

## Akışkan Hatlarında Maliyet Düşürme ve Verimlilik Arttırma Amacıyla Tasarlanan Demontaj Sistemlerinin Prototip Üretimi ve Fizibilite Analizi

Erhan ÖZKAN<sup>\*1</sup>, ORCID 0000-0002-3849-6713

<sup>1</sup>Dikkan Vana Ar-Ge Merkezi, İzmir

Geliş tarihi: 27.01.2023

Kabul tarihi: 28.03.2023

*Atıf şekli/ How to cite: ÖZKAN, E., (2023). Akışkan Hatlarında Maliyet Düşürme ve Verimlilik Arttırma Amacıyla Tasarlanan Demontaj Sistemlerinin Prototip Üretimi ve Fizibilite Anali. Çukurova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Dergisi, 38(1), 157-168.*

### Öz

Günümüzde enerji ve su nakil hatlarından sorumlu olan kurum ve kuruluşların üzerinde durduğu en önemli konu enerji ve doğal kaynak kayıplarının minimuma indirilmesidir. Bu durumun bilgisini kayıt altına alan ve ikaz veren yazılımlarla ilgili Ar-Ge çalışmaları oldukça ilerlemiş olmasına rağmen, saha uygulamalarındaki donanımlar konusundaki çalışmalar gerek maliyet gerekse bu teknoloji ile ilgili faaliyetlere verilen düşük önem sebebiyle sınırlı sayıda kalmıştır. Bu çalışma sahadaki gelişmiş yazılımlara destek verecek donanımlara ait özgün tasarımın geliştirilmesi, uygulamaya alınması ve sürdürülebilirliğin sağlanması konularına destek vermek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Çalışmada simülasyon destekli tasarımlar neticesinde döküm malzeme seçimi ve parametreleri optimize edilmiş olup flanşlı bir iç boru ve flanşlı bir dış boru arasındaki sızdırmazlık elemanları ile geleneksel yaklaşıma alternatif yenilikçi bir çözüm bulunmuştur. Simülasyon destekli tasarımlar ile uygulamaların birebir örtüştüğü bu makale kapsamında özgün tasarım ürünle demontaj süresinin %40 azaltılarak enerji ve işçilik tasarrufu sağlanmış, %27 oranında boy kısalması sağlanarak lojistik ve depolama avantajı elde edilmiş ve %40 mertebesinde hafifleşme sağlanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Demontaj, Montaj tasarım, Maliyet düşürme, Kalite yükseltme, Simülasyon

### Prototype Production and Feasibility Analysis of Disassembly Systems Designed to Reduce Costs and Increase Efficiency in Fluid Lines

#### Abstract

Today, the most important issue that institutions and organizations responsible for energy and water transmission lines focus on is minimizing energy and natural resource losses. Although R&D studies on software that records the information of this situation and gives warnings have progressed considerably, studies on hardware in field applications have been limited due to both cost and low importance given to activities related to this technology. This study was carried out in order to support the development,

---

\*Sorumlu yazar (Corresponding author): Erhan ÖZKAN, [erhanozkan81@icoud.com](mailto:erhanozkan81@icoud.com)

implementation and sustainability of the original design of the hardware that will support the advanced software in the field. In the study, casting material selection and parameters were optimized as a result of simulation supported designs, and an innovative solution was found as an alternative to the traditional approach with sealing elements between the flanged inner pipe and flanged outer pipe. Within the scope of this article, in which simulation supported designs and applications overlap, energy and labor savings were achieved by reducing the disassembly time by 40% with the original design product, logistics and storage advantage was achieved by shortening the length by 27%, and a lightening of the order of 40% was achieved.

**Keywords:** Disassembly, Assembly design, Cost reducing, Quality enhancement, Simulation

## 1. GİRİŞ

Günümüzde rekabetçilik ve teknolojik yenilikler sayesinde daha gelişmiş ve daha yeni ürünler tüketiciler tarafından mevcut ürünlere göre daha uygun fiyatlara satın alınabilir hale gelmiştir [1]. Nüfus artışıyla doğru orantılı olarak artan tüketim, doğal kaynakların bu kadar kısıtlı olduğu dünyamızda büyük bir çevresel tehlike olan atık problemine sebebiyet vermektedir [2]. Kitlesel bireyselleştirmenin yol açtığı ürün yaşam döngülerindeki kısalma atık probleminin en büyük nedenlerinden biridir [3]. Çevresel atıkların minimuma indirilmesi ve israf kalemlerinin azaltılması son yıllarda önem kazanan sürdürülebilirlik kavramı açısından da ele alınmaktadır. Sürdürülebilirlik; ekonomik, çevresel ve sosyal bileşenlerden oluşmaktadır [4]. Kullanım süresinin sonuna gelen ürünlerin çevresel etkisinin en aza indirilmesi imalatla sürdürülebilirlik için oldukça önemlidir [5]. Akışkan sistemlerde ömrünü tamamlayan ürünlerin yenilenmesi konusunda destek ekipmanı olarak yer alan demontaj parçaları bu konuda gerek zaman gerek enerji gerekse de doğal kaynak tasarrufu açısından büyük bir öneme sahiptir.

Kullanım süresinin sonuna gelen ürünler; çevreyi korumak adına çıkarılan katı yasalar ve kamu bilincindeki artış nedeniyle üreticiden tüketiciye tüm toplum için büyük önem arz etmektedir. Ürün yelpazelerindeki artış alt ürün gruplarının ve bu ürünlerin geri dönüşümünün sağladığı ekonomik katkı nedeniyle daha çekici hale gelmiş ve üreticiye ait sorumlulukların artmasını sağlamıştır. Bu nedenle üreticiler, tüketim sonrası ürünlerin geri dönüştürülmesi ve yeniden üretilmesi konusunda daha fazla ilgilenmeye başlamışlardır

[6]. 90'lı yıllardan bu yana çevre dostu üretim ve ürün geri dönüşümünde gelişim sağlanmaya devam edilmektedir [7]. Geri dönüşümün yararları marka prestijini artırma, müşteri talep ve beklentilerini sağlayabilme, yedek parça taleplerini karşılama ve ürünlerin hammadde maliyetlerinde azalma şeklinde sıralanabilir. Yeniden kullanım, yeniden imalat, geri dönüşüm, depolama ve uygun şekilde imha etme ürün geri kazanımında kullanılan yöntemlerdir. Bu seçeneklerin herhangi birini kullanmadan önce kullanım ömrünün sonuna gelen ürünün demontajı yapılmalıdır [8]. Bir ürünün bu ürünü oluşturan bileşen, alt montaj ve parçalarına ayrılması "demontaj" olarak tanımlanmaktadır.

