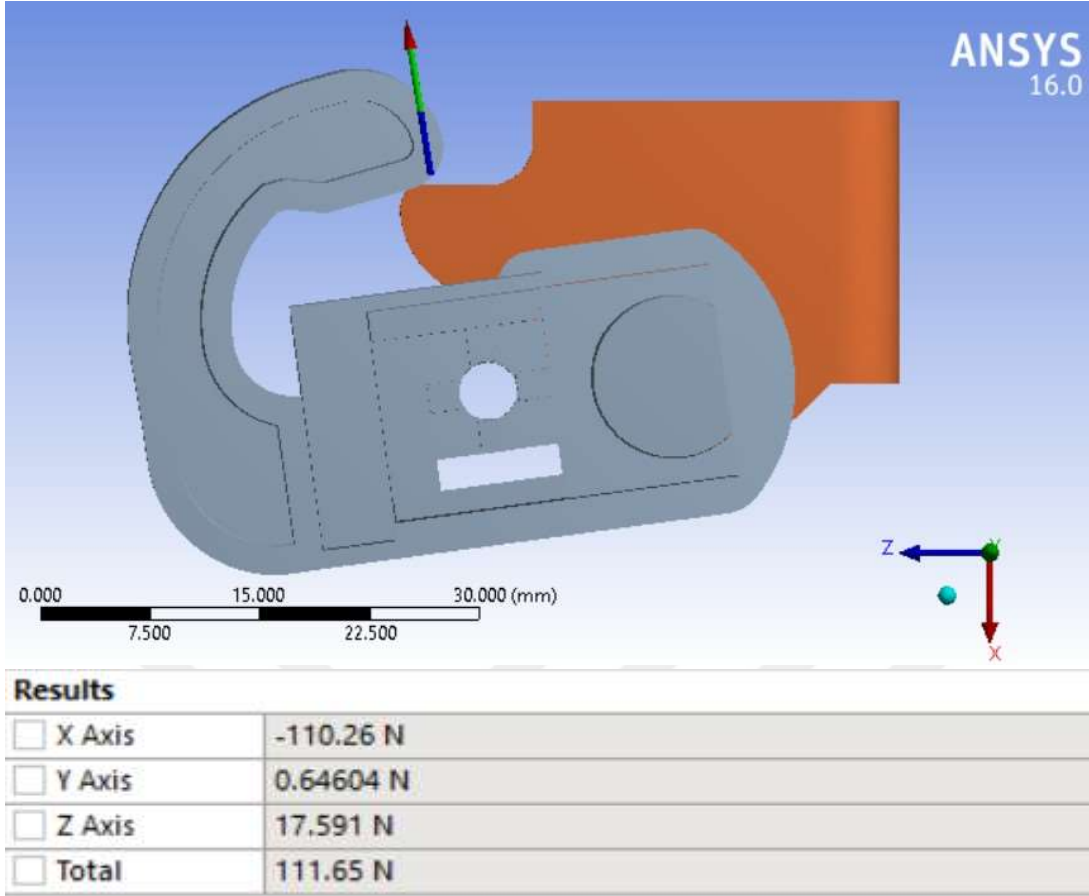
Denklem 3: Belirli bir alanda oluşan sürtünme momentinin tespiti için sadeleştirilmiş formül

Menteşe piminin sürtünen bölgesi altıgen şeklindedir. Altıgenin kenarı 13mm ve uzun köşegeni 24mm'dir. Dairenin dış çapı 24mm iç çapı da 12mm olarak kabul edilmiştir. POM ile çelik arasındaki sürtünme katsayısının da 0,35 olarak alınması durumunda hesaplanan sürtünme momenti şu şekilde hesaplanır:

$$M = \frac{2}{3} \cdot 0,35 \cdot (30 \cdot 9,81) \cdot \left(\frac{24^3 - 12^3}{24^2 - 12^2} \right) = 1920 \text{ Nmm}$$

Denklem 4: Kapıda oluşan sürtünme momentinin hesaplanması

Kapının ağırlık kuvveti ile oluşan bu sürtünme momentine karşılık çektirme mekanizmasında da parçanın gerilimi sonucu oluşan kuvvet ile bir moment oluşturulur. Parçanın menteşeye temas noktasının kapı dönme eksenine uzaklığı yaklaşık 19mm'dir. Çektirme noktasında oluşacak kuvvet aşağıdaki şekilde gösterilmiştir. Bu gösterimde Z ve Y ekseninde oluşan kuvvetlerin kapının kapanmasına etkisi yoktur. Bu nedenle sadece X ekseninde oluşan 110N'luk kuvvet dikkate alındığında kapıyı kapatacak moment 2090 Nmm olarak hesaplanır.



