

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BULAŞIK MAKİNESİ ALTERNATİF PERVANE TASARIMI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ahmet Hamit YILMAZ

Makina Mühendisliği Anabilim Dalı

Konstrüksiyon Programı

ARALIK 2018

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BULAŞIK MAKİNESİ ALTERNATİF PERVANE TASARIMI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Ahmet Hamit YILMAZ
(503161226)**

Makina Mühendisliği Anabilim Dalı

Konstrüksiyon Programı

Tez Danışmanı: Dr. Öğretim Üyesi Vedat TEMİZ

ARALIK 2018

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 503161226 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Ahmet Hamit YILMAZ, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “BULAŞIK MAKİNESİ ALTERNATİF PERVANE TASARIMI” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Dr. Öğretim Üyesi Vedat TEMİZ**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Dr. Öğr. Üyesi Atakan Altunkaynak**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi İlyas İstif
Yıldız Teknik Üniversitesi

Teslim Tarihi : **16 Kasım 2018**
Savunma Tarihi: **13 Aralık 2018**





Babama,



ÖNSÖZ

Bu tez çalışması Arçelik A.Ş Araştırma ve Geliştirme Merkezi tarafından desteklenen bir projedir.

Yüksek lisans tez çalışmama danışmanlık yapan, benden yardımlarını esirgemeyen değerli hocam Dr. Öğretim Üyesi Vedat TEMİZ'e saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmamın her aşamasında yanımda olan, değerli fikirleri ile desteğini ve güvenini benden esirgemeyen Emre AYAROĞLU'na en içten teşekkürlerimi sunarım. Tecrübesiyle ve bilgisiyle her zaman yanımda olan Dr. Osman Gökhan ERSOY'un şahsına teşekkür ederim.

Tez çalışmama değerli katkılarda bulunan Deniz BİLGİLİ'ye, Ahmet Onur MOZA'ya, Sezgin KILIÇ'a ve Resul KARTAL'a teşekkür ederim.

Ayrıca yüksek lisans ve çalışma arkadaşlarım Nazlı Ecem ÇOKER ve İsa TOSUN'a çalışmalarımda yanımda olarak bana sağladıkları desteklerinden dolayı teşekkür ederim.

Bu çalışmanın gerçekleşmesini sağlayan ve her zaman destek olan Sn. Kutay EDİS ve Arçelik AR-GE Dijital Modelleme ve Yapısal Tasarım Yöneticiliği ailesine teşekkür eder, minnetlerimi sunarım.

Her daim yanımda olan, desteğini her zaman hissettiren sevgili aileme sonsuz teşekkür ederim.

Kasım 2018

Ahmet Hamit YILMAZ
Makina Mühendisi



İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖNSÖZ	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR	xi
SEMBOLLER	xiii
ÇİZELGE LİSTESİ	xv
ŞEKİL LİSTESİ	xvii
ÖZET	xix
SUMMARY	xxi
1. GİRİŞ	1
1.1 Tezin Amacı ve Kapsamı	1
1.2 Bulaşık Makinesinin Tanıtılması	2
1.2.1 Bulaşık makinesinin yapısı	2
1.2.2 Bulaşık makinesi çalışma prensibi	6
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	9
2.1 Yıkama Performansını Etkileyen Faktörler	9
2.2 Yıkama Performansı Standartlarının Belirlenmesi	10
2.3 Patent Araştırması	11
3. SİSTEM GEREKSİNİMLERİNİN BELİRLENMESİ	19
3.1 Amaç	19
3.2 Bulaşık Makinesi Yıkama Sisteminin İncelenmesi	19
3.3 İstekler Listesi	23
4. ALTERNATİF FONKSİYON STRÜKTÜRLERİNİN BELİRLENMESİ	25
4.1 Alternatif Fonksiyon Strüktürü 1	26
4.2 Alternatif Fonksiyon Strüktürü 2	32
4.3 Alternatif Fonksiyon Strüktürü 3	33
4.4 En İyi Alternatifin Belirlenmesi	34
5. DETAY TASARIMIN YAPILMASI	39
5.1 Tasarımın Doğrulanması	44
5.2 Malzeme Seçimi Aşaması	46
5.3 Yapısal Analiz Çalışması	49
5.4 Kullanıcı Deneyimi Araştırması	54
5.5 Tolerans Analizi Çalışması	60
5.6 Sistemin Montajı	65
6. DENEYSEL ÇALIŞMALAR	69
7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	75
KAYNAKLAR	77
ÖZGEÇMİŞ	79



KISALTMALAR

EN	: European Standard
CAD	: Computer Aided Design
Ar-Ge	: Araştırma Geliştirme
E	: Elastisite Modülü
mm	: Milimetre
g	: Gram
cm³	: Santimetreküp
g/cm³	: Gram/santimetre küp
POM	: Polyoxymethylene
PP	: Polipropilen
MPa	: Megapascal
mm³	: Milimetre küp
N	: Newton
N.mm	: Newton milimetre
N/mm²	: Newton/milimetre kare
MPa	: Megapascal
3D	: Three dimension
FCR	: Function Completion Rate
TCR	: Test Completion Rate
SUS	: System Usability Survey
DIN	: Deutsches Institut für Normung
WC	: Worst Case
IEC	: International Electrotechnical Commission



SEMBOLLER

$^{\circ}$	: Derece
$^{\circ}\text{C}$	: Santigrat derece
Σ	: Hedef ağırlık toplamı
r	: Yarıçap
R_t	: Ortalama Temizleme Puanı
P	: Yıkama Endeksi
i	: Dişli Çevrim Oranı
M	: Moment





ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1: Yıkama performansı sınıfları [11].	10
Çizelge 3.1: İstekler listesi.	23
Çizelge 4.1: Değer puanları ve sözel karşılıkları [14].	37
Çizelge 5.1: Karşı ağırlığın kütesinin bulunması	40
Çizelge 5.2: Malzemelerin dinamik sürtünme katsayıları	47
Çizelge 5.3: Dinamik model versiyonları	51
Çizelge 5.4: Analiz sonucu yalpa miktarları	51
Çizelge 5.5: Analiz sonucu yalpa miktarları	52
Çizelge 5.6: Güçlendirilmiş tahrik pervanesi analiz sonucu yalpa miktarları	54
Çizelge 5.7: 3 kollu pervanenin köşe konumunda yaptığı yalpa miktarı	63
Çizelge 5.8: 3 kollu pervanenin kenar konumunda yaptığı yalpa miktarı	64
Çizelge 6.1: Kir alanı-yıkama puanı tablosu [15].	70
Çizelge 6.2: Konvansiyonel pervanenin yıkama performansı sonuçları	71
Çizelge 6.3: Mevcut konvansiyonel pervanenin yıkama performansı puanı	71
Çizelge 6.4: Geliştirilen pervanenin yıkama performansı sonuçları	73
Çizelge 6.5: Geliştirilen pervanenin yıkama performansı puanı	73



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1: Bulaşık Makinesi [2].	2
Şekil 1.2: Bulaşık makinesinin yapısı ve komponentleri [3].	3
Şekil 1.3: Kapı grubu patlatılmış montaj görünümü [3].	3
Şekil 1.4: Ön panel grubu patlatılmış montaj görünümü [3].	4
Şekil 1.5: Yıkama grubu komponentleri [3].	5
Şekil 1.6: Kazan grubu patlatılmış montaj görünümü [3].	6
Şekil 1.7: Bulaşık makinesi hidrolik devresi [3].	7
Şekil 2.1: Bulaşık makinesi pervanesi	11
Şekil 2.2: US5842492 numaralı patent görseli	12
Şekil 2.3: US5944037 numaralı patent görseli	13
Şekil 2.4: CN201505114 numaralı patent görseli	13
Şekil 2.5: CN201675909 numaralı patent görseli	14
Şekil 2.6: EP2292134 numaralı patent görseli	15
Şekil 2.7: US2012111380 numaralı patent görseli	16
Şekil 2.8: CN202277318 numaralı patent görseli	16
Şekil 2.9: EP2545838 numaralı patent görseli	17
Şekil 2.10: EP2606805 numaralı patent görseli	18
Şekil 3.1: Alt pervanenin makine içindeki konumu	20
Şekil 3.2: Alt pervane üzerinde bulunan nozuller	20
Şekil 3.3: Alt pervanenin taradığı alan	21
Şekil 3.4: Sistemin önden kesit görünüşü	21
Şekil 3.5: Sistemin sol kesit görünüşü	22
Şekil 3.6: Sistemin üst görünüşü	22
Şekil 4.1: Temel fonksiyon	25
Şekil 4.2: Morfolojik analiz	26
Şekil 4.3: Kare delik açan matkap mekanizması	26
Şekil 4.4: Reuleaux üçgenin kare alan taraması	27
Şekil 4.5: Mekanizmanın köşe konumunda olması	27
Şekil 4.6: Mekanizmanın kenar konumunda olması	28
Şekil 4.7: Bulaşık makinesi sol kesit görünüşü	29
Şekil 4.8: Mekanizmanın şematik gösterimi	29
Şekil 4.9: Mekanizmanın hareketinin gösterimi	30
Şekil 4.10: Planet dişli mekanizmasının gösterimi [13].	31
Şekil 4.11: Mekanizmanın ve dişlilerin konumu	31
Şekil 4.12: Mekanizmanın görünümü	32
Şekil 4.13: Alternatif 2 mekanizmasının görünüşü	33
Şekil 4.14: Alternatif 3 mekanizmasının görünüşü	34
Şekil 4.15: Hedefler tablosu ve ağırlıkları	36
Şekil 4.16: Hedefler büyüklükler matrisi	38
Şekil 5.1: Sistemin denge noktası	40

Şekil 5.2: Karşı ağırlığın konumunun gösterimi.....	41
Şekil 5.3: Suyun akış hattı	41
Şekil 5.4: Tahrik pervanesinin filtre destek parçasına montaj görünüşü	42
Şekil 5.5: Merkez dişlinin filtre destek parçasına montaj görünüşü	42
Şekil 5.6: Filtre destek parçasının kamalı yapısının görünüşü	43
Şekil 5.7: Üç kollu pervanenin tahrik pervanesine montaj görünüşü	43
Şekil 5.8: Dişli çarklar ve tahrik pervanesi prototip parçaları	44
Şekil 5.9: Prototip parçalarının montaj görünüşü	45
Şekil 5.10: Yeni tasarımın taradığı alan.....	45
Şekil 5.11: Bulaşık makinesi alt sepet yerleşimi	46
Şekil 5.12: Mekanizmanın sürtünme bölgeleri	48
Şekil 5.13: Burçların gösterimi.....	49
Şekil 5.14: Tahrik pervanesinde görülen deformasyonlar	50
Şekil 5.15: Tahrik pervanesi kuvvet aktarım mekanizması	52
Şekil 5.16: Revizyon sonrası tahrik pervanesi alt parçasının görünümü	53
Şekil 5.17: Revizyon sonrası tahrik pervanesi üst parçasının görünümü	53
Şekil 5.18: Yeni tasarım pervanenin TCR sonucu.....	57
Şekil 5.19: SUS skor skalası	57
Şekil 5.20: Değerlendirme soruları ve sonucu.....	58
Şekil 5.21: Tahrik pervanesinin revizyon öncesi görünümü	59
Şekil 5.22: Tahrik pervanesinin revizyon sonrası görünümü	59
Şekil 5.23: Filtre destek parçasının kritik ölçüleri ve toleransları	60
Şekil 5.24: Merkez dişli parçasının kritik ölçüleri ve toleransları	61
Şekil 5.25: Tahrik pervanesi alt parçasının kritik ölçüleri ve toleransları	61
Şekil 5.26: Tahrik pervanesi üst parçasının kritik ölçüleri ve toleransları	62
Şekil 5.27: Pervane dişlisinin kritik ölçüleri ve toleransları	62
Şekil 5.28: 3 kollu pervanenin köşe konumu.....	63
Şekil 5.29: 3 kollu pervanenin kenar konumu	64
Şekil 5.30: Mekanizmanın montajı.....	65
Şekil 5.31: Tahrik pervanesinin montajı.....	66
Şekil 5.32: 3 kollu pervanenin montajı	66
Şekil 5.33: Pervanelerin birbirine montajı	67
Şekil 5.34: Sistemin makineye montajı	67
Şekil 5.35: Sistemin makine içerisindeki görünümü	68
Şekil 6.1: Bulaşıkların standart alt ve üst sepete yerleşimi.....	69

BULAŞIK MAKİNESİ ALTERNATİF PERVANE TASARIMI

ÖZET

Günümüzde insan hayatını kolaylaştıran makineler arasında yer alan beyaz eşyalar üzerine yapılan çalışmalar her geçen gün artmaktadır. Enerji tüketimi düşük, daha performanslı makineler üretmek firmaların temel hedefidir. Bu amaçla şirketlerin AR-GE merkezlerinde araştırma ve geliştirme faaliyetleri yürütülmektedir. Beyaz eşya sektöründe yer alan firmalar birbirleri ile rekabet ederken geliştirdikleri teknolojilerle birbirlerinden ayrılmakta ve müşteri algısına hitap eden ürünler geliştirmektedir. Ürünün son adresi olan müşteriye hitap eden ergonomisi yüksek, fonksiyonel ve ulaşılabilir ürünler üretmek firmalar arasındaki rekabeti arttırmaktadır.

Bu çalışmada yıkayıcı ev aletlerinden olan bulaşık makinesinin yıkama performansını arttırmaya yönelik tasarlanan pervane mekanizması incelenmiştir. Arçelik Merkez AR-GE direktörlüğü Dijital Modelleme ve Yapısal Tasarım Yöneticiliği ve Arçelik Bulaşık Makinesi İşletmesi arasında ortak yürütülen bu proje kapsamında geliştirilen pervane ve alternatifleri anlatılmaktadır. Geliştirilen pervanenin detay tasarımları oluşturulmuş ve seri üretimine geçilerek piyasaya sunulmuştur.

Çalışma kapsamında öncelikle bulaşık makinesi çalışma prensibi ve bulaşık makinesi komponentleri incelenmiştir. Daha sonra literatür araştırması kapsamında yıkama performansına etki eden parametreler ortaya konmuştur. Bu parametreler mekanik etki, kimyasal etki, zaman ve sıcaklık olarak sıralanabilir. Patent araştırması yapılarak tekniğin bilinen durumu belirlenmiş ve firmaların yıkama sistemleri incelenerek çok yönlü bir araştırma yapılmıştır. Literatürde belirtilen standartlara göre bulaşık makinesi temizleme performansı değerlendirme ölçütleri ve yıkama performansı sınıflarının belirlenme kriterleri araştırılmıştır.

Bulaşık makinesi yıkama performansını arttıracak çözümleri belirlemek amacıyla sistem gereksinimleri belirlenmiştir. Önerilen çözümün uygulanması düşünülen Arçelik bulaşık makinesinin yapısı incelenmiştir. Sistemin boyutları, konstrüksiyon kısıtları ve işleyişi belirlenerek sistem sınırları çizilmiştir. Mevcut bulaşık makinesinde kullanılan pervanenin yapısı ve çalışma prensibi incelenmiştir. Yapılan bu çalışmalar sonrasında konstrüksiyon sistematiğine göre istekler listesi oluşturulmuştur. İstekler listesi oluşturulurken müşteri beklentileri ve firma istekleri dikkate alınmıştır. Bu doğrultuda yıkama performansını arttırmak amacıyla pervanenin tasarımında değişiklik yapılmasına karar verilmiştir.

İstekler listesi belirlendikten sonra alternatif fonksiyon strüktürleri oluşturulmuştur. Alternatif fonksiyon strüktürleri oluşturulduktan sonra alternatiflerin taslak çizimleri yapılmıştır. Taslak çizimlerin ardından alternatifler CAD ortamında modellenerek konsept tasarımları oluşturulmuştur. Oluşturulan her alternatifin temel fonksiyonu, pervanenin tarama alanını arttırmak olmakla beraber fonksiyonu gerçekleştirme şekli farklıdır. Pervane tasarımı için oluşturulan alternatif fonksiyon strüktürlerinin alt fonksiyonları oluşturularak her birinin avantajları ve dezavantajları belirlenmiştir. Ağırlıklı hedefler matrisiyle alt fonksiyonlardan en iyisi seçilerek hedef büyüklükler matrisi oluşturulmuştur. Ağırlıklı hedefler matrisindeki alternatiflerden en iyi skora sahip olan alternatif belirlenmiştir. Matrisin yanı sıra ekonomik değerlendirme de göz

önüne alınarak alternatifler karşılaştırılmış ve en iyi sonuca sahip alternatifin detay tasarımı yapılmıştır.

Detay tasarım aşamasında ilk olarak sistemde kullanılacak dişli çark mekanizmasının boyutlandırılması yapılmıştır. Mekanizmada kullanılacak olan tüm parçaların plastik enjeksiyon yöntemiyle üretilmesine karar verilmiştir. Bu nedenle parçalar plastik parça tasarım kriterlerine uygun olarak tasarlanmıştır. Detay tasarım çalışması tamamlanarak sistemin prototipi yapılarak sistemin çalışması sırasında, imalat ve montaj aşamalarında oluşabilecek problemler tespit edilmeye çalışılmıştır. Prototipleme aşamasında dişli çark parçaları ve tahrik pervanesi parçaları talaşlı imalatla POM malzemeden; üç kollu pervane ve filtre destek parçaları hızlı prototipleme yöntemi ile 3D yazıcıda üretilmiştir. Parçaların tasarımda verilen ölçülere uygun olduğu tespit edildikten sonra dişli çark mekanizmasının montajı yapılarak test aşamasına geçilmiştir. Test aşamasında sistem, bulaşık makinesi içerisine gruplanarak sistemin öncül yıkama performansı testleri yapılmıştır. Yıkama testleri sonrası teknik problemler tespit edilmiş ve problemlere çözüm önerileri oluşturulmuştur. Seri üretimde kullanılacak malzeme hammaddeleri seçilmiştir. Yıkama testleri sırasında oluşan problemlerin kaynağını tespit etmek ve çözüm oluşturmak amacıyla yapısal analiz ve tolerans analizi çalışmaları yapılmıştır. Oluşturulan çözüm önerileri tasarıma aktarılmıştır.

Pazardaki çeşitliliğin fazla olması, firmalar arasında rekabetin artması ekonomik koşulların da etkisiyle markaların geliştirdiği çözümler müşteri odaklı olmak zorundadır. Sunulan çözümler; kullanıcının günlük yaşamda yaşadığı problemler, eksiklikler ve arzuları doğrultusunda şekil kazanmaktadır. Bu nedenle sunulan çözüm kullanıcı deneyimi ile sonuçlanmaktadır. Problemin belirlenmesiyle birlikte bulaşık makinesinde uygulanacak yeni pervane tasarımının adresi son kullanıcıdır. Yapılan kullanıcı deneyimi testinde, bulaşık makinesi yıkama sistemi için yapılan bir iyileştirme olmakla beraber kullanıcının da pervaneyi ve pervanenin çevresindeki komponentleri kolay kullanması amaçlanmaktadır. Bu amaçla yeni pervane tasarımı kullanılabilirlik testine alınmıştır. Test, evde günlük kullanımı simüle eden görevlerin test katılımcıları tarafından yerine getirilmesi sağlanarak yapılmıştır. Test katılımcılarına algısal kalite soruları da test esnasında yöneltilmiştir. Pervanenin kullanıcıya yaşattığı deneyim analiz edilmiş ve gelişime açık yönleri tespit edilmeye çalışılmıştır. Tasarım finalize edilirken bu kriterler göz önüne alınmış ve tasarımda revizyon yapılarak sistemin açık yönleri kapatılmaya çalışılmıştır.

Tasarlanan pervanenin yıkama etkinliğini belirlemek ve konvansiyonel pervane ile arasındaki yıkama performansı farkını ölçmek amacıyla EN50242 “Ev tipi bulaşık makinelerinin performansının ölçülmesi” başlıklı standardına göre Arçelik Bulaşık Makinesi İşletmesi’nde testler yapılmıştır. Yıkama performansı ölçülen yeni tasarımda yıkama etkinliğinin arttığı gözlenmiş ve yıkama performansındaki iyileşme sayısal olarak belirlenmiştir. Geliştirilen pervanenin yıkama performansı puanı hesaplanarak referans makineye göre puanı oranlanarak yıkama performansı sınıfı belirlenmiştir.

ALTERNATIVE SPRAY ARM DESIGN FOR DISHWASHER

SUMMARY

Nowadays, studies on household appliances that simplify people's lives is increasing every day. Producing machines with low energy consumption and more performance is the main goal of the companies. For this purpose, research and development activities are carried out in R&D centers of companies. The companies in the white goods sector are separated from each other by the technologies they develop while competing with each other and develops products that address customer perception. Producing high ergonomics, functional and accessible products that address the customer's last address increases the competition between firms.

Dishwashers take part almost every home nowadays and they have been being designed so as to ease style of human living. In this extent of study, history of dishwasher has been examined. Dishwashers are defined as machines which perform kitchen equipments cleaning and rinsing. The first cleaning system has been discovered at second half of 19th century and they are not automatic as today's machines and they have more likely mechanic structure. Then, automatic dishwashers have been coming into human life at 20th century. By development and optimization, these machines has been transformed into current figure.

A dishwasher is a mechanical device for cleaning dishware and cutlery automatically. Unlike manual dishwashing, which relies largely on physical scrubbing to remove soiling, the mechanical dishwasher cleans by spraying hot water, typically between 45 and 75 °C at the dishes, with lower temperatures used for delicate items. A mix of water and dishwasher detergent is pumped to one or more rotating spray arms, which blast the dishes with the cleaning mixture. Once the wash is finished, the water is drained, more hot water enters the tub by means of an electro-mechanical solenoid valve, and the rinse cycle begins. After the rinse cycle finishes and the water is drained, the dishes are dried using one of several drying methods.

In this study, the spray arm mechanism designed to improve the washing performance of the dishwasher, which is one of the washer household appliances, was investigated. The detail designs of the spray arm were developed and introduced to the market by mass production.

Firstly, dishwasher working principle and dishwasher components were examined. Afterwards, the parameters affecting the washing performance were determined within the scope of the literature research. These parameters can be listed as mechanical effect, chemical effect, time and temperature. The state of the art was determined by patent research and a multifaceted research was conducted by examining the washing systems of companies. The criteria for the determination of dishwasher cleaning performance evaluation criteria and washing performance classes according to the standards specified in the literature were investigated.

System requirements have been determined in order to create solutions to improve dish washing performance. The structure of the Arcelik dishwasher, which is considered to

be implemented the proposed solution has been examined. System limits have been drawn by determining system dimensions, construction constraints and operation. Following these studies, a list of requirements was created according to the construction system. Customer wishes and company requests were taken into account when creating requests list. In order to increase washing performance, it was decided to change the design of the spray arm.

After determining the list of requests, alternative function structures were created. After the creation of alternative functional structures, draft drawings of alternatives were prepared. Concept designs have been created by modeling draft drawings in CAD environment. The basic function of each alternative created is to increase the scanning area of the spray arm, but the way it performs the function is different. The advantages and disadvantages of each of the sub-functions of alternative functional structures created for spray arm design have been determined. The alternative with the best score was determined from the alternatives in the weighted targets matrix.

In the detail design phase, the gear mechanism used in the system was firstly dimensioned. It was decided to produce all the parts to be used in the mechanism by plastic injection method. For this reason, the parts are designed according to the design criteria of plastic parts. The detail design work was completed and the prototype of the system was made. During the operation of the mechanism and problems that may occur during the manufacturing and assembly stages were identified. In the prototyping stage, gear wheel components and drive spray arm parts are manufactured from POM material by machining; three-spoke propeller and filter support parts manufactured in 3D printer with rapid prototyping method. After the parts were determined to be in accordance with the dimensions given in the design, the gear mechanism was assembled and the test phase was started. In the test phase, the system was assembled into the dishwasher and the preliminary washing performance tests were performed. After the washing tests, technical problems have been identified and solutions to the problems have been established. Raw materials to be used in mass production were selected. Structural analysis and tolerance analysis studies were conducted to determine the source of the problems occurring during the washing tests. The proposed solutions were transferred to the design.

Due to the high diversity in the market, the increase in competition among the firms and the economic conditions, the solutions developed by the brands must be customer-oriented. Offered solutions is gaining shape by the problems, shortcomings and desires of the user in daily life. Therefore the presented solution results in user experience. With the determination of the problem, the address of the new spray arm design to be applied in the dishwasher is the end user. In the user experience test, as well as an improvement for the dishwasher washing system, the user is also intended to use the spray arm and components around the spray arm easily. For this purpose, the new spray arm design has been put to usability test. The test was carried out by participants to perform tasks that simulate daily use at home. Perceptual quality questions were also asked during the test. User's spray arm experience has been analyzed and aspects of development tried to be detected. While finalizing the design, these criteria were taken into consideration and revision was made in the design and the open aspects of the system were tried to be closed.

The tests were carried out in Arçelik Dishwasher Plant based on the standard titled EN 50242 “Measuring the performance of domestic dishwashers”. In these tests, it is aimed to determine the designed spray arm’s washing efficiency and to measure the

washing performance difference between it and the conventional spray arms. It was observed that the efficiency of washing increased with the use of new design spray arm and the improvement in washing performance was determined quantitatively/numerically. The washing performance score of the spray arm was calculated and the washing performance class was determined by proportioning the score according to the reference machine.





1. GİRİŞ

1.1 Tezin Amacı ve Kapsamı

Bu tez çalışmasında dayanıklı ev aletleri grubunda yer alan bulaşık makinesinin yıkama sistemi ele alınarak temizleme performansını ve enerji verimliliğini arttırmak amacıyla tasarlanan pervane incelenmiştir. İlk bölümde günümüz bulaşık makinelerinin çalışma prensibi ve yapısı incelenerek yıkama sistemi anlatılmıştır. Literatür araştırması ile bir program boyunca kirin temizlenmesinde etkili olan parametreler detaylandırılmış, temizleme performansını etkileyen parametrelerden olan mekanik etkiyi arttırmaya yönelik yapılan çalışmalar ve bu çalışmalara yönelik alınan patentler incelenmiştir.

Bulaşık makinesi alt pervanesi konstrüksiyon sistemiği esaslarına göre değerlendirilerek istekler listesi oluşturulmuştur. İstekler listesinden alternatif fonksiyon strüktürleri yapılandırılmıştır. Çoklu tasarım alternatifleri oluşturulmuş ve alternatifler arasından en iyi alternatif belirlenmiştir.

Belirlenen alternatif için bilgisayar ortamında pervane modellenmiş ve fiziki prototipi üretilmiştir. Prototip ile tasarımın doğrulanması sağlanarak detay tasarım aşamasına geçilmiştir.

Detay tasarım aşamasında yeni tasarım pervanesinin seri üretim yöntemine uygun tasarımı oluşturulmuş, yapısal analizler gerçekleştirilerek malzeme alternatifleri belirlenmiştir. Üretim aşamasında pervane parçalarına verilen tolerans ölçülerinin yarattığı etkiyi hesaplamak amacıyla tolerans analizi yapılmıştır. Yapısal analiz sonuçları, tolerans analiz sonuçları ve üretim kısıtlarına göre tasarım revizyonları yapılarak nihai tasarıma ulaşılmıştır.

Deneysel çalışmalar ile standart yıkama performansı ölçüm methodlarına göre sistemin yıkama performansı testleri gerçekleştirilmiştir. Test sonuçları ile mevcut pervanesinin yıkama performansı sonucu karşılaştırılarak geliştirilen pervanesinin sağladığı iyileştirme oranı hesaplanmıştır.

Tez çalışmasının son kısmında ise, elde edilen tüm sonuçlara ve değerlendirmeye yer verilmiştir.

1.2 Bulaşık Makinesinin Tanıtılması

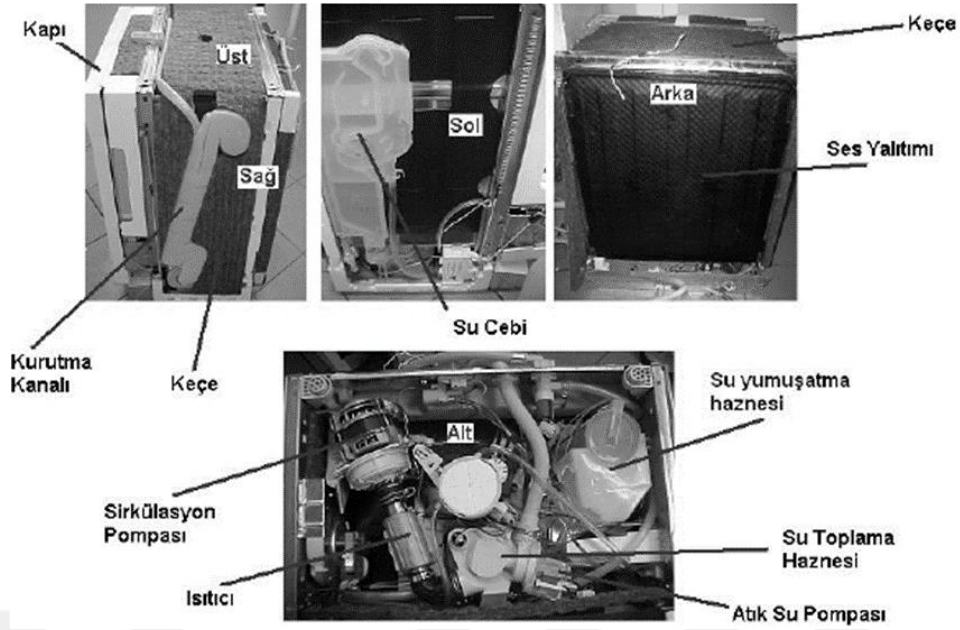
Bulaşık makineleri mutfakta kullanılan eşyaların kapalı bir hacim içerisinde yıkanmasını ve durulanmasını sağlayan makinelerdir. Bulaşık makinesine ait ilk patent 1850 yılında alınmış olup mekanik bir yapıya sahipti. Otomatik su püskürtme sistemine sahip bulaşık makineleri ise 20. yüzyılda insan hayatına girmeye başlamıştır [1,2]. Bulaşık makinesi genel görseli şekil 1.1’de gösterilmiştir.