Demontaj hatlarındaki ekonomik etkinlik ürün geri kazanımındaki başarıyı kısmen artırmaktadır. [9]. Demontaj sistemlerinin otomatikleştirilmesi iş yükünün ve maliyetinin azaltılması bakımından önemlidir. [10]. Geri dönüşüm sürecindeki ilk ve en önemli aşama olan demontaj aynı zamanda geri kazanım sürecine ait en fazla zaman harcanan işlemdir. Demontaj aşamasına ait işlemler bir demontaj hücresinde, demontaj hattında veya tek bir iş istasyonunda gerçekleştirilebilmektedir. Bunun yanı sıra demontaj hücreleri ve tek iş istasyonu daha kullanışlı olduğu halde maksimum verimliliğe demontaj hatlarında yapılan çalışmalar ile ulaşılabilmektedir. Otomatik demontaj için de tek istasyonu ve demontaj hücrelerine kıyasla demontaj hatları daha uygun bulunmaktadır [11].

Enerji ihtiyacındaki artış ve bu durumun sebep olduğu problemler ekolojik dengenin bozulmasına, enerji maliyetlerinin artmasına, gelir dağılımının zarara uğramasına ve enerji sağladığımız fosil kaynakların tükenmesine yol açmaktadır [12].

Enerjiyle ilişkili her türlü olumlu ve olumsuz gelişme sürdürülebilir kalkınmanın temelini oluşturan çevre ve insan faktörünü direkt olarak etkilemektedir. Sürdürülebilir kalkınma için enerji verimliliği olmazsa olmazdır ve bu yüzden üretim ve tüketim verimliliğini artırmak başta ekonomik olmak üzere çevresel ve sosyal alanda da fayda sağlayacaktır [13].

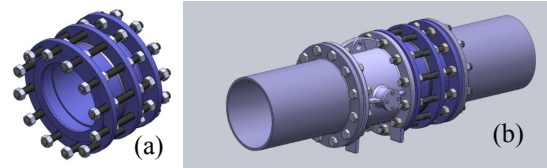
Günümüzde artan enerji ihtiyacına bağlı olarak, enerjinin üretilmesi, iletilmesi ve tüketilmesi aşamalarında çevreyi olumsuz yönde etkilemekte, aynı zamanda enerji ihtiyacını karşılamada dışa bağımlılık nedeniyle enerjide verimlilik ve enerji tasarrufu konularını daha önemli ve zorunlu hale getirmektedir. Tüketim artışına bağlı olarak aile ve ülke bütçesinde önemli bir yer tutmakta olan enerji faturalarının, rekabet ortamında ülkelerin birbirine üstünlük sağlamak için kullandığı bir araç haline gelmesi nedeniyle de enerji verimliliği ve tasarrufu ihtiyacı gün geçtikçe artmaktadır [14].

Bu çalışmada; içme suyu, dağıtım hatları, endüstriyel uygulamalar, su arıtma tesisleri, pompa istasyonları, deniz suyu uygulamaları ve sanayi atık sistemlerinde yaygın bir şekilde kullanılan demontaj sistemlerinin EN GJS 400-18 LT standardına uygun hammadde verileri kullanılarak EN 1092-2 ISO 7005-2 gerekliliklerini yerine getirmek amaçlı proses ve operasyon tasarım simülasyonu ile ürün imali sağlanmıştır. Çalışma ile ilgili standartlar değerlendirildiğinde boru hatlarında meydana gelebilecek olan yüksek gerilmelere karşı dayanıklı olan GGG 40.3 malzeme kullanılarak simülasyon destekli analiz çalışmaları ve prototip imalat çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Çalışmada prototip imalatı gerçekleştirilen ürün ile malzeme, işçilik, enerji ve verimlilik tasarrufunun sağlanması bu çalışmanın ana hedefi olarak karşımıza çıkmaktadır.

## 2. YÖNTEM

Demontaj parçası rijit olarak monte edilmiş akışkan hatlarında, bakım ve benzeri sebeplerle vana, çek valf ve benzeri komponentlerin hattan çıkarılabilmesi için gerekli demontaj boşluğunu oluşturmak amacıyla tasarlanmış; birbiri içine

geçen bir uzun flanşlı boru, bu borunun üzerinde çalışan üçgen kesitli kauçuk sızdırmazlık ringi, bu ringi destekleyen bir ara flanş, bir kısa flanşlı boru, somun ve saplamalardan oluşur. Şekil 1'de geleneksel bir demontaj parçasının resmi ve sistemdeki yerleşimi gösterilmiştir.



Şekil 1. (a) Geleneksel demontaj parçası, (b) Demontaj parçasının sistemdeki yerleşimi

Sistemdeki gerilmeler ele alınıp sanal-simüle ortamda ürün ve proses tasarımı gerçekleştirilmiştir. Ürün prosesinde, prototip üretim için ergime sıcaklığı düşük, optimum döküm parametrelerinde, işlenebilirliği iyi, aşınma direnci, mukavemeti ve sünekliliği yüksek olan hammadde seçiminin yapılmış olması süreci hızlandırmıştır. Yapılan ön proses tasarım çalışmalarında araştırma konusu demontaj parçası üretimi için GGG 40.3 malzeme kullanımının gerekliliği ortaya çıkmıştır.

Sayısal simülasyon uygulamaları, fiziksel ürün üretimi öncesi malzeme şekil değişimlerini, malzemeye etki eden yük ve gerilme dağılımları ile iki operasyon arası boyutsal değişimleri ve bunlar gibi mekanik-metalurjik özelliklere ilişkin farklı parametrelere bağlı olarak değişimlerini ortaya koyabilmektedir. Çalışmada malzeme verileri oluşturulurken EN 1092-2 ISO 7005-2 kapsam gerekliliklerini sağlayan, şartname ile kimyasal kompozisyonu tanımlanmış olan ve detayları Tablo 1'de verilen EN GJS 400-18 LT kalite hammadde kullanılmıştır.