Şekil 66 - Çekme anında oluşan kuvvet yönü ve şiddeti

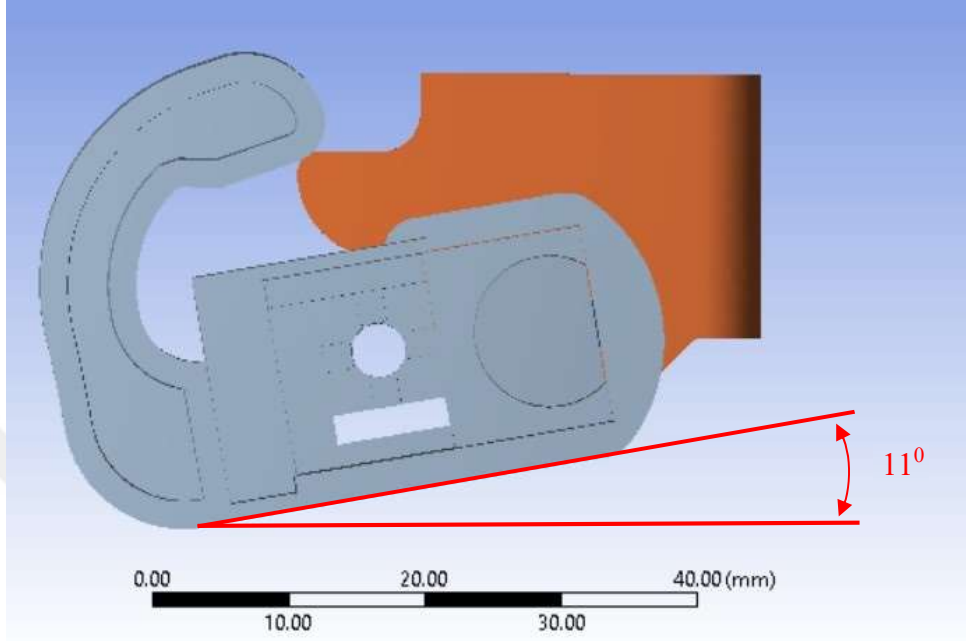
$$M = 19mm \cdot 110N = 2090 Nmm$$

Denklem 5: Çektirme mekanizmasının oluşturduğu momentin hesaplanması

Kapıyı kapatacak olan 2090Nmm'lik moment, kapı ağırlığı ile oluşturulan sürtünme momentinden büyük olarak hesaplandığı için çektirme mekanizmasının belirlenen yük ile kapıyı kapı aralık mesafesinden serbest bırakıldığında kapatacağı sonucuna varılmıştır.

Kapı çektirme mekanizmasının kritik çalışma ölçüsü olarak ön tasarım aşamasında 100mm kapı aralık mesafesi belirlenmişti. Bu ölçünün teyidi amacı ile çektirme yayının menteşe pimi üzerinden atlacağı nokta kritik açı olarak tespit edilir ve bu noktadaki çektirme açısı ölçülür. Kapı çektirme parçasının kapıya paralel olduğu gözetilerek bu açı aynı zamanda buzdolabı kapısının açısı olarak alınır.

Kapı genişliği 700mm olmasına karşın menteşe piminden kapının diğer kenarına olan ölçü 680mm'dir. Bahsedilen açının da 11 derece olarak ölçüldüğüne göre geometrik bir hesap ile 132mm olarak hesaplanmıştır.