şekil 1.1: Bulaşık Makinesi [2].

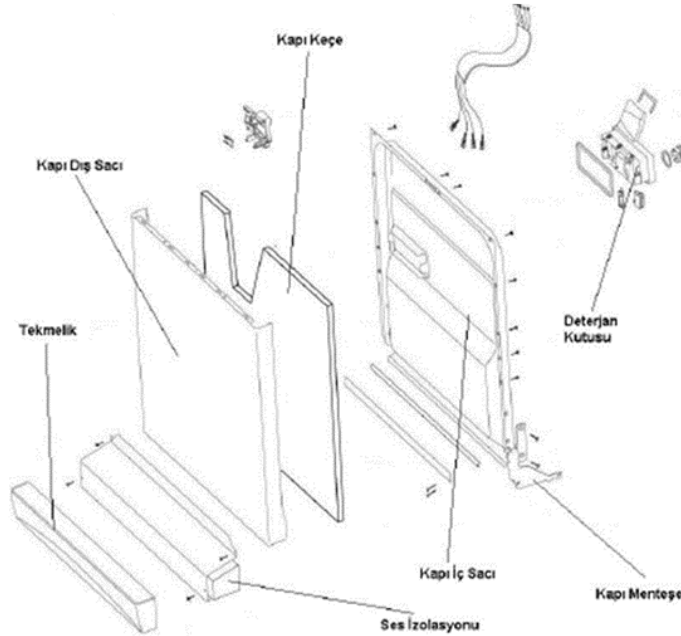
1.2.1 Bulaşık makinesinin yapısı

Bulaşık makinesinin yapısı incelendiğinde; şekil 1.2’de gösterildiği gibi kapı, ön panel, yıkama grubu ve kazan grubundan oluştuğu görölmektedir.



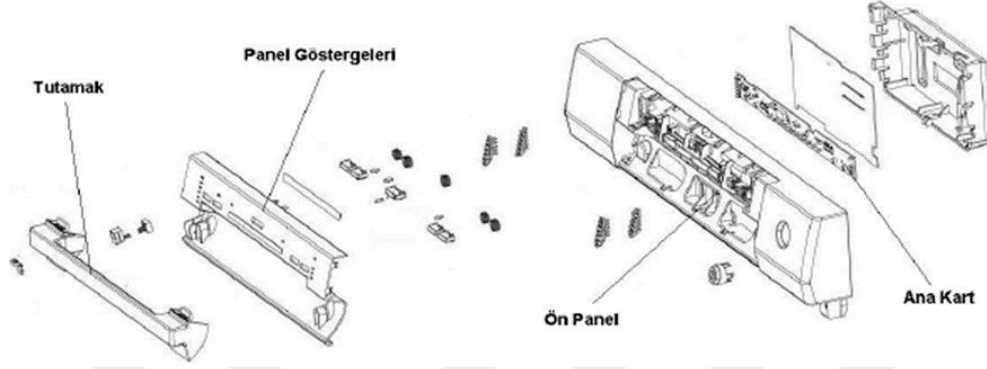
Şekil 1.2: Bulaşık makinesinin yapısı ve komponentleri [3].

Kapı grubu, kapı dış sacı, kapı iç sacı, iç saca monte edilen deterjan kutusu, tekmelik (kapı koruma bloğu) ve kapı menteşesinden meydana gelmektedir (Şekil 1.3). Deterjan kutusu içerisinde bulunan deterjan, yıkama programında bulunan algoritmaya bağlı olarak yıkamanın belirli aşamalarında ana kart tarafından verilen sinyalle otomatik açılmakta ve yıkama suyuna karışmaktadır [4,5].



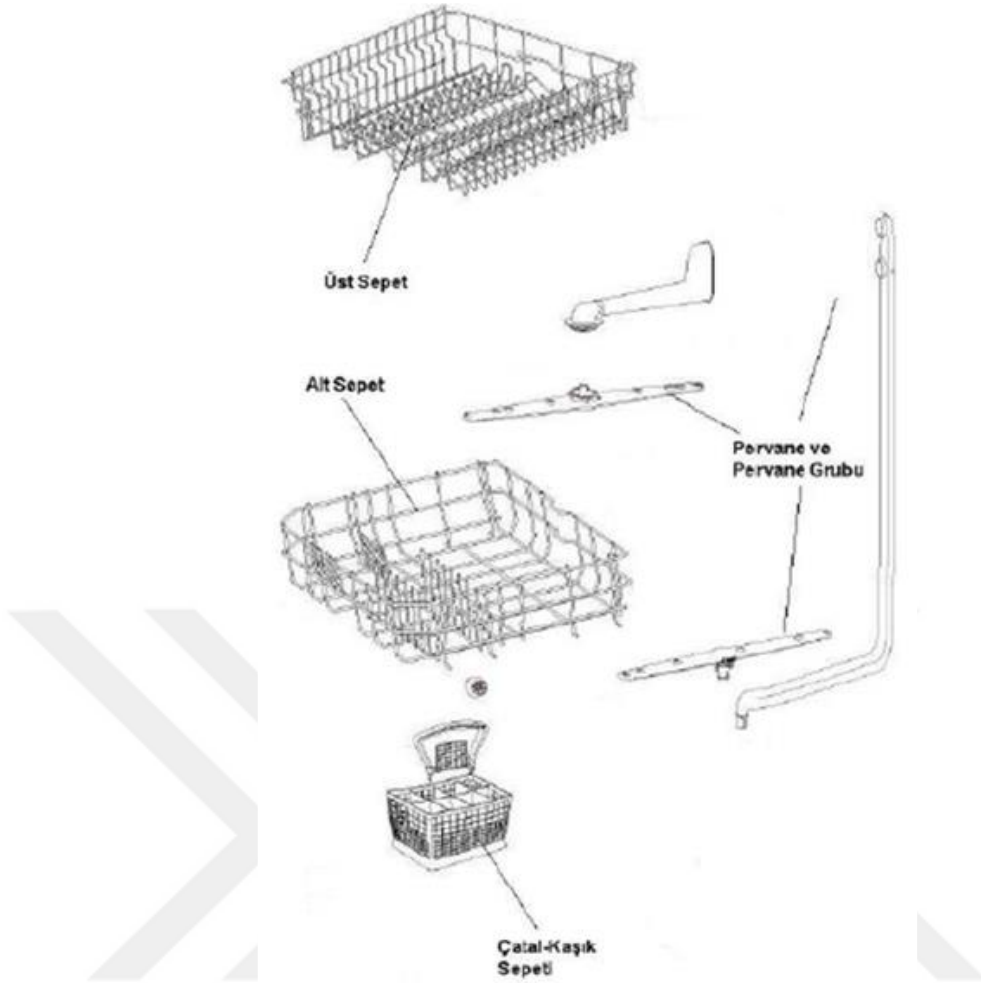
Şekil 1.3: Kapı grubu patlatılmış montaj görünümü [3].

Ön panel grubu, program seçim düğmeleri, gösterge, tutamak, gösterge kartı ve ana kart parçalarından oluşmaktadır (Şekil 1.4). Ana kart yıkama algoritmalarının yazıldığı elektronik devre elemanı olup yıkama programı süresince ısıtıcı, deterjan kutusu, tahliye pompası, sirkülasyon pompası ve parlaticı kutusu gibi bileşenlerin çalışmasını denetlemektedir [3,4].



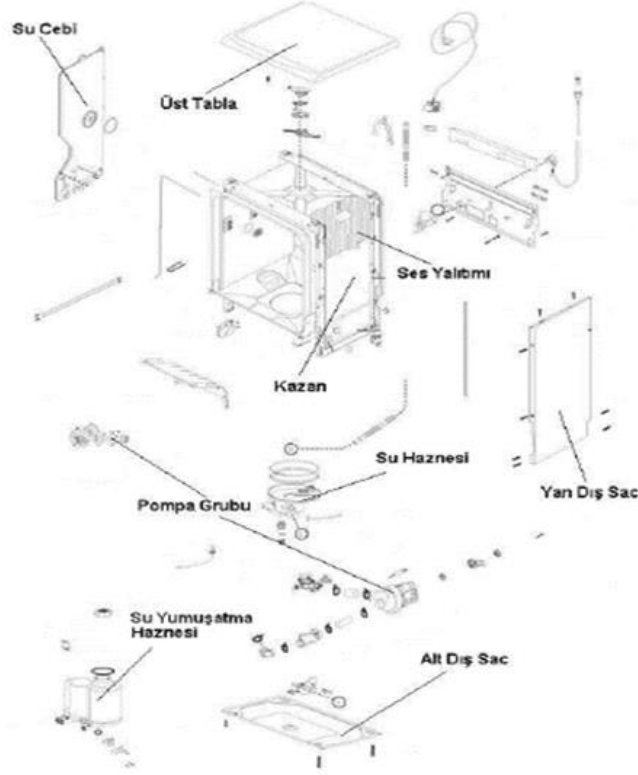
Şekil 1.4: Ön panel grubu patlatılmış montaj görünümü [3].

Yıkama grubu, üst pervane, alt pervane, üst sepet, alt sepet, çatal-bıçak-kaşık sepeti ve filtre komponentlerinden oluşmaktadır (Şekil 1.5). Yıkama sistemini oluşturan temel elemanlar pervaneler olup alt pervane kazanın taban bölgesine yataklanmıştır, üst pervane ise üst sepetin alt bölgesine yataklanmıştır. Pervanelerin üzerinde bulunan nozuller bulaşıkların makine içerisindeki yerleşimine uygun olarak yıkama performansını arttıracak şekilde tasarlanmış ve konumlandırılmıştır. Filtre ise yıkama programı süresince bulaşıklardan ayrıştırılan kirin yıkama akışkanından ayrıştırılmasını sağlamaktadır.



Şekil 1.5: Yıkama grubu komponentleri [3].

Kazan grubu, ana gövde olan kazanı ve üzerine montelenen sirkülasyon pompası, su yumuşatma haznesi, atık su pompası, hazne, alt dış sac, yan dış sac ve üst tabla gibi bileşenleri içerir (Şekil 1.6). Ses yalıtımı ve darbe sönümlemek amacıyla kazanın dış yüzeyi bitüm ile kaplanmıştır.



Şekil 1.6: Kazan grubu patlatılmış montaj görünümü [3].

1.2.2 Bulaşık makinesi çalışma prensibi

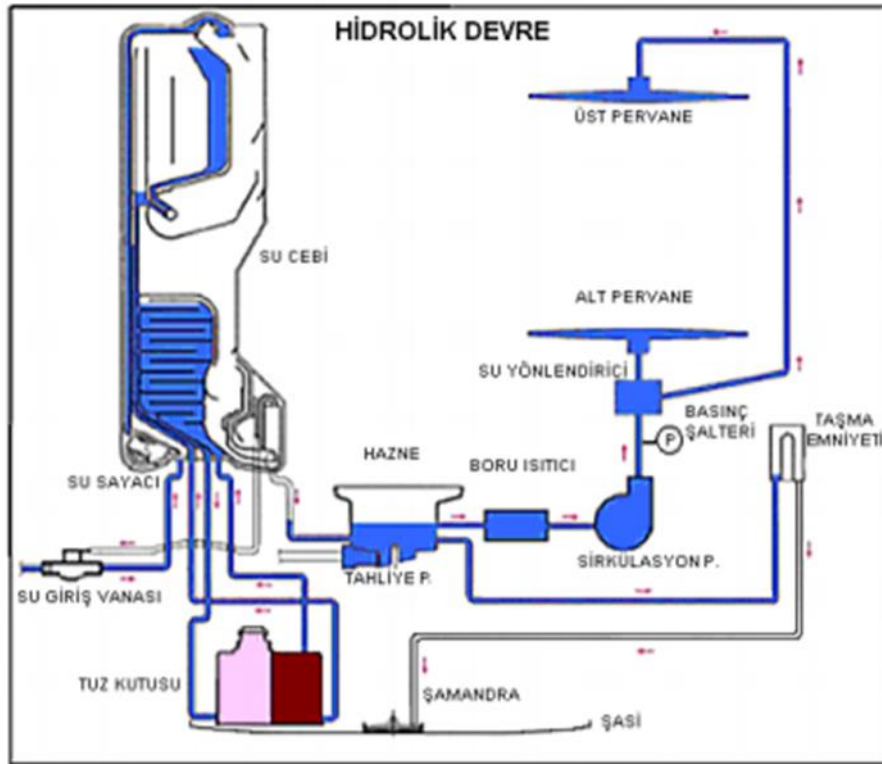
Bulaşık makineleri soğuk yıkama, sıcak yıkama, durulama ve kurutma adımlarını içeren bir döngüde çalışmaktadır. Kapalı bir hacim içerisine sepetlere konulan tabak, çatal-bıçak-kaşık ve bardak gibi mutfak gereçleri öncelikle soğuk yıkama adımıyla daha sonra sıcak yıkama adımıyla yüksek sıcaklıkta, yıkama akışkanının oluşturduğu mekanik etki ve deterjan ile yıkanmaktadır. Durulama adımı, yıkama adımlarından sonra deterjanın ortamdan uzaklaştırılması amacıyla yapılmaktadır. Son olarak kurutma adımı gerçekleştirilerek bulaşıkların kurutulması sağlanmaktadır. Yıkama adımlarının başında şebekeden makineye soğuk su alınmakta ve yıkama programına bağlı olarak ısıtılmaktadır [5].

Her yıkama programı öncesinde, bir önceki programdan kalan akışkanın makine içerisinde kalması ihtimaline karşı tahliye pompası çalışarak makine içerisinde bulunan akışkan sistemden atılır. Bu işlemten sonra makineye su alımı gerçekleşir. Alınan su hazneye aktarılmadan reçineden geçirilerek sertlik derecesi istenilen seviyeye getirilir. Böylece kireç oluşumu, bulaşıklar üzerinde desen oluşumları ve makinenin iç aksamının zarar görmesi önlenmektedir. Reçineden geçirilen su, soğuk yıkama adımı deterjan ile karıştırılmaktadır [5].

Soğuk yıkama adımından sonra ısıtıcı ile programda belirlenen sıcaklığa kadar ısıtılan su, sıcak yıkama adımında kullanılmaktadır. Sıcak yıkama adımında sirkülasyonla adım tekrarlanmaktadır. Yıkama adımlarının tamamlanmasıyla kir ve deterjanlı suyun oluşturduğu akışkan, tahliye pompası ile makineden tahliye edilmektedir [5].

Yıkama çevriminin son adımı olan durulama adımı, soğuk ve sıcak durulama olmak üzere iki adımdan oluşmaktadır. Soğuk durulama adımı, reçine üzerinden geçirilen su ile gerçekleştirilmektedir. Soğuk durulama suyunun çevrimi tamamlandıktan sonra tekrar su alınmaktadır. Alınan su ısıtıcı ile ısıtılarak parlaticıyla karıştırılmaktadır. Parlaticının, durulama suyunda kullanılmasıyla su bulaşık yüzeylerinde tutunamamakta ve yıkama programı sonunda bulaşıklar parlak görünmektedir. Sıcak durulama adımı ana yıkama adımıdaki sıcak yıkama adımına benzer şekilde gerçekleşmekte ve adım sonunda su tahliye pompası ile atılmaktadır [5].

Şekil 1.7’de makinenin çalışma prensibini gösteren hidrolik devre gösterilmiştir.



Şekil 1.7: Bulaşık makinesi hidrolik devresi [3].



2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Literatür araştırmasında bulaşık makinesinde yıkama performansını etkileyen faktörler, yıkama performansını ölçüm yöntemleri ve standartları gösterilmiştir. Konuyla ilgili bulaşık makinesi üreticilerinin ve bağımsız kişilerin almış oldukları patentler ve makaleler incelenmiştir.

2.1 Yıkama Performansını Etkileyen Faktörler

Yıkama ve temizleme, kimyasal ve fiziksel olayların sonucunu içeren bir kompleks işlem olarak tanımlanabilir. Yıkama, kirin yüzeyden atılması, yıkama ortamında serbest halde bulunan kirin stabil olmasını sağlama ve yüzeyden atılan kirin yüzeye tekrar yapışmasını engelleme adımlarından oluşur. Yıkama işlemleri, kir, su, yıkama ekipmanları, deterjan ve temizlenen yüzey gibi bileşenler içerir. Yıkama performansı, kir miktarına ve cinsine, temizlenen yüzey özelliğine, yıkama tekniğine, deterjan içeriğine ve su kalitesine bağlı olarak değişmektedir [6].

Bulaşık makinelerinde ise temizleme işlemi, kapalı bir hacim içerisinde sıcaklık ile birlikte bulaşıklar üzerinde yayılması ve kirlerin yüzeyden atılmasının ardından temiz su ile durulanarak yüzeydeki deterjandan arındırılması şeklindedir. Kirlerin bulaşıklar üzerinden atılmasını sağlamak amacıyla suyun yarattığı mekanik etki de kullanılmaktadır.

Bulaşık makinelerinde yıkama performansını etkileyen parametreler:

- Sıcaklık
- Kimyasal etki (deterjan, parlaticı vb.)
- Mekanik etki
- Zaman olarak sıralanabilir [7].

2.2 Yıkama Performansı Standartlarının Belirlenmesi

Bulaşık makinelerinin yıkama performansını belirlemek amacıyla EN50242 “Ev Tipi Bulaşık Makinelerinin Performanslarının Ölçülmesi” nolu standart hazırlanmıştır. Bulaşık makineleri yıkama performansı ölçümleri bu standarda göre belirlenen belli koşulların yerine getirilmesi ile yapılmaktadır. Ölçümü yapılan makinenin, deterjan tipi, sıcaklık, yıkama programı ve kirli bulaşığın sepete yerleşimi standartta belirtilmiştir. Bulaşıkların kir türü de yine aynı standartta belirtilmiştir. Ölçüm, yıkama sonrası çatal-bıçak-kaşık, tabak ve bardak üzerinde kalan kir miktarların 0-5 arasında puanlandırılmasıyla yapılmaktadır. Teste tabi tutulan makinenin performansı belirlenirken Miele firmasının ürettiği referans makine aynı koşullarda teste sokularak test makinesinin yıkama puanı değeri ile oranlanmaktadır. EN50242 standardında bulaşık makinesinin su tüketimi, enerji performansı, yıkama performansı ve durulama performansı değerlendirilmektedir. Yıkama performansı A, B, C ve D olmak üzere 4 sınıfta incelenmektedir [8,9,10]. Bu sınıflar Çizelge 2.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 2.1: Yıkama performansı sınıfları [11].

Yıkama Performansı Sınıfları	Yıkama Endeksi (%)
A	1. $P \geq 1.12$
B	2. $1.12 \geq P \geq 1.00$
C	3. $1.00 \geq P \geq 0.88$
D	4. $0.88 \geq P \geq 0.76$
E	5. $0.76 \geq P \geq 0.64$
F	6. $0.64 \geq P \geq 0.52$
G	7. $0.52 \geq P$

2.3 Patent Araştırması

Bulaşık makinelerinde bulaşıklar pervaneden püskürtülen su ile yıkanmaktadır. Sirkülasyon pompası hazneye dolan suyu pervanelere basmaktadır. Su, pervane deliklerinden bulaşıklar üzerine basınçlı bir şekilde püskürtülmektedir. Bulaşıkların üzerindeki kirler, basınçlı suyun darbeleri, su sıcaklığının artışı ve deterjan kullanımı ile yüzeylerden uzaklaştırılır. Yıkama haznesindeki filtre grubu ise bulaşık kirlerinin yıkama adımı boyunca sirküle edilen yıkama suyundan ayrılmasını sağlar.

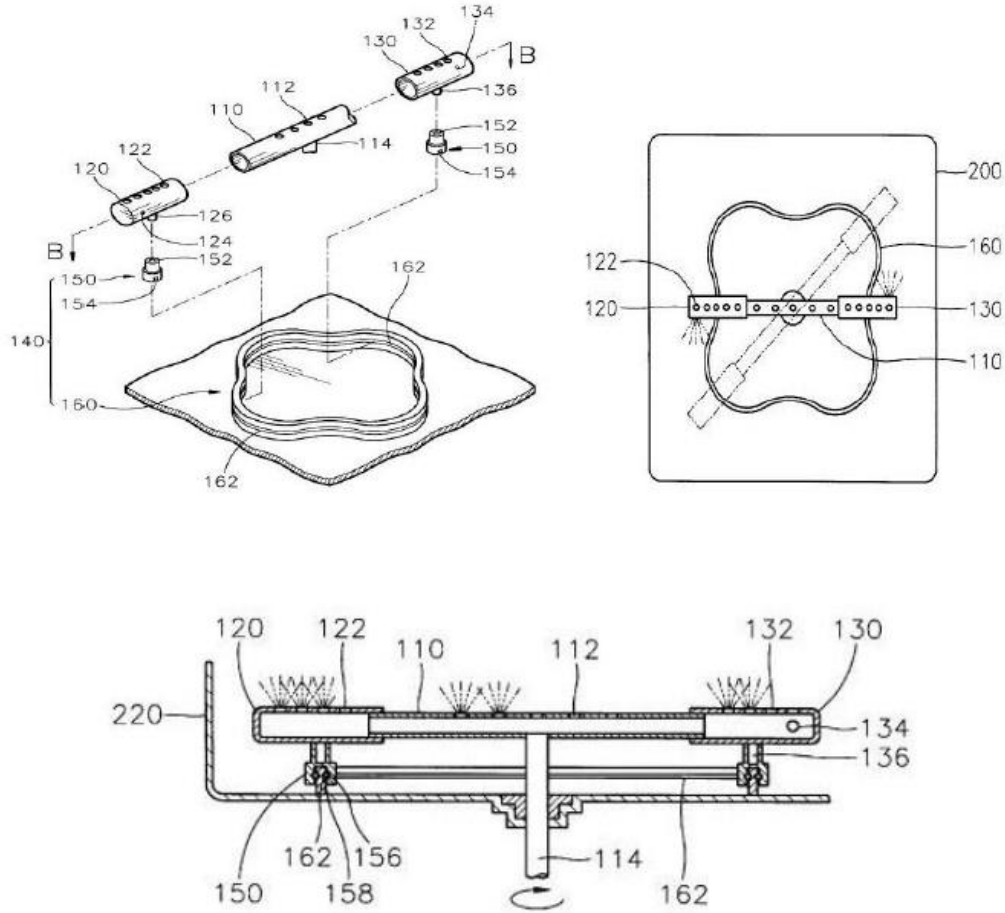


Şekil 2.1: Bulaşık makinesi pervanesi

Pervanenin hareketi suyun açısal momentumu ile sağlanır. Pervaneye sirkülasyon pompası ile basılan su, pervanenin uç noktalarında bulunan deliklerde kuvvet çifti yaratarak dönme hareketini gerçekleştirir.

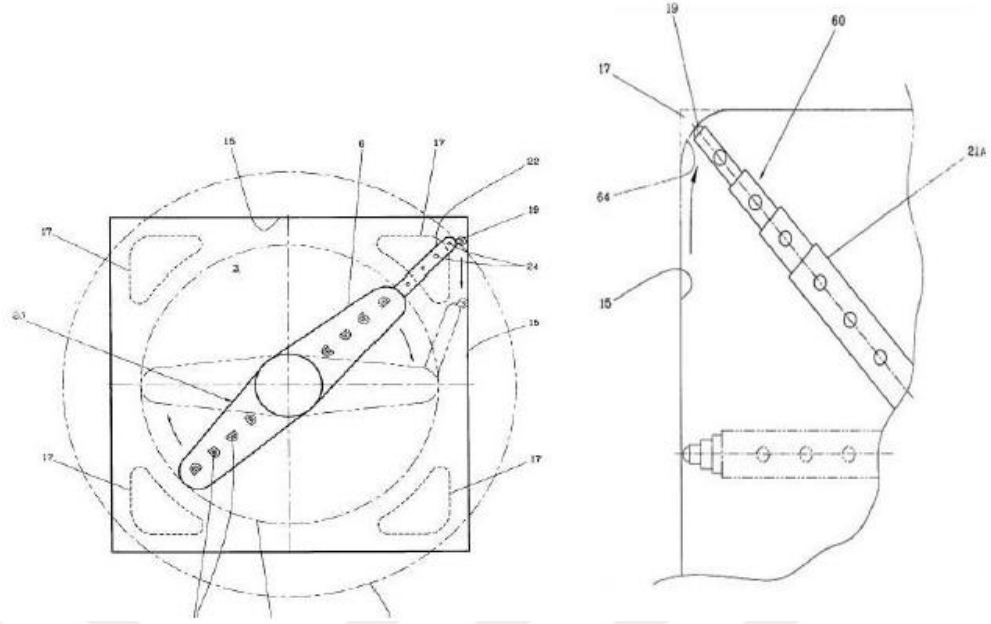
Bu çalışmada bulaşık makinası su sistemiyle ilgili patentler incelenmiştir. Ağırlıklı olarak pervane nozul sistemleri ve alternatif spreyleme yöntemleri araştırılmıştır. Araştırma yapılırken spray arm, arm, square, Reuleaux triangle kelimeleri anahtar kelime olarak kullanılmıştır. Yıkama makinelerinde kullanılan “A47L15” IPC kodu ile sonuçlar daraltılarak bulaşık makineleri özelinde başvurulmuş patentler incelenmiştir. İncelenen patentlerden 9 tanesi bu çalışmada detaylı olarak anlatılmıştır.

Daewoo Electronics firmasına ait US5842492 numaralı patentte; suyu dağıtmayı amaçlayan nozullu pervane tasarımı anlatılmıştır (Şekil 2.2). Pervane, suyun yarattığı açısal momentum ile hareket etmektedir. Bu pervane tasarımı ile yıkama alanındaki su ulaşmayan köşelere suyun ulaşacağı ve daha az su kullanılarak daha etkili yıkama sağlanacağı iddia edilmektedir [12].



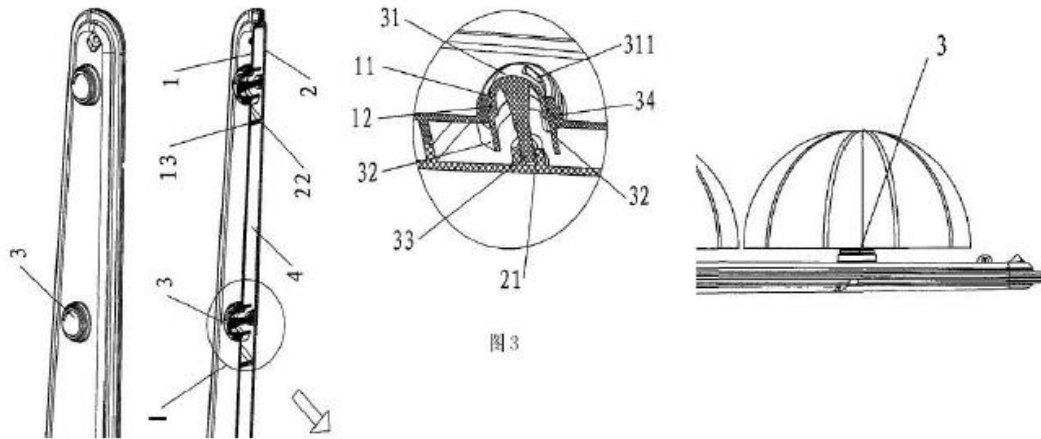
Şekil 2.2: US5842492 numaralı patent görseli [12].

Samsung firmasına ait US5944037 numaralı patentte, bulaşık makinası pervanesi ucuna yerleştirilen ek bir pervaneden bahsedilmektedir (Şekil 2.3). Ana pervane yıkama alanı içinde yıkama bölgesini tararken ek pervane ise köşelerde bulunan ölü bölgelere erişimi sağlar. Ek pervanenin ucunda küresel tekerlek ya da silindirik tekerlek kullanılabilir. Teleskopik uçlu veya farklı tasarımlara sahip aparatlar kullanılabilir. Pervaneye eklenen bu aparatlarla beraber yıkama ünitesi içinde suyun ulaşmadığı yerlere suyun ulaşacağı ve yıkama performansını arttıracacağı iddia edilmektedir [13].



Şekil 2.3: US5944037 numaralı patent görseli [13].