Çizelge 1. Hammaddenin kimyasal kompozisyonu (%ağ.)

Element	C	Si	Mn	P	S	Cu
%	3,75-3,85	1,40-1,50	Max 0,10	Max 0,04	0,009-0,015	Max 0,10

Otomotiv ve makine endüstrileri başta sayılmak üzere GJS 400-18 LT kalite malzemeler endüstride büyük bir kullanım alanına sahip olan demir içerikli malzemelerdir. Demontaj parçalarında boru hatlarındaki yüksek gerilmelere karşı koyabilmesi mekanik avantajı sağlamaktadır. Tasarım simülasyonları hazırlanırken ürüne ait maksimum gerilme analiz değerleri ele alınarak tasarım doğrulaması gerçekleştirilmiştir. Çizelge 2’de GJS 400-18 LT kalite malzemenin mekanik değerleri yer almaktadır.

**Çizelge 2.** Hammaddenin mekanik analizi

Malzeme	Çekme dayanımı (N/mm <sup>2</sup> )	Akma sınırı (N/mm <sup>2</sup> )	Uzama %	Sertlik HB
EN-GJS 400-18 LT GGG 40.3	400	250	18	155

EN-GJS 400-18 LT (GGG 40.3) malzemesi için uygun mekanik özelliklerin gerçekleşmesinin temel sebebi ferritik yapıda bir mikroyapıya sahip olmasıdır. Yapı içerisinde %100’e yakın bir ferritik yapı oluşturabilmek bu uygulamanın temel amacıdır. Ferritik yapı oluşturulabilmesi için ostenit içinde çözülen tüm karbonun küresel grafitte dönüşebilmek için zamana sahip olması gerekmektedir. Bu dönüşüm sonucunda oluşacak olan malzemeye ait mikro yapı ferritik bir matris olup ve bu matris içerisinde bulunan küresel grafit rastgele dağılmış durumdadır. Bu veriler ele alınarak gerçekleştirilen simülasyon analizlerinde akma sınırı 250 N/mm<sup>2</sup>, çekme sınırı 400 N/mm<sup>2</sup> değerleri ele alınmış, oda sıcaklığında 9 Joule darbe dayanımına göre prototip tasarımına ait bilgisayar destekli çizim ve mühendislik çalışmaları aşamasına geçilmiştir.

### **2.1. Prototip Tasarımı-Bilgisayar Destekli Çizim ve Mühendislik**

Belirli konulara ilişkin geliştirilmekte olan bilgisayar destekli mühendislik çözümlerinde, döküm ve ısıl işlem uygulamalarının beraberinde kaynaklı üretim yapılarak üretilen yeni kesitlere ait mekanik ve fiziksel özelliklerin tahmin edilmesinde kullanılan yazılımlar bulunmaktadır.

Döküm prosesi neticesinde imal edilmesi planlanmış olan son ürüne ait geometrinin, kalıp tasarımına göre doğruluğunun prototip üretim ile sağlanması yerine simülasyon ortamında yapılarak ihtiyaç halinde revizyon yapılması kalıp maliyetleri ve iş yükü bakımından büyük avantaj sağlamaktadır. Bunun yanında ürüne ait gerilme ve akış analizlerinin yapılması da uygulamalarda zaman ve malzeme tasarrufu sağlamaktadır.

Kalıptan ve üretim prosesi tasarımından kaynaklı olası muhtemel hatalara engel olunması, daha verimli ve daha ekonomik proses tasarımı, özgün ürün tasarımı ve yeni ürün geliştirme çalışmaları için CAD (Bilgisayar destekli tasarım) yazılımlarına ek olarak CAE (bilgisayar destekli mühendislik)’lere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu çalışmada Anycast, Solidworks, Ansys simülasyon ve tasarım programları kullanılarak döküm ve montaj ile üretim proseslerinin tasarım ve doğrulama çalışmaları gerçekleştirilmiştir.

Gövde malzemelerinin döküm simülasyonu ile 1470 °C’de kum kalıba dökümü ile verileri sistemde tanımlanarak döküm parametreleri tespit edilmiştir.

Yine döküm sonucunda elde edilecek ürünlerin minimum akma değeri 250 N/mm<sup>2</sup> ve çekme değeri de 400 N/mm<sup>2</sup> olarak tespit edilmekle birlikte gövde dayanımı maksimum uygulama basıncının bir buçuk katı olan 15 Bar’a göre gerekli tasarımlar gerçekleştirilmiştir.

### **2.2. Döküm Yöntemi ile Gövde Üretimi ve Montaj İşlemleri**

Küresel grafitli dökme demirin kullanımı yüksek yüzde uzama özelliği nedeniyle çelik malzemeye göre daha tercih edilir hale gelmiştir. Küresel grafitli dökme demir ailesinde çelik ve alaşımlarına yakın yüzde uzama değerine sahip olan GGG 40.3 malzemesi gerek çeliğe kıyasla düşük maliyeti ve üretim kolaylığı sebebiyle daha cazip yaygın olarak çelik yerine tercih edilmektedir. Bu çalışmada, ergime prosesi hammaddeleri dkp kalite çelik, kendi malzeme

yollukları ve sfero pikidir. %30 dkp çelik, %30 sfero piki ve %40 yolluk oranında ergime şarjları belirlenmiştir. Buradaki en önemli husus hammadde olarak kullanılacak yollukların daha önce gerçekleştirilen dökümlerden arta kalan yolluk malzemeleri ile aynı kalitede olmasıdır. Olası bir perlit fazının mikro yapıda oluşması riskini engellemek adına farklı sfero malzemelere ait yolluklar kullanılmamıştır.

