



# KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ

## FEN BİLİMLERİ DERGİSİ

## Dergi Sahibi

Prof. Dr. Sadettin HÜLAGÜ - (Kocaeli Üniversitesi)

## Baş Editör

Prof. Dr. K. Süleyman YİĞİT - (Kocaeli Üniversitesi)

## Editörler

Prof. Dr. Murat HOŞÖZ - (Kocaeli Üniversitesi)

Prof. Dr. Beyhan PEKEY - (Kocaeli Üniversitesi)

Doç. Dr. H. Hakan GÜREL - (Kocaeli Üniversitesi)

Doç. Dr. Mihriban CİVAN - (Kocaeli Üniversitesi)

Dr. Öğr. Üyesi Recep Kaya GÖKTAŞ - (Kocaeli Üniversitesi)

## Prodüksiyon Editörü

Öğr. Gör. Yusuf YAĞCI - (Kocaeli Üniversitesi)

## Editör Asistanları

Arş. Gör. Züleyha Kübra ÇAPIN - (Kocaeli Üniversitesi)

## Dergi Sekreteri

Durmuş İMAT - (Kocaeli Üniversitesi)

## Danışma Kurulu

AYGÜN Halis, (Prof. Dr.) - (Kocaeli Üniversitesi)  
ERDEMLİ Yunus Emre, (Prof. Dr.) - (Kocaeli Üniversitesi)  
ERTUNÇ H. Metin, (Prof. Dr.) - (Kocaeli Üniversitesi)  
ORUÇ Bülent, (Prof. Dr.) - (Kocaeli Üniversitesi)  
ÖZDEMİR Engin, (Prof. Dr.) - (Kocaeli Üniversitesi)  
ÖZTÜRK İlhan Tekin, (Prof. Dr.) - (Kocaeli Üniversitesi)  
PEKEY Beyhan, (Prof. Dr.) - (Kocaeli Üniversitesi)  
SARAÇ Halil İbrahim, (Prof. Dr.) - (Kocaeli Üniversitesi)  
SINMAZÇELİK Tamer, (Prof. Dr.) - (Kocaeli Üniversitesi)  
UÇAR Mehmet, (Prof. Dr.) - (Kocaeli Üniversitesi)

VELİ Elşen, (Prof. Dr.) - (Kocaeli Üniversitesi)  
GÜRAY R. Taygun, (Doç. Dr.) - (Kocaeli Üniversitesi)  
KASIM Ufuk, (Doç. Dr.) - (Kocaeli Üniversitesi)  
KÜÇÜK Serdar, (Doç. Dr.) - (Kocaeli Üniversitesi)  
MAKARACI Murat, (Doç. Dr.) - (TÜBİTAK)  
ÖZKOÇ Güralp, (Doç. Dr.) - (Kocaeli Üniversitesi)  
PINARBAŞI Seval, (Doç. Dr.) - (Kocaeli Üniversitesi)  
SAYAR Ahmet, (Doç. Dr.) - (Kocaeli Üniversitesi)  
KİBAR Ali, (Dr. Öğr. Üyesi) - (Kocaeli Üniversitesi)

## Editörler Kurulu

AKIN Nilgün, (Prof. Dr.) - (Kocaeli Üniversitesi)  
ALADAĞ Zerrin, (Prof. Dr.) - (Kocaeli Üniversitesi)  
ARIK Mehmet, (Prof. Dr.) - (Özyeğin Üniversitesi)  
ÇANAKCI Mustafa, (Prof. Dr.) - (Kocaeli Üniversitesi)  
DEMİR Arif, (Prof. Dr.) - (Kocaeli Üniversitesi)  
ENGİN Tahsin, (Prof. Dr.) - (Sakarya Üniversitesi)  
ERTUNÇ Hüseyin Metin, (Prof. Dr.) - (Kocaeli Üniversitesi)  
GENÇ Nevim, (Prof. Dr.) - (Kocaeli Üniversitesi)  
GÜNDOĞDU Özcan, (Prof. Dr.) - (Kocaeli Üniversitesi)  
KILIÇARSLAN Ali, (Prof. Dr.) - (Hitit Üniversitesi, Makine Müh.)  
KUZUCU Cihan, (Prof. Dr.) - (Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi)  
SAYIN Cenk, (Prof. Dr.) - (Marmara Üniversitesi, Otomotiv Müh.)  
SÖZEN Adnan, (Prof. Dr.) - (Gazi Üniversitesi)  
ÖZER Nil Pembe, (Prof. Dr.) - (Kocaeli Üniversitesi)  
URHAN Oğuzhan, (Prof. Dr.) - (Kocaeli Üniversitesi)  
ARICI Müslüm, (Doç. Dr.) - (Kocaeli Üniversitesi)  
ATAPEK Ş. Hakan, (Doç. Dr.) - (Kocaeli Üniversitesi)