Şekil 67: Kritik noktada kapı açısı

$$KAM = 680 \text{ mm} * \tan(11) = 132\text{mm}$$

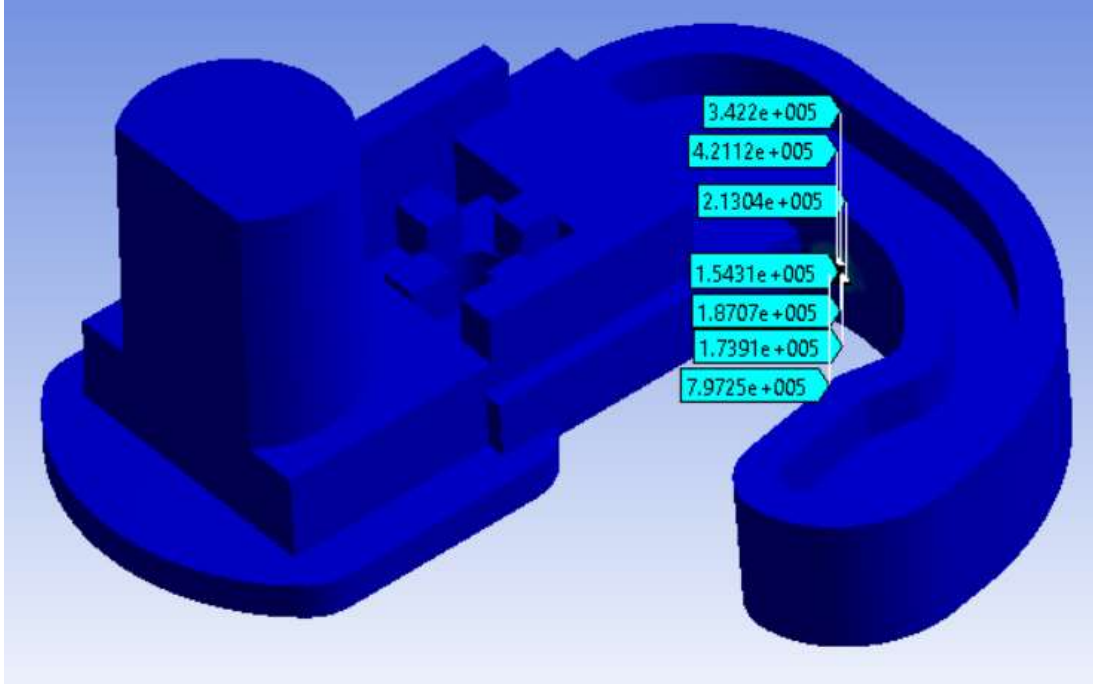
Denklem 6: Çektirme mekanizmasının kapatma mesafesi hesaplanması

4.3.5. Ömür analizi

Buzdolabında kapı çektirme mekanizmasının ömür analizi için kapının açılıp kapanması bir çevrim olarak alınmıştır. Çevrim adedini belirlemek için de ortalama bir kullanıcının buzdolabının kapısını günde ortalama 25 kez açacağı varsayılmıştır. Bu tasarıma konu olan buzdolabı mekanizmasının kullanım ömrü 10 yıl olarak varsayıldığında toplam çevrim yukarıya yuvarlanarak 100.000 çevrim olarak kabul edilmiştir.

Ansys üzerinde çalıştırılan ömür analizinde yüklemeler sıfır tabanlı ya da yükleme-boşaltma şeklinde iki grupta tanımlanabilir. Sıfır tabanlı yüklemelerde gerilimler sıfırdan ölçülen en fazla değere kadar sinüsoidal bir şekilde yüklenirken; yükleme-boşaltma şeklindeki yüklemelerde gerilimler ölçülen en fazla değer -1 ile çarpımından ölçülen en yüksek değere kadar sinüsoidal bir şekilde yüklenir. Önceki

başlıklarda incelenmiş olan gerilme analizlerinde çektirme parçasının herhangi bir basma gerilimine maruz kalmadığı görülmüştür. Bu nedenle kurgulanan analizde sıfır tabanlı gerilme kullanılmış olup, kapının açılıp kapatılması iki gerilme fakat tek çevrim olarak tanımlanmıştır.