### 2.3. Mekanik ve Metalurjik Karakterizasyon

Tasarımı, model üretimler ile doğrulanan prototip ürünlerin, gerçek üretiminin başlangıcını hammadde kimyasal kompozisyonu ve mikroyapı analizi oluşturmaktadır. Kimyasal kompozisyon için spektral analiz yöntemi uygulaması ve yüzde element oranları belirlenmesinin ardından standart sınırları içinde olup olmadığı kontrol edilmiştir. Mikroyapı değişimleri, akış çizgileri, faz dağılımı gibi özellikler metalografik inceleme ile belirlenmektedir. Prototip ürünlerin geometrileri ve sertlikleri kontrol edilerek boyutsal ölçümlerde yapılarak ürün ticarileşmesi konusundaki tüm testler gerçekleştirilmiştir.

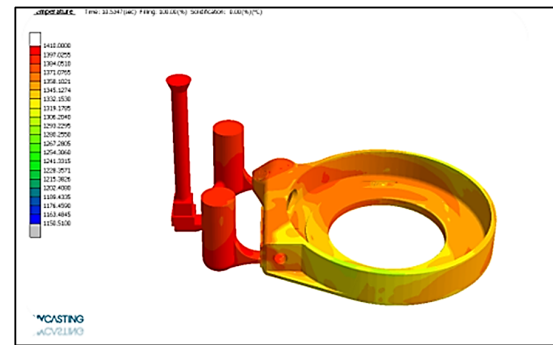
Parçalara uygulanan kimyasal dağlama işleminde mikroyapı analizi için %25 HNO<sub>3</sub> ve %75 HCl kullanılarak hazırlanmış olan dağlama reaktifi kullanılmıştır. Prototip parçaya ait numuneler bakalite alındıktan sonra metalografik yüzey hazırlama işlemlerini takiben gövde ile bağlantı bölgeleri üzerinde Vickers Sertlik (HV10) ölçümleri gerçekleştirilmiştir.

Akma ve çekme mukavemet bilgilerinin elde edilebilmesi için çekme testi gerçekleştirilmektedir. Bu sebeple prototip ürünün üretimi gerçekleştirildikten sonra mekanik özelliklerin doğrulanabilmesi için çekme deneyleri yapılmıştır. Çekme deneyi sırasında dikkat edilmesi gereken bazı değişkenler bulunmaktadır. Bunlardan biri dişli parçaların farklı anma çaplarına bağlı olarak kullanılmakta olan kesit alanı (So) değeri bir diğeri ise çekme hızıdır. DIN 3506-1 ve EN ISO 898-1 standartlarına bağlı olarak demontaj parçasının ilgili parametreleri tespit edilmiştir.

## 3. ARAŞTIRMA BULGULARI

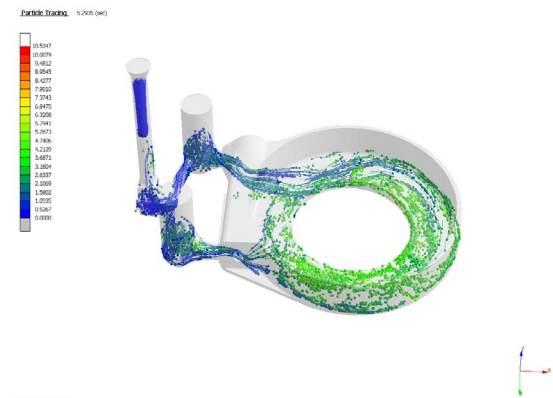
### 3.1. Döküm Simülasyonu

Döküm simülasyonu ile gövde malzemelerin 1400 C'nin üzerinde brüt 420 kg ve 80 saniyede dökümünün gerçekleşeceği tespit edilmiştir. Şekil 2'de döküm simülasyonuna ait görsel yer almaktadır.



Şekil 2. Döküm simülasyonu sıcaklık dağılımı

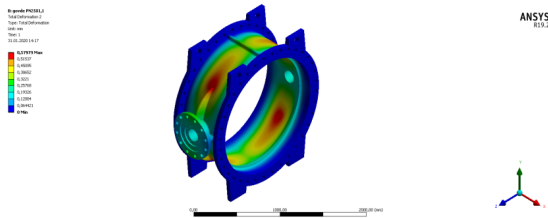
Döküm esnasında önemli parametrelerden bir tanesi türbülans oluşumunun engellenmesidir. Döküm esnasında oluşan türbülanslar malzeme iç yapısında hatalara sebep olmakta ve demontaj parçalarının darbe dayanımını olumsuz yönde etkilemektedir. Şekil 3'te simülasyon programının tanecik dağılımı modülü ile türbülans analizi gerçekleştirilmiş ve belirlenen döküm şartlarında herhangi bir türbülansa rastlanılmamıştır.



Şekil 3. Demontaj parçası döküm simülasyonu parçacık modül türbülans analizi

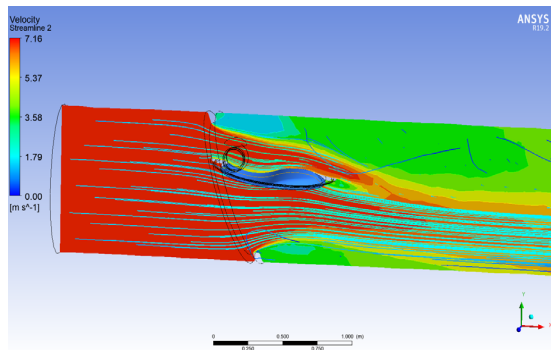
### 3.2. Mekanik Simülasyon

Demontaj parçasının prototip ve seri üretimi öncesinde döküm simülasyonundan sonra uygulama alanına göre tasarımın sağlanması gerekmektedir. Sinoptik içinde öncelikle parça çizimi ve analizi (mekanik, metalurjik, ölçüsel) olarak iki ölçüt söz konusudur. Şekil 4'te İlk ölçüte ait olan tasarım aşaması gösterilmektedir. Bu değerleri sağlayan kelebek vanaların öncesinde kullanılacak demontaj parçalarının mekanik özellikleri 15 Bar basınca uygun olarak tasarlanmıştır.