ÇEPNİ Murat Selim, (Doç. Dr.) - (Kocaeli Üniversitesi)  
ÇETKİN Vildan, (Doç. Dr.) - (Kocaeli Üniversitesi)  
ERGÜL Halim Aytekin, (Doç. Dr.) - (Kocaeli Üniversitesi)  
GÜLTEKİN Fatma, (Doç. Dr.) - (Karadeniz Teknik Üniv., Jeoloji Müh.)  
KANDEMİR İlyas, (Doç. Dr.) - (Gebze Teknik Üniversitesi)  
KARAKAŞ Ahmet, (Doç. Dr.) - (Kocaeli Üniversitesi)  
KASIM Rezzan, (Doç. Dr.) - (Kocaeli Üniversitesi)  
SERTÇELİK Fadime, (Doç. Dr.) - (Kocaeli Üniversitesi)  
YILDIZ Ali Bekir, (Doç. Dr.) - (Kocaeli Üniversitesi)  
YILMAZ Mehmet, (Doç. Dr.) - (Kocaeli Üniversitesi)  
YİĞİT Halil, (Doç. Dr.) - (Kocaeli Üniversitesi)  
AKPINAR Erkan, (Dr. Öğr. Üyesi) - (Kocaeli Üniversitesi)  
ARI Ayşe Arzu, (Dr. Öğr. Üyesi) - (Kocaeli Üniversitesi)  
ÇINAR Mehmet Aytaç, (Dr. Öğr. Üyesi) - (Kocaeli Üniversitesi)  
ÇOBAN Onur, (Dr. Öğr. Üyesi) - (Kocaeli Üniversitesi)  
EREN Canan Dilek, (Dr. Öğr. Üyesi) - (Kocaeli Üniversitesi)  
KİSHALI Emre, (Dr. Öğr. Üyesi) - (Kocaeli Üniversitesi)

## İletişim

Kocaeli Üniversitesi - Fen Bilimleri Enstitüsü Umuttepe Yerleşkesi 41001, Kocaeli/TÜRKİYE  
Tel: +090 (262) 303 30 32 Fax: +090 (262) 303 30 33 E-mail: koufbd@kocaeli.edu.tr



**YAYIN VE DANIŞMA KURULLARI ..... I**

**İÇİNDEKİLER ..... II**

**Musa SELVİ, Hüseyin LÜLECI, Özcan GÜNDOĞDU**

Ürolojik Cerrahide Kullanılan İnovatif Cerrahi Aletlerin Tasarım ve Üretim Süreçleri ..... 43-49  
(*Araştırma Makalesi*)

**Gürkan YALVAÇ, Zafer DÜLGER**

Kaset Tip Engelli Lifti Mini Hidrolik Güç Ünitesi Tasarımı ve Teorik ile Deneysel  
Sonuçlarının Karşılaştırılması ..... 50-60  
(*Araştırma Makalesi*)

**Berivan ÖRÜÇ, Salih Taner YILDIRIM, Kübra DEMİR**

Genleştirilmiş Kil İle Yapılan Hafif Agregalı Harçta Süperakışkanlaştırıcı Katkı  
Kullanımının Araştırılması ..... 61-72  
(*Araştırma Makalesi*)