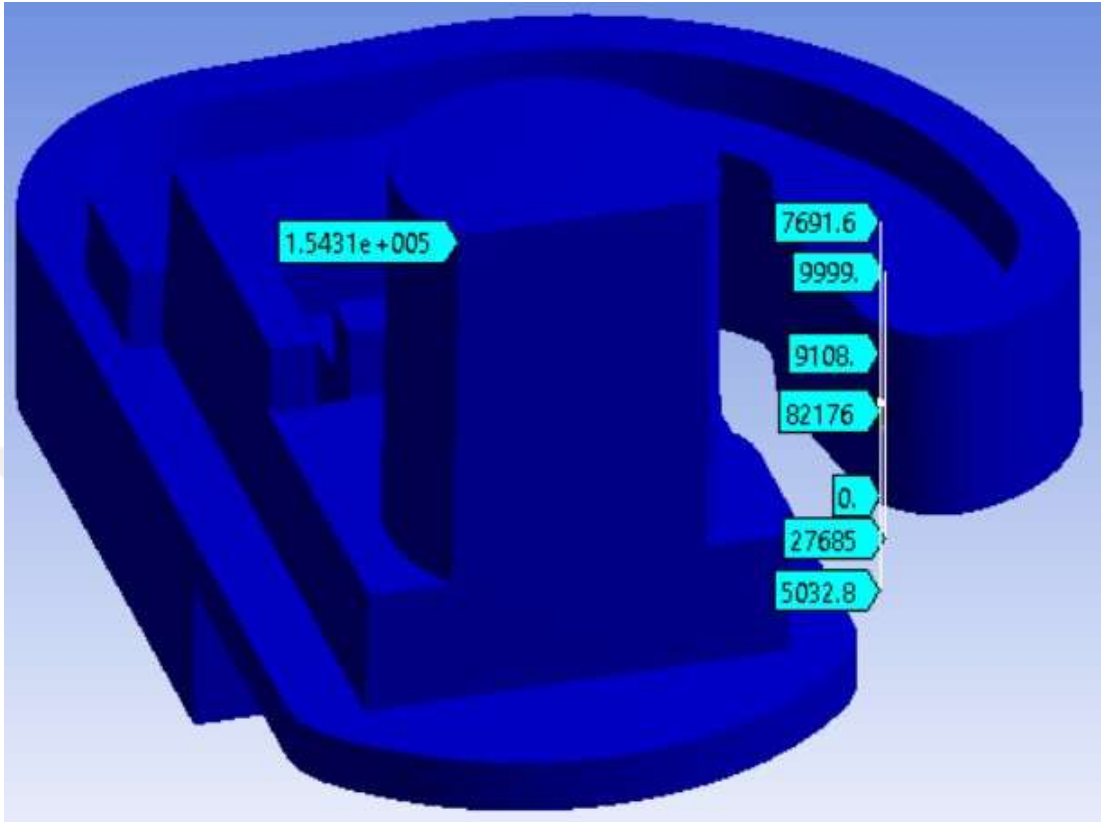


Şekil 68: Yayın iç yüzey bölgesinde ömür analizi

Çektirme parçasının yay iç bölgesinde oluşan gerilimler sonucunda bu bölgede oluşan asgari ömür yaklaşık 150.000 olarak ölçülmüştür. Bu ölçümler yayın merkezdeki ve en çok gerilen bölgesindeki ölçümlerdir. Yay bölgesinin genelinde çevrimler bu değerin çok üzerindedir. Şekil 68: Yayın iç yüzey bölgesinde ömür analizi, bu bölgede ölçülen ömür değerlerinin bir kısmı gösterilmiştir

Çektirme parça ile menteşenin temas bölgesi incelendiğinde bu bölgede oluşan gerilimler neticesinde noktasal hatalar tespit edilmiştir. Bu durum daha önceki gerilme analizinde de benzer şekilde tespit edilmiştir. Yapılan bu analiz ve sonucunda oluşan değerler gerilme analizinde olduğu gibi bu tür noktasal gerilimlerin mekanizma çalışmasına engel teşkil etmeyeceği ancak zaman içerisinde bölgesel aşınmalar olarak kendini göstereceği şeklinde yorumlanmıştır. Aşağıdaki analiz resminde 0,1mm

apında bir çember içerisinde birbirinden çok farklı değerlerin bulunması mrsel problem yaratacak olarak sonuç alınan bölgenin noktasallığının bir ifadesidir.



Şekil 69: Kontak bölgesinde ömür analizi

4.4. Deneysel Analiz

n tasarımı ve detay tasarımı yapılmış olan ektirme mekanizması, bilgisayar ortamında yapılan analizlerin deneysel olarak doğrulanması için testlere tabi tutulmuştur. Bu testler mekanizmanın işlevini yerine getirdiğini gözlemlemek ve mekanizmanın çalışma ömrünü gözlemlemek amaçları ile iki alt baŐlıkta incelenmiştir.



Şekil 70: Alt menteşenin montajlanmış görünümü

4.4.1. İşlevsellik deneyi

Mekanizmanın işlevini yerine getirip getirmediğini gözlemlemek amacı ile basit bir çalışma deneyi yapılmıştır. Buzdolabı kapısı çektirme mekanizmasından beklenen görev kullanıcının kapıyı belirli bir noktaya getirdikten sonra kapının kendiliğinden kapanmasıdır. Bu kritik mesafe ön tasarım sırasında 100mm olarak tespit edilmiştir. Tasarımı yapılan parça bir buzdolabına takılarak kapı aralık mesafesi 100mm ölçüsüne getirilmiş ve kapı bu noktadan serbest bırakılmıştır. Çektirme mekanizması bu mesafeden kapıyı başarılı bir şekilde kapatabilmiştir.