Şekil 4. Demontaj Parçası ile çalışacak sistemin hesaplamalı akışkanlar dinamiği analizleri

Demontaj parçasının çalışacağı sistemdeki klapelerin hesaplamalı akışkanlar yöntemi ile akış hızları simülasyonu Şekil 5'te yer almaktadır. Buna göre sistem 7,16 m/s maksimum akış hızlarında dahil herhangi bir deformasyona ve akış çizgilerinin bozulmasına maruz kalmayacak şekilde tasarım doğrulanmıştır.



Şekil 5. Demontaj sisteminin maruz kalacağı akışkan hesaplamalı akışkanlar mekaniği simülasyonu

### 3.3. Demontaj Parçalarının Operasyon Simülasyonu ve Mevcut Sistemler ile Mukayesesi

Mevcut teknikte boru hatlarında kullanılan demontaj parçaları, birbiri içerisinde teleskopik olarak hareket edecek şekilde çalışan flanşlı bir iç boru ile flanşlı bir dış boru parçasından oluşmaktadır. İki boru arasındaki sızdırmazlığın sağlanması amacıyla üçgen kesite sahip kauçuk sızdırmazlık elemanı ve bir ara flanş, saplamalar ve somunlar ilave malzemeler olarak tanımlanmaktadır.

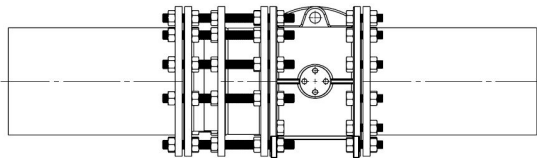
Flanşlı iç boru ve flanşlı dış boru parçalarının flanşlarının ve ara flanşın flanş deliklerinden geçen saplamalar ve bu saplamaların üzerinde çalışan somunlar vasıtasıyla bir araya getirilen demontaj parçası, bağlı olduğu boru hattı üzerindeki bir komponenti hattan çıkarabilmek için gerekli olan demontaj boşluğunu oluşturmak amacıyla kullanılır. Boru hattından vana ya da benzeri bir komponenti çıkartmak için öncelikle ara flanşı iten somunlar gevşetilerek ara flanşın üçgen kesitli kauçuk sızdırmazlık elemanına yaptığı baskının ortadan kaldırılması gerekmektedir. Sonra saplamalardaki diğer somunlar gevşetilerek flanşlı iç ve dış boruların birbiri içinde hareket etmesi sağlanarak demontaj parçasının boyu kısaltılır. Bu boy kısalması boru hattı üzerinde hattan çıkarılacak parçanın demontajına izin verecek bir demontaj boşluğu oluşmasını sağlar. Komponentin hatta tekrar monte edilmesi için komponentin mevcut demontaj boşluğunu kullanarak hatta yerleştirilmesinden sonra, somunlar saplamalar üzerinde hareket ettirilerek flanşlı iç boru ve flanşlı dış boru arasındaki hareket sağlanır ve demontaj parçasının boyu uzatılarak demontaj işlemi için oluşturulmuş olan demontaj boşluğu ortadan kaldırılır. Komponentin montajını sağlayan somunlar sıkıldıktan sonra ara flanşa baskı yapan somunlar sıkılarak üçgen kesitli kauçuk sızdırmazlık elemanının yuvasına girmesi ve sızdırmazlık sağlanması için gerekli baskının oluşması sağlanır.

Tekniğin bilinen durumundaki uygulamada en büyük handikap komponenti hattan çıkarmak için saplamaların hattan çıkartılacak komponentin

flanşının deliklerinden çıkmasını sağlamak için kısıtlı mesafeden dolayı somunları döndürmek ve saplamaları geriye çekmek ve tekrar somunları döndürmek gerekliliğidir ki bu işlem demontaj parçasının büyüklüğüne göre artan saplama ve somun sayısı sebebiyle defalarca tekrarlanabilir. Montaj için de tekrar tüm saplamaların karşı flanştan geçmeleri için somunları kısıtlı mesafede döndürüp saplamaların ileri itilmesi işlemi tekrarlanır. Bu oldukça zaman alan ve uygulamayı zorlaştıran bir yöntemdir. İşletme şartlarında boru hattının içinde bulunan basınçlı akışkanın dışarı sızması için üçgen kesitli kauçuk sızdırmazlık elemanının sürekli baskı altında olması gereklidir. Somunlar bir şekilde gevşeyip baskı azaldığında sızdırma görülür. Ayrıca üçgen kesitli kauçuk sızdırmazlık elemanı sürekli olarak baskı altında çalıştığı için plastik şekil değişikliği ve sürtünme kuvvetlerinden doğan yüzey deformasyonları oluşabilmekte bu da sızdırma problemlerine sebep olabilmektedir.

Ayrıca güneş ışığına açık ortamlarda kullanılan demontaj parçasında üçgen kesitli kauçuk sızdırmazlık parçasının kısmi olarak güneş ışığına maruz kalması kimyasal bozulma ve yüzeysel çatlaklara sebep olur. Bu durum demontaj parçasının sızıntı yaratması riskini doğurur.

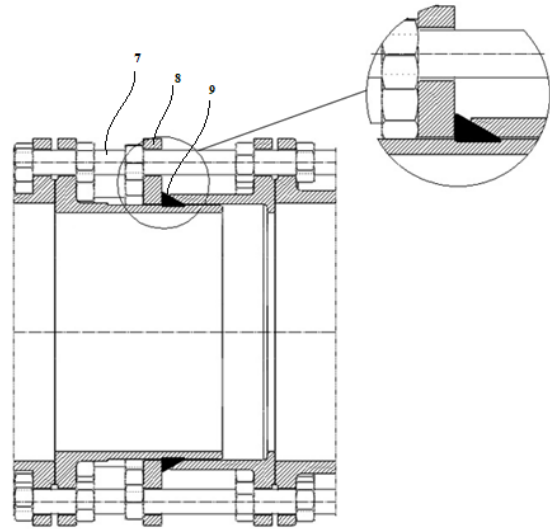
Yine mevcut teknikte demontaj parçası üzerinde ara flanş ve çok fazla somun olduğu için demontaj parçası kısa bir demontaj boşluğu oluşturabilmesine rağmen oldukça uzun ve ağır bir yapıya sahiptir. Şekil 6'da mevcut teknikteki demontaj parçasının boru hattı üzerindeki görünümüne ait çizim yer almaktadır.