**Kadirhan KARAKAYA, Birol ARİFOĞLU**

İSKİ Terfi Merkezleri için SCADA Sistemlerinde Raporlama Yazılımı Oluşturma ve  
Verimliliğe Etkisinin Analizi ..... 73-82  
(*Araştırma Makalesi*)

**Yıldız ŞAHİN, Sedanur Selay KASAP**

Kurumsal Performans: Ulusal Literatür İncelemesi ..... 83-93  
(*Derleme Makalesi*)



# Ürolojik Cerrahide Kullanılan İnovatif Cerrahi Aletlerin Tasarım ve Üretim Süreçleri

## Design and Production Processes of Innovative Surgical Tools Used In Urological Surgeries

Musa SELVİ<sup>1,\*</sup> , Hüseyin LÜLECİ<sup>2</sup> , Özcan GÜNDOĞDU<sup>3</sup> 

<sup>1</sup> Biyomedikal Mühendisliği, Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli, Türkiye, **Orcid:** 0000-0003-0002-4785

<sup>2</sup> Andromed Medikal A.Ş., İstanbul, Türkiye, **Orcid:** 0000-0002-3711-4218

<sup>3</sup> Biyomedikal Mühendisliği, Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli, Türkiye, **Orcid:** 0000-0003-0171-3179

### Araştırma Makalesi

Gönderilme Tarihi : 05/04/2021

Kabul Tarihi : 30/04/2021

### Anahtar Kelimeler

Protez  
Penil Protez İmplantasyonu  
Tekrar Kullanılabilir Dilatör  
Tek Kullanımlık Dilatör

### Research Paper

Received Date : 05/04/2021

Accepted Date : 30/04/2021

### Keywords

Prosthesis  
Penile Prosthesis Implantation  
Reusable Dilator  
Disposable Dilator

### Özet

Üroloji uzmanları tarafından tanısı konan ve tedavisi düzenlenen erektil disfonksiyon (iktidarsızlık) tanısının son basamak tedavisinde penil protez (yaygın adı ile mutluluk çubuğu) implantasyonu düşünülmektedir. Bu cerrahi operasyon sırasında penil protezlerin penis içerisinde yerleştirileceği kanalların implantasyona hazır hale getirilmesi, dilatasyonu ve uygun protez için yapılan ölçümler için özel olarak tasarlanmış cerrahi aletlerin mevcut olmadığı, bu nedenle de Türkiye’de ve Dünya’da gerçekleşen operasyonlarda çoğunlukla jinekoloji operasyonları için tasarlanmış başka bir cerrahi aletin amaçlanan tasarımı dışında kullanıldığı bilinmektedir. Bu bilgiler, penil protez implantasyonlarındaki katılımcı deneyimleri ve penil protez operasyonunda uzmanlaşmış hekimlerden içgörü toplanarak yeni bir cerrahi alet tasarımı yapılmıştır. İlgili cerrahi alet hem paslanmaz metal malzmeden çok kullanımlık olarak üretime uygun şekilde tasarlanmış ve prototip üretimi gerçekleştirilmiş hem de polimer malzemenin tek kullanımlık olarak seri üretime uygun şekilde tasarlanmış ve prototip üretimi gerçekleştirilmiştir.

### Abstract

Erectile dysfunction (impotence) is a very common men’s health issue, diagnosed and treated by specialized urologists. Penile prosthesis implantation is considered as a final step in the treatment of this condition. It has been observed that there is a lack of purpose-designed surgical tools (Corpora Cavemosa Dilators) which are essential during the penile prosthesis implantation surgery to dilate and measure the space in the erectile chambers of the penis. So far, surgical tools initially designed for cervical procedures have been used by urologists all around the world despite the shortcomings experienced with these tools. Considering the insights derived from specialized urologists, an innovative surgical tool has been designed. This new surgical tool is manufactured as a prototype both from stainless metal material as a reusable tool and from polymer material as a single-use tool. The design is suitable for mass production.