Şekil 71: KAM'den serbest bırakılan buzdolabı kapısı görünümü

4.4.2. Ömür deneyi

Buzdolabı kapısı çektirme mekanizmasının ömür deneyi için ömür analizi kısmında belirtirmiş olan çevrimin deneyi planlanmıştır. Deney düzeneğinde kurulan mekanik bir kol sayesinde itme ve çekme mekanizması ile buzdolabı kapısı sürekli olarak açılıp kapanmaktadır. Deney düzeneği hızına bağlı olarak bu şekilde günde 7000 ile 9000 arasında çevrim elde edilebilir. Buzdolabı kapısının açılma kapanma çevrimi sırasında çektirme mekanizması üzerinde gerilim oluşması istenmektedir. Sistemin yüklenmiş bir şekilde test edilebilmesi için bu durum gereklidir. Buzdolabı kapısı açılırken çektirme parçası kendiliğinden gerilir. Kapının kapanması sırasında ise eğer kapının kapanma hızı belirli bir limitten fazla ise çektirme parça üzerinde gerilim oluşmayabilir. Bu durumun deneyi etkilememesi için deney düzeneğinde kapı belirli bir mesafeye kapanacak kadar mekanik kol ile ittirilecektir. Bu noktadan sonrası için ise kapı, mekanik kol ile ittirilmek yerine; çektirme mekanizmasının kapıyı kapatması beklenecektir. Bu durumun sağlanabilmesi için deney mekanizmasındaki mekanik kol ile buzdolabı kapısına bir ip bağlanmış ve kuvvet akışı bu ip üzerinden planlanmıştır. Kapı açılırken ip gerilerek kuvveti iletip kapıyı açarken kapı kapanması sırasında belirli bir noktadan sonra mekanik kol kapıyı kapanma yönünde itmeyi durdurur ve ip üzerinden de basma kuvveti iletilemediğinden kapının kapanma işi çektirme parçaya bırakılmıştır.



Şekil 72: Kapı açma kapama deneyi düzeneği

Yapılan deney sırasında sürtünme kuvvetini ve kapı çektirme mekanizmasının üzerine binecek olan yükün arttırımı için kapının yüklenilmesine karar verilmiştir. Analiz ön hazırlık sırasında belirlenen test parametreleri gereğince tüm kapı rafları, 0,5 kilogram ağırlığında ve 80 mm çaplı ağırlıklarla alabildiğince yüklenir. Yumurtalıklar test esnasında çıkartılır (sabit olanlar hariç).

İki raf arası serbest mesafe 250 mm veya daha büyük ise ağırlıklar üç sıra dizilir; iki raf arası serbest mesafe 100 mm ve 250 mm arasındaysa iki sıra dizilir; 100 mm'den az ize tek sıra dizilir. Bu şekilde bir dizilim ile buzdolabı kapısına 23 kg yükleme yapılabilmektedir. (İlgili değerler, Arçelik gizliliği nedeni ile örnek olarak verilmiştir. Test için kullanılan standartlar farklıdır. Test için kullanılan ağırlık toplamı 23 kilogramdır).



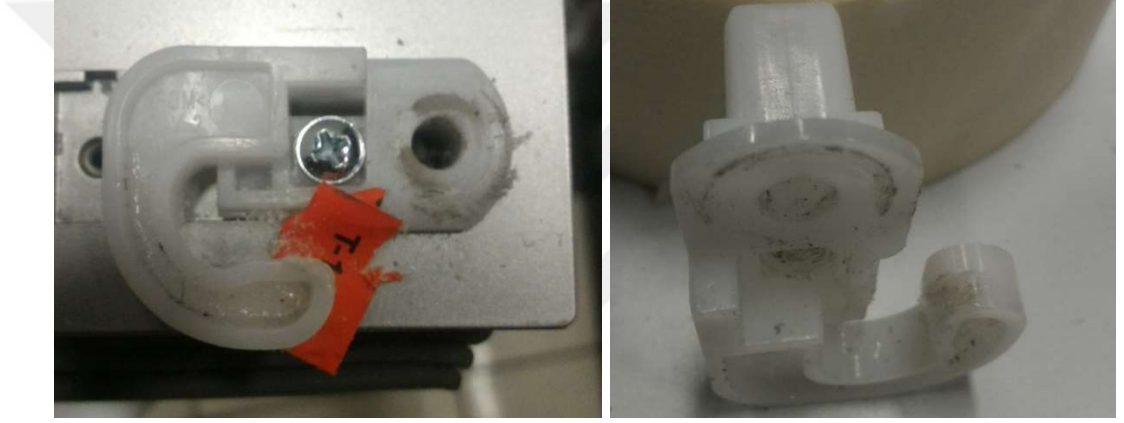
Şekil 73: Buzdolabı kapısı raflarının ağırlıklar ile yüklenmesi

Ömür deneyi sırasında buzdolapları günlük olarak gözlemlenmiştir. Deney düzeneği 7 gün 24 saat çalışacak şekilde kurgulanmıştır. Deney düzeneği her gün belirli bir saatte durdurularak mevcut çevrim sayısı ve mekanizma durumu gözlemlenerek kaydedilmiştir.