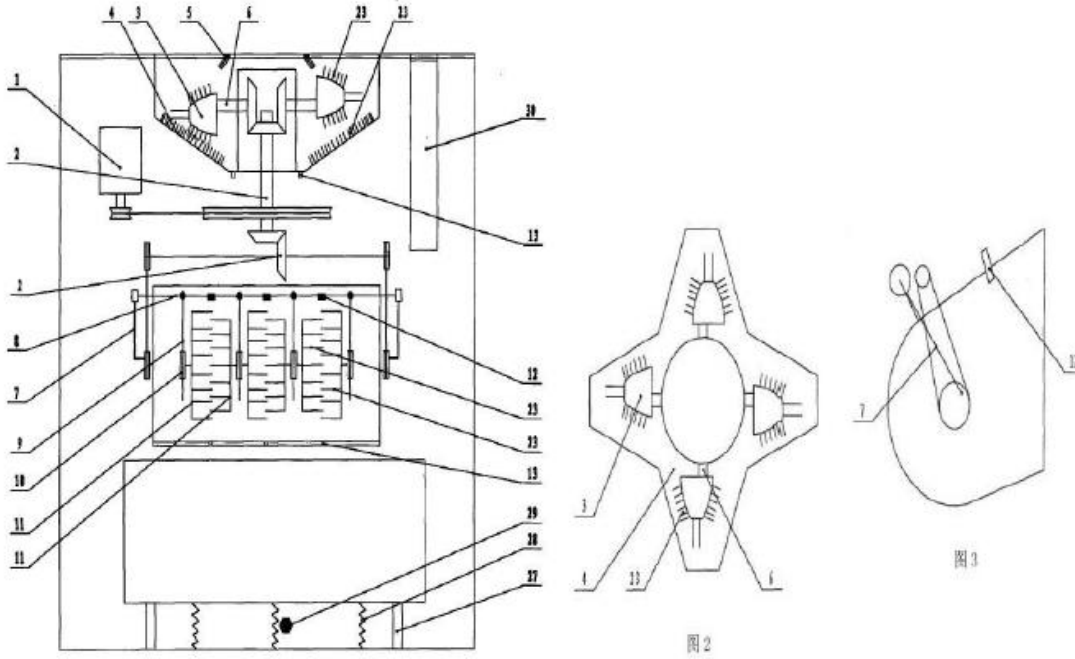
Midea firmasına ait CN201505114 numaralı patentte, dönebilen nozullar içeren pervane tasarımı anlatılmıştır (Şekil 2.4). Pervane içinden gelen su, dönebilen bu nozullara çarparak dönmelerini sağlar. Dönebilen nozullar ile püskürtme yapıldığında yıkama hızının arttığı ve daha iyi yıkama performansının sağlandığı iddia edilmektedir [14].



Şekil 2.4: CN201505114 numaralı patent görseli [14]

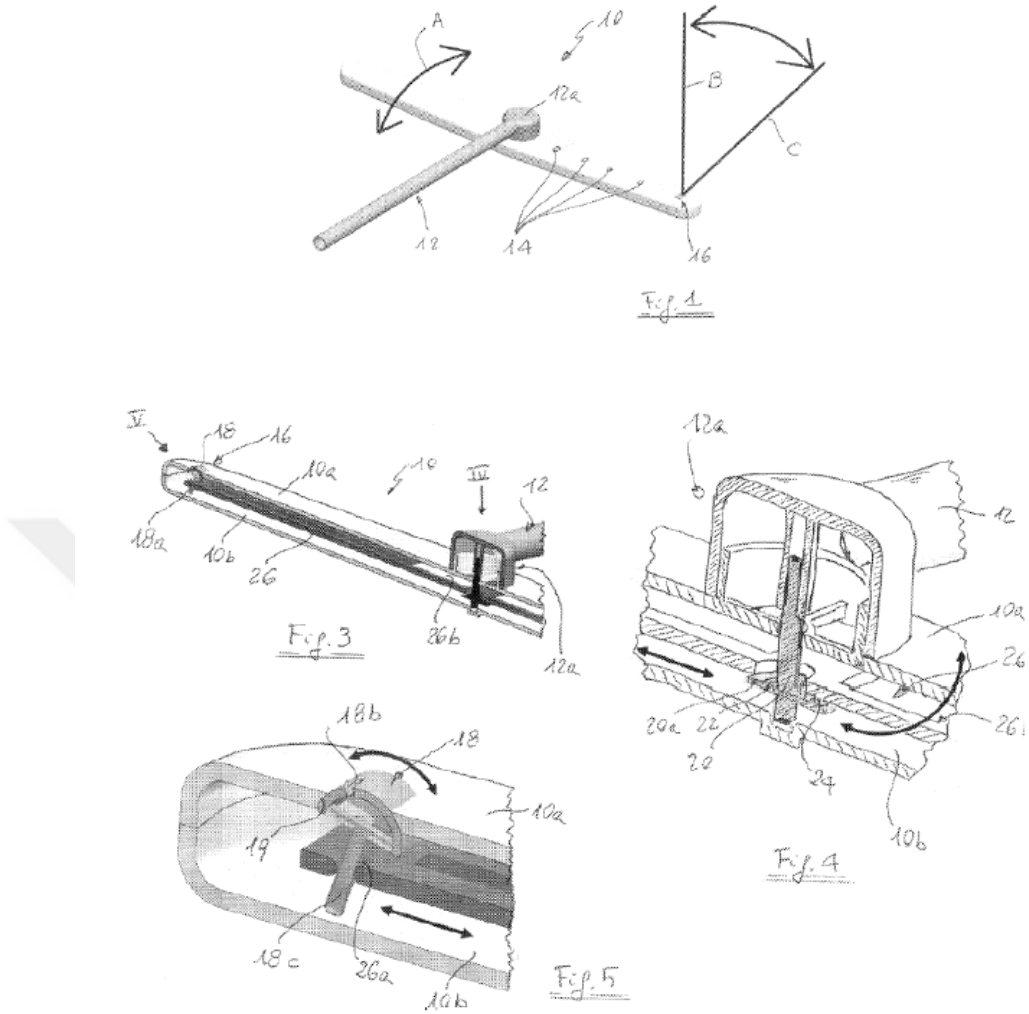
Zhanfang Liu'ya ait CN201675909 numaralı patentte, bulaşık makinası içindeki kirli bulaşıkların fırça ile fırçalanıp temizlenebileceğinden bahsetmektedir (Şekil 2.5). Bağlantılar krank-biyel mekanizması ve dişlileri içermektedir.

Bu çalışma ile daha kısa sürede, daha az enerji ve su ile ve daha başarılı bir şekilde yıkama yapıldığı iddia edilmektedir [15].



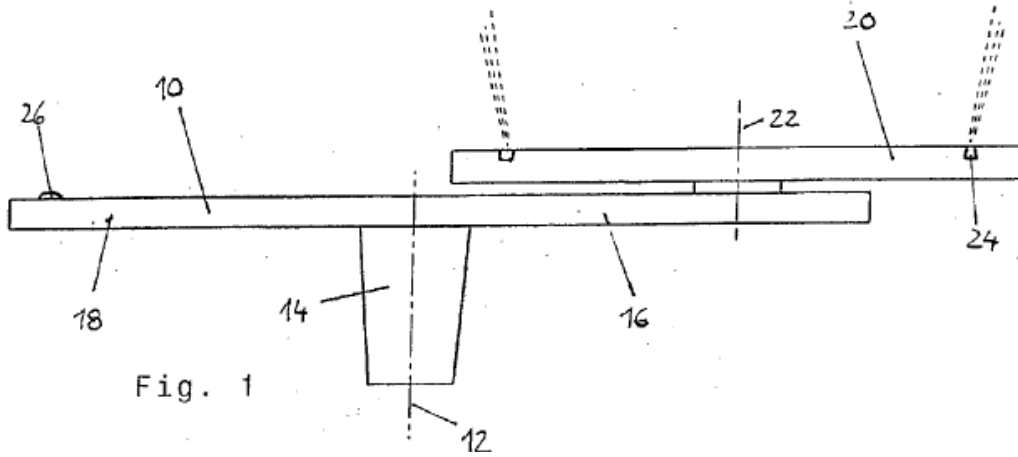
Şekil 2.5: CN201675909 numaralı patent görseli [15].

Whirlpool firmasına ait EP2292134 numaralı patentte, pervanenin nozullarına döner yapı yerleştirilmesinden bahsedilmiştir (Şekil 2.6). Bu sayede, yıkama ünitesinin köşe noktalarına kadar su jeti ulaştırılabilir ve böylece yıkama performansı artırılabilir. Döner nozullar pervane eksenine dik bir şekilde yerleştirilmiştir. Ayrıca patentte; bu nozullar pervanenin uç noktalarında olması gerektiği ifade edilmiştir. Döner nozul, döner eleman sayesinde dönmekte olup, bir boşluk ile su jetinin dışarı atılmasını sağlamaktadır. Eksenden kaçık yapı sayesinde manifolda bağlı olan pervane dönmekte ve bu sayede feder ileri geri hareket yapmaktadır. Bunun sonucunda da döner eleman nozulun ağzını değişken açılarda döndürerek su jetinin yıkama ünitesinde yönlendirilmesini sağlamaktadır [16].



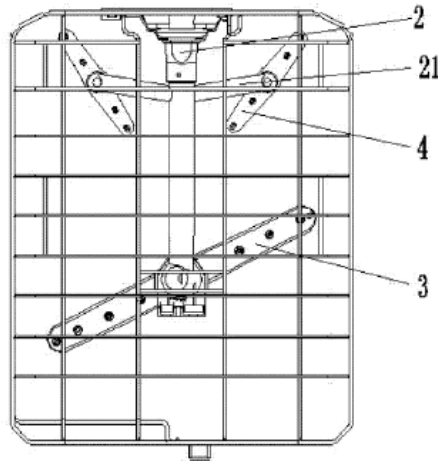
Şekil 2.6: EP2292134 numaralı patent görseli [16].

Elextrolux firmasına ait US2012111380 numaralı patentte, pervane üzerine eklenen ek bir pervane tasarımını sunmaktadır (Şekil 2.7). 20 numaralı yardımcı pervane, ana pervane üzerinde dönebilecek şekilde yataklanmıştır. Patent detaylı olarak incelendiğinde, ana pervanenin ve yardımcı pervanenin sabitlenmesi detaylarından bahsedildiği görülmektedir [17].



Şekil 2.7: US2012111380 numaralı patent görseli [17].

Midea firmasına ait CN202277318 numaralı patentte, ana nozula bağlanan borunun dallanmasıyla, yardımcı nozullerin yer aldığı bir yerleşim tasarlanmıştır (Şekil 2.8). Pervaneler, üzerlerinde bulunan deliklerden çıkan suyun oluşturacağı kuvvet çifti sonucunda dönmektedir. Bu tasarıma göre spreyleme alanının arttığı, spreyleme ölü açılarının azaldığı ve temizleme oranının arttığı iddia edilmektedir [18].



Şekil 2.8: CN202277318 numaralı patent görseli [18].

Elextrolux firmasına ait EP2545838 numaralı patentte, yeni bir pervane tasarımından bahsedilmiştir (Şekil 2.9). Merkez pervane ucuna konumlandırılmış ikinci bir pervane yardımıyla suyun daha etkin bir şekilde yıkama ünitesine aktarılması sağlanmıştır. Ana eksen boyunca dönen ikinci pervane kabinin her yerine suyu ulaştırabilmektedir. Üstteki yardımcı pervane suyun tepki kuvvetiyle dönmektedir [19].

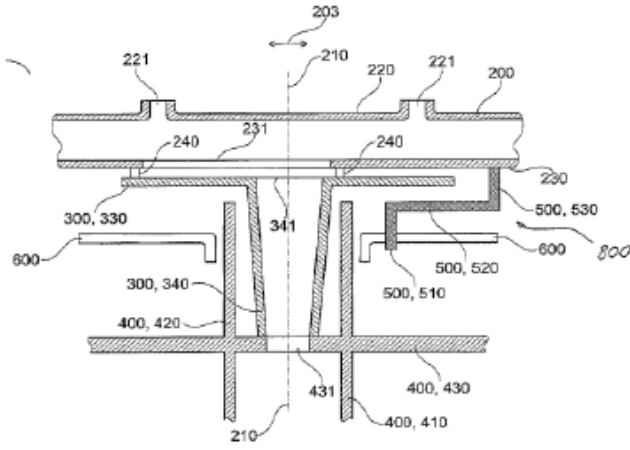
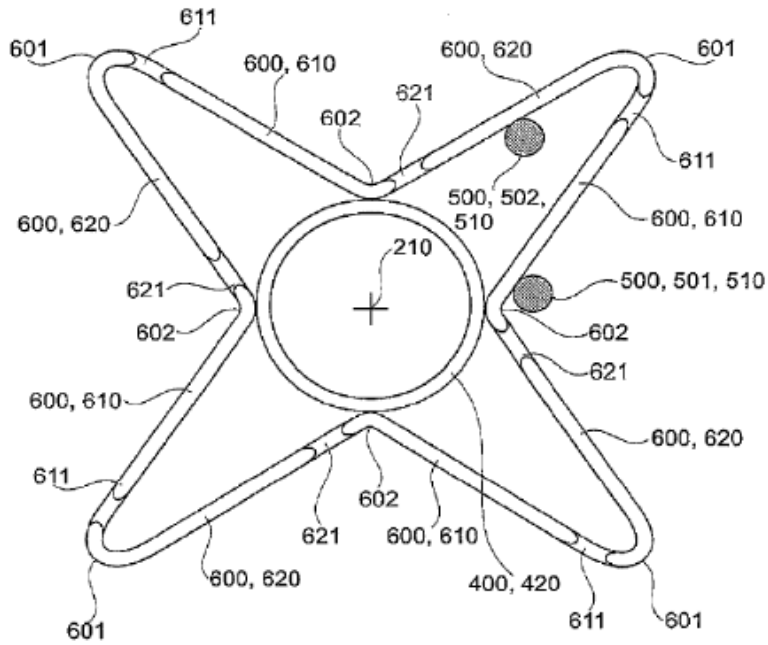
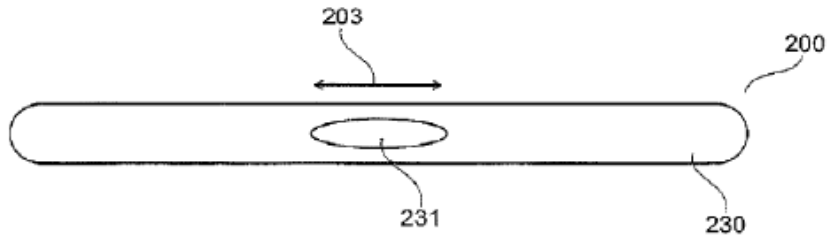


Fig. 5



Şekil 2.10: EP2606805 numaralı patent görseli [20].

3. SİSTEM GEREKSİNİMLERİNİN BELİRLENMESİ

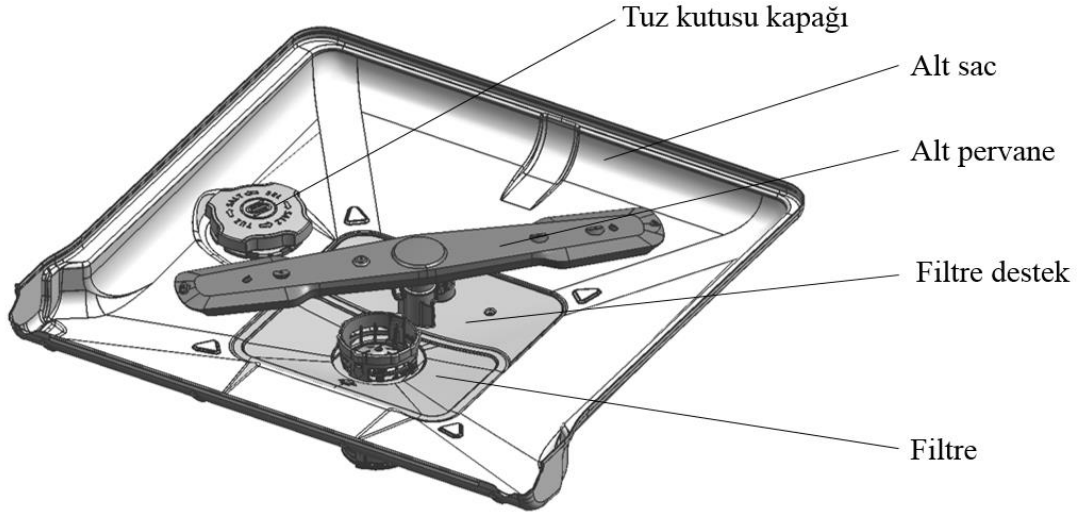
3.1 Amaç

Bulaşık makinesi yıkama performansını arttıracak çözümlerin ortaya konması için sistem gereksinimlerinin belirlenmesi gerekmektedir. Önerilen çözümün uygulanması düşünülen makinenin yapısı incelenmiştir. Sistem boyutları ve konstrüksiyon kısıtları belirlenerek sistem sınırları çizilmiştir. Mevcut bulaşık makinesinde yıkama işleminde kullanılan pervanenin yapısı ve çalışma prensibi incelenmiştir.

Yapılan bu çalışmalar sonrasında konstrüksiyon sistematığıne göre istekler listesi oluşturulmuştur. İstekler listesi oluşturulurken müşteri beklentileri ve firma istekleri dikkate alınmıştır.

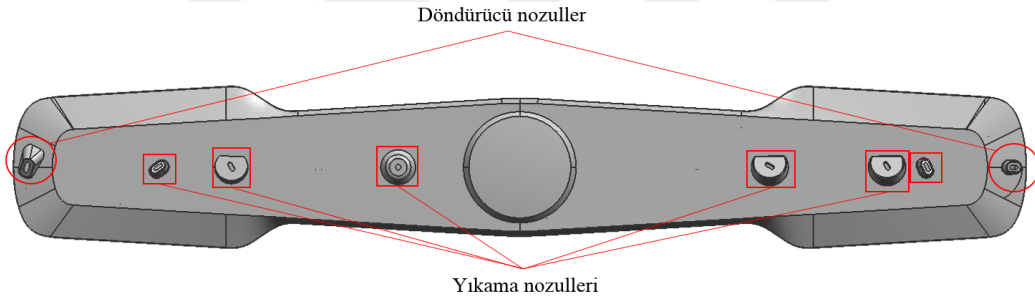
3.2 Bulaşık Makinesi Yıkama Sisteminin İncelenmesi

Günümüz bulaşık makinelerinin yıkama sistemlerinde genellikle alt pervane ve üst pervane olmak üzere iki adet pervane kullanılmaktadır. Bu tez çalışması kapsamında Arçelik firmasına ait bir bulaşık makinesi incelenmiş ve tüm tasarım bu makineye göre şekillendirilmiştir. Mevcutta kullanılan alt pervane, Şekil 3.1’de gösterildiği gibi bulaşık makinesinin alt sacının merkezine konumlandırılmış olup suyun pervane uçlarında bulunan nozullerde yarattığı açısal momentumla hareket etmektedir.



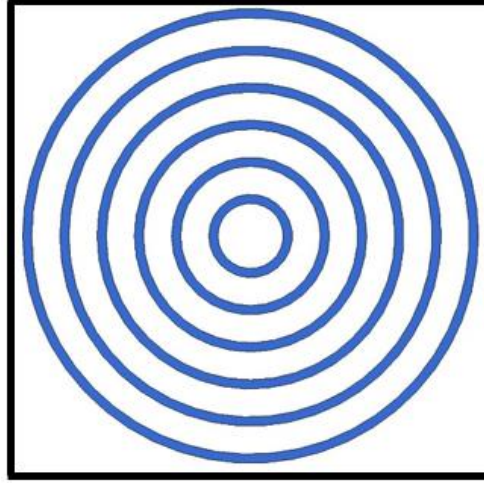
Şekil 3.1: Alt pervanenin makine içindeki konumu

Şekil 3.2’de gösterilen pervanenin üzerinde bulunan nozuller, bulaşıkların sepete yerleşimine göre optimize edilerek değişik konum ve açılarda yerleştirilmiştir.



Şekil 3.2: Alt pervane üzerinde bulunan nozuller

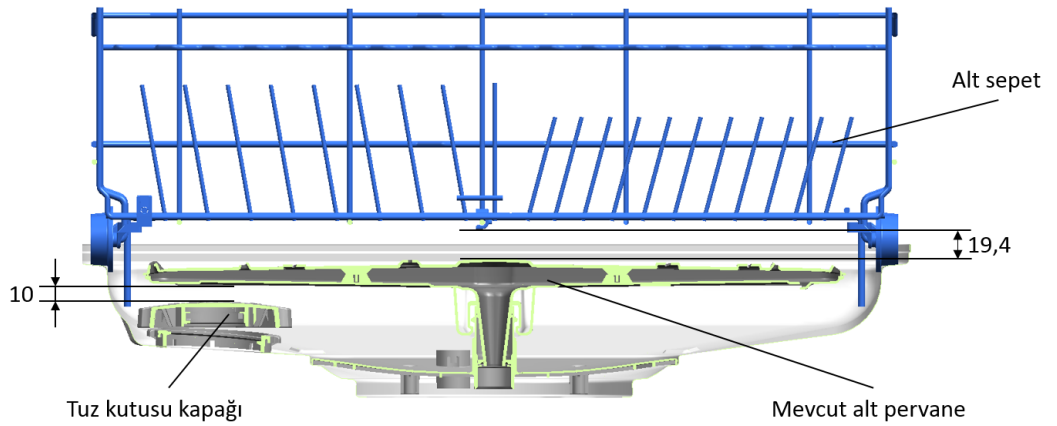
Mevcut pervane makine içerisinde Şekil 3.3’te gösterildiği gibi dairesel alan taradığı için makinenin köşelerinde bulunan bulaşıklara erişebilmek için açılı nozuller kullanılmıştır. Açılı nozullerden çıkan suyun makinenin yan duvarlara çarpmasıyla ses gücü düzeyi artmakta ve makinenin kalite algısını düşürmektedir. Pervanenin makine içerisinde taradığı alan incelendiğinde makine izdüşüm alanının %68’ini taradığı hesaplanmıştır.



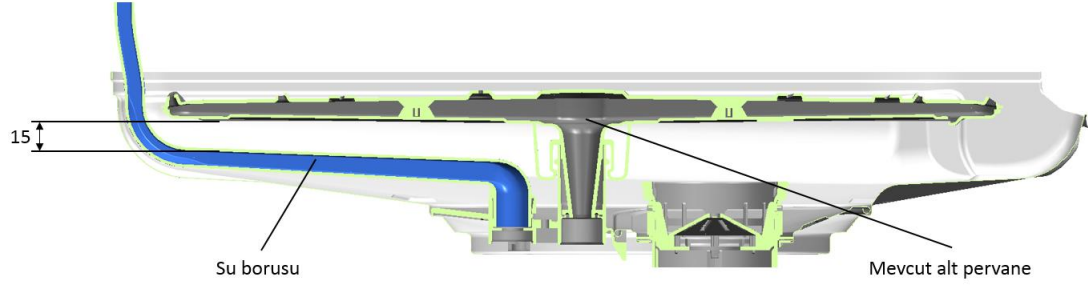
Şekil 3.3: Alt pervanenin taradığı alan

Mevcut alt pervanenin makine içerisindeki konumu ve pervanenin diğer komponentlere olan uzaklıkları yapılan etütler sonucu belirlenerek sistem sınırları oluşturulmuştur. Yapılan etütler sonucu aşağıdaki bilgiler elde edilmiştir:

- Alt pervane ile alt sepet arasındaki eksenel uzaklık 19,4 mm'dir (Şekil 3.4).
- Tuz kutusu kapağı ile alt pervane arasındaki eksenel uzaklık 10 mm'dir (Şekil 3.4).
- Suyun hazneden üst pervaneye aktarımını sağlayan su borusu ile alt pervane arasındaki eksenel uzaklık 15 mm'dir (Şekil 3.5).

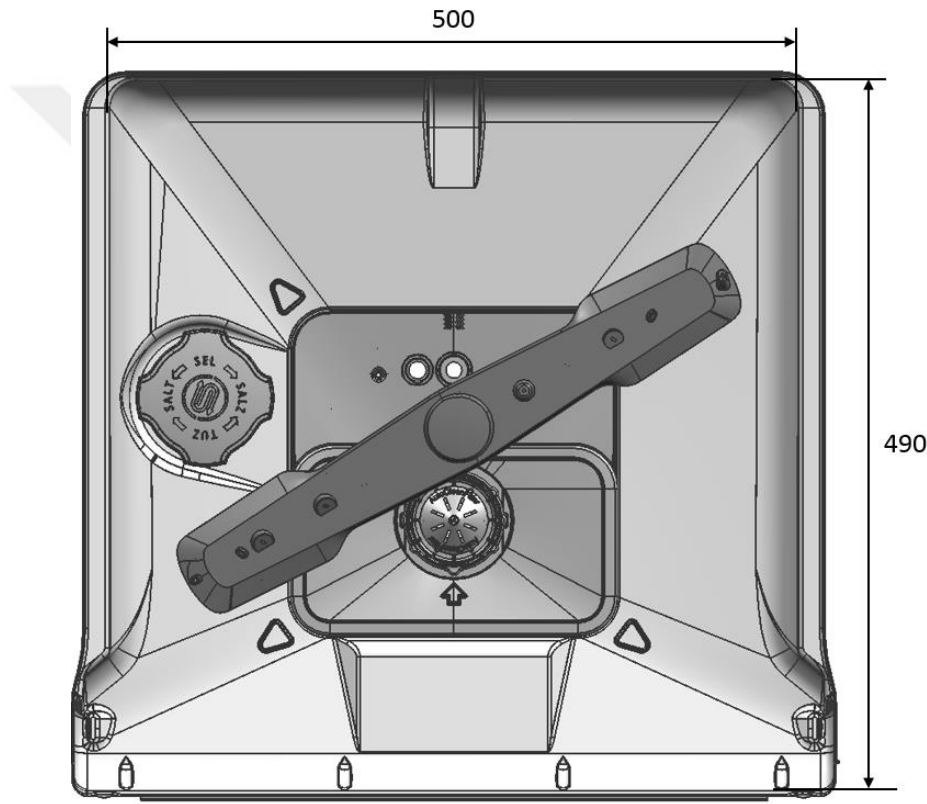


Şekil 3.4: Sistemin önden kesit görünüşü



Şekil 3.5: Sistemin sol kesit görünüşü

Yıkama alanına ait ölçüler Şekil 3.6’da gösterilmiştir. Buna göre pervanenin çalışma alanı boyutları 500x490 mm olarak ölçülmüştür.



Şekil 3.6: Sistemin üst görünüşü

Yapılan etüt çalışmaları sonucu yeni tasarlanacak olan pervanenin konstrüksiyon sınırları belirlenmiştir. Yeni tasarımın mevcut makinenin yapısında en az değişiklik yapılarak sisteme entegre edilmesi hedeflenmiştir. Bu nedenle yapılacak olan tasarımın mevcut sistem sınırları içerisinde kalması gerekmektedir.

3.3 İstekler Listesi

Mevcut yıkama sisteminin etüt çalışmalarının tamamlanmasının ardından yeni tasarımda çözülmesi beklenen problemlere yönelik istekler Çizelge 3.1’de gösterilmiştir. İstekler belirlenirken müşteri beklentileri, fonksiyon, maliyet, enerji sınıfı ve konstrüksiyon sınırları dikkate alınmıştır. İstekler listesi oluşturulduktan sonra çözüme yönelik alternatif konseptler geliştirilmiştir.

Çizelge 3.1’de;

- K: Kesin istek
- A: Arzu istek
- H: Hedef istek olarak gösterilmiştir.

Çizelge 3.1: İstekler listesi

Numara	İstek Tipi	İstekler
1	K	Makinenin yıkama performansı artacak.
2	K	Kullanıcı pervaneyi çıkarıp temizleyebilecek.
3	K	Pervane köşelere erişim sağlayarak daha etkin yıkama sağlayacak.
4	K	Kullanıcı makineyi çalıştırmadan önce kontrol amaçlı pervaneyi manuel olarak döndürebilecek.
5	K	Makinenin mevcut enerji sınıfı korunacak.
6	K	Mevcut alt sepet tasarımı korunacak.
7	H	Sistemin maliyeti 2 Euro’yu geçmeyecek.
8	A	Makinenin ses gücü düzeyi iyileştirilecek.
9	K	Kullanılan parçalar gıda uyumlu olacak.
10	K	Sistem mevcut bulaşık makinesi platformlarına entegre edilebilir olacak.
11	H	Makinenin mevcut kapısı, yan sacı ve alt sacı değişmeyecek.
12	K	Makinenin boyutları korunacak.
13	H	Sistem mevcut makineye en az değişiklik ile entegre edilecek.
14	H	Pervane imalat, montaj ve servis kolaylığı sağlayacak.
15	H	Mevcut su tüketimi değiştirilmeyecek.
16	A	Sistem diğer projelerle birleştirilebilir olacak.
17	K	Pervane, filtre destek ve tuz kutusu kapağına erişimi kısıtlamayacak.

18	A	Pervanenin kalite algısı yüksek olacak.
19	A	Pervane metal olacak.
20	H	Mevcut yıkama programları kullanılacak.
21	H	Pervanenin makine içerisinde taradığı alan arttırılacak.
22	H	Pervanenin ömrü minimum 10 yıl olacak.