## 1. Giriş

Üroloji anabilim dalı cerrahi tıp bilimlerinin alt dallarından biridir. Üroloji genellikle idrar yolları, böbrek hastalıkları, erkek üreme organları ve bunları etkileyen hastalıkların teşhisi ve tedavisi ile ilgilenir. Ürolojik hastalıkların tedavi yöntemlerinden birisi de girişimsel işlemlerdir. Bu girişimsel işlemler sırasında hekimler (operatörler) farklı cerrahi aletleri kullanmaktadır.

Üroloji uzmanları tarafından yapılan gerekli tetkik ve işlemlerin ardından erektil disfonksiyon (iktidarsızlık) tanısı konulan hastalarda başvurulacak yöntemlerden birisi de penil protez implantasyonudur.[1]

Birinci ve ikinci basamak erektil disfonksiyon tedavisinin başarısız olması, peyronie hastalığı, priapizm hastalığının cerrahi olmayan tedavilere yanıt vermemesi gibi durumlardan sonra penil protez implantasyonu düşünülmektedir. İmplantasyon sonrası hastada enfeksiyon, protezde mekanik arıza, erozyon gibi

\* Sorumlu Yazar (Corresponding Author): [musa.selvi@gmail.com](mailto:musa.selvi@gmail.com)





komplikasyonların oluşması ihtimali vardır. Ancak günümüzde gelişen teknoloji ve biriken bilgi birikimi ve deneyimler sayesinde bu komplikasyonların oluşma ihtimalleri çok düşüktür.[2]

Penil protezleri ilk olarak 30 yıl önce geliştirilmiştir. Erektile disfonksiyonlu hastaların en az üçte biri konservatif tedaviye, özellikle fosfodiesteraz tip 5 inhibitörlerine ve intrakavernozal enjeksiyon tedavisine yanıt vermemektedir. Erektile disfonksiyonlu hastaların yarısında ciddi ve geri dönüşü olmayan hasar vardır ve penis protez cerrahisine adaydırlar. [3]

Penil protezler günümüzde bükülebilir ve şişirilebilir olarak iki çeşittir. Şişirilebilir çeşidin kendi içerisinde enine genişleyen, enine ve boyuna genişleyen, dar çaplı gibi modelleri bulunmaktadır.

Tasarımı yapılan cerrahi alet, penil protez implantasyonunun önemli noktalarından biri olan penis içerisindeki süngerimsi yapının (corpus cavernosum) boşaltılması, dilate edilmesi amacıyla kullanılacak olan, Dilatatör (Şekil 1) olarak bilinen bir cerrahi alettir. İmplantasyon sırasında penis içerisindeki süngerimsi yapıyı dilate etmek, sıkıştırarak proteze yer açmak amacıyla kullanılacak özel bir cerrahi alet bulunmadığından cerrahlar genellikle jinekoloji cerrahi aletleri başta olmak üzere farklı işlemler için tasarlanmış cerrahi aletleri kullanmaktadırlar. Çalışma kapsamında bu cerrahi aletin tekrar kullanılabilir olarak paslanmaz metalden ve tek kullanımlık olarak polimer bir malzemeden üretime uygun tasarım çalışmaları yapılmış ve üretim süreçleri ayrı ayrı belirlenmiştir.

## 2. Materyal ve Yöntem

Penil protezlerinin ülkemizde ve Dünya’da kullanılan bükülebilir, enine genişleyen, enine ve boyuna genişleyen gibi farklı çeşitleri bulunmaktadır. Temel olarak bükülebilir ve şişirilebilir olarak iki gruba ayrılır. Preopratif hazırlık aşamasında vücudun herhangi bir yerinde aktif enfeksiyon olup olmadığı kontrol edilir özellikle idrar yolu enfeksiyonları ve deri enfeksiyonları için gerekli testler yapılır. İmplantasyon işleminin birkaç gün öncesinden itibaren hastanın güçlü sabunlar ile genital bölgesini fırçalaması istenir ve gerekli durumlarda hastaya özel antibiyotikler verilir. [4]