**Şekil 6.** Mevcut teknikteki geleneksel demontaj parçasının akış hattındaki yerleşimi

Mevcut teknikteki sorunları çözmek adına öncelikle sızdırmazlık elemanları üzerinde bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Mevcut sistemdeki

sızdırmazlık elemanlarının kesit resimleri Şekil 7'de yer almaktadır. Buradaki temas yüzeyinin etkisi, sızdırmazlık elemanının ömrü ve demontaj kolaylığı ile zaman tasarrufu konusundaki zayıf noktalar ele alınarak yeni bir sızdırmazlık yapısına gidilmesinin kaçınılmaz olduğu tespit edilmiştir.

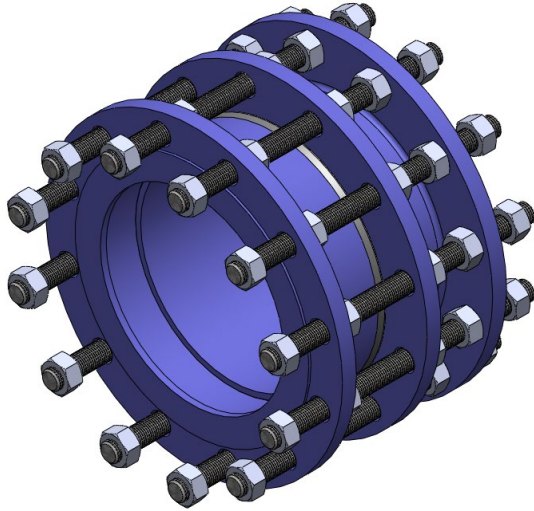


**Şekil 7.** Mevcut teknikteki geleneksel demontaj parçasının sızdırmazlık elemanları



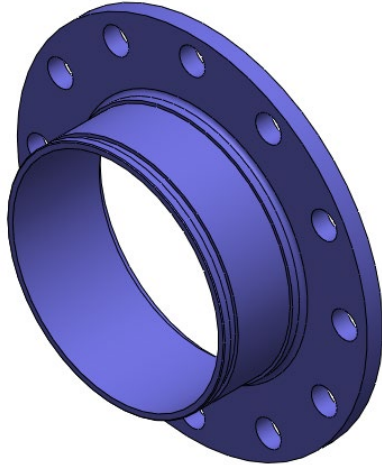
**Şekil 8.** Mevcut demontaj sistemlerinin hat içerisinde yerleşimi

Demontaj parçası birbiri içerisine geçen bir uzun flanşlı boru, bu borunun üzerinde çalışan üçgen kesitli kauçuk sızdırmazlık ringi, bu ringi destekleyen bir ara flanş, bir kısa flanşlı boru, somun ve saplamalardan oluşur. Şekil 9'da bu detaylar gösterilmiştir.



**Şekil 9.** Geleneksel demontaj parçası montaj simülasyonu

Geleneksel sistemdeki handikapların önüne geçmek, enerji ve su tasarrufunu sağlamak, montaj maliyetlerini ile işçilik giderlerini düşürmek amacıyla geleneksel demontaj parçalarındaki birleşme noktalarında yeni bir tasarım gerçekleştirilmiştir. Bunun için önce flanş borusu tasarlanmıştır (Şekil 10).



**Şekil 10.** Demontaj flanşlı boru tasarım resmi

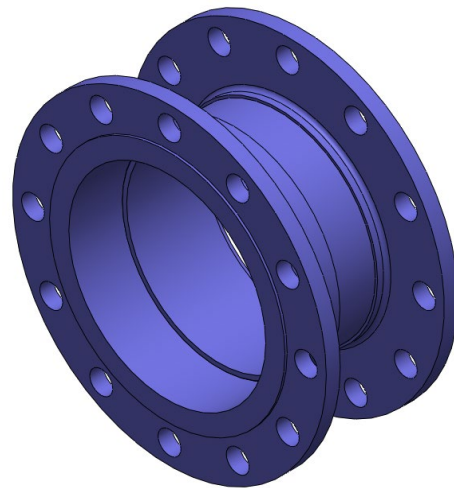
Bu borulardaki geçmelerin daha sıkı bir şekilde yapılmasını sağlamak amacıyla bağlantı elemanları yapısı değiştirilmiş ve X-Ring yapıdaki bağlantı

elemanı tasarlanmıştır. Şekil 11’de gösterilen X-ringlerin tasarıma monte edilmesi ile sızdırmazlık riski ortadan kaldırılmakla birlikte plastik hammaddeden üretilen sızdırmazlık ürünlerinin güneş ışığı ile teması engellenerek ürünlerin elastik özelliklerini yitirmeleri önlenmiştir.



**Şekil 11.** Yeni tasarım X-Ring bağlantı elemanı

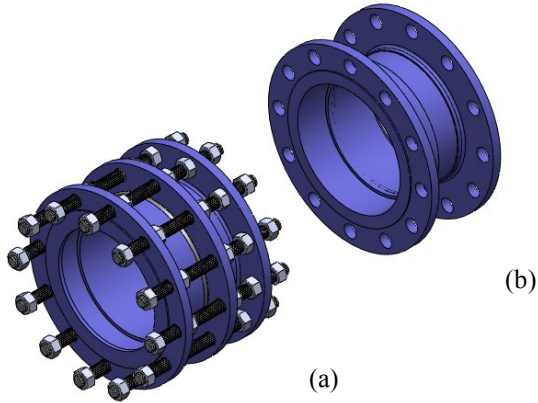
Ürünün mevcut tasarımlarından birkaç adım ileriye gitmesini sağlayan ve yapılan inovatif revizyonların sisteme aktarılması; birbiri içerisine geçebilen bir uzun flanşlı boru, bu borudaki bir o-ring kanalına yerleştirilmiş bir x-ring ve daha kısa bir adet flanşlı borudan oluşmasıdır. Şekil 12’de bu tasarıma ait detaylar yer almaktadır.