4. ALTERNATİF FONKSİYON STRÜKTÜRLERİNİN BELİRLENMESİ

İstekler listesi belirlendikten sonra alternatif fonksiyon strüktürleri oluşturulmuştur. Oluşturulan her alternatifin temel fonksiyonu, pervanenin tarama alanını arttırmak olmakla beraber fonksiyonu gerçekleştirme şekli farklıdır. Pervane tasarımı için oluşturulan alternatif fonksiyon strüktürlerinin alt fonksiyonları oluşturularak her birinin avantajları ve dezavantajları belirlenmiştir. Ağırlıklı hedefler matrisiyle alt fonksiyonlardan en iyisi seçilerek hedef büyüklükler matrisi oluşturulmuştur. Ağırlıklı hedefler matrisindeki alternatiflerden en iyi skora sahip olan alternatif belirlenmiştir. Matrisin yanı sıra ekonomik değerlendirme de göz önüne alınarak alternatifler karşılaştırılmış ve en iyi sonuca sahip alternatifin detay tasarımı yapılmıştır.

Şekil 4.1’de gösterilen temel fonksiyon, sisteminin çalışması için gereken enerji, sistemin tetiklenmesi için gereken sinyal girişi ve akışkan maddenin girişi ile pervanenin hareketinin oluşturduğu enerji, atık su ve sinyal çıkışı ile bulaşıkların yıkanması olarak tanımlanmıştır.



Şekil 4.1: Temel fonksiyon

Kara kutu olarak betimlenen temel fonksiyonu gerçekleştirebilecek alt fonksiyonlar ve alternatifleri Şekil 4.2’de gösterilmiştir. Morfolojik analiz yapılarak temel fonksiyonun alternatifi olabilecek 3 alt fonksiyon belirlenmiştir. Bunlar; sistemin tahrik kaynağı, hareketi aktarma mekanizması için gerekli olan yardımcı fonksiyon ve pervanenin kol sayısıdır.

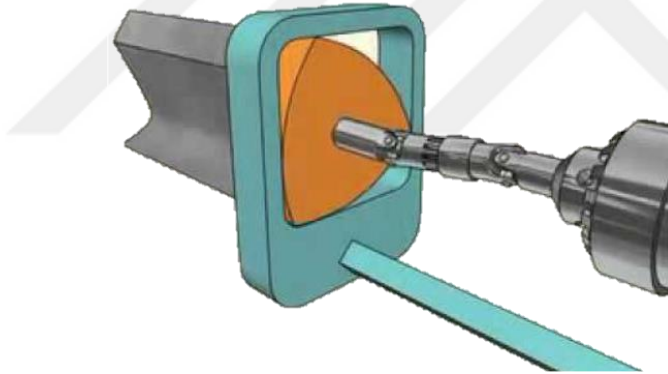
No	Tahrik kaynağı	Aktarma mekanizması	Pervane kol sayısı
1	Hidrolik	Kayış-kasnak mekanizması	2 kollu pervane
2	Motorize	Dişli çark mekanizması	3 kollu pervane
3	Kanatlı	Sürtünmeli çark mekanizması	
4		Zincir mekanizması	

Şekil 4.2: Morfolojik analiz

Morfolojik analizle 3 farklı konsept belirlenmiştir. Belirlenen konseptler detaylandırılarak ön tasarım çalışmasına geçilmiştir.

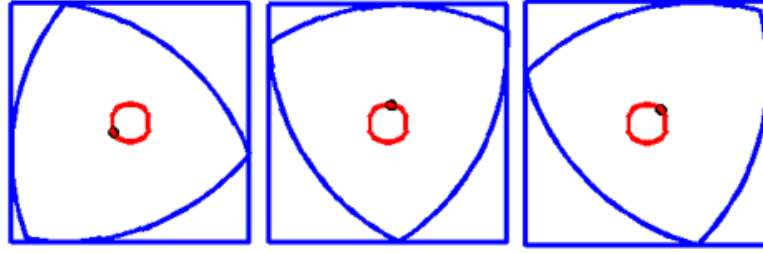
4.1 Alternatif Fonksiyon Strüktürü 1

İlk alternatifte pervanenin yıkama tarama alanını arttırmak amacıyla pervaneye kare bir yörünge izletilmesi amaçlanmıştır. Bu alternatifte fikir olarak Şekil 4.3'te gösterilen kare delik açan matkap mekanizmasından esinlenilmiştir.



Şekil 4.3: Kare delik açan matkap mekanizması

Kare delik açan matkap mekanizması incelendiğinde Şekil 4.4'te gösterilen Releaux üçgeninin, karenin merkezinden eksantrik bir yörünge etrafında döndürüldüğünde kare alan taradığı görülmüştür [21].



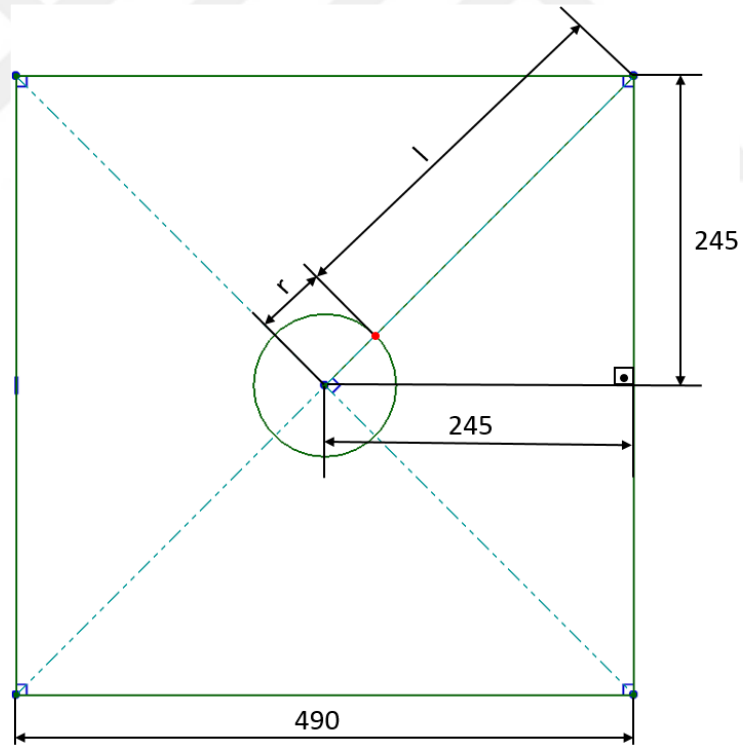
Şekil 4.4: Reuleaux üçgenin kare alan taraması

Bulaşık makinesi alt sacı 490x490 mm ölçülerinde bir kare olarak ele alınıp merkezden eksantrik olması gereken yörüngenin yarıçapı hesaplanmıştır. Buna göre;

- Pervanenin boyu l ,
- Eksantrik yörüngenin yarıçapı r olarak alınırsa,

Şekil 4.5'teki gibi mekanizma köşe konumundayken;

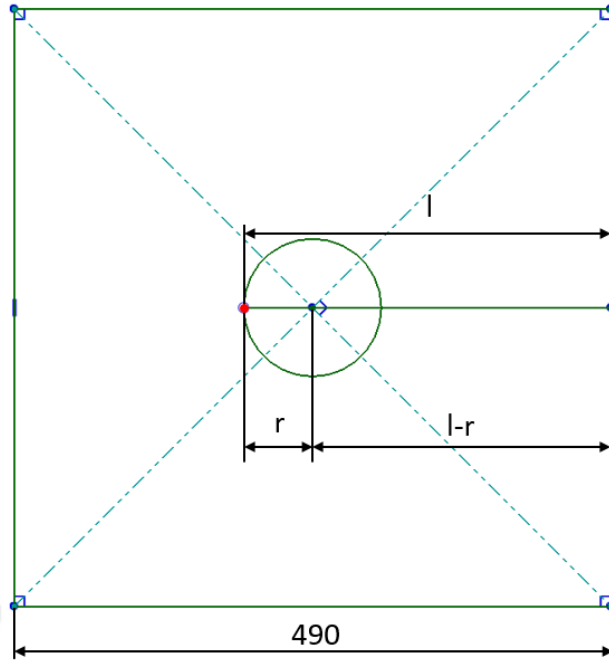
$$l + r = 245\sqrt{2} = 346,5 \quad (4.1)$$



Şekil 4.5: Mekanizmanın köşe konumunda olması

Şekil 4.6'daki gibi kenar konumundayken;

$$l - r = 245 \quad (4.2)$$



Şekil 4.6: Mekanizmanın kenar konumunda olması

Pervanenin boyu (4.1) ve (4.2) numaralı denklemlerden;

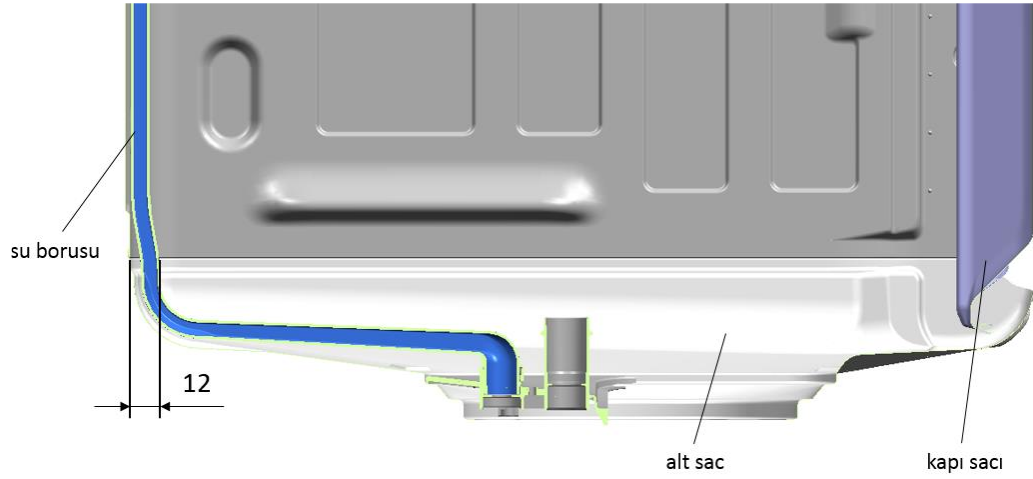
$$l = (346,5 + 245)/2 = 295,7 \quad (4.3)$$

Eksantrik yörünge yarıçapı;

$$r = 295,7 - 245 = 50,7 \quad (4.4)$$

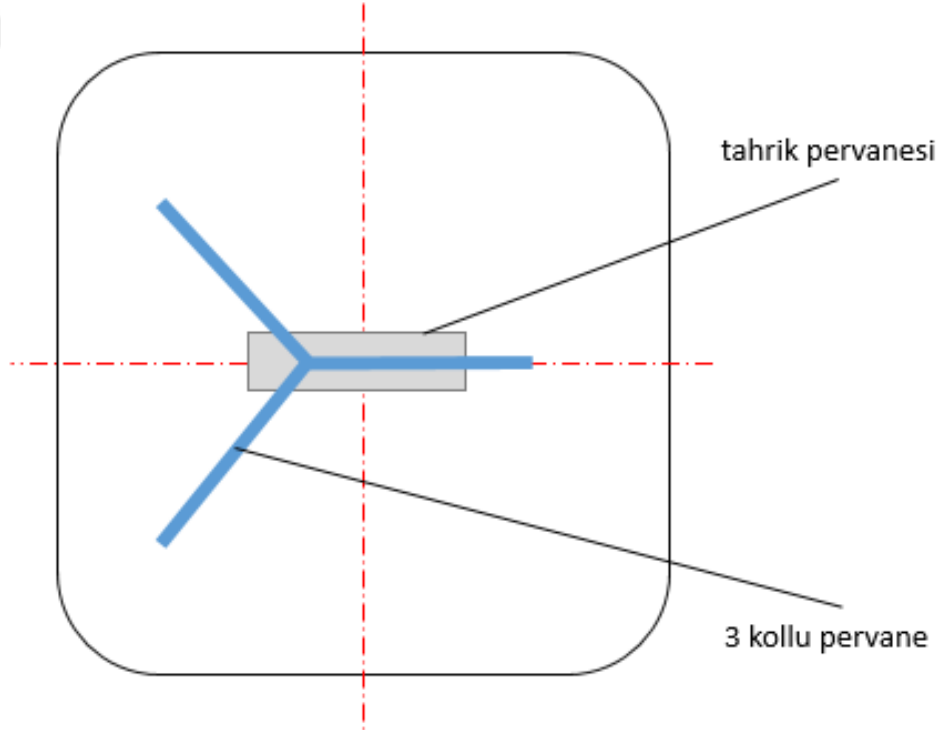
(4.1) ve (4.2) nolu eşitliklerden pervanenin olması gereken boy (l) 295,7 mm ve (4.4) nolu eşitlikten yörünge yarıçapı (r) 50,7 mm olarak hesaplanmıştır.

Şekil 4.7’de gösterilen etüte göre su borusu ile alt sac arasında yatay ekseninde 12 mm mesafe olduğu görülmüştür. Pervanenin su borusuna çarpmasını engellemek ve köşe konumlara ulaşabilmek amacıyla yörünge yarıçapından (r) bu mesafe düşülmüştür. Buna göre eksantrik yörünge yarıçapı 38,7 mm olarak belirlenmiştir.



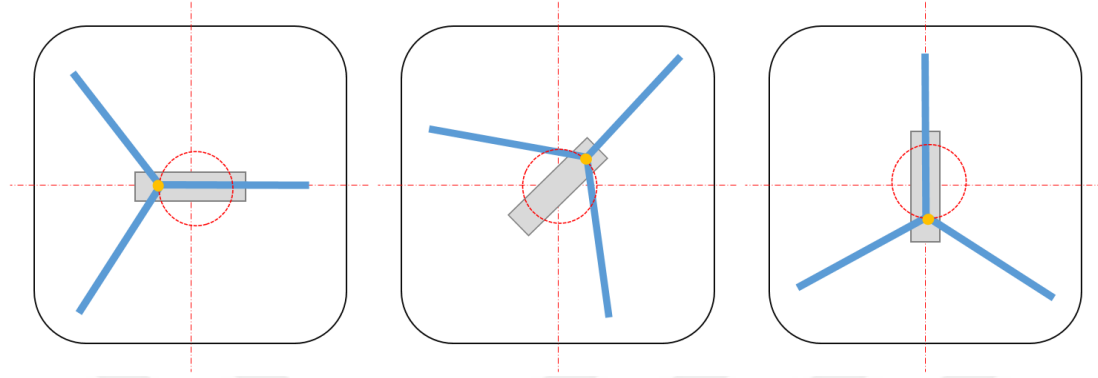
Şekil 4.7: Bulaşık makinesi sol kesit görünüşü

Eksantrik yörünge ve pervane boyunun hesaplanmasından sonra mekanizmanın hareketi, hidrolik olarak pervane nozulundan çıkan suyun yarattığı momentum ile sağlanmak istenmiştir. Buna göre eksantrik yörüngeyi izleyecek ve tahriği sağlayacak olan tahrik pervanesi ile köşelere ulaşarak yıkamayı sağlayacak çok kollu pervane pervane sistemi üzerine çalışılmıştır. Bu alternatifte hareketin tahrik pervanesinden çok kollu pervaneye dişli çark mekanizması ile aktarılması amaçlanmıştır.



Şekil 4.8: Mekanizmanın şematik gösterimi

Köşelere erişim için üç kollu pervanenin ucunun kare alanın köşesine uzanması gerekmektedir. Bunu sağlamak için Şekil 4.9’da hareketi verilen mekanizmada 3 kollu pervane saat yönünün tersine 45° döndüğü zaman bağlı olduğu tahrik pervanesinin saat yönünde 135° dönmesi gerekmektedir.



Şekil 4.9: Mekanizmanın hareketinin gösterimi

Bağıl hareketlerin ters yönlü olması nedeniyle dişli mekanizması iç planet mekanizması veya sıralı üç dişli çark olarak tasarlanabilir. Mevcut konstrüksiyon sınırlarından dolayı sıralı üç dişli çarkın kullanılmasına karar verilmiştir.

Şekil 4.10’da gösterilen mekanizmada, merkezde bulunan 2 numaralı dişlinin sabit olması; 4 numaralı dişlinin onun etrafında dönme hareketi yapması ve dişlilerin yataklandığı 3 numaralı taşıyıcı kolun 2 numaralı dişliyle aynı yönde hareket etmesi gerekmektedir. Buna göre mekanizmanın dişli oranları hesaplanırsa;

- 2 numaralı dişlinin 3 numaralı taşıyıcı kola göre bağıl hızı:

$$n_{23} = n_2 - n_3 \quad (4.5)$$

Buradan 2 numaralı dişlinin bağıl hızı hesaplanırsa:

$$n_{23} = 0 - (-135) = 135^\circ \quad (4.6)$$

- 5 numaralı dişlinin 3 numaralı taşıyıcı kola göre bağıl hızı:

$$n_{53} = n_5 - n_3 \quad (4.7)$$

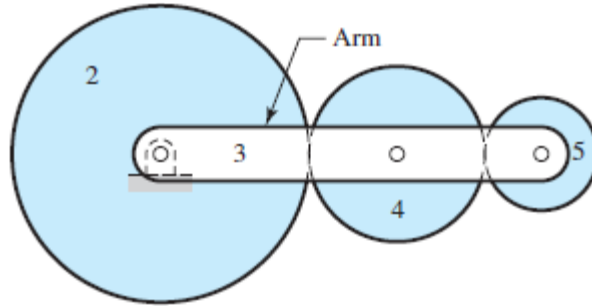
Buradan 5 numaralı dişlinin bağıl hızı hesaplanırsa:

$$n_{53} = 45 + 135 = 180^\circ \quad (4.8)$$

- Dişlilerin çevrim oranı hesaplanırsa:

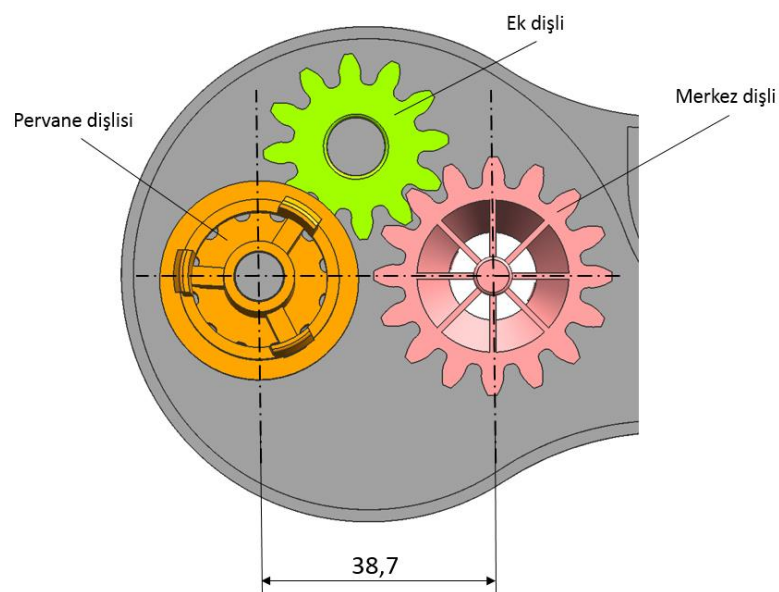
$$i = \frac{n_{53}}{n_{23}} = \frac{n_5 - n_3}{n_2 - n_3} \quad (4.9)$$

$$i = \frac{180}{135} = \frac{4}{3} \quad (4.10)$$

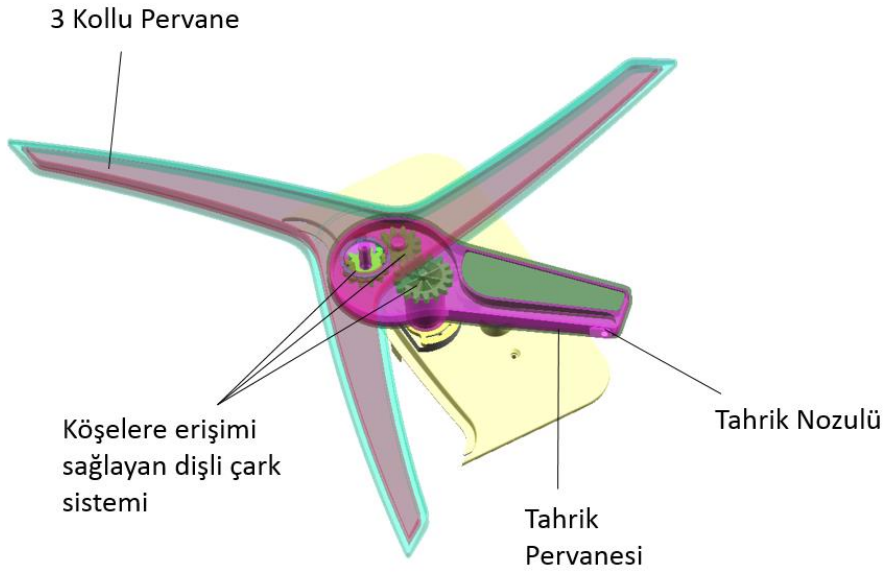


Şekil 4.10: Planet dişli mekanizmasının gösterimi [22].

Dişlilerin çevrim oranından, merkezde bulunan 2 numaralının diş sayısının 4 ile sonda bulunan 5 numaralı dişlinin diş sayısının 3 ile orantılı olması gerektiği görülmektedir. Ortada bulunan dişlinin görevi hareketi aktarmak olduğu için diş sayısı önemsizdir. Şekil 4.11’de gösterilen ön tasarımda, bulaşık makinasının merkezinde bulunan dişli merkez dişli, 3 kollu pervaneye bağlı olan dişli pervane dişlisi ve hareketin yönünü değiştiren avare dişli ise ek dişli olarak isimlendirilmiştir.



Şekil 4.11: Mekanizmanın ve dişlilerin konumu



Şekil 4.12: Mekanizmanın görünümü

Alternatif 1'in avantajları:

- Aktarma mekanizması olarak dişli çarkların kullanılması ile güç ve devir sayılarında kaybın az olması,
- Dişli çarkların plastik enjeksiyon yöntemi ile ucuz olarak üretilmesi,
- Plastik dişli çarkların korozyon dayanımının yüksek olması,
- Dişli çarkların montaj kolaylığı olarak sıralanabilir.

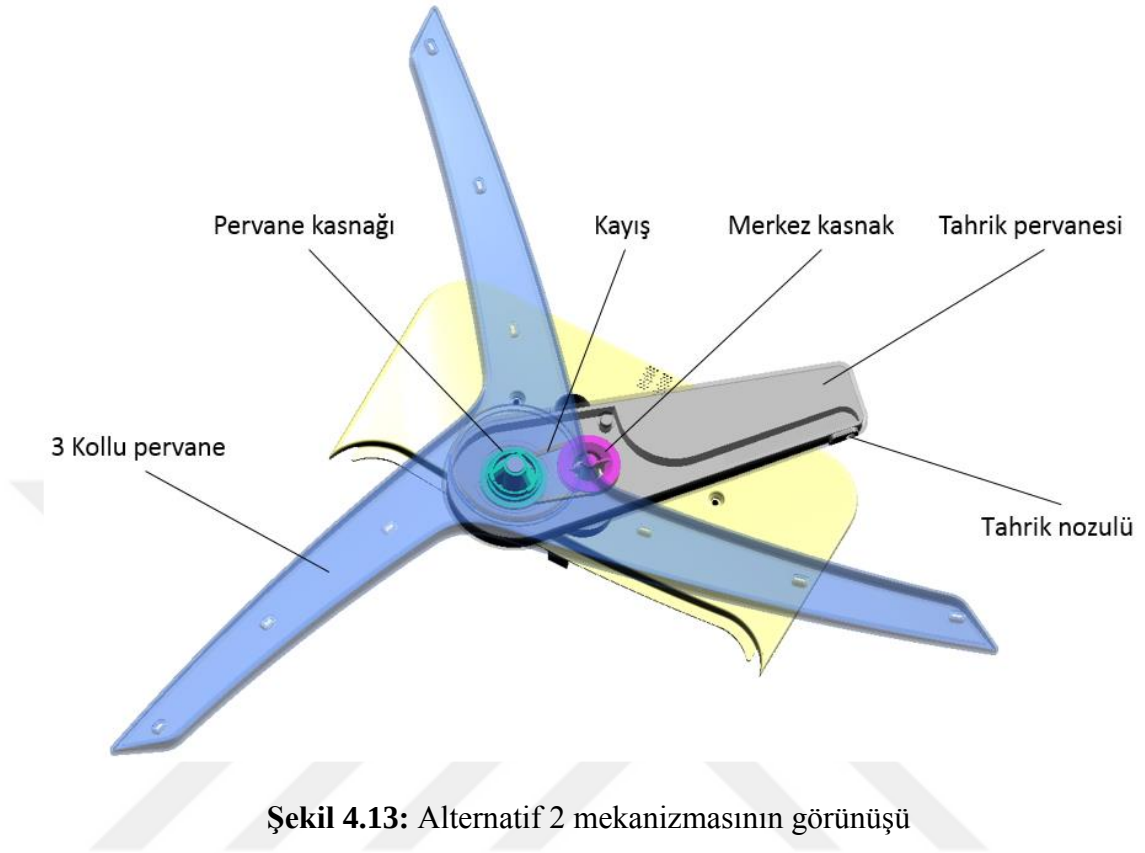
Alternatif 1'in dezavantajları ise:

- Yıkama sırasında limon çekirdeği, zeytin çekirdeği vb. yabancı maddelerin dişli çarkların arasına girerek mekanizmayı bloke etme ihtimalinin olması,
- Teorik diş arası boşluğu (backlash) nedeniyle 3 kollu pervanenin ucunda oluşan salınma hareketinin fazla olması olarak sıralanabilir.

4.2 Alternatif Fonksiyon Strüktürü 2

Bu alternatifte de pervanenin kare alan taraması amaçlanmıştır. Bölüm 4.1'de gösterilen ilk alternatifin esin kaynağı olan kare delik açan matkap mekanizması baz alınmıştır. İlk alternatiften farklı olarak aktarma mekanizmasında kayış-kasnak kullanılmasına karar verilmiştir. Bu alternatifte de Şekil 4.13'te gösterildiği gibi ikili bir pervane yapısı kullanılmıştır. Aktarma mekanizması tahrik pervanesinin içine

yerleştirilmiştir. Mekanizmanın tahriğinin yine hidrolik olarak tahrik nozulünden çıkan suyun yarattığı momentumdan sağlanması planlanmıştır.



Şekil 4.13: Alternatif 2 mekanizmasının görünüşü

Alternatif 2'nin avantajları:

- Kayış-kasnak mekanizmasının konstrüksiyonun basit olması,
- Kasnakların plastik enjeksiyon yöntemi ile ucuz üretilmesi olarak sıralanabilir.

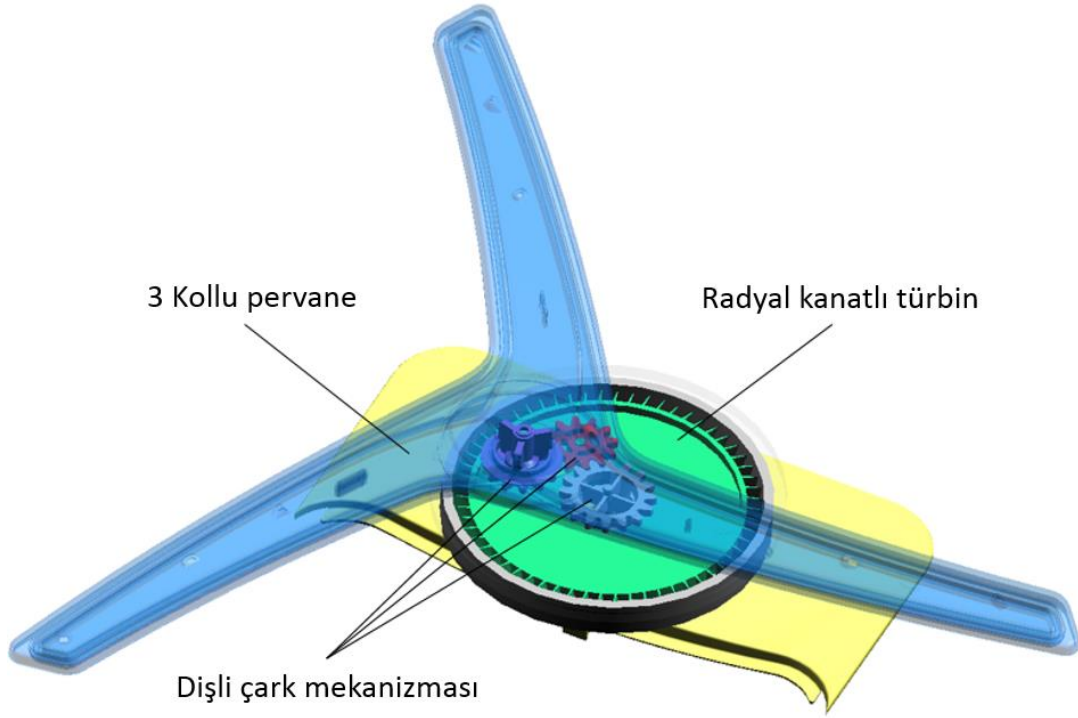
Alternatif 2'nin dezavantajları:

- Kullanılan kayış-kasnak mekanizmasının su ve diğer kimyasal maddelerin yarattığı korozyon etkilere dayanımının düşük olması,
- Komponentlerin montaj zorluğu olarak sıralanabilir.