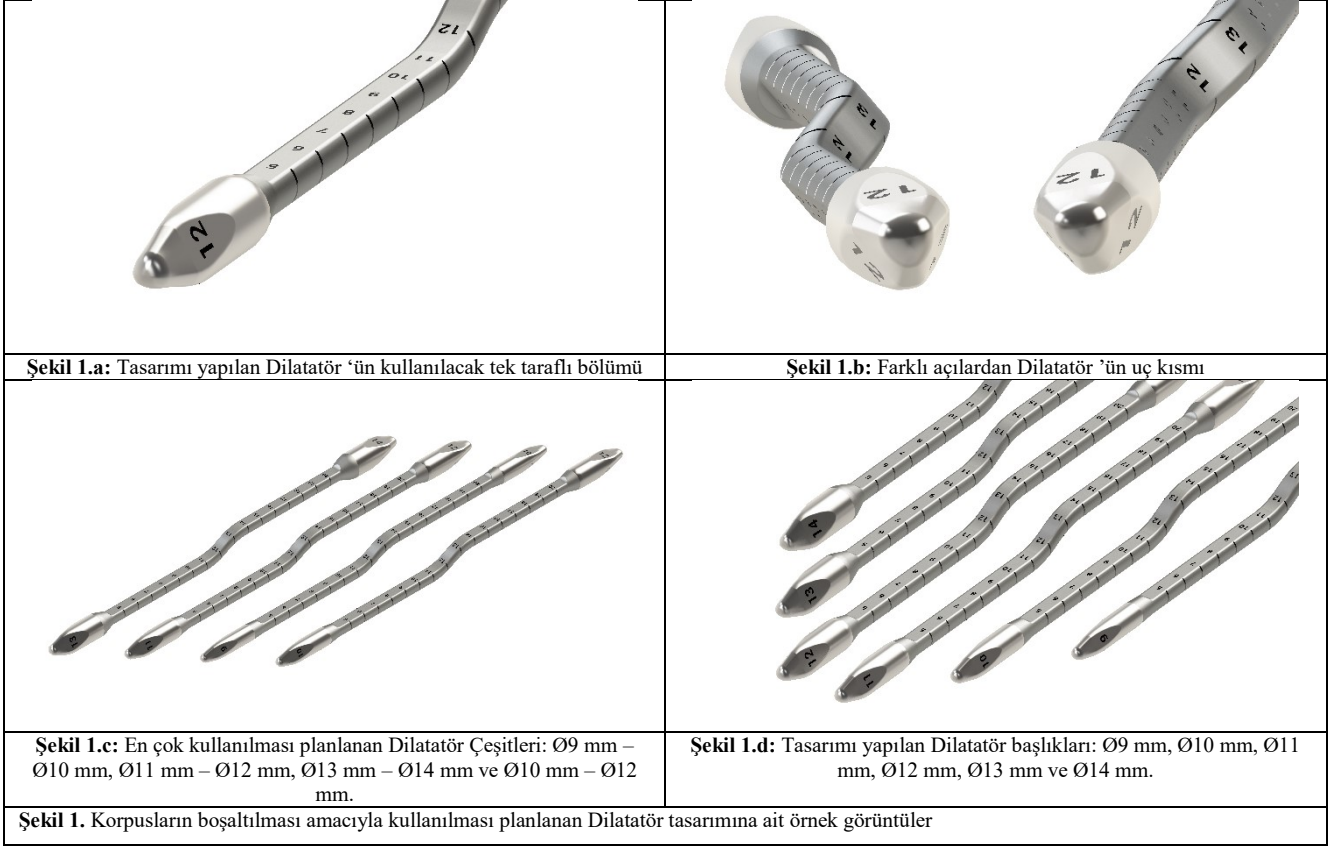
Her hastanın fiziksel özellikleri (penis anatomisi) farklı olduğundan dolayı her protez çeşidinin de kendi içerisinde farklı ölçüleri bulunmaktadır. Penis içerisindeki korpusların dilatasyonu ve protezin penis içerisine yerleştirilmesi için yaygın cerrahi yöntem olarak anatomik olarak testislerin bitip penisin başladığı noktadan