Hedeflenen 100.000 çevrim sayısına ulaşıldığında deney düzeneği durdurulmuş ve ilgili parçalar sökülerek durumları incelenmiştir. Parçanın işlevsel olarak; teste başlanan ilk ana göre daha zayıf olsa da tasarım kriterlerine uygun bir şekilde görevini

yerine getirdiği tespit edilmiştir. Parçalar sökülüp detaylı inceleme yapıldığında yaprak yay kısmında bir deformasyon gözlenmemiş ancak sürtünme oluşturulan temas bölgesinde aşınmalar gözlemlenmiştir. Mekanizmanın çekme kuvvetinde hissedilen ve kapı aralık mesafesini düşüren kayıpların bu aşınma ile olduğu sonucuna varılmıştır.

Temas noktasında oluşan aşınmalar hem gerilme testlerinde hem de ömür deneyinde öngörüldüğü şekilde zaman içerisinde aşınmaya yol açan ancak işlevsel olarak sorun teşkil etmeyecek nitelikte olarak gözlemlenmiştir. Bunun dışında yatağın menteşe üzerine bindiği ve oluşan disk sürtünme bölgesinde herhangi bir aşınma gözlemlenmemiştir.



Şekil 74: 100.000 çevrim sonunda parça görünümü

Ömür testinin 100.000 çevrimi sonrası incelenmek için sökülen parçalar; sistemin sınırlarını test etmek amacıyla kapı üzerine tekrar montajlanarak ömür testi devam ettirilmiştir. Günlük incelemeler sırasında 140.000 çevrimde kapı çektirme mekanizmasının görevini yapamaz hale geldiği gözlemlenmiştir. Yapılan inceleme çektirme mekanizmasının temas bölgesine oluşan aşınmanın sonucunda temas noktasında oluşan aşınmanın ilerlediği ve çektirme parça içerisine doğru yaklaşık 2mm'lik bir aşınma olduğu gözlemlenmiştir. Bu aşınmanın mekanizma çalışmasını imkansız kıldığı tespit edilmiştir.



Şekil 75: Ömür deneyi sonunda mekanizmanın görünümü

4.4.3. Mukayese mekanizması deneyi

Mukayese tasarımı olarak tespit edilmiş olan ilave yaylı, pimi menteşede ve yaylı kapıda olan tasarım prototip yapılarak deney sonuçları değerlendirilmiştir. Tasarımın prototipi kendinden yaylı mekanizma ile aynı testlere tabi tutulmuştur.

İşlevsellik deneyi için kapı tüm raflarına ağırlıklar koyulduktan sonra 100mm seviyesine açılarak serbest bırakılmıştır. Kapının bu bölgeden kendiliğinden kapandığı gözlenmiştir. Kendinden yaylı mekanizma ile karşılaştırıldığında kullanıcının kapı hissiyatı olarak farklılıklar gözlenmiştir. Menteşenin bir tepe noktası olması nedeni ile kapı hareketi esnasında yukarıya doğru hareket etmektedir bu nedenle müşteride tepe noktasından sonra kapının kapanacağı hissi uyandırılmaktadır. Kendinden yaylı mekanizmada ise çektirme parça yatay düzlemde çalıştığından ve sürekli menteşe ile temas halinde olduğundan bu hissiyat oluşmamaktadır.

İşlevsellik testi sonrasında mukayese mekanizması ömür testine tabi tutulmuştur. Test şartları bir önceki maddede belirtilen ve kendinden yaylı mekanizmaya uygulananlar ile aynıdır.



Şekil 76: Mukayese meknizma parçaları ömür testi öncesi görünüşleri

Ömür testinde hedef çevrim 100.000 olarak tespit edilmiştir. Mekanizmanın 100.000 çevrim sonunda işlevselliğinde herhangi bir problem tespit edilememiştir. Mekanizma kapı çektirme mesafelerini ve kullanıcı hissini muhafaza etmektedir.



Şekil 77: Mukayese meknizma parçaları ömür testi 100.000 çevrim sonu

Mekanizmanın sınırlarını gözlemleyebilmek adına mekanizma ömür testi devam ettirilmiştir. Ömür testi 217.000 çevrime ulaştığında mekanizma içerisindeki yayın kırıldığı ve mekanizmanın işlevsiz kaldığı gözlemlenmiştir. Bunun yanında menteşe yatağında aşınmalar ve parça kopmaları da gözlenmiştir. Belirtilen çevrim mekanizmanın ömrünün tespiti olarak yorumlanmıştır.