4.3 Alternatif Fonksiyon Strüktürü 3

Bu tasarım alternatifinde tahrik mekanizması olarak radyal kanatlı türbin yapısı kullanılmıştır. Türbin tahrik pervanesinin içine yerleştirilmiştir. Sirkülasyon pompasından basınçlandırılan su tahrik pervanesine dolar, türbin kanatlarını hareket

ettirerek sistemin tahriği sağlanır. Şekil 4.14'te gösterildiği gibi türbinin üzerine yataklanan dişli çark mekanizmasıyla da hareket, üç kollu pervaneye aktarılır.



Şekil 4.14: Alternatif 3 mekanizmasının görünüşü

Alternatif 3'ün avantajları:

- Mekanizmanın hareketi için kullanılan suyun yıkama etkinliğinde kullanılabilmesi,
- Aktarma mekanizması olarak dişli çarklar kullanılması ile Alternatif 1'de belirtilen avantajlar bu alternatif için de geçerlidir.

Alternatif 3'ün dezavantajları:

- Sistemde kullanılan türbinin dar toleranslarda üretilmesinin zor olması,
- Mekanizmanın gerektirdiği hacmin, makinenin konstrüksiyon sınırları içerisine yerleşiminin zor olması olarak sıralanabilir.

4.4 En İyi Alternatifin Belirlenmesi

Alternatif tasarımlar arasından en iyi alternatifin belirlenmesi için fayda değer analizi yapılmıştır. Alternatifler için temel ve alt hedefler belirlenerek hedefler sistemi oluşturulmuştur. Buna göre oluşturulan temel hedefler:

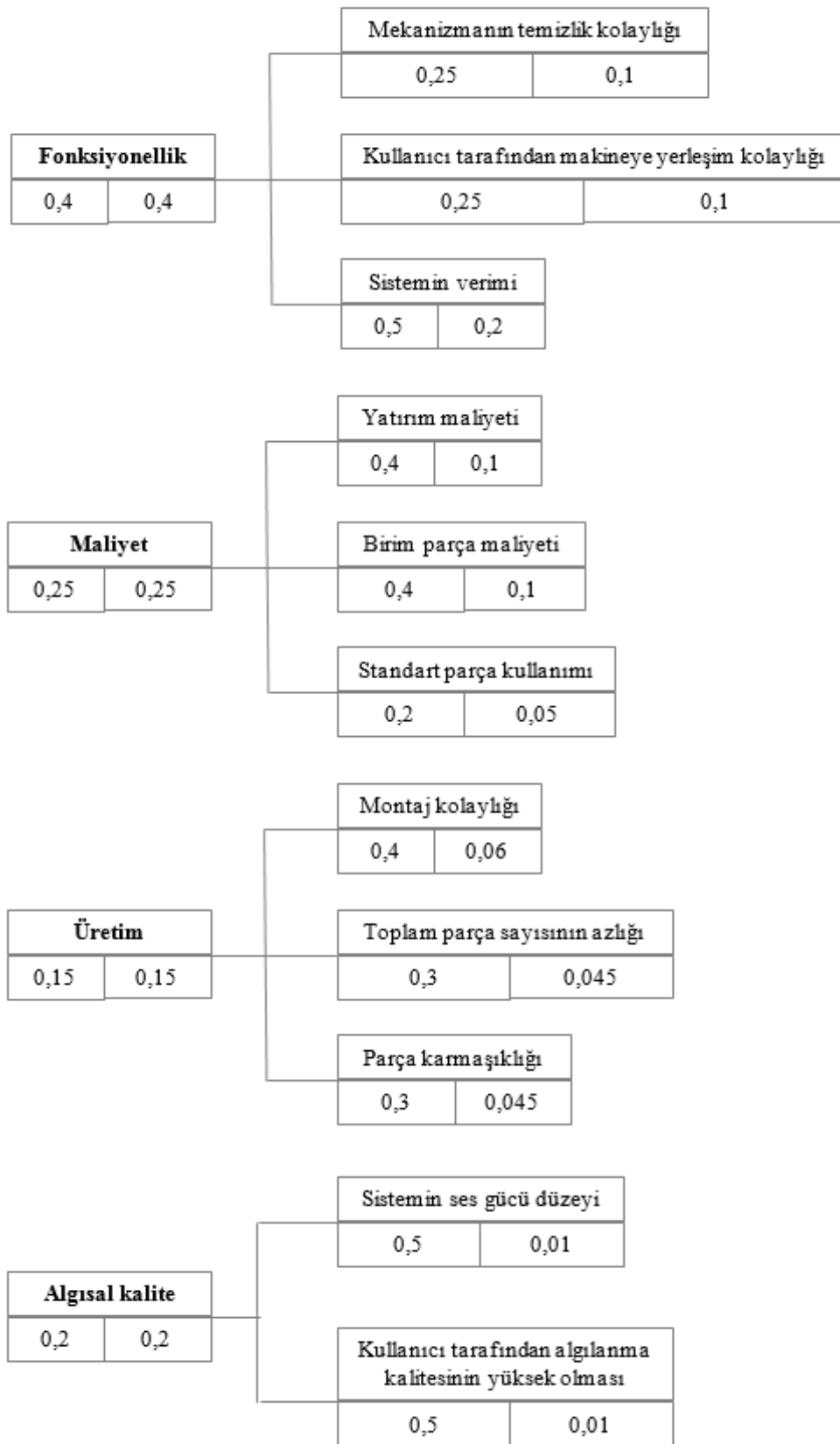
- Fonksiyonellik

- Maliyet
- Üretim kolaylığı
- Algısal kalite olarak sıralanabilir.

Temel hedeflerin alt hedef kırınımları belirlenerek ağırlıkları hesaplanmıştır. Temel hedeflerin alt hedef kırınımları ise şu şekildedir:

- Fonksiyonellik
 - Mekanizmanın temizlik kolaylığı
 - Kullanıcı tarafından makineye yerleşim kolaylığı
 - Sistemin verimi
- Maliyet
 - Yatırım maliyeti
 - Birim parça maliyeti
 - Standart parça kullanımı
- Üretim
 - Montaj kolaylığı
 - Toplam parça sayısının azlığı
 - Parça karmaşıklığı
- Algısal kalite
 - Sistemin ses gücü düzeyi
 - Kullanıcı tarafından algılanma kalitesinin yüksek olması

Tanımlanan tüm hedefler istekler listesine göre önceliklendirilmiştir. Buna göre hedefler sistemi için oluşturulan ağırlık dağılımları Şekil 4.15'te gösterilmiştir.



Şekil 4.15: Hedefler tablosu ve ağırlıkları

Şekil 4.15'te gösterilen hedefler tablosunda gösterilen her bir alt hedef için alternatiflere puan verilmiştir. Alternatiflere verilen puanlarla alt hedef ağırlığı çarpılarak o alt değerlendirme kriterinin ağırlıklı değeri elde edilmiştir. Her alternatifin ağırlıklı değerinin toplamı ile de o alternatifin puanı belirlenmiştir. Puanlandırmada kullanılan skala Çizelge 4.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.1: Değer puanları ve sözel karşılıkları [23].

Puan	Sözel Karşılık
0	Hiç işe yaramaz
1	Yetersizliği çok
2	Zayıf
3	Kabul edilebilir
4	Yeterli
5	Tatmin edici
6	İyiye yakın
7	İyi
8	Çok iyi
9	Referanstan iyi
10	İdeal

Her bir alternatifin ağırlıklı değeri hesaplanarak hedef büyüklükler matrisi oluşturulmuştur. Matristen alternatiflerin toplam ağırlık değerleri bulunarak en yüksek değere sahip alternatif seçilmiştir. Şekil 4.16'da hedef büyüklükler matrisi gösterilmiştir.

					Alternatif 1		Alternatif 2		Alternatif 3	
Temel Hedef	Temel Hedef Katsayısı	Alt Hedef	Temel Hedef Katsayısı	Alt Hedef Katsayısı	Puan	Ağırlıklı Değer	Puan	Ağırlıklı Değer	Puan	Ağırlıklı Değer
Fonksiyon	0,4	Mekanizmanın temizlik kolaylığı	0,25	0,1	7	0,7	6	0,6	1	0,1
		Kullanıcı tarafından makineye yerleşim kolaylığı	0,25	0,1	6	0,6	6	0,6	2	0,2
		Sistemin verimi	0,5	0,2	8	1,6	5	1	8	1,6
Maliyet	0,25	Yatırım maliyeti	0,4	0,1	6	0,6	6	0,6	5	0,5
		Birim parça maliyeti	0,4	0,1	8	0,8	7	0,7	6	0,6
		Standart parça kullanımı	0,2	0,05	2	0,1	2	0,1	2	0,1
Üretim	0,15	Montaj kolaylığı	0,4	0,06	8	0,48	6	0,36	4	0,24
		Toplam parça sayısının azlığı	0,3	0,045	7	0,315	7	0,315	6	0,27
		Parça karmaşıklığı	0,3	0,045	7	0,315	8	0,36	5	0,225
Algısal kalite	0,2	Sistemin ses gücü düzeyi	0,5	0,1	9	0,9	9	0,9	8	0,8
		Kullanıcı tarafından algılanma kalitesinin yüksek olması	0,5	0,1	9	0,9	9	0,9	7	0,7
Toplam ağırlık değeri				1	Σ	7,31	Σ	6,435		5,335

Şekil 4.16: Hedefler büyüklükler matrisi

Hedefler büyüklükler matrisine göre toplam ağırlık değerleri şu şekildedir:

- Alternatif 1: 7,31
- Alternatif 2: 6,435
- Alternatif 3: 5,335

Fayda değer analizi sonucunda alternatif 1 ile devam edilme kararı verilmiştir.

5. DETAY TASARIMIN YAPILMASI

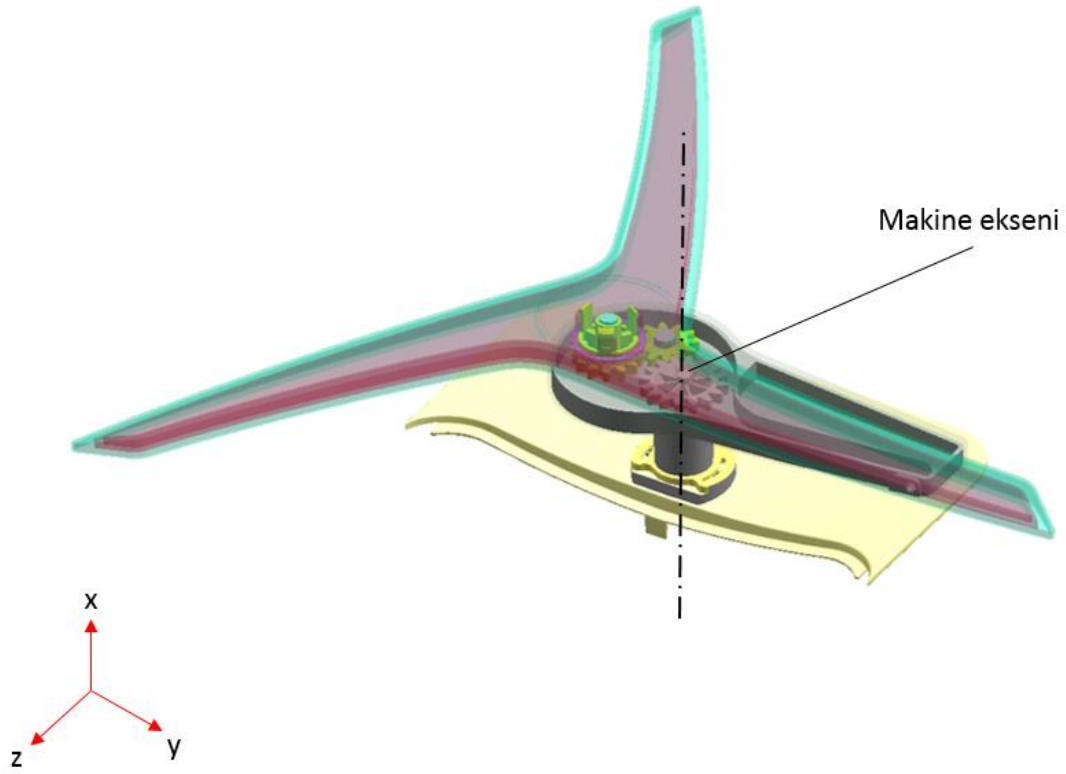
Detay tasarım aşamasında ilk olarak sistemde kullanılacak dişli çark mekanizmasının boyutlandırılması yapılmıştır. Bölüm 4'te hesaplanan çevrim oranına göre merkez dişlinin diş sayısı 16, ortada bulunan ek dişlinin diş sayısı 12 ve sonda bulunan ve üç kollu pervaneye bağlı olan dişlinin diş sayısı 12 seçilmiş ve diş modülü 2,2 mm hesaplanmıştır. Buna göre merkez dişlinin merkezi ile pervane dişlisinin merkezi arasındaki mesafe 38,7 mm olacak şekilde tasarım aşamasına geçilmiştir.

Mekanizmada bulunan dişliler yük taşımadığı ve sadece hareketi aktarmak amacıyla kullanıldıkları için dişlilerin mukavemet hesaplamaları yapılmamıştır.

Mekanizmada kullanılacak olan tüm parçaların plastik enjeksiyon yöntemiyle üretilmesine karar verilmiştir. Bu nedenle parçalar plastik parça tasarım kriterlerine uygun olarak tasarlanmıştır.

Sistemin dışarıdan herhangi bir motor kullanılmadan hidrolik olarak tahrik edilmesi düşünülmüştür. Bu amaçla dişlilerin yerleştirildiği tahrik pervanesine tahrik nozulu eklenerek bu nozulden çıkan suyun yarattığı açısız momentumdan yararlanılmıştır. Eksantriklikten dolayı sistemde oluşan dengesizliği önlemek amacıyla karşı ağırlık kullanılmıştır. Karşı ağırlığın kütlesi, mekanizmada bulunan komponentlerin kütlesi, sisteme giren suyun kütlesi ve nozullardan çıkan suyun yarattığı kuvvet hesaba katılarak bulunmuştur. Komponentlerin kütlesi, kullanılması planlanan malzemelerin özellikleri dikkate alınarak hesaplanmıştır. Şekil 5.1'de gösterilen makinenin merkezinden geçen eksene göre denklem (4.11) ile moment dengesi yazılarak kullanılması gereken karşı ağırlık kütlesi hesaplanmıştır.

$$\sum M = 0 \quad (4.11)$$



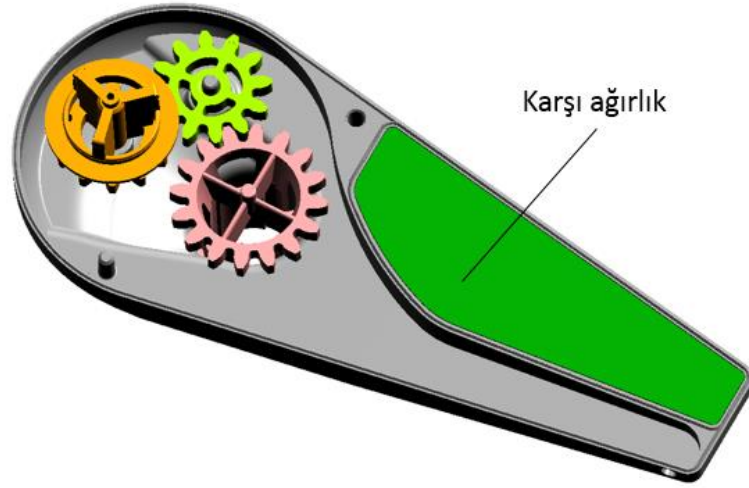
Şekil 5.1: Sistemin denge noktası

Çizelge 5.1’de verilen sistem elemanlarının kütlesi ve konumuna göre karşı ağırlığın kütlesi 179 gr. hesaplanmıştır.

Çizelge 5.1: Karşı ağırlığın kütlesinin bulunması

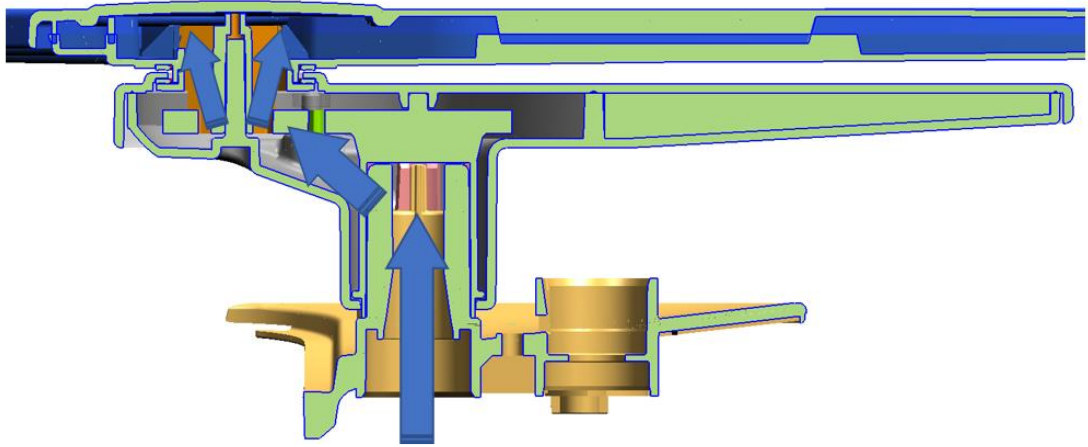
	Hacim (cm ³)	Malzeme	Yoğunluk (g/cm ³)	Kütle (g)	Ağırlık merkezi	Eksenel (N.mm)
Mekanizma	-	-	-	-	-151	-
Tahrik pervanesi	70,5	PP	1,12	78,96	-126,8	1879,248
Dişli takımı	16	POM	1,2	19,2	-167	-311,04
3 kollu pervane	150	PP	1,12	168	-189,8	-6585,6
Sisteme giren su	200	-	1	200	-178	-5560
3 kollu pervane nozulleri	-	-	-	-	275,5102041	-10800
Tahrik pervanesi nozulleri	-	-	-	-	36	2250
Karşı ağırlık	-	-	-	178,76	107	-19127,392

Tahrik pervanesine yerleştirilecek olan karşı ağırlık ve konumu Şekil 5.2’de gösterilmiştir.



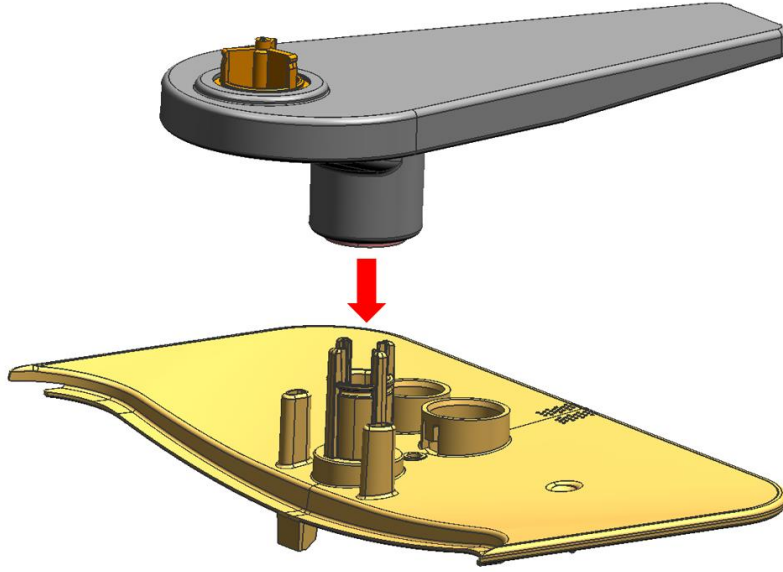
Şekil 5.2: Karşı ağırlığın konumunun gösterimi

Sistem, makinanın merkezinde bulunan filtre destek parçasına monte edilmektedir. Sirkülasyon pompasından basılan su, önce merkez dişlinin göbeğinde bulunan delikten tahrik pervanesine dolmaktadır. Tahrik pervanesine dolan suyun bir kısmı tahrik nozulundan atılarak sistem harekete geçmektedir. Kalan su ise Şekil 5.3'te gösterildiği gibi pervane dişlisine bağlı olan üç kollu pervaneye aktarılmaktadır.



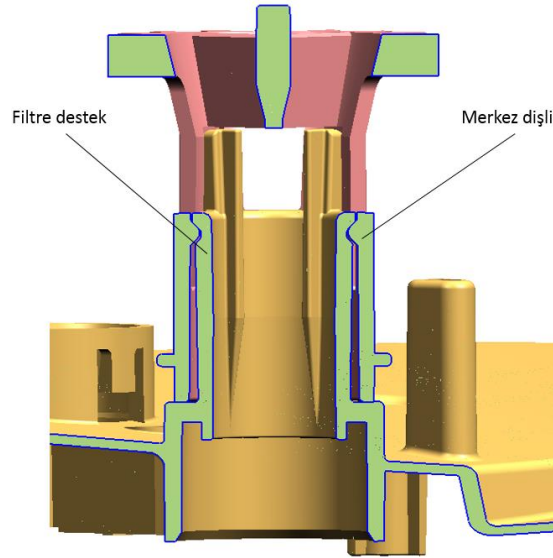
Şekil 5.3: Suyun akış hattı

Tahrik pervanesi, Şekil 5.4'te gösterildiği gibi merkez dişli aracılığıyla filtre destek elemanına bağlanır.



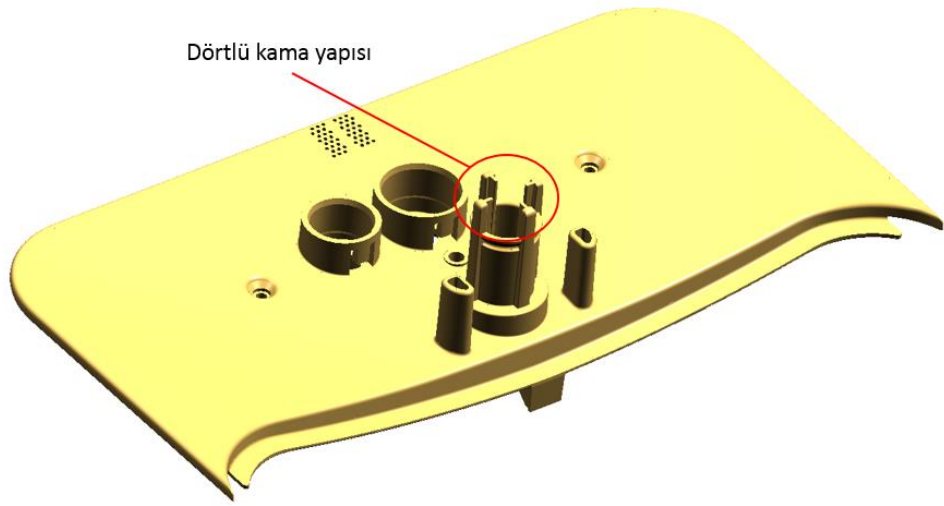
Şekil 5.4: Tahrik pervanesinin filtre destek parçasına montaj görünüşü

Bağlantı Şekil 5.5'te gösterildiği gibi merkez dişli üzerinde bulunan tırnakların filtre destek parçası üzerinde bulunan oyuklara oturmasıyla sağlanır. Bağlantı ile tahrik pervanesi içerisinde bulunan merkez dişli bulaşık makinası merkezine sabitlenir ve tahrik pervanesinin merkez dişli etrafında dönme hareketi yapması sağlanır. Merkez dişli üzerindeki tırnaklı yapı kullanıcının tahrik pervanesini rahatça çıkarıp takabileceği şekilde tasarlanmıştır.



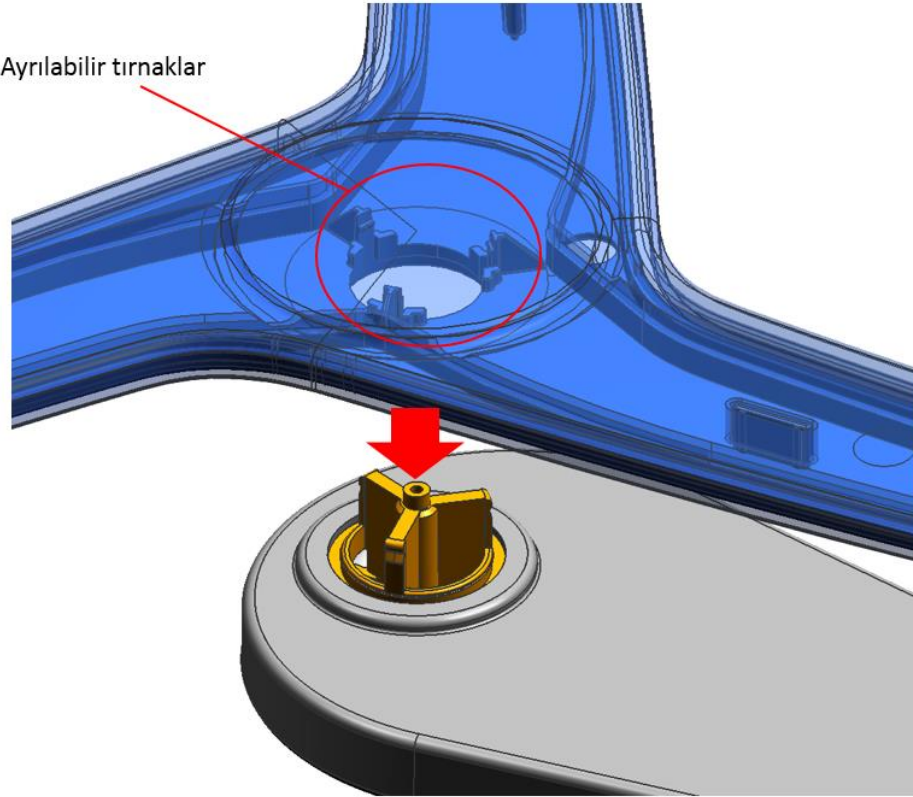
Şekil 5.5: Merkez dişlinin filtre destek parçasına montaj görünüşü

Şekil 5.6'da gösterilen filtre destek parçasının üzerinde bulunan dörtlü kama yapısı ise tahrik pervanesinin üç kollu pervaneye göre bağıl konumlandırmasını yaparak üç kollu pervanenin doğru pozisyonda çalışmasını sağlamaktadır.



Şekil 5.6: Filtre destek parçasının kamalı yapısının görünüşü

Üç kollu pervanenin tahrik pervanesine montajında da yine ayrılabilir tırnak yapısı kullanılmıştır. Böylece kullanıcı istediği zaman üç kollu pervaneyi tahrik pervanesinden ayırarak üç kollu pervaneyi temizleme olanağı elde edebilecek. Şekil 5.7’de gösterildiği gibi üç kollu pervanede bulunan tırnaklar, pervane dişlisindeki oyuklara oturtularak montaj tamamlanmaktadır.



Şekil 5.7: Üç kollu pervanenin tahrik pervanesine montaj görünüşü

5.1 Tasarımın Doğrulanması

Detay tasarım çalışması tamamlanarak sistemin prototipi üretilmiştir. Sistemin çalışması sırasında, imalat ve montaj aşamalarında oluşabilecek problemler tespit edilmeye çalışılmıştır.

Prototipleme aşamasında dişli çark parçaları ve tahrik pervanesi parçaları talaşlı imalatla POM malzemeden; üç kollu pervane ve filtre destek parçaları hızlı prototipleme yöntemi ile 3D yazıcıda üretilmiştir. Parçaların tasarımda verilen ölçülere uygun olduğu tespit edildikten sonra dişli çark mekanizmasının montajı yapılarak test aşamasına geçilmiştir. Üretilen prototipler ve sistemin montajlanmış hali Şekil 5.8 ve Şekil 5.9’da gösterilmiştir.

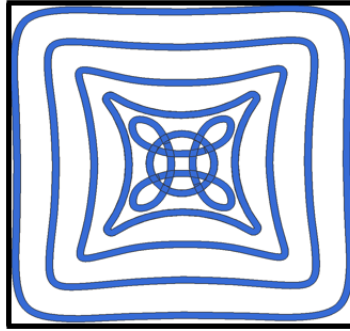


Şekil 5.8: Dişli çarklar ve tahrik pervanesi prototip parçaları



Şekil 5.9: Prototip parçalarının montaj görünüşü

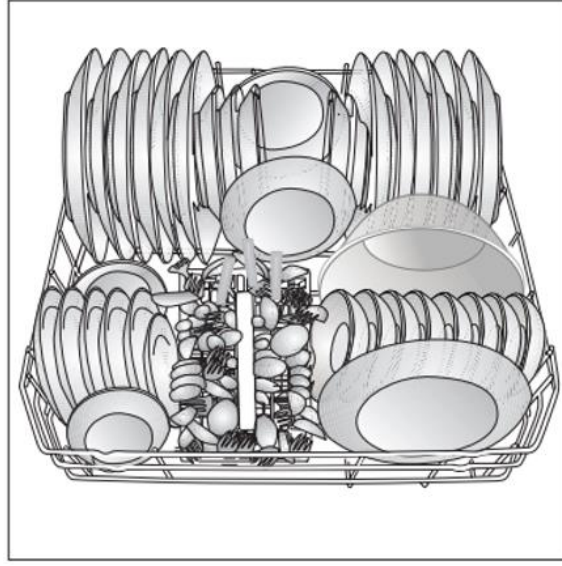
Test aşamasında sistem, bulaşık makinesi içerisine gruplanarak sistemin öncül yıkama performansı testleri yapılmıştır. Sistemin makine içerisinde taradığı alan CAD ortamında hesaplanmış ve pervanenin makine içerisinde Şekil 5.10’da gösterildiği gibi %98 alan taradığı hesaplanmıştır.