(penoscrotal kesi) kesi yapılmaktadır. İmplantasyon işlemi sırasında penis içerisindeki süngerimsi yapıdaki kanallar boşaltılarak penis ön boyu (distal) ve penis arka boyu (proksimal) için ölçümler yapılır. Elde edilen ölçümler ile hastaya özel bir protez kombinasyonu yapılır ve hastaya implantasyonu gerçekleştirilir. Bu noktada penis içerisindeki süngerimsi yapının dilatasyonu için kullanılacak özel bir cerrahi alet bulunmamaktadır. Bu yüzden cerrahlar penis içerisindeki bu kavernöz dokuyu boşaltmak için farklı cerrahi işlemler için tasarlanmış olan cerrahi aletleri kullanmaktadırlar. İmplantasyonun bu noktasında bu işleme özel bir cerrahi aletlerin yetersiz olmasından dolayı işlem cerrahlar için zahmetli olmakta ve vakit almaktadır. Bu nedenle tasarımı yapılan bu cerrahi alet tam olarak implantasyonun bu aşamasında kullanılacak şekilde özel olarak tasarlanmıştır. İlgili cerrahi aleti hem tekrar kullanılabilir olacak şekilde biyoyumlu paslanmaz metal malzemeden, hem de tek kullanımlık olacak şekilde biyoyumlu polimer malzemeden tasarımı ve prototip üretimi yapılmıştır.

Araştırma ve geliştirme biriminde yeni bir projeye başlandığında fikir aşamasından ilk prototip üretimine kadar takip edilmesi gereken temel bir yol vardır. Üretilen ilk ürünlerin gerekli testlere tabii tutulması, gerekli izinlerin alınması ile alanında uzman kişiler tarafından kullanılarak geri dönüşlerin alınması, alınan geri bildirimler doğrultusunda düzenlemelerin yapılması, gerekli belgelerin ve sertifikaların alınması ile en sonunda proje üretim birimine devredilir. Ancak bu çalışma kapsamında alanında uzman doktorlar ile görüşülerek daha önce bulunmayan bir cerrahi alet tasarımı yapılmış ve tasarımı yapılan bu cerrahi aletin tekrar kullanılabilir paslanmaz metal malzemeden ve tek kullanımlık polimer malzemeden olmak üzere iki farklı şekilde seri üretime uygun üretim süreci belirlenmiş ve prototip üretimleri gerçekleştirilmiştir.

### 2.1. Paslanmaz Metal Malzemeden Tekrar Kullanılabilir Olarak Seri Üretime Uygun Şekilde Tasarımı Yapılan ve Prototip Üretimi Gerçekleştirilen Cerrahi Alet Modeli

Paslanmaz metal malzemeden tekrar kullanılabilir olarak tasarımı yapılan ve ilk prototip ürünlerin üretildiği bu cerrahi aletin tasarımında penil protez implantasyonlarında gözlemci olarak edinilen bilgi ve deneyimler ile alanında uzman hekimlerden toplanan içgörüler tasarım çalışmasındaki en önemli kaynaklar olmuştur.



İlgili cerrahi aletin tasarımındaki önemli özellikler:

➤ Ø9 mm, Ø10 mm, Ø11 mm, Ø12 mm, Ø13 mm ve Ø14 mm olmak üzere 6 farklı başlık ölçüsünde bulunmaktadır.

➤ Dilatasyon işlemine başlangıç ölçüleri Ø5.5 mm (Ø9 mm model için) ile Ø6.5 mm (Ø14 mm model için) arasındadır. Bu tasarım sayesinde dilatasyon işleminin çok daha kolay gerçekleşmesi ve 6 veya 7 farklı cerrahi alet yerine yalnızca 1 veya 2 cerrahi alet ile aynı işlemin tamamlanması planlanmaktadır.

➤ Dilatasyon işleminin başlangıç noktası olan cerrahi aletin başlıklarının girişlerindeki üçgen tasarım süngerimsi yapının çok daha kolay boşaltılmasını sağlamaktadır.