Şekil 78: Mukayese meaknızma parçaları ömür testi 250.000 çevrim sonu

5. SONUÇ

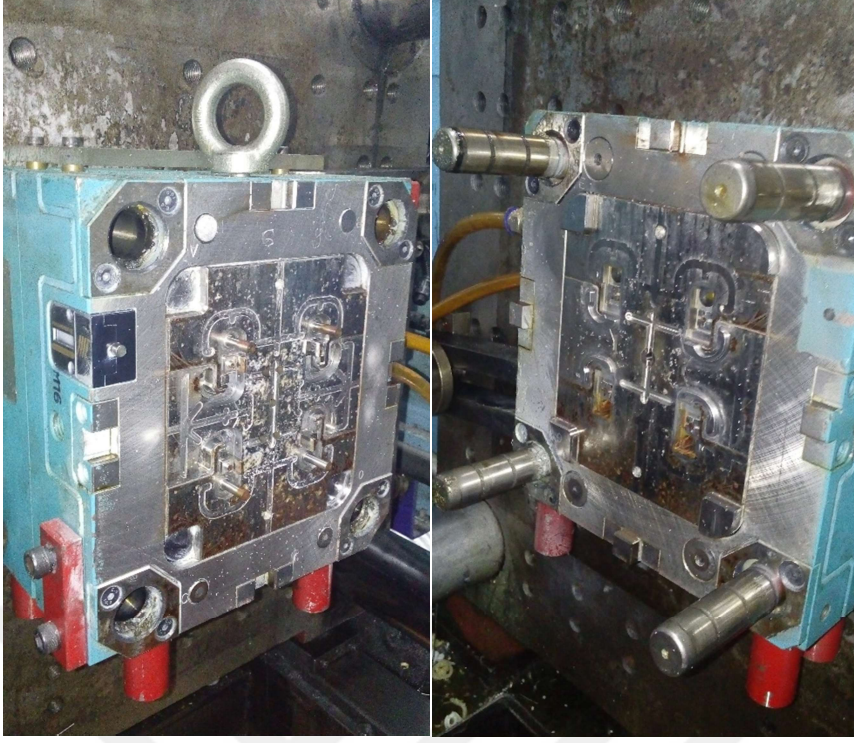
Tasarım kurallarına uyularak tasarımı yapılan mekanizma grubu önce statik analize tabi tutulmuş akabinde mekanizmadaki kritik eleman olan çekirme parçanın akış analizinde enjeksiyon prosesi simule edilerek dolum esnasındaki malzeme davranışı görülmüştür. Mekanizmanın bütünü hareket analizleri ile incelenmiş ve mekanizmanın kritik davranışları gözlenerek mekanizmanın çalışması ile ilgili yorumlar geliştirilmiştir. Tüm bu analizler deneylere yansıtılmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Bu tez çalışmasına konu olan tasarımın öncelikli hedefi beklentileri asgari maliyet ile karşılaması olarak tespit edilmiştir. Yapılmış olan bu tasarım ile beklentiler hem yatırım maliyetini hem de malzeme maliyetini asgari düzeyde tutmuştur. Yapılan mukayese ile bu durumun bedelinin algısal kalite ve ürün ömrü ile ödendiği de gözlemlenmiştir.

Özellik	Tasarlanan Mekanizma	Mukayese Mekanizma
Algısal Kalite	Orta	★ Yüksek
Malzeme Maliyeti	★ Düşük	Yüksek
Yatırım Maliyeti	★ Düşük	Orta
Mekanizma Ömrü	Beklenen Seviyede	★ Yüksek

Tablo 7: Yapılan tasarım ve mukayese tasarımı özellik karşılaştırması

Bu çalışma sonucunda mevcut pahalı uygulamalara alternatif olarak, uygun maliyetlerle ve hızlıca uygulanabilir bir çözüm geliştirilmiştir. Çalışmanın sonunda mekanizmanın ürünler üzerinde uygulanmasına karar verilmiştir. Menteşe parçası için yeni kalıp yaptırılmamış mevcut büküm kalıbının açınım formu değiştirilerek uygulama imkanı verilmiştir. Çekirme mekanizmasının enjeksiyon parçası için dört gözlü bir enjeksiyon kalıbı devreye alınmıştır.



Şekil 79: Çalışma sonunda devreye alınan enjeksiyon kalıbı

Dünyanın her bölgesinden üreticilerin aynı coğrafyalarda rekabet ettiği beyaz eşya sektöründe son kullanıcıyı doğrudan etkileyen çözümleri üretmek kadar, rekabet gücünü arttırabilmek için bu teknolojileri uygun maliyetlerle geliştirmek ve üretebilmek de önemlidir. Teknolojiyi geliştirme ve üretme sürecindeki her bir ilave maliyet, ürün fiyat endeksini arttırmakta ve pazardaki rekabeti zorlaştırmaktadır. Bazı pazarlarda ürün üzerine ilave bir fonksiyon için ürün maliyetinde artış talep edilebilirken bazı pazarlarda ise ürün maliyetinde artış mümkün değildir. Bu tezin sonucunda pazara sunulan tasarım ile asgari yatırım ve kullanım maliyeti ile, ürün maliyetini arttırmadan son kullanıcıya ek bir fonksiyon sunma olanağı doğmuştur. Bu nedenle tasarım 2018 üçüncü çeyrek itibari ile seri üretimde devreye alınmak üzere projelendirilmiştir.