**Şekil 12.** Yeni tasarım demontaj simülasyonu



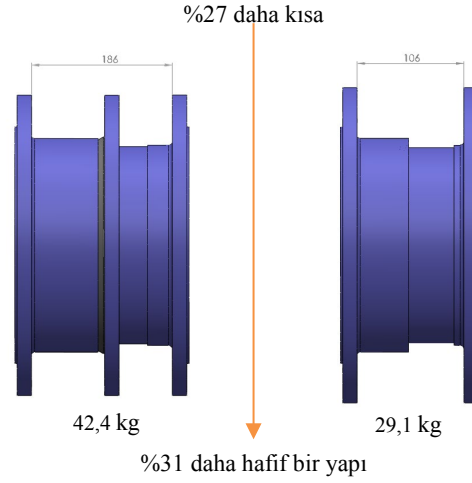
Buna göre Şekil 13'te de görüleceği gibi daha kısa, daha az bağlantı elemanına sahip, sızdırmazlık elemanlarının dış temasta bulunmadığı bir tasarım elde edilmiştir.



Şekil 13. (a) Geleneksel ve (b) Yeni tasarım demontaj ürünlerin karşılaştırmalı resmi

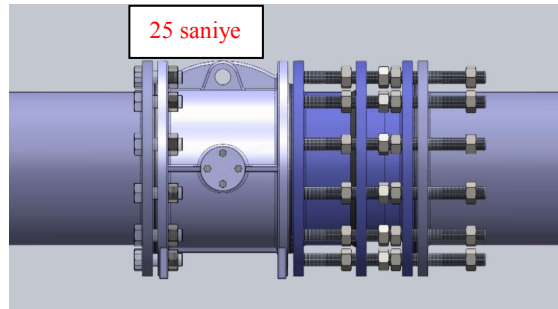
Ürünlerin dökümü kusursuz bir şekilde gerçekleşmesi durumunda 186 mm olan flanş mesafesi 106 mm'ye inmiş, 42,4 kg olan gövde ağırlığı 29,1 kg'a düşmüş olacaktır. Bu da %27 daha kısa ve %31 daha hafif bir yapı olarak avantaj

sağlayacaktır. Şekil 14'te bu değerlerin karşılaştırmalı olan görseli yer almaktadır.

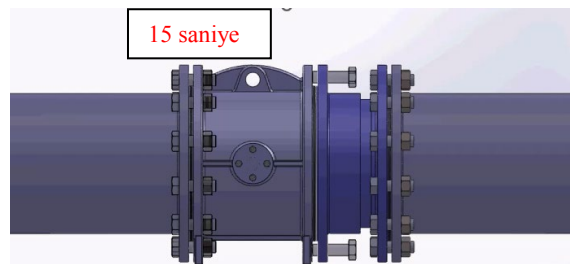


Şekil 14. Geleneksel (sol) ve yeni tasarım (sağ) demontaj ürünlerin karşılaştırmalı resmi

Mevcut ürünün montaj simülasyonu Şekil 12'de gösterilmiştir. Tasarımların montajının gerçekleştirilmesi 25 saniye olarak tespit edilmiştir.



Şekil 15. Mevcut demontaj parçasının montaj simülasyonu

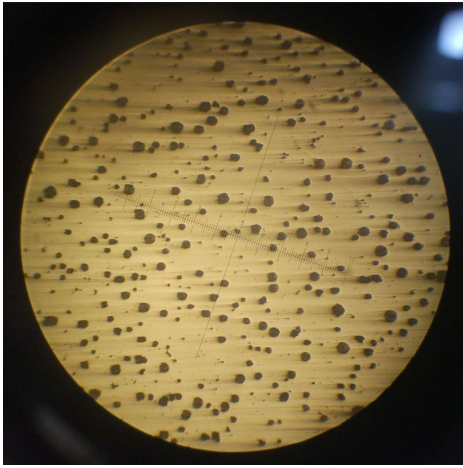


Şekil 16. Yeni tasarım demontaj parçasının montaj simülasyonu

Şekil 16’da yeni tasarım demontaj parçasının simülasyonu ile montajı yer almaktadır. Bu süre ideal koşullar altında 15 saniye olarak tespit edilmiştir.

### 3.4. Prototip Üretimi

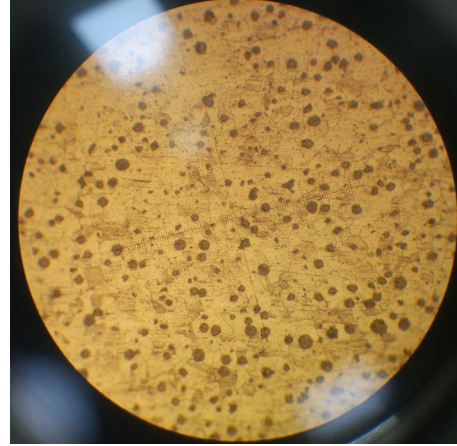
Döküm simülasyonu verilerine göre tespit edilen parametrelerde prototip imalatı gerçekleştirilmiştir. Prototip ürüne ait parlatılmış %90 üzeri küreselliğe sahip grafit taneciklerinin mikro yapısı Şekil 17’de yer almaktadır.



Şekil 17. Dökümü gerçekleştirilmiş prototip ürünün parlatılmış mikro yapı görüntüsü

Dağlanmış ve yapıda maksimum %5 mertebesinde perlit fazı içeren yapı görüntüsü Şekil 18’de gösterilmiştir. Ferritleme ısıl işlemi uygulanan parçanın mikroyapı görüntüsünde neredeyse hiç perlit fazı bulunmamaktadır bu sebeple ferrit tanelerinin sınırları belirgin şekilde görülmektedir.

Ürüne ait gerçekleştirilen mekanik testler neticesinde  $400 \text{ N/mm}^2$  çekme, %18 uzama ve  $-20 \text{ }^\circ\text{C}$ ’de 12 joule darbe dayanımı elde edilmiştir.