➤ Çift taraflı kullanılabilir tasarım sayesinde iki farklı çaptaki başlık aynı cerrahi alet üzerinde bulunabilmektedir.

➤ Başlıkların uçlarındaki üçgen şekli ve konik tasarım sayesinde hastaların büyük bir bölümünde 6 modelin de sırayla kullanılmasına gerek kalmadan yalnızca bir tarafı Ø10 mm diğer tarafı Ø12 olan model ile dilatasyon işleminin başarılı bir şekilde tamamlanması planlanmaktadır.

➤ Çift taraflı olarak kullanılabilir şekilde yapılan tasarım ürün çeşitliliği sağlamakta ve özel kombinasyonlarda cerrahi alet üretimini mümkün kılmaktadır. Örneğin bir tarafı Ø10 mm, diğer tarafı Ø12 mm olan cerrahi alet modelinin birçok hasta için tek bir

cerrahi alet ile dilatasyon işlemini tamamlamak için en uygun model olması planlanmaktadır.

➤ Cerrahi aletin orta kısmında bulunan kademe sayesinde çok daha konforlu bir tutuş sağlanmaktadır. Cerrahi aletin kullanım biçimi göz önünde bulundurularak yapılan bu tasarım detayı hekime cerrahi aleti kullanırken daha konforlu bir kullanım sağlaması düşünülmüştür.

➤ Cerrahi alet üzerinde bulunan uzunluk bilgisi sayesinde hastanın dilatasyon işlemi tamamlandığında uzunluk ölçümü için başka bir cerrahi alete ihtiyaç duyulmadan, eş zamanlı olarak uzunluk ölçümü yapılabilecek ve uygun protez boyutu belirlenebilecektir.

Yukarıda belirtilen özellikler göz önünde bulundurularak tasarım yapılırken aynı zamanda üretim biçimleri de düşünülerek, kolay üretilebilecek, yüksek adetli üretime uygun bir tasarım çalışması yapılmıştır.

Tasarımı yapılan cerrahi aletin üretimi için öncelikle cerrahi alet yapımında yaygın olarak kullanılan paslanmaz metal malzeme çeşitlerinden biri olan AISI 316L (1.4404) kalite malzeme tercih edilmiştir. Çalışma kapsamı yalnızca tasarım ve seri üretime uygun şekilde prototip üretimi kapsamaktadır. Yine de cerrahi alet yapımında yaygın olarak kullanılan sertifikalı AISI 316L kalite malzeme tercih edilmiştir. Tasarımı yapılan cerrahi aletin üretimi için ise en uygun yöntem olarak bilgisayar destekli dik işleme merkezi ile parçaların üretilmesidir. Daha kısa sürede daha yüksek adet üretilebilmesi ve birim maliyetin düşürülebilmesi için 100 mm x 15 mm x 260 mm

ölçülerinde bir plaka malzeme ile ürün çapına göre 5'er veya 6'şar adet olarak üretilmesine karar verilmiştir. Dik işleme makinesine plaka yatay olarak bağlanıp Şekil 2'de görüldüğü şekilde yarısı işlendikten sonra diğer yarısının işleme sırasında oluşacak titreşim ve hareketliliğin azaltılması ve işlemesi bitince parçaların dağılmaması amacıyla ürün çeşitlerine göre hazırlanmış özel kalıpların kullanılması gerekmektedir.

Dik işleme merkezinde parçaların işlenmesi tamamlandıktan sonra ise zımpara ve polisaj işlemleri ile öncelikle malzeme yüzeyinde kalan farklı kimyasal yapıdaki partiküllerin temizlenmesi ve yüzey parlaklığı sağlanmaktadır. Özellikle paslanmaz metal malzemeler dik

işleme merkezinden çıktıktan sonra ürünlerin yüzeyine yapılan zımpara, polisaj veya elektro polisaj işlemleri sayesinde malzeme, yüzeyinde korozyona neden olabilecek partiküllerden arındırılır.