KAYNAKLAR

- AKKURT, S.** (1991) Plastik malzeme bilgisi, İstanbul: Birsen Yayınevi.
- AKYÜZ Ö. Faruk,** (2001) Plastikler ve Plastik Enjeksiyon Teknolojisine Giriş, PAGEV Yayınları, İstanbul.
- BIRON M., MARİÇHAL O.** (2013) Thermoplastics and Thermoplastic Composites, 2nd Edition, Elsevier Publications.
- CRACKNELL P.S., DYSON R.W.** (1993) Handbook of thermoplastics injection mould design”, 1st Edition, Blackie Academic & Professional.
- DOSTAL, C.A.** (1998) Plastic Part Design Approach. Engineering Plastics, United States of America: ASM International.
- DUPONT Engineering Polymers,** (2011) Delrin Design Guide—Module III.
- DYNEON,** (2011) Injection Moulding Handbook
- ERİŞKİN Yakup,** İbrahim UZUN, Hacim Kalıpçılığ, Millî Eğitim Basımevi,
- GÜNDOĞDU, U. E.** (2011) Polimerik Malzemeler ile Tüketici Elektronik Ürünleri Tasarımı. (Yüksek lisans tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- KENNEDY, P.K.** (2008) Practical and scientific aspects of injection molding simulation. Doktora Tezi, Eindhoven Teknik Üniversitesi, Eindhoven.
- LAURENCE W. McKeen,** (2010) Fatigue and Tribological Properties of Plastics and Elastomers, Elsevier.
- NAKASONE, Y., STOLARSKİ, T. A., YOSHİMOTO, S.** (2006) Engineering Analysis with ANSYS Software, Oxford : Butterworth-Heinemann.
- ÖZCAN Şefik, BULUT Halit,** Atölye ve Teknolojisi 2, Gül Yayınevi, Ankara
- ÖZCAN Şefik, BULUT Halit,** Atölye ve Teknolojisi 3, Gül Yayınevi, Ankara
- ÖZÇELİK, G.** (2004). Enjeksiyon Kalıp Tasarımı ve Mukavemet Hesapları. (Yüksek lisans tezi). Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- PİŞKİN Erhan,** (2003) Polimerler – II, Mühendislik Polimerleri, PAGEV Yayınları, İstanbul.
- SHEN, J.** (2010) Design and molding simulation of a plastic part. Yüksek Lisans Tezi, Rensselaer Polytechnic Institute, Hartford, Connecticut, 2010.
- SCHOTT Nick R., ROSATO Marlene G., ROSATO Donald V.,** (2010) Plastics Technology Handbook - Volume 1, Momentum Press, New York.

STRONG A. Brent, (1996) *Plastics Materials and Processing*, Second Edition
PrenticeHall Inc.

TURAÇLI Hasan, (200) *Enjeksiyon Kalıpları İmalatı*, PAGEV Yayınları, İstanbul.

VURAL, M. (2013) *Plastikleri Şekillendirme Yöntemleri* [PowerPoint slides].
İstanbul Teknik Üniversitesi, Makine Fakültesi.

YAŞAR Hikmet, (1992) *Plastikler Dünyası*, (TMMOB), Ankara.

Url-1 <<http://www.mksendustriyel.com>>, erişim tarihi 12.10.2017

Url-2 <<http://www.designingwithplastic.yama-designing.com>>, erişim tarihi 14.10.17

Url-3 <<http://www.polimersan.com.tr>>, erişim tarihi 14.10.2017

Url-4 <<http://www.padtinc.com>>, erişim tarihi 04.11.2017

Url-5 <<http://adaptivemap.ma.psu.edu>>, erişim tarihi 06.11.2017

ÖZGEÇMİŞ

Ad-Soyad: Serhat Şengün
Doğum Tarihi ve Yeri: 1986, İstanbul
E-posta: serhat.sengun@gmail.com
Öğrenim Durumu: Lisans
2009, Yıldız Teknik Üniversitesi,
Makine Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü

MESLEKİ DENEYİM:

2009 – 2012 Arçelik, Ar-Ge mühendisi, Bolu
2012 – 2014 Arçelik, Üretim mühendisi, Güney Afrika
2014 – 2016 Arçelik, Üretim hattı takım lideri, Güney Afrika
2016 – 2018 Arçelik, Ar-Ge takım lideri, Eskişehir
2018 – devam Arçelik, Üretim takım lideri, Eskişehir