Şekil 5.10: Yeni tasarımın taradığı alan

Bölüm 2’de tartışılan literatür araştırmasında temizlemenin kimyasal etki, mekanik etki, sıcaklık ve zamana bağlı olduğu gösterilmiştir. Bu parametrelerden mekanik etki faktörü pervanenin taradığı alanla doğru orantılıdır.

Prototip ile öncül yıkama testleri yapılarak teknik problemler tespit edilmiştir. Bu amaçla Şekil 5.11’de gösterilen bulaşık makinesi standart alt sepet yerleşimi ile testler yapılmıştır.



Şekil 5.11: Bulaşık makinesi alt sepet yerleşimi

Yapılan testler sonucu elde edilen bulgular:

- Tahrik pervanesinin üst bölümünde şişme tespit edilmiş ve bundan kaynaklı mekanizmanın yalpa miktarının arttığı görülmüştür.
- Tasarımda verilen boşluklardan dolayı pervanede yalpa görülmüş ve buna bağlı olarak pervanenin alt sepette tabaklara çarptığı gözlenmiştir.
- Pervane dişlisinin yataklandığı pimin sıcak ortamda çevresel kuvvetlerin etkisiyle plastik deformasyona uğradığı ve açısının bozulduğu tespit edilmiştir.

5.2 Malzeme Seçimi Aşaması

Öncül yıkama testlerinde POM malzemenin elastiklik modülünün yüksek oranda düştüğü ve mukavemetini kaybettiği görülmüştür. Özellikle dişli çarklarda ve dişli çarkların yataklarında görülen bu etki, mekanizmanın verimini büyük ölçüde düşürmüştür. Bu nedenle tribolojik özellikleri iyi olan POM malzemenin mekanizmanın sürtünme bölgelerinde kullanılması ve dişli çarklarda elastiklik modülü daha yüksek olan farklı plastik hammadde kullanılması düşünülmüştür. Bu amaçla farklı plastik hammaddeler araştırılmış ve alternatif malzeme çiftleri seçilmiştir. Seri üretimde kullanılabilecek olan POM, PP ve 304 paslanmaz çelik malzemeleri ile Arçelik Merkez Ar-Ge Malzeme Laboratuvarlarında farklı ortam koşullarında dinamik sürtünme katsayısı belirleme deneyleri gerçekleştirilmiştir.

Testler için ortam koşulları aşağıdaki gibi belirlenmiştir:

- Kuru ortam
- Sulu ortam
- Deterjanlı ve sulu ortam

Belirlenen ortam koşullarına göre gerçekleştirilen sürtünme katsayısı belirleme deneyi sonuçları Çizelge 5.2’de gösterilmiştir. Statik olan malzeme taban, hareketli olan malzeme ise tavan olarak tanımlanmıştır.

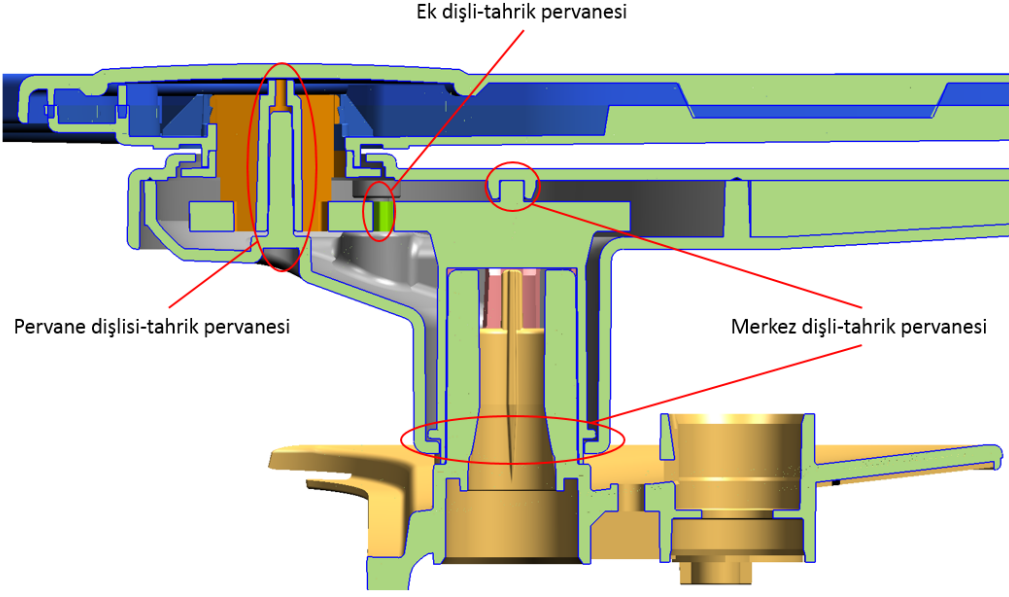
Çizelge 5.2: Malzemelerin dinamik sürtünme katsayıları

Taban-Tavan	Kuru	Sulu	Deterjanlı ve sulu
POM-POM	0,1	0,15	0,21
PP-PP	0,17	0,22	0,13
POM-PP	0,05	0,07	0,08
PP-POM	0,05	0,05	0,05
PP-304	0,19	0,16	0,19
304-PP	0,27	0,2	0,21

Çizelge 5.2’ye göre en iyi malzeme çiftinin PP-POM olduğu görülmüştür. Buna göre dişlilerin yatakladığı tahrik pervanesi ve dişli çarklarda fiber katkılı PP malzeme; sürtünme bölgelerinde ise POM malzemeden burç kullanılmasına karar verilmiştir.

Burç tasarımı için öncelikle sürtünme bölgeleri belirlenmiştir. Şekil 5.12’de mekanizmadaki sürtünme bölgeleri gösterilmiştir. Buna göre 4 kritik sürtünme bölgesi olduğu görülmüştür:

- 1) Merkez dişli üst pim-tahrik pervanesi
- 2) Merkez dişli-tahrik pervanesi
- 3) Ek dişli-tahrik pervanesi
- 4) Pervane dişlisi-tahrik pervanesi

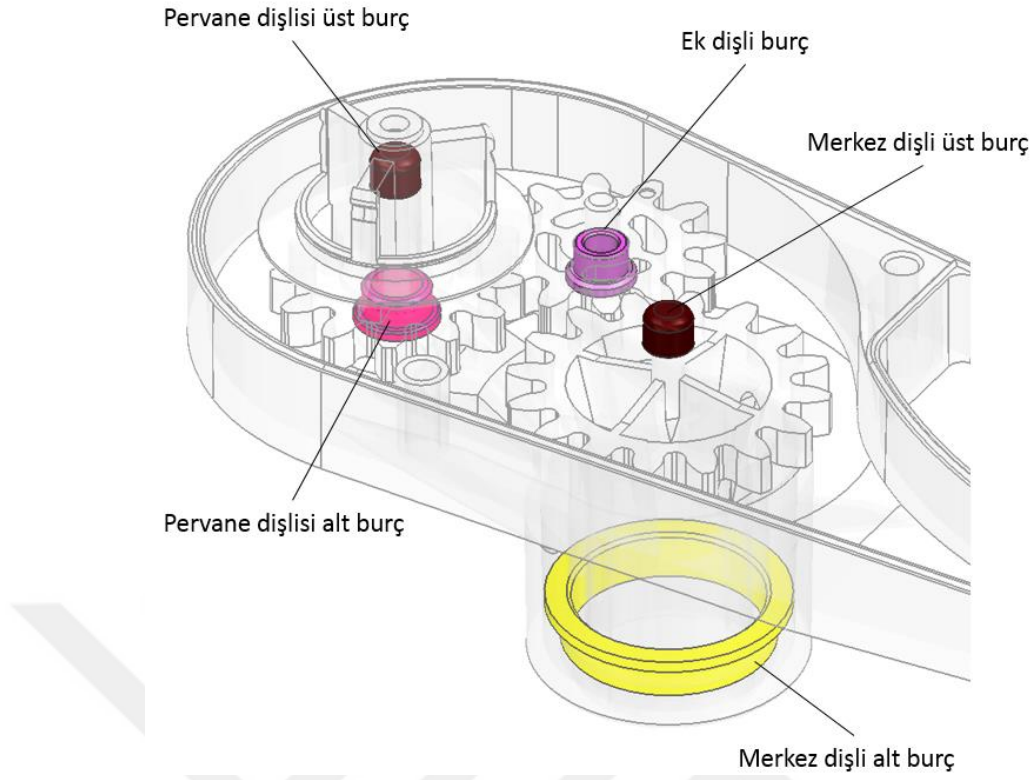


Şekil 5.12: Mekanizmanın sürtünme bölgeleri

Belirlenen sürtünme bölgeleri için Şekil 5.13'te gösterilen burç tasarımları yapılmış ve aşağıdaki gibi isimlendirilmiştir:

- Merkez dişli üst burç
- Merkez dişli alt burç
- Ek dişli burç
- Pervane dişlisi alt burç
- Pervane dişlisi üst burç

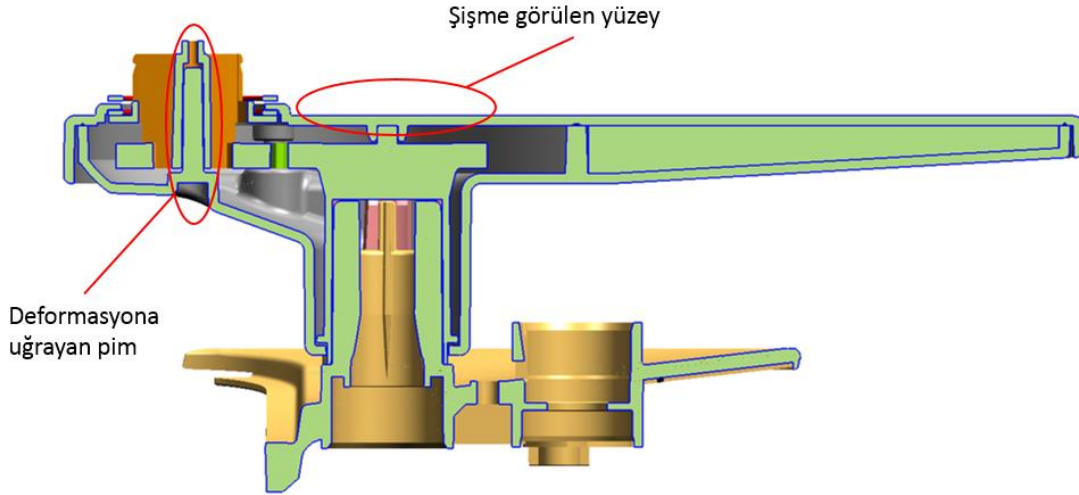
3 kollu pervanenin ise mevcut pervanelerde kullanılan PP malzeme ile üretilmesine karar verilmiştir.



Şekil 5.13: Burçların gösterimi

5.3 Yapısal Analiz Çalışması

Öncül yıkama testlerinde elde edilen sonuçlarda Şekil 5.14'te gösterilen pervane dişlisinin yataklandığı tahrik pervanesi piminin plastik deformasyona uğradığı ve buna bağlı olarak pervanede yalpa miktarının arttığı görülmüştür. Akışkanın yüksek basınçta tahrik pervanesine patlamasıyla Şekil 5.14'te gösterilen yüzeyde de şişme görülmüştür. Görülen bu problemlerin çözümü için yapısal analiz çalışması yapılarak parçaların rijitliğini arttıracak yapısal değişikliklere gidilmiştir.



Şekil 5.14: Tahrik pervanesinde görülen deformasyonlar

Yalpanın hem imalat boşluklarından hem de bileşenlerin elastikliğinden kaynaklandığı düşünülüp, elastisite sebepli yalpa miktarları araştırılmıştır. Yalpanın hangi bileşenden kaynaklandığı ve elastik yalpa sorununun nasıl çözülebileceğinin araştırılması için dinamik analizler yapılmıştır. Model kurulurken aşağıdaki kabuller yapılmıştır:

- Sadece elastisite kaynaklı yalpa araştırıldığından, sistemdeki yataklar temas tanımlanarak değil, ideal mafsallar kullanılarak modellenmiştir. Böylece sistemdeki imalat boşluklarının sebep olacağı yalpa, analiz dışında bırakılmıştır.
- Sistem bileşenleri olarak üst pervane, alt pervane (tahrik pervanesi), filtre destek parçası (alt şasi) ve bu bileşenler arasında hareket aktarımı sağlayan dişliler modele dahil edilmiştir.
- Malzemelerin 70 °C'deki mekanik özellikleri kullanılmıştır.
- Yalpa miktarı olarak, üç kollu pervanenin her bir kanadının uç noktalarından alınmış, aynı düzlemde duran üç noktanın, düşey doğrultuda (yalpa doğrultusunda) taradıkları mesafenin maksimum toplam değeri düşünülmüştür.
- Elastik yalpaya bileşenlerden gelen oransal katkıların ve bu katkılardan en büyüğünün bulunması için elastik çoklu cisim dinamiği modelleri kurulmuştur.
- Tüm analizlerde dişliler rijit olarak modellenmiştir. «Tüm bileşenler» terimiyle, dişliler dışındaki tüm bileşenler, yani, alt ve üst pervaneler ve alt şasi kastedilmektedir.

Yapılan kabullere göre oluşturulan dinamik model versiyonları Çizelge 5.3'te verilmiştir.

Çizelge 5.3: Dinamik model versiyonları

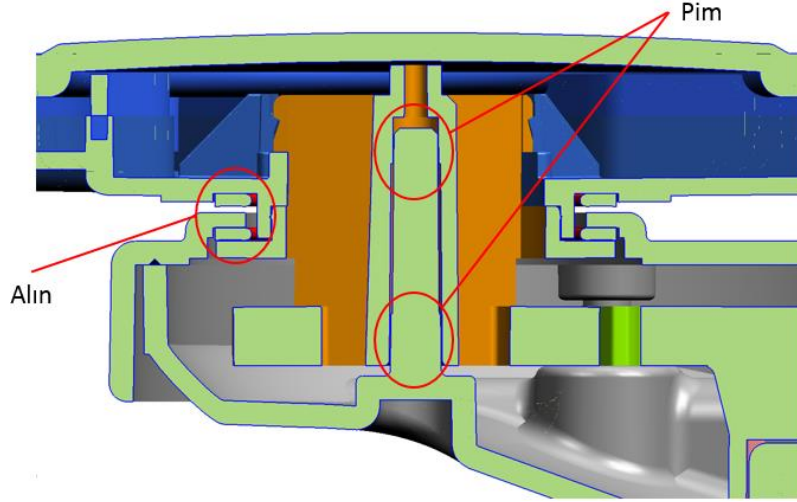
Versiyon Adı	Açıklama
ELAST_V01	Tüm bileşenler elastik
ELAST_V02	Sadece alt şasi elastik
ELAST_V03	Sadece alt pervane elastik
ELAST_V04	Sadece üst pervane elastik

Bileşenlerin yalpaya katkılarını araştıran analiz sonuçları Çizelge 5.4'te verilmiştir. Görüldüğü üzere, 3 kollu pervanenin elastik yalpaya katkısı neredeyse ihmal edilecek bir seviyede; tahrik pervanesi, elastik yalpaya baskın şekilde en çok katkıyı yapan bileşendir. Bu sonuçlar göz önünde bulundurularak, tahrik pervanesinde gerekli rijitliğin sağlanmasına odaklanılmıştır.

Çizelge 5.4: Analiz sonucu yalpa miktarları

Versiyon Adı	Açıklama	Yalpa Miktarı (mm)	Oran (%)
ELAST_V01	Tüm bileşenler elastik	6.8	100
ELAST_V02	Sadece alt şasi elastik	1.3	19
ELAST_V03	Sadece alt pervane elastik	5.4	77
ELSAT_V04	Sadece üst pervane elastik	0.3	4

Elastik yalpaya baskın olarak etki eden bileşen olan tahrik pervanesinde, yalpaya neden olan durumlar araştırılmıştır. Tahrik pervanesi ve 3 kollu pervane arasındaki kuvvet aktarım mekanizması incelendiğinde, 3 kollu pervaneden tahrik pervanesine aktarımın, Şekil 5.15'te gösterilen dişli yatağı (pim) ve kapak yüzeyi (alın) üzerinden olduğu görülmüştür. Mukavemet eksikliğinin bu iki kısımdan olduğu varsayılmıştır.



Şekil 5.15: Tahrik pervanesi kuvvet aktarım mekanizması

Tahrik pervanesi sebepli elastik yalpaları azaltmak için, baskın etken olan pim tasarımı için farklı malzeme ve tasarım kombinasyonları düşünülerek analizler tekrarlanmıştır. Tüm tahrik pervanesi yapısının elastisite modülünün yalpaya etkisi araştırılmıştır. Sadece pimin elastisite modülünün ve sadece pim çapının yalpaya etkisi ayrı ayrı araştırılmıştır. Buna göre hazırlanan model versiyonları ve açıklamaları Çizelge 5.5'te verilmiştir.

Çizelge 5.5: Analiz sonucu yalpa miktarları

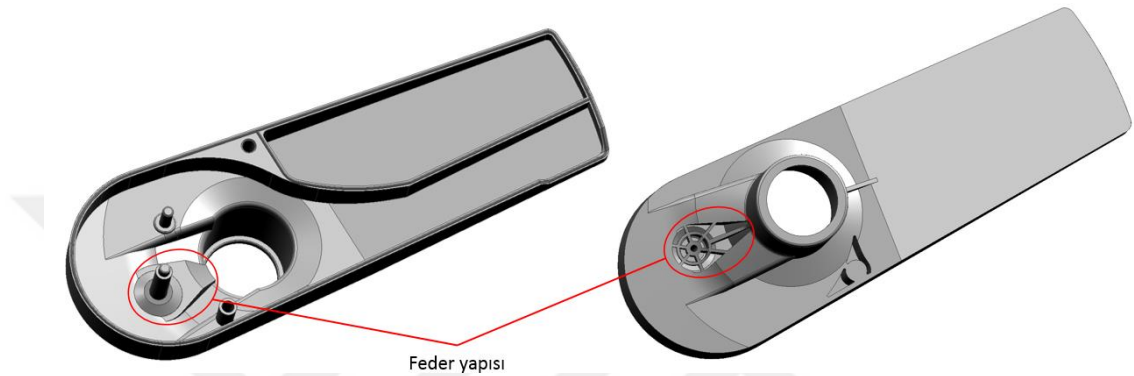
Versiyon Adı	Açıklama	Yalpa Miktarı (mm)	Oran (%)
PIM_E1300	Tüm pervanenin E modülü 1300 MPa	10.0	100
PIM_E3000	Tüm pervanenin E modülü 3000 MPa	5.5	55
PIM_E1300_IN	Paslanmaz çelik pim. Pervanenin E modülü 1300 MPa	5.6	56
PIM_E3000_IN	Paslanmaz çelik pim. Pervanenin E modülü 3000 MPa	3.8	38
PIM_E1300_IN2	Paslanmaz çelik pim. Genişletilmiş alüminyum taban. Pervanenin E modülü 1300 MPa	3.8	38
PIM_E1300_D	Pim dış çapı 6 mm. 2 mm delikli pim. Tüm pervanenin E modülü 1300 MPa	6.8	68
PIM_E2000_D	Pim dış çapı 6 mm. 2 mm delikli pim. Tüm pervanenin E modülü 2000 MPa	4.8	48
PIM_E3000_D	Pim dış çapı 6 mm. 2 mm delikli pim. Tüm pervanenin E modülü 3000 MPa	3.9	39

Elastik yalpanın yüksek oranda tahrik pervanesinden kaynaklandığı görülmüştür. Tahrik pervanesinden gelen yalpanın yüksek oranda pimin gerekli mukavemete sahip olmamasından kaynaklandığı görülmüştür. Muhtemel çözümler olarak aşağıdakiler ve onların kombinasyonları gösterilebilir:

- Pimin dış çapının 6 mm'ye çıkarılarak, et kalınlığının 2 mm yapılması.

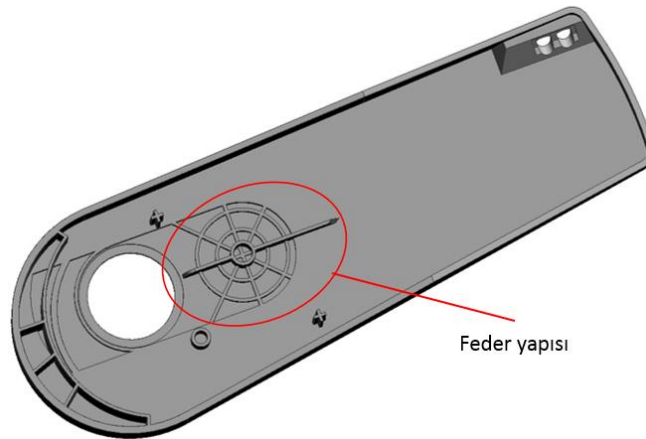
- Pimin paslanmaz çelikten yapılması.
- Mevcut tasarım korunarak, tahrik pervanesi malzemesi için, 70 °C’de elastisite modülü 7000 MPa veya üzeri olan malzeme kullanmak.

Belirlenen kriterlere göre tahrik pervanesinde tasarım revizyonları yapılarak pim yapısı güçlendirilmiştir. Ayrıca tahrik pervanesinde 70 °C çalışma sıcaklığında elastisite modulu en az 7000 MPa olan malzemeye geçişin uygun olduğu görülmüştür. Bu amaçla cam fiber katkılı PP malzeme seçilmiştir.



Şekil 5.16: Revizyon sonrası tahrik pervanesi alt parçasının görünümü

Tahrik pervanesi üst parçasında görülen şişme problemini çözmek amacıyla tahrik pervanesi üst parçasında da yapıyı güçlendirmek amacıyla Şekil 5.17’de gösterilen ilgili bölgelere feder örülmüştür. Feder yapısıyla kuvvetin etkidiği yönde parçanın kesit atalet momenti artırılarak parçanın rijitliği artırılmıştır.



Şekil 5.17: Revizyon sonrası tahrik pervanesi üst parçasının görünümü

Güçlendirilmiş tahrik pervanesi tasarımının kullanıldığı pervane sistemindeki elastik yalpa miktarları incelenmiştir. Sonuçlar, tahrik pervanesinin rijit olarak modellendiği versiyon ile karşılaştırılmıştır. Bu şekilde, tahrik pervanesi tasarımı ve/veya malzemesi

değiştirilerek, mevcut pervane sisteminin ulaşabileceği minimum elastik yalpaya göre, geliştirilen yeni tasarım ve malzeme seçimlerinin pozisyonu belirlenebilmektedir. Bunlara ek olarak, tahrik pervanesi malzemesi olarak, çalışma sıcaklığı olan 70 °C'deki elastisite modülü 7000 MPa olan bir malzeme kullanıldığı varsayılmıştır. Elde edilen sonuçlar Çizelge 5.6'da gösterilmiştir.

Çizelge 5.6: Güçlendirilmiş tahrik pervanesi analiz sonucu yalpa miktarları

Versiyon Adı	Açıklama	Yalpa Miktarı (mm)	Oran (%)
PIM_E1300	(Eski tasarım) Tüm pervanenin E modülü 1300 MPa	10.0	100
PIM_E1300_IN	(Eski tasarım) Paslanmaz çelik pim. Pervanenin E modülü 1300 MPa	5.6	56
PIMG_E7000	(Yeni tasarım) Tüm pervanenin E modülü 7000 MPa	2.6	26
PIMG_RGD	(Yeni tasarım) Rijit tahrik pervanesi	1.9	19

70 °C'de 7000 MPa elastisite modülüne sahip olan bir malzemeden üretilen ve en son geliştirilen tasarıma sahip olan tahrik pervanesinin, daha önceki tasarım ve malzeme kombinasyonlarına göre çok daha az elastik yalpaya sebep olduğu görülmüştür. Aynı zamanda, mevcut malzeme seçimi ve tasarıma sahip tahrik pervanesinin, tamamen rijit olacak hayali bir tahrik pervanesi tasarımının getireceği yalpa miktarına çok yakın değerler verdiği görülmüştür. Buradan da mevcut seçimlerin üzerine yapılacak tasarım veya malzeme değişikliklerinin, elastik yalpa bakımından çok küçük iyileştirmeler getireceği tahmin edilmektedir.

5.4 Kullanıcı Deneyimi Araştırması

Pazardaki çeşitliliğin fazla olması, firmalar arasında rekabetin artması ekonomik koşulların da etkisiyle markaların geliştirdiği çözümler müşteri odaklı olmak zorundadır. Sunulan çözümler; kullanıcının günlük yaşamda yaşadığı problemler, eksiklikler ve arzuları doğrultusunda şekil kazanmaktadır. Bu nedenle sunulan çözüm kullanıcı deneyimi ile sonuçlanmaktadır.

Problemin belirlenmesiyle birlikte bulaşık makinesinde uygulanacak yeni pervane tasarımının adresi son kullanıcıdır. Yapılan kullanıcı deneyimi testinde, yeni pervane tasarımının bulaşık makinesi yıkama sistemi için yapılan bir iyileştirme olmakla beraber kullanıcının da pervaneyi ve pervanenin çevresindeki komponentleri kolay kullanması amaçlanmaktadır.

Bu amaçla yeni pervane tasarımı kullanılabilirlik testine alınmıştır. Test, evde günlük kullanımı simüle eden görevlerin test katılımcıları tarafından yerine getirilmesi sağlanarak yapılmıştır. Test katılımcılarına algısal kalite soruları da test esnasında yöneltilmiştir. Pervanenin kullanıcıya yaşattığı deneyim analiz edilmiş ve gelişime açık yönleri tespit edilmeye çalışılmıştır.

Pervane prototip halde, laboratuvar ortamında potansiyel kullanıcı grubu ile test edilmiş, katılımcılardan bir dizi rutin görevi tamamlamaları istenmiştir. Oturumlar sırasında görev tamamlama oranları, davranışlar ve yorumlar kaydedilmiş ve daha sonra analiz edilmiştir.

Test sırasında katılımcılardan 7 ana görevi tamamlamaları istenmiştir. Görevler ve test senaryosu, aşağıdaki özellik ve fonksiyonların test edilmesini sağlayacak şekilde tasarlanmıştır:

1. Pervanenin kontrol amaçlı döndürülmesi
2. Filtre temizliği, tuz kutusuna ulaşarak tuz eklemesi yapma
3. Pervanenin makineden sökülmesi, pervane parçalarının birbirinden sökülmesi
4. Alt tablaya düşen bir cismin alınması

Her bir görevin tamamlanmasının ardından kullanıcılara test edilen fonksiyon ile alakalı sorular yöneltilmiştir. Belirlenen personaya uygun katılımcılar, Arçelik çalışanları arasından seçilmiştir. Toplam 7 kişilik katılımcı grubu kurulmuştur. Her oturum bir katılımcı ile gerçekleştirilmiştir. Bir oturum ortalama 30 dakika sürmüştür.

Kullanılabilirlik testi sırasında yapılan görevler, gözlemciler tarafından görev listesi üzerine OK/NOK olarak işaretlenir ve ilgili notlar alınır. Her görevin sonunda kullanıcının o fonksiyona verdiği puanlar da bu liste üzerine kaydedilir. Gözlem listelerindeki bilgiler, oturumlar sırasında çekilen video kayıtları ve oturum sonrasında yapılan anket temel alınarak bir değerlendirme yapılır. Her bir görevin tamamlanma yüzdesi FCR (Function Completion Rate) ve tüm görevlerin tamamlanma yüzdelerinin ortalaması olan TCR (Test Completion Rate), ürünün keşfedilebilirliği hakkında bilgi verir. Katılımcının herhangi bir uyarıya, yönlendirmeye ve/veya kullanım kılavuzuna ihtiyaç duymadan tamamladığı görevler OK olarak sayılmıştır. TCR oranı yüksek olan bir ürün, keşfedilebilirliği yüksek demektir. Ancak bu özellik ürünün iyi bir kullanıcı deneyimi sunduğunu garanti etmez. Yani TCR oranı daha düşük olan bir ürün kullanıcı tarafından daha çok sevilir. Keşfedilebilirliği düşük, ancak öğrenilebilirliği yüksek

olan ürünler de mevcuttur. Bu ürünlerdeki özellikler kullanıcılar tarafından yönlendirme veya kullanım kılavuzu olmadan keşfedilemese de öğrenildikten sonra kullanımı rahat bulunur ve sevilir.

Kullanılabilirlik araştırmalarında kullanılan SUS (System Usability Survey) anketi, ürünü bir bütün olarak kullanıcı gözünden analiz eder. FCR ve TCR oranlarından farklı olarak burada analiz edilebilecek olan veri, kullanıcının görevleri tamamlayıp tamamlamadığından bağımsız olarak o ürünü kullanışlı bulup bulmadığıdır. Her bir görevin sonunda sorulan sorular ile kullanıcının gözünden, ürünün spesifik fonksiyonlarının kullanılabilirlik ve kalite algısı ölçülür. Aynı zamanda test öncesi ve sonrasında çeşitli algısal kalite soruları yöneltilerek, katılımcıdan 1-5 arası puan vermesi istenir.