Şekil 18. Dökümü gerçekleştirilmiş prototip ürünün dağlanmış mikro yapı görüntüsü

### 3.5. Simülasyon ve Prototip Üretim Verilerinin Mevcut Sistem ile Karşılaştırılması

Montaj sahasında yerleştirilen geleneksel demontaj ile yeni tasarım demontaj ürünlerinin operasyon süreleri aynı operatörler ve aynı ekipmanlar ile tamamen aynı şartlar altında test edilmiştir. Yeni tasarım demontaj 9 dakika 21 saniye 93 salisede tamamlanırken, geleneksel tasarımın montaj işlemi 23 dakika 5 saniye 63 salisede sonlandırılmıştır. Simülasyonda bu işlem %40 daha hızlı olarak tespit edilmişken gerçek uygulamada %60 daha hızlı montaj tespit edilmiştir.



Şekil 19. Yeni tasarım demontaj parçası (a) ile geleneksel demontaj parçasının (b) operasyon sürelerine ait karşılaştırma çalışması

Yeni tasarım demontaj ile mevcut demontaj tasarımının tespit edilen olumsuzlukları Çizelge 3’te özetlenmiştir.

**Çizelge 3.** Mevcut sistemin handikapları

1	Sızdırmazlık elemanının baskı ile monte edilmesi zorunluluğu ile deformasyona uğraması
2	Daha fazla baskı sağlamak amacıyla malzeme ağırlığının artırılması
3	Sızdırmazlık elemanlarının ömürlerinin düşük olması
4	Sızdırmazlık elemanlarının güneş ışığına maruz kalması sebebiyle elastik fonksiyonlarını yitirmesi ve sertleşmesi
5	Daha fazla civata ve somun kullanılması ve bunların montajı sebebiyle enerji ve işçilik maliyetlerinin yüksek olması
6	Büyük hacmi sebebiyle nakliye ve stoklama maliyetlerinin yüksekliği

#### 4. SONUÇLAR

Yapılan bu çalışma ile montaj sürelerinin ve maliyetlerin azaltılmasını sağlayan demontaj parçası tasarımına ilişkin Ar-ge çalışmaları özetlenmiştir. Proje çıktısı ürün, vanalarda montaj-demontaj işlemlerinde kolaylık sağlamak için geliştirilen yeni tasarım demontaj parçasıdır. Geliştirilmiş olan yeni tasarım demontaj parçası, flanşlı iç boru ve flanşlı dış boru arasına konumlandırılan sızdırmazlık elemanı ile ilgilidir, sızdırmazlık kısmı doğal kaynakların israfının engellenmesi konusu için de önem arz etmektedir. Bu makalede gerçekleştirilen çalışmalar ile tasarlanan özgün demontaj parçalarının işlem sürelerinin mevcut ürünlere kıyasla %40 oranında azaldığı, %27 oranında boyunun kısaldığı ve %40 oranında hafiflediği tespit edilmiştir. Ar-Ge merkezimizde geliştirilen bir projemizin çıktısı olan ve başarıyla tamamlanması sağlanan bu ürün sonucunda patent başvurusu gerçekleştirilerek fikri sınai mülkiyet haklarının da koruma altına alınması sağlanmıştır.

#### 5. KAYNAKLAR

1. Ding, L.P., Feng, Y-X., Tan, J.R., 2010. A New Multi-Objective Ant Colony Algorithm for Solving the Disassembly Line Balancing

- Problem: International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 48(5-8), 761-771.
2. Özceylan, E., Paksoy, T., 2013. Reverse Supply Chain Optimization with Disassembly Line Balancing: International Journal of Production Research, 51(20), 5985-6001.
3. Agrawal, S., Tiwari, M.K., 2008. A Collaborative Ant Colony Algorithm to Stochastic Mixed Model U-Shaped Disassembly Line Balancing and Sequencing Problem: Int. J. Prod. Res., 46 (6), 1405- 1429.
4. Deniz, N., Özçelik, F., 2019. A Solution Approach Proposal for Disassembly Line Balancing Based on ELECTRE: Alphanumeric Journal,7(2), 399-416.
5. Bentaha, M.L., Battaia, O., Dolgui, A., 2014. A Sample Average Approximation Method for Disassembly Line Balancing Problem Under Uncertainty. Comput. Oper. Res. 51, 111-122.
6. McGovern, S.M., Gupta, S.M., 2007. A Balancing Method and Genetic Algorithm for Disassembly Line Balancing: European Journal of Operational Research, 179(3), 692-708.
7. Güngör, A., Gupta, S.M., 2001. A Solution Approach to the Disassembly Line Balancing Problem in the Presence of Task Failures: International Journal of Production Research, 39(7), 1427-1467.
8. McGovern, S.M. Gupta S.M., 2003. 2-Opt Heuristic for the Disassembly Line Balancing Problem: In Proceedings of the SPIE International Conference on Environmentally Conscious Manufacturing III, 71-84.
9. Bentaha, M.L., Battaia, O., Dolgui, A., 2014. A Sample Average Approximation Method for Disassembly Line Balancing Problem Under Uncertainty: Comput. Oper. Res. 51, 111-122.
10. Prakash P., Twari, M.K., 2006. Solving a Disassembly Line Balancing Problem with Task Failure Using a Psycho-Clonal Algorithm. ASME International Design Engineering Technical Conference/Computers and Information in Engineering Conference, Long Beach, CA.
11. Ilgin, M.A., 2010. Kanban-Controlled Disassembly Line with Sensor Embedded Products. Doctor of Philosophy, Northeastern University, Boston, Massachusetts.

12. Bolay, S., 2014. Faktenpapier Energieeffizienz, Stand/Trends/Forderung: Deutscher Industrie- und Handelskammertag-DIHK-, 5.
13. Büchner, F., 2014, Udo Niehage und Maria Reinisch, Zukunft gemeinsam gestalten Erfolgsfaktor Energieeffizienz der Schlüssel zu Wettbewerbsfähigkeit und Innovation (Herausgeber), Management Summary, (Berlin und München: Siemens AG), 3.
14. Kavak, K., 2005. Dünyada ve Türkiye’de Enerji Verimliliği ve Türk Sanayiinde Enerji Verimliliğinin İncelenmesi. Devlet Planlama Teşkilatı (DPT), İktisadi Sektörler ve Koordinasyon Genel Müdürlüğü, DPT Yayın No: 2689, (Uzmanlık Tezi, ISBN 975-19-3782-5-Basılı Nüsha-, 5.