Test bulguları:

- Pervane kontrol amaçlı döndürülürken kullanıcılar herhangi bir zorluk yaşamamıştır ancak konvansiyonel pervanelere göre pervanenin dönüş hızını yavaş bulmuşlardır.
- Tahrik pervanesi bulaşık makinesi filtresinin çıkartılmasını çok zorlaştırmaktadır. Özellikle filtrenin ilk bölmesini çıkarmak oldukça zor olmakta ve kullanıcıların elini incitmektedir.
- Pervanenin sökülmesinde ve dolayısıyla temizlenmesinde kullanıcılar zorlanmaktadır. Pervanenin sökülmesi daha kolay hale getirilmeli ve nasıl söküleceği hakkında yönlendirme yapılmalıdır.
- Pervane sökülürken, tahrik pervanesi sökülmeyecek algısı yaratmaktadır. Kullanıcılar 3 kollu pervaneyi sökmenin yeterli olduğunu düşünmüş, tahrik pervanesinin sökülmesine gerek olmadığını düşünmüşlerdir.
- Alt tablaya düşürülen herhangi bir cismi alırken kullanıcılar zorlanmamıştır.

Özellğin tamamlanma yüzdesi FCR (Function Completion Rate) olarak adlandırılırken tüm işlemlerin FCR'lerinin ortalaması TCR (Test Completion Rate) olarak adlandırılmaktadır. TCR sonuçları Şekil 5.18'de verilmiştir.



Şekil 5.18: Yeni tasarım pervanesinin TCR sonucu

TCR sonucuna göre cihazın keşfedilebilirliği beklenen düzeyde çıkmıştır. Her test oturumundan sonra teste katılan katılımcıya sistem kullanılabilirlik anketi (SUS – System Usability Survey) doldurtulmuştur. Anketin ölçüm yaptığı ana konu başlıkları:

- Tutarlılık
- Anlaşılabilirlik
- Kullanım kolaylığı
- Güvenilirlik

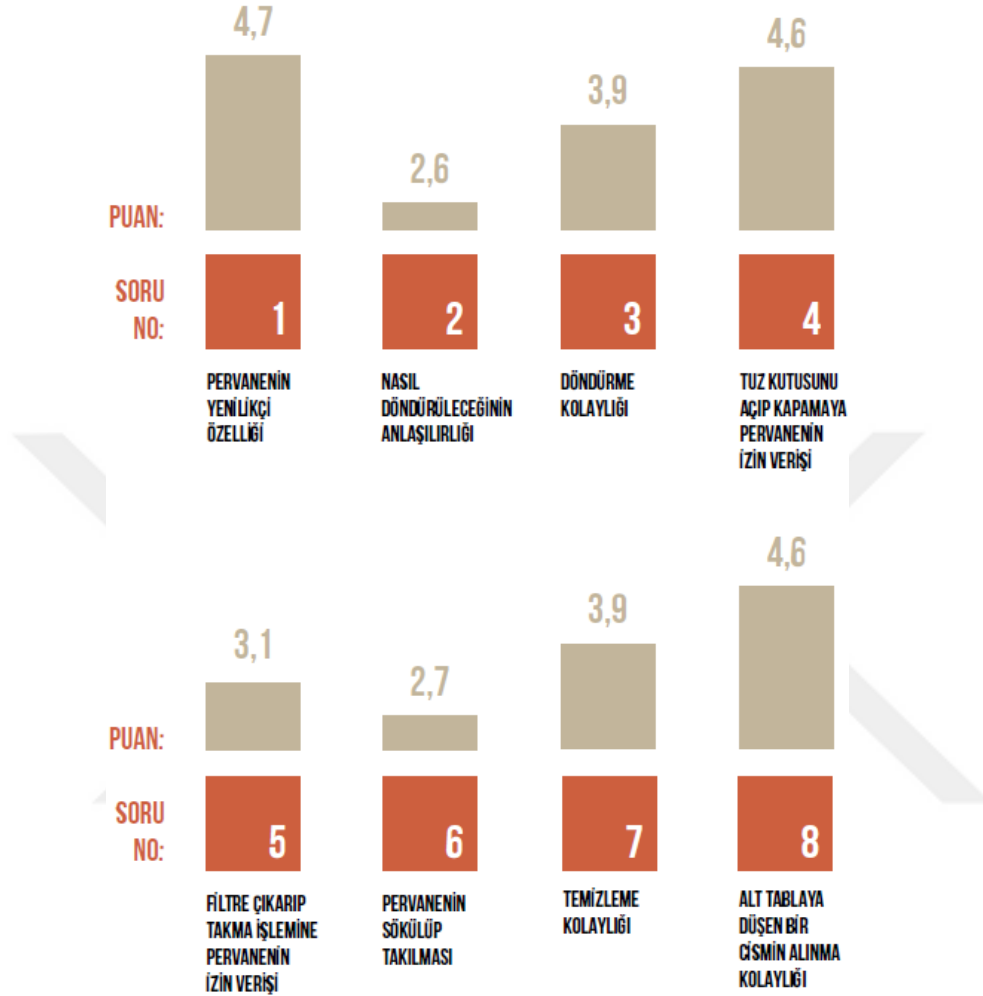
Katılımcının ankette verdiği cevaplara göre SUS skoru hesaplanmaktadır. SUS skoru 0(kötü)-100(iyi) arasında değişir ve katılımcıların sistemi ne kadar kullanılabilir bulduklarının ölçüsüdür. Skora göre sistem kullanılabilirliği notu belirlenir. Notlar Şekil 5.19’da gösterildiği gibidir.

A	skor $\geq$ 80,3	MÜKEMMEL TASARIM, EKLENECEK ÖZELLİKLER İLE İDEAL SEVİYE YAKALANABİLİR.
B	80,3>skor>68	İYİ TASARIM, KÜÇÜK GELİŞTİRMELER İLE MÜKEMMEL SEVİYEYE ULAŞABİLİR.
C	68 $\geq$ skor>51	DOĞRU TASARIM, GELİŞTİRİLMEME AÇIK YÖNLERİ VAR.
F	51 $\geq$ skor	KULLANILABİLİRLİK İYİLEŞTİRİLMELERİNE ÖNCELİK VERİLMELİ.

Şekil 5.19: SUS skor skalası

Yeni tasarımın kullanılabilirlik skoru yapılan anket sonucu 100 üzerinden 83,2 hesaplanmış ve notu A olarak belirlenmiştir.

Her görevin sonunda katılımcılara test edilen fonksiyon ile ilgili sorular sorulmuş ve 1 (en düşük) ile 5 (en yüksek) arasında bir puanlama yapmaları istenmiştir. Şekil 5.20’de sorular ve kullanıcıların verdiği ortalama puanlar görülebilir.



Şekil 5.20: Değerlendirme soruları ve sonucu

Pervanenin algısal kalite değerlendirmesi sonucu 5 üzerinden 3,8 olarak belirlenmiştir.

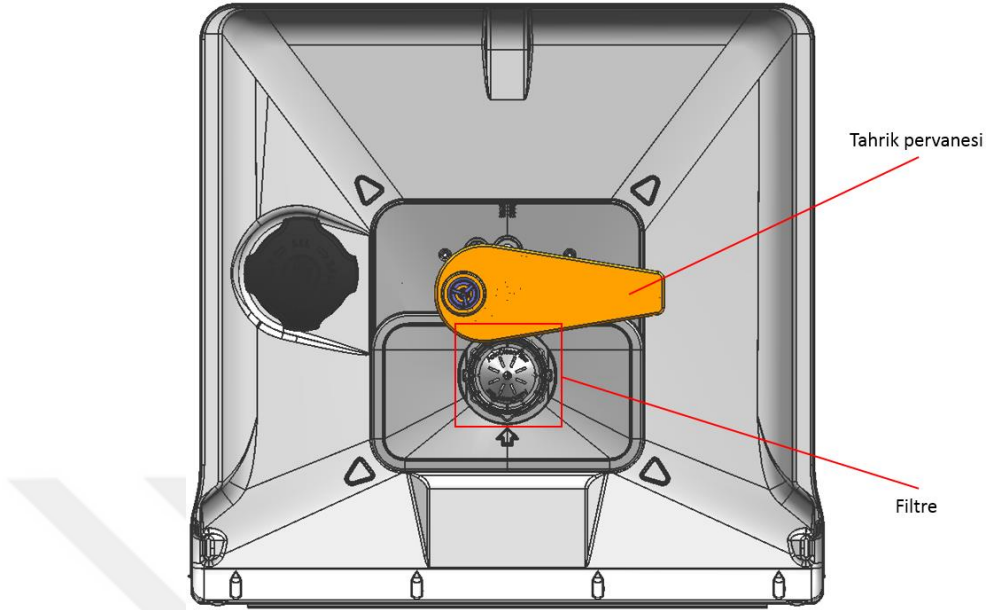
Tüm sonuçlar değerlendirildiğinde;

Pervanenin en yüksek puan aldığı ve en beğenilen 3 özellik:

- Pervanenin köşelere ulaşabilme özelliği,
- Pervanenin tasarımı,
- Pervanenin farklı ve yenilikçi olduğu görülmüştür.

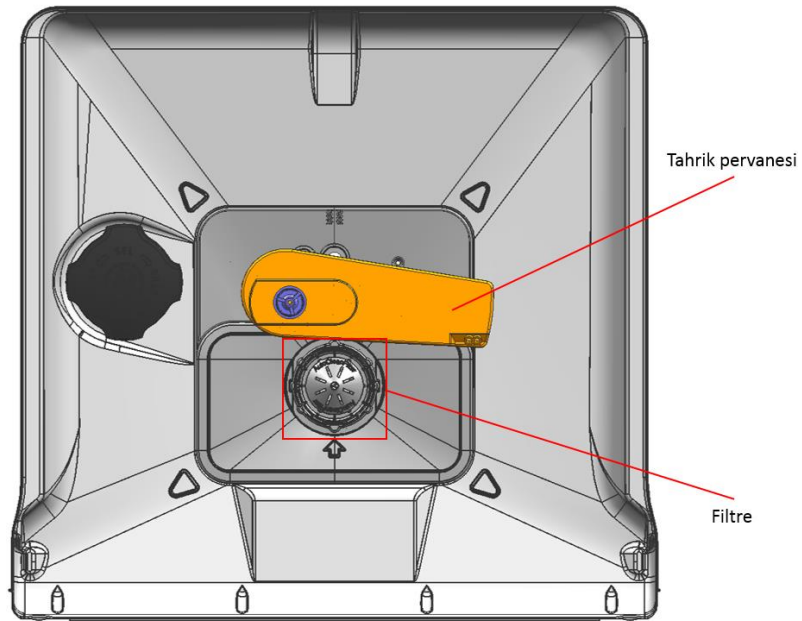
Çoğu katılımcı, pervanenin fonksiyonunun ve tasarımının kalite algısını arttırdığını belirtmiştir. Geliştirilmesi gereken en kritik özellik, filtre çıkarılıp takılmasında pervanenin engel olması bulgusudur. Yapılacak pervane tasarımı, filtrenin sökülüp takılmasını zorlaştırmamalıdır. Tasarım finalize edilirken bu kriterler göz önüne

alınmış ve tasarımda revizyon yapılmasına karar verilmiştir. Şekil 5.21’de gösterildiği gibi tahrik pervanesinin filtrenin çıkarılmasında engel oluşturduğu görülmüştür.



Şekil 5.21: Tahrik pervanesinin revizyon öncesi görünümü

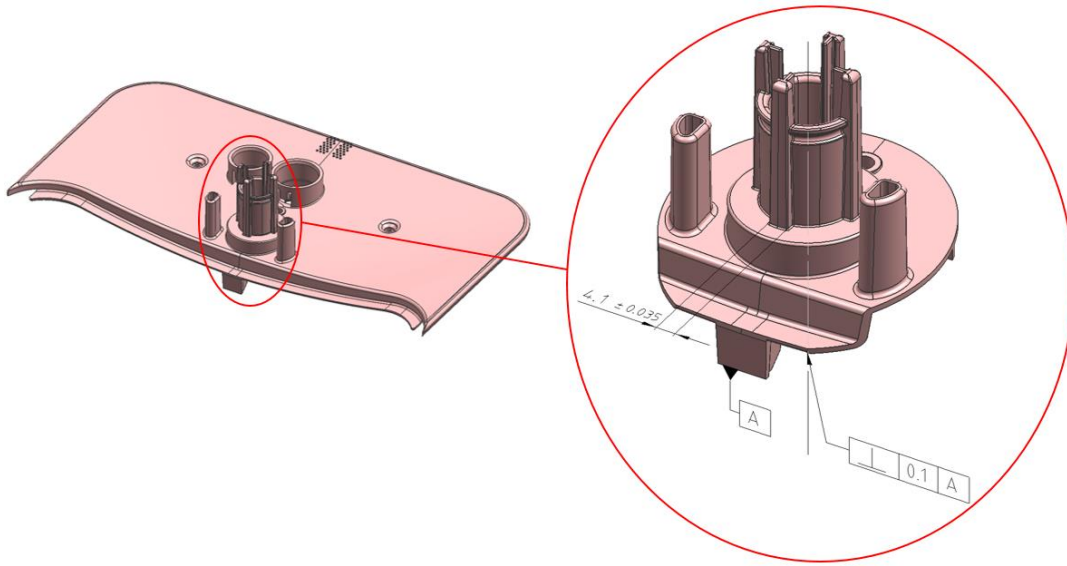
Tahrik pervanesi tasarımında filtrenin çıkarılmasına engel olan bölge kesilerek tasarım revize edilmiştir. Şekil 5.22’de gösterildiği gibi revizyon sonrası tasarımda kullanıcının elinin filtreyi çıkartırken tahrik pervanesine takılmasının önüne geçilmiştir.



Şekil 5.22: Tahrik pervanesinin revizyon sonrası görünümü

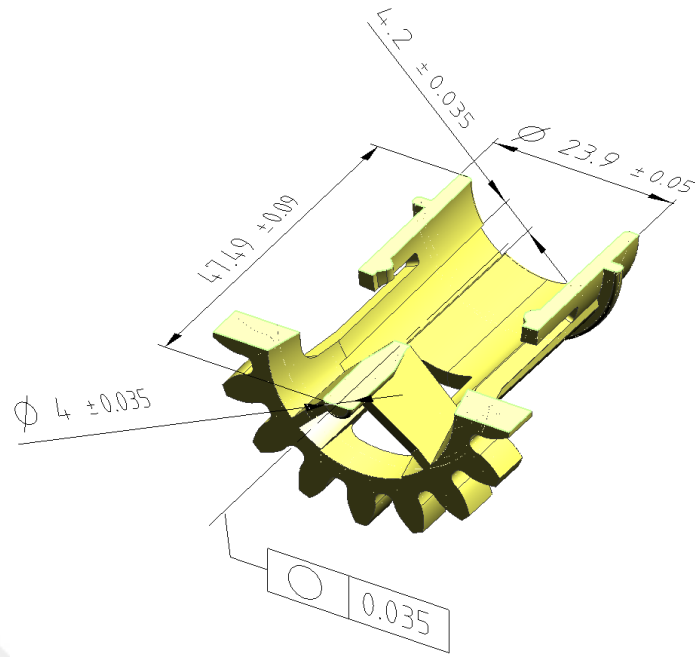
5.5 Tolerans Analizi Çalışması

Tasarımda mekanizmanın çalışması için gereken boşluklar ve parçaların üretim toleransları hesaba katılarak tolerans analizi yapılmış ve pervanenin çalışma sırasında yaptığı yalpa miktarı hesaplanmıştır. Buna göre öncelikle yalpaya etki eden kritik parçalar belirlenmiştir. Yalpaya etkisi olan ölçülere DIN 16901 Precision Engineering üretim toleransları verilmiştir. Tahrik pervanesinin monte edildiği filtre destek parçasına Şekil 5.23’de gösterildiği kamaların bulunduğu yüzeyler ve boss toleranslandırılmıştır.



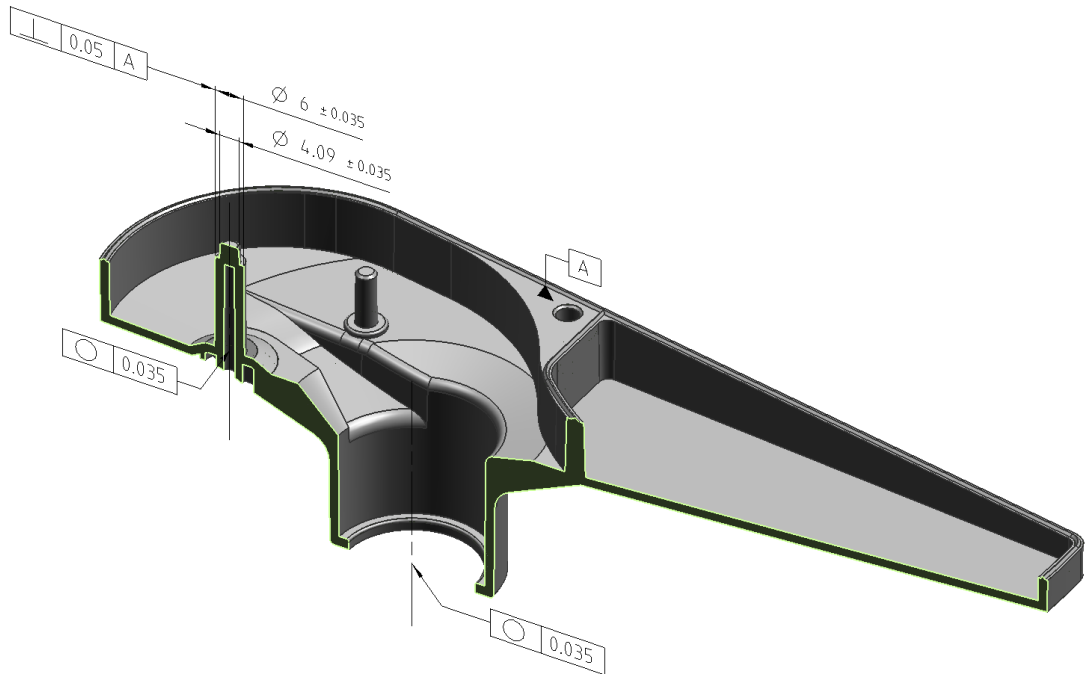
Şekil 5.23: Filtre destek parçasının kritik ölçüleri ve toleransları

Daha sonra Şekil 5.24’de gösterilen merkez dişli parçasında filtre destek parçasında bulunan kamaların karşılığı olan oturma yüzeyleri ve dişlinin üstünde bulunan pim toleranslandırılmıştır.



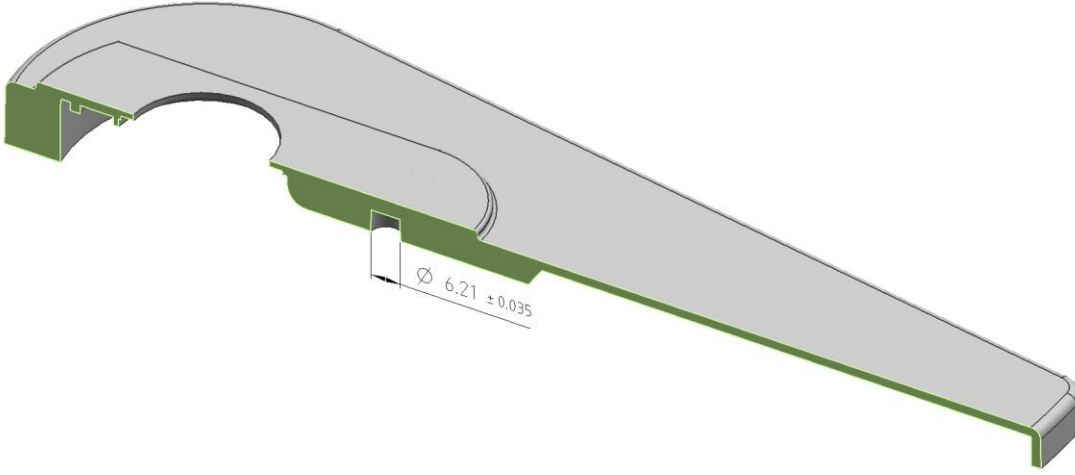
Şekil 5.24: Merkez dişli parçasının kritik ölçüleri ve toleransları

Mekanizmadaki tüm parçaların yatakladığı tahrik pervanesi alt parçasında ise pervane dişlisinin yatağı görevi gören pim ve merkez dişlinin geçtiği delik Şekil 5.25’de gösterildiği gibi toleranslandırılmıştır.



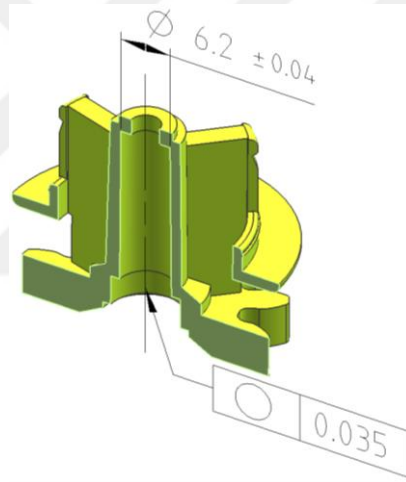
Şekil 5.25: Tahrik pervanesi alt parçasının kritik ölçüleri ve toleransları

Tahrik pervanesi üst parçasında merkez dişlinin yatağına Şekil 5.26’da gösterilen tolerans verilmiştir.



Şekil 5.26: Tahrik pervanesi üst parçasının kritik ölçüleri ve toleransları

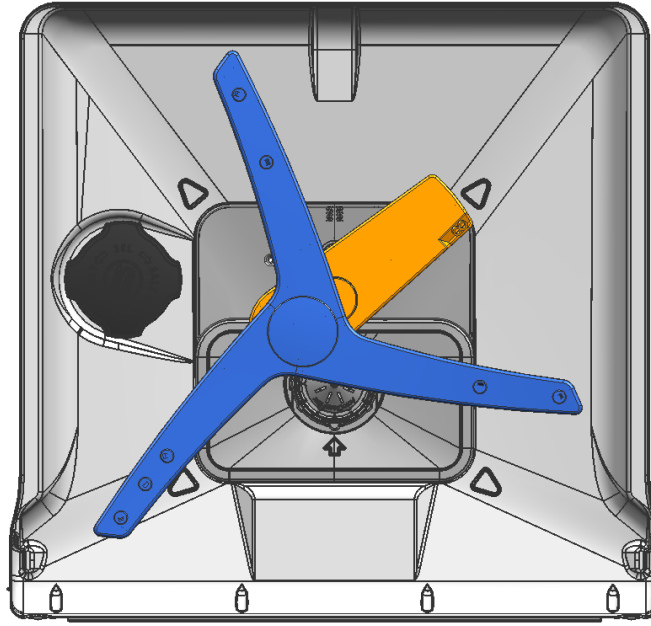
Tahrik pervanesi ile 3 kollu pervane arasındaki bağlantıyı sağlayan pervane dişlisine de Şekil 5.27’de gösterilen toleranslar verilmiştir.



Şekil 5.27: Pervane dişlisinin kritik ölçüleri ve toleransları

Kritik ölçüler ve toleranslar verildikten sonra tolerans analizi çalışmasına geçilmiştir. Analiz yapılırken tolerans analizi yöntemlerinden en kötü durum analizi (WC) yöntemi kullanılmıştır.

Analizde 3 kollu pervanenin makinenin kenarında olduğu ve köşesinde olduğu pozisyonlar ayrı ayrı değerlendirilmiştir. 3 kollu pervane Şekil 5.28’de gösterildiği gibi köşe konumundayken statik konumundan aşağı yönde sehim yapmaktadır.



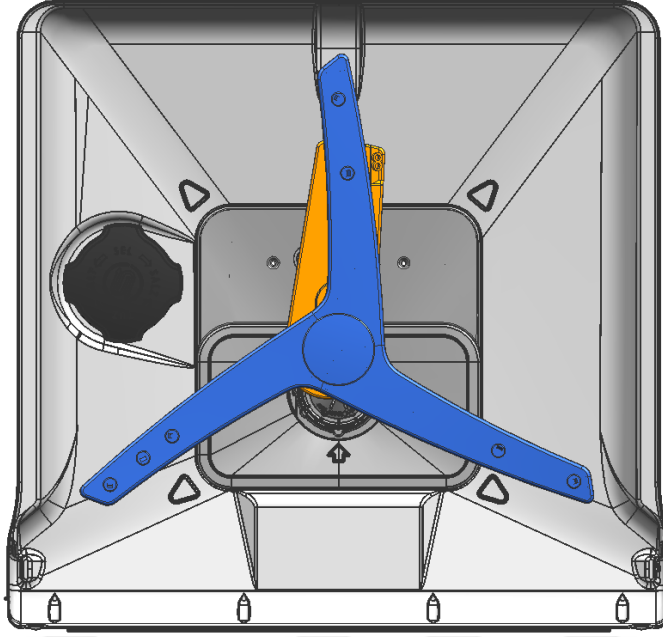
Şekil 5.28: 3 kollu pervanenin köşe konumu

Pervanenin köşe konumundayken yaptığı sehim Çizelge 5.7’de gösterildiği gibi aşağı yönde 5,79 mm’dir.

Çizelge 5.7: 3 kollu pervanenin köşe konumunda yaptığı yalpa miktarı

Tolerans bölgesi	Nominal ölçü	Üretim Toleransı
Merkez dişli üst pim çap	4	$\pm 0,035$
Merkez dişli üst pim dairesellik	-	$\pm 0,035$
Merkez dişli alt delik çap	23,9	$\pm 0,07$
Merkez dişli alt delik dairesellik	-	$\pm 0,035$
Merkez dişli kama yuvası	4,2	$\pm 0,035$
Filtre destek kama	4,1	$\pm 0,035$
Pervane dişlisi delik çap	6,2	$\pm 0,04$
Pervane dişlisi delik dairesellik	-	$\pm 0,035$
Tahrik pervanesi merkez dişli yatağı	6,2	$\pm 0,04$
Tahrik pervanesi alt delik çapı	24,1	$\pm 0,07$
Tahrik pervanesi alt delik dairesellik	-	$\pm 0,035$
Tahrik pervanesi pervane dişlisi pim çapı	6	$\pm 0,035$
Tahrik pervanesi pervane dişlisi pimi dairesellik	-	$\pm 0,035$
Tahrik pervanesi pervane dişlisi pimi diklik	-	$\pm 0,05$
Merkez dişli uzunluk	32,5	$\pm 0,08$
Pervane dişlisi uzunluk	20,9	$\pm 0,06$
3 Kollu pervane merkezi-3 kollu pervane ucu arasındaki uzaklık	249,2	-
Tahrik pervanesi merkezi-3 kollu pervane ucu arasındaki uzaklık	288,6	-
3 kollu pervanenin köşe konumunda toplam sehimi	-5,78827177	

3 kollu pervane Şekil 5.29’da gösterildiği gibi kenar konumunda ise statik konumundan yukarı yönde sehim yapmaktadır.



Şekil 5.29: 3 kollu pervanenin kenar konumu

Pervanenin kenar konumunda yaptığı sehim Çizelge 5.8’de gösterildiği gibi yukarı yönde 4,87mm’dir.

Çizelge 5.8: 3 kollu pervanenin kenar konumunda yaptığı yalpa miktarı

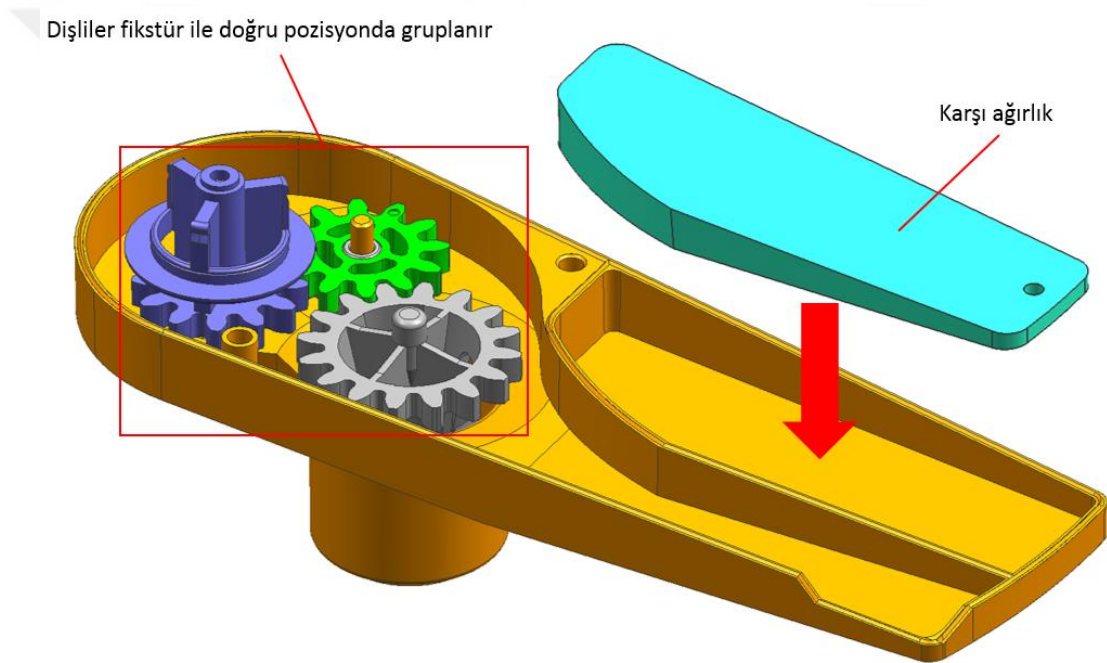
Tolerans bölgesi	Nominal ölçü	Üretim Toleransı
Merkez dişli üst pim çap	4	$\pm 0,035$
Merkez dişli üst pim dairesellik	-	$\pm 0,035$
Merkez dişli alt delik çap	23,9	$\pm 0,07$
Merkez dişli alt delik dairesellik	-	$\pm 0,035$
Merkez dişli kama yuvası	4,2	$\pm 0,035$
Filtre destek kama	4,1	$\pm 0,035$
Pervane dişlisi delik çap	6,2	$\pm 0,04$
Pervane dişlisi delik dairesellik	-	$\pm 0,035$
Tahrik pervanesi merkez dişli yatağı	6,2	$\pm 0,04$
Tahrik pervanesi alt delik çapı	24,1	$\pm 0,07$
Tahrik pervanesi alt delik dairesellik	-	$\pm 0,035$
Tahrik pervanesi pervane dişlisi pim çapı	6	$\pm 0,035$
Tahrik pervanesi pervane dişlisi pimi dairesellik	-	$\pm 0,035$
Tahrik pervanesi pervane dişlisi pimi diklik	-	$\pm 0,05$
Merkez dişli uzunluk	32,5	$\pm 0,08$
Pervane dişlisi uzunluk	20,9	$\pm 0,06$
3 Kollu pervane merkezi-3 kollu pervane ucu arasındaki uzaklık	249,2	
Tahrik pervanesi merkezi-3 kollu pervane ucu arasındaki uzaklık	212,3	-
3 kollu pervanenin kenar konumunda toplam sehimi	4,87267177	

Tolerans analizi sonucu pervanenin makinenin kenar bölgelerinde yukarı yönde; köşe bölgelerinde ise aşağı yönde hareket yaptığı görülmüştür. Pervanenin hareketi sırasında yaptığı eksenel hareket mevcut bulaşık makinesi konstrüksiyon sınırları

içerisinde kaldığından diğer komponentlerde bir değişiklik yapılmamasına karar verilmiştir.

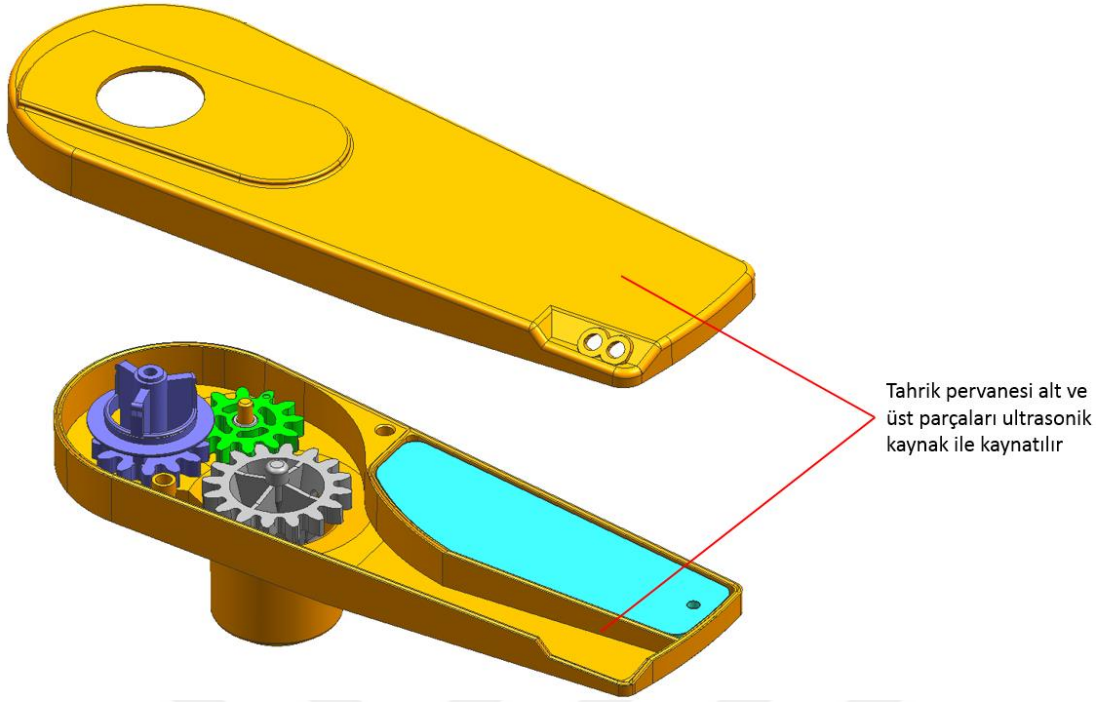
5.6 Sistemin Montajı

Sistemdeki parçaların imalatının plastik enjeksiyon yöntemi ile üretilmesine karar verilmiştir. Karşı ağırlığın ise döküm yoluyla imal edilmesine karar verilmiştir. Mekanizmada kullanılan dişli çarklar bir fikstür yardımıyla doğru pozisyonda gruplanarak tahrik pervanesine yerleştirilir. Şekil 5.30’da gösterildiği gibi dişli çarklar yerleştirildikten sonra karşı ağırlık yerleştirilir.



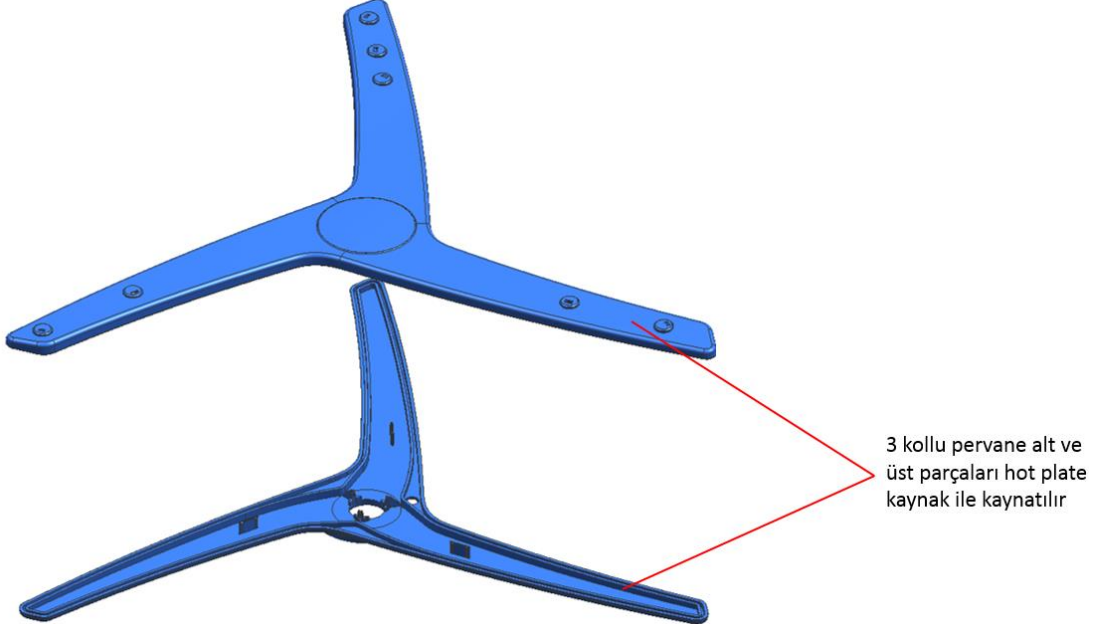
Şekil 5.30: Mekanizmanın montajı

Daha sonra tahrik pervanesi üst parçası takılır ve Şekil 5.31’de gösterildiği gibi ultrasonik kaynak yöntemi ile tahrik pervanesi alt ve üst parçaları kaynatılarak tahrik pervanesinin montajı tamamlanır.



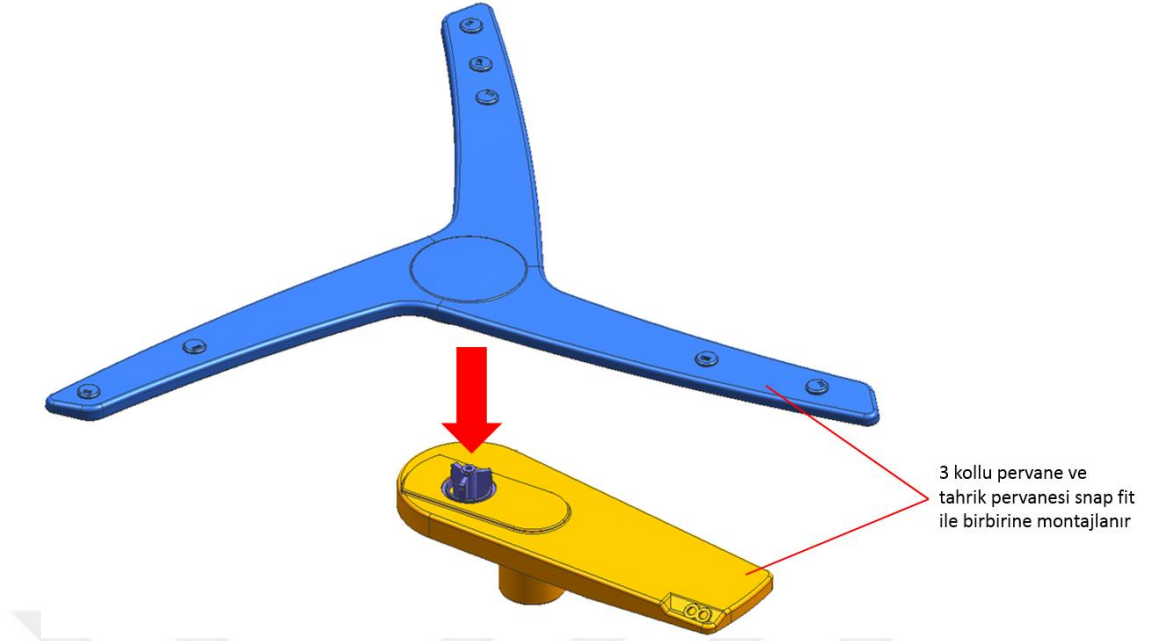
Şekil 5.31: Tahrik pervanesinin montajı

3 kollu pervane alt ve üst parçaları ise hot plate kaynak yöntemi ile Şekil 5.32’de gösterildiği gibi kaynatılır.



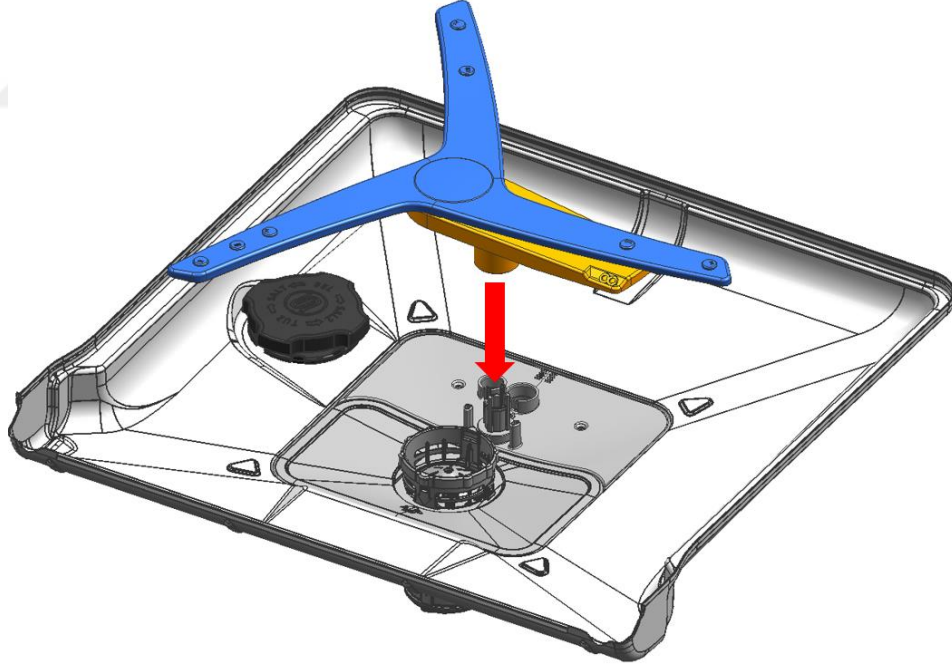
Şekil 5.32: 3 kollu pervanenin montajı

Montajları tamamlanan tahrik pervanesi ve 3 kollu pervane Şekil 5.33’de gösterildiği gibi tırnaklı yapı ile birbirine montajlanır.



Şekil 5.33: Pervanelerin birbirine montajı

Montajı tamamlanan sistem makine içerisinde bulunan filtre destek elemanına Şekil 5.34’de gösterildiği gibi takılarak sistemin montajı tamamlanır.



Şekil 5.34: Sistemin makineye montajı

Pervanenin makine içersine montajlanmış hali Şekil 5.35’te gösterilmiştir.



Şekil 5.35: Sistemin makine içerisindeki görünümü

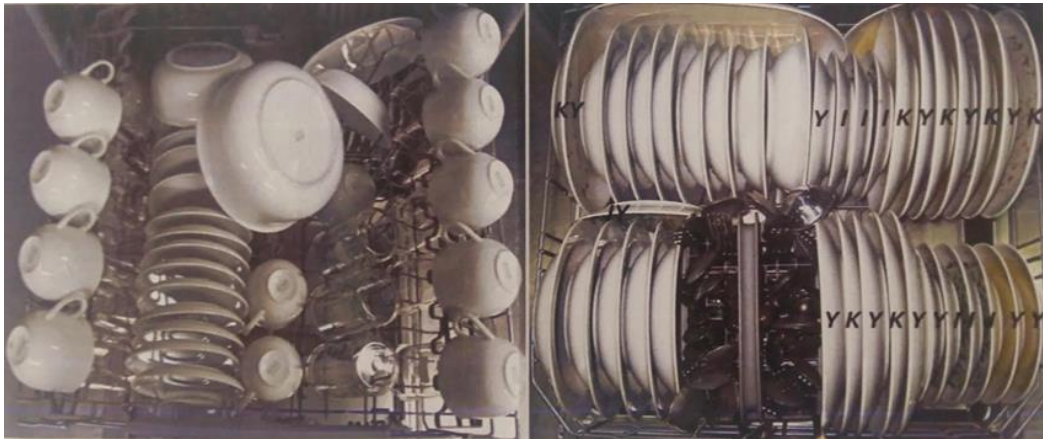
6. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Tasarlanan pervanenin yıkama etkinliğini belirlemek ve konvansiyonel pervane ile arasındaki yıkama performansı farkını ölçmek amacıyla Arçelik Bulaşık Makinesi İşletmesi'nde testler yapılmıştır. Testler EN50242 “Ev tipi bulaşık makinelerinin performansının ölçülmesi” başlıklı standarda uygun yapılmıştır. Standartta belirtilen test koşulları aşağıdaki gibidir:

- Oda sıcaklığı 23 +/-2 °C
- Bağıl nem %65 +/- 5
- Su sıcaklığı 15+/-2 °C
- Markanın normal kullanım için önerdiği program
- IEC referansına göre B tipi deterjan (enzimatik, fosfat içermeyen)

Teste sokulacak olan bulaşıklar (tabaklar, çatal bıçak takımı, bardaklar) kıyma, ıspanak, yumurta sarısı, yulaf, süt ve çay ile kirlendirilerek 2 saat boyunca etüvde 80 °C’de tutulup kurutulmalıdır [24].

Belirtilen koşullara getirilen bulaşıklar Şekil 6.1’de gösterildiği gibi alt ve üst sepete yerleştirilerek test yapılır.



Şekil 6.1: Bulaşıkların standart alt ve üst sepete yerleşimi

Yıkama programı sonrası bulaşıklar görsel olarak değerlendirilir ve puanlandırılır. Değerlendirme işlemi için kullanılan skala Çizelge 6.1’de gösterilmiştir [24].

Çizelge 6.1: Kir alanı-yıkama puanı tablosu [24].

mm²	Puan
Kir Alanı > 200	0
50 < Kir Alanı < 200	1
4 < Kir Alanı < 50	2
Kir Alanı < 4 veya 5-10 parçacık	3
Kir Alanı < 4 veya 1-4 parçacık	4
Temiz	5

Mevcut Arçelik bulaşık makinesinde kullanılan konvansiyonel pervanenin yıkama performansı sonuçları ve puanı Çizelge 6.2 ve Çizelge 6.3’te gösterilmiştir.

Çizelge 6.2: Konvansiyonel pervanenin yıkama performansı sonuçları

Parça Sayısı	Parça Tipi	Kır Türü	Sepet Yerleşimi	Puanlama Tablosu						
				5	4	3	2	1	0	
14	Çorba Tabağı	Yulaf	üst							
			alt			9	5		23	
7	Düz Tabak	Yumurta	üst							
			alt		5	2			26	
7	Düz Tabak	Kıyma	üst							
			alt		3	4			24	
7	Tatlı Tabağı	Yumurta	üst							
			alt		7				28	
7	Tatlı Tabağı	Ispanak	üst							
			alt		5	2			26	
14	Fincan	Çay	üst		8	2	4			46
			alt							
14	Fincan Tabağı	Çay	üst		12	2				54
			alt							
1	Oval Tabak	Margarin	üst							
			alt		1				4	
1	Salata Tabağı (Büyük)	Kıyma	üst		1					4
			alt							
1	Salata Tabağı (Orta)	Ispanak	üst		1					4
			alt							
1	Salata Tabağı (Küçük)	Ispanak	üst			1				3
			alt							
74	Tabakların Toplam Puanı									242
14	Bardak	Süt	üst			3	5	6		25
			alt							
14	Bardakların Toplam Puanı									25
14	Kaşık	Yulaf		9	5					65
14	Çatal	Yumurta		13	1					69
14	Bıçak	Yok		12	2					68
14	Tatlı Kaşığı	Yok		11	3					67
14	Çay Kaşığı	Yok		13	1					69
4	Servis Takımı	Yok		4						20
74	Çatal-Kaşık-Bıçak Toplam Puanı									358

Çizelge 6.3: Mevcut konvansiyonel pervanenin yıkama performansı puanı

R_{yulaf}	3,142857
$R_{yumurta}$	4,392857
$R_{kıyma}$	3,5
$R_{ıspanak}$	3,666667
$R_{çay}$	3,571429
$R_{margarin}$	4
$R_{süt}$	1,785714
R_t	3,858025

Referans makine ile aynı koşullarda yapılan yıkama performansı testi sonucunda puanı 3,64 hesaplanmıştır. Referans makineye göre mevcut Arçelik makinesinin yıkama sınıfı tespit edilir. Standarda göre yıkama sınıfı;

$$P = \frac{\text{Test makinesinin yıkama puanı}}{\text{Referans makinenin yıkama puanı}}$$

oranı ile belirlenir.

Çizelge 6.3'e göre mevcut Arçelik bulaşık makinelerinde kullanılan konvansiyonel pervanenin yıkama performansı puanı 3,86 olarak hesaplanmıştır. Yıkama sınıfı hesaplanırsa 3,86/3,64 oranından 1,06 hesaplanır ve Çizelge 2.1'e göre yıkama performansı sınıfı B olarak kategorilendirilir.

Geliştirilen 3 kollu pervanenin yıkama performansı sonuçları ve puanı ise Çizelge 6.4 ve Çizelge 6.5'te gösterilmiştir.

Çizelge 6.4: Geliştirilen pervanenin yıkama performansı sonuçları

Parça Sayısı	Parça Tipi	Kır Türü	Sepet Yerleşimi	Puanlama Tablosu						
				5	4	3	2	1	0	
14	Çorba Tabağı	Yulaf	Üst							
			alt	5	3	4	2			53
7	Düz Tabak	Yumurta	Üst							
			alt	4	3					32
7	Düz Tabak	Kıyma	Üst							
			alt	3	3	1				30
7	Tatlı Tabağı	Yumurta	Üst							
			alt	5	2					33
7	Tatlı Tabağı	Ispanak	Üst							
			alt	4	2	1				31
14	Fincan	Çay	Üst		8	2	4			46
			alt							
14	Fincan Tabağı	Çay	Üst		12	2				54
			alt							
1	Oval Tabak	Margarin	Üst							
			alt		1					4
1	Salata Tabağı (Büyük)	Kıyma	Üst		1					4
			alt							
1	Salata Tabağı (Orta)	Ispanak	Üst		1					4
			alt							
1	Salata Tabağı (Küçük)	Ispanak	Üst			1				3
			alt							
74	Tabakların Toplam Puanı									294
14	Bardak	Süt	Üst			3	5	6		25
			alt							
14	Bardakların Toplam Puanı									25
14	Kaşık	Yulaf		11	3					67
14	Çatal	Yumurta		13	1					69
14	Bıçak	Yok		12	2					68
14	Tatlı Kaşığı	Yok		12	2					68
14	Çay Kaşığı	Yok		13	1					69
4	Servis Takımı	Yok		4						20
74	Çatal-Kaşık-Bıçak Toplam Puanı									361

Çizelge 6.5: Geliştirilen pervanenin yıkama performansı puanı

R_{yulaf}	4,285714
$R_{yumurta}$	4,785714
$R_{kıyma}$	4,25
$R_{ıspanak}$	4,222222
$R_{çay}$	3,571429
$R_{margarin}$	4
$R_{süt}$	1,785714
R_t	4,197531

Çizelge 6.5'e göre geliştirilen pervanenin yıkama performansı puanı 4,2 olarak hesaplanmış ve 4,2/3,64 oranından 1,15 bulunur. Yıkama performansı sınıfı ise Çizelge 2.1'e göre A olarak belirlenir.

Geliştirilen pervane ile konvansiyonel pervane arasında karşılaştırma yapılırsa:

$$\frac{4,2 - 3,86}{3,86} \times 100 = \%8,8$$

oranında yıkama performansında iyileşme elde edilmiştir.

Pervanenin makine içerisinde taradığı alanın arttırılması ve özellikle pervanenin köşelere erişim özelliği ile alt sepette köşelere yerleştirilen bulaşıkların daha iyi temizlendiği görülmüştür.



7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu tez çalışması kapsamında bulaşık makinesi yıkama sistemi ana komponentlerinden olan pervane sistemi incelenerek yeni bir alt pervane tasarımı gerçekleştirilmiştir. Yıkama performansına etki eden kimyasal etki, mekanik etki, sıcaklık ve zaman faktörleri incelenmiştir. Bu faktörlerden her biri bulaşık makinesi yıkama performansında farklı etkilere sahiptir. Çalışma kapsamında bu faktörlerden mekanik etki faktörünü arttırmak amacıyla pervanenin taradığı alan arttırılmaya çalışılmış ve sonuçlarının yıkama performansı üzerindeki etkisi ölçülmek istenmiştir.

Problemin belirlenmesiyle birlikte çözüm önerisi oluşturmak amacıyla literatür araştırması yapılmıştır. Literatür araştırması kapsamında endüstride problemin çözümüne yönelik geliştirilen çalışmalar ve patent başvuruları incelenerek kısıtlar ile tekniğin bilinen durumları belirlenmiştir.

Tasarım alternatifleri oluşturulmadan önce mevcut Arçelik bulaşık makinelerinde kullanılan alt pervane konstrüksiyonu incelenmiştir. Etüt çalışmaları ile konstrüksiyon sınırları belirlenmiştir. Oluşturulan alternatiflerin bu sınırlar içerisinde olması hedeflenmiştir. Daha sonra pervanenin taradığı alanı arttırmaya yönelik konsept tasarım alternatifleri oluşturulmuş ve her bir alternatifin avantaj ve dezavantajları ortaya konmuştur. Oluşturulan alternatifler fonksiyonellik, maliyet, üretim kolaylığı ve algısal kalite kriterlerine göre değerlendirilerek en iyi alternatif belirlenmiştir.

Belirlenen alternatifin detay tasarımı yapılmış ve fiziki prototipi üretilerek konsept doğrulanmıştır. Konseptin doğrulanması aşamasında ara yıkama performansı testleri yapılmış; teknik problemler belirlenmiş, uygun malzeme alternatifleri oluşturulmuştur. Kullanıcı deneyimi araştırması yapılarak kullanıcıların pervaneyi kullanımı sırasında karşılaştıkları problemler belirlenmiş ve çözüm önerileri detay tasarıma dahil edilmiştir.

Detay tasarım aşamasında karşılaşılan teknik problemlerin çözümüne yönelik çalışmalar yapılmıştır. Bu kapsamda yapısal analiz, tolerans analizi ve kullanıcı deneyimi araştırması çalışmaları yapılmış ve tasarım bu çalışmaların sonuçlarına göre revize edilerek nihai hale getirilmiştir.

Final tasarımla geliştirilen pervanenin yıkama performansını ölçmek amacıyla EN50242 “Ev Tipi Bulaşık Makinelerinin Yıkama Performansının Ölçülmesi” standartlarına göre testler yapılmıştır. Yapılan testler sonucunda geliştirilen pervanenin yıkama performansı puanı 4,2 olarak hesaplanmış ve referans makine puanına oranlanarak yıkama sınıfı A olarak belirlenmiştir. Sonuçlar mevcut Arçelik bulaşık makinelerinde kullanılan pervane ile karşılaştırılmış ve iyileştirme oranı %8,8 olarak hesaplanmıştır. İyileştirmenin genel yıkama performansını arttırmasının yanı sıra köşelere yerleştirilen bulaşıklarda daha etkili bir yıkama sağlandığı da tespit edilmiştir.

Çalışma kapsamında hedeflenen sonuçlara ulaşılmıştır; fakat sistem geliştirilmeye açıktır. Mekanik etkiyi arttırmak amacıyla yıkama akışkanın bulaşıklar üzerinde oluşturduğu kuvvet arttırılabilir bu amaçla farklı sirkülasyon pompa alternatifleri üzerine çalışılabilir. Ayrıca yıkama ortamı bilgisayar ortamında simüle edilerek yıkama performansına etki eden diğer faktörler detaylı analiz edilebilir. Tüm parametrelerin optimize edildiği koşul sağlanarak daha verimli bulaşık makineleri üretilir.

KAYNAKLAR

- [1] **Url-1** < <http://www.sophisticatededge.com/who-invented-the-dishwasher.html>>, alındığı tarihi 05.09.2018.
- [2] **Livens, W.H.**, (1924). Improvements in apparatus for washing household crockery and the like, *French patent*, No: 579765 dated 23.10.1924.
- [3] **ARÇELİK A.Ş.** (2006). Ankara Bulaşık Makinesi İşletmesi – Ürün Detayları Dökümanı.
- [4] **ARÇELİK A.Ş.**, (2006). Ankara Bulaşık Makinesi İşletmesi-Ürün Geliştirme Bölümü Ürün Tanımları Dökümanı.
- [5] **MEGEP.** (2011). Elektrik Elektronik Teknolojisi, Bulaşık Makineleri, Ankara.
- [6] **Ülger, Z.**, (2002) Bulaşık makinesi yıkama ortamının incelenmesi (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü
- [7] **Andersson, S., and Hagejard, J.**, (2016). Development of a Sustainable Dishwasher for Compact Living. Chalmers University of Technology, Goteborg.
- [8] **Staminger, R.** (n.d.). Measurement standards: The example of dishwasher.
- [9] **Staminger, R.** (2009). Household and Appliance Technology Section- Report on the Dishwasher, Bonn.
- [10] **Michel, A., Bush, E., and Nipkow, J.** (2017). Dishwashers: Testing the energy variability related to different uses, Final Report.
- [11] **Tutkak, E.**, (2010). Bulaşık Makinesi Enerji Tüketimi – Yıkama Performansı İlişkisinin İncelenmesi (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [12] **DAEWOO ELECTRONICS.** (1998). *US Patent No. US5842492 (A)*.
- [13] **SAMSUNG.** (1999). *US Patent No. US5944037 (A)*.
- [14] **MIDEA.** (2010). *CN Patent No. CN201505114 (U)*.
- [15] **Zhanfang Liu.** (2010). *CN Patent No. CN201675909 (U)*.
- [16] **WHIRLPOOL.** (2011). *EP Patent No. EP2292134 (A)*.
- [17] **ELEXTROLUX.** (2012). *US Patent No. US2012111380 (A)*.
- [18] **MIDEA.** (2012). *CN Patent No. CN202277318 (A)*.
- [19] **ELEXTROLUX.** (2013). *EP Patent No. EP2545838 (A)*.
- [20] **BSH.** (2013). *EP Patent No. EP2606805 (A)*.

- [21] **Url-2** <<http://mathworld.wolfram.com/ReuleauxTriangle.html>>, alındığı tarih 20.08.2018.
- [22] **Budynas, R. and Nisbett, K.**, (2015). Shigley's Mechanical Engineering Design.
- [23] **Temiz, V.** (t.y) *Konstrüksiyon Sistematiği* (Ders Notları). İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- [24] **Staminger, R.** (n.d.). Measurement standards: The example of dishwasher.



ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad : Ahmet Hamit YILMAZ
Doğum Yeri ve Tarihi : Kayseri, 1992
E-Posta : ahmethamityilmaz@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2016, Yıldız Teknik Üniversitesi, Makine Fakültesi,
Makine Mühendisliği