Dik işleme merkezindeki işlem bittikten sonra çapakların ve korozyona neden olabilecek partiküllerin temizlenmesi için zımpara ve polisaj işlemleri yapılır. Ardından Şekil 1'de görüldüğü gibi cerrahi aletin başlıklarına parlatma işlemi, orta bölümüne ise kumlama işlemi yapılmaktadır. Uzunluk ve model bilgisi için son adım olarak lazer markalama ile gerekli yerlere lazer markalama işlemi yapılır.



Şekil 2.a: Dik işleme merkezinde işlenirken



Şekil 2.b: Dik işleme merkezine bağlı, kaba işlemesi bitmiş durumda



Şekil 2.c: Dik işleme merkezinde plakanın ilk yarısında işleme bitmiş



Şekil 2.d: Ø9 mm'den Ø15 mm'ye kadar olan bütün çeşitler

Şekil 2. Dilatatör 'ün paslanmaz metal malzemeden dik işleme merkezinde üretimi ve dik işleme merkezinden sonra yüzey işlemleri ve markalama işlemleri yapıldıktan sonra nihai ürün görselleri





Şekil 2.e: Standart olarak üretilmesi düşünülen çeşitler: Ø9 mm – Ø10 mm, Ø11 mm – Ø12 mm, Ø13 mm – Ø14 mm ve Ø10 mm – Ø12 mm



Şekil 2.f: Ø12 mm çapındaki başlığın farklı açılardan görünüşü

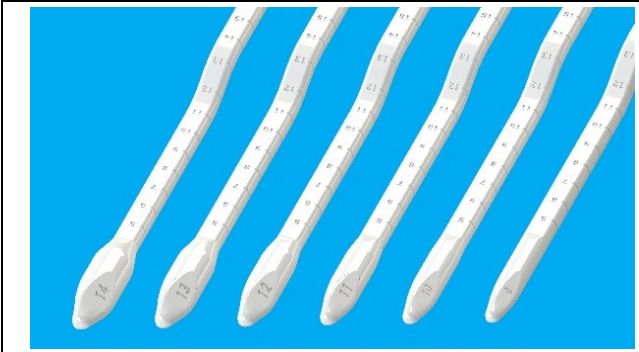
Şekil 2. (Devam) Dilatör 'ün paslanmaz metal malzemeden dik işleme merkezinde üretimi ve dik işleme merkezinden sonra yüzey işlemleri ve markalama işlemleri yapıldıktan sonra nihai ürün görselleri

## 2.2. Polimer Malzemeden Tek Kullanımlık Olarak Seri Üretime Uygun Şekilde Tasarımı Yapılan ve Prototip Üretimi Gerçekleştirilen Cerrahi Alet Modeli

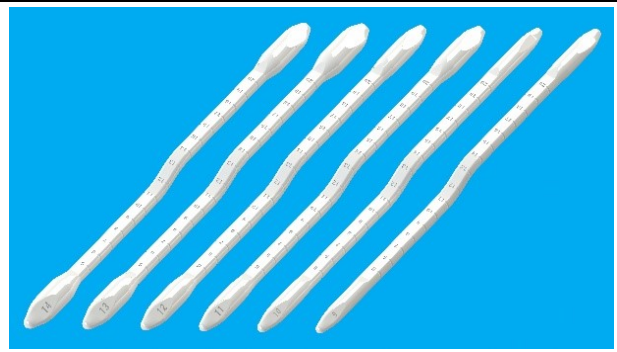
Paslanmaz metal malzemeden tekrar kullanılabilir olarak tasarımı ve prototip üretimi yapılan cerrahi aletin polimer malzemeden tek kullanımlık olması içinde tasarım çalışması yapılmıştır. Seri üretime uygun olacak şekilde yapılan tasarımda üretim biçimi olarak plastik enjeksiyon kalıplama metodunun en uygun üretim metodu olacağına karar verilmiştir. Tasarım çalışmaları da plastik enjeksiyon kalıplama üretim yöntemine uygun şekilde yapılmıştır.

Bu ince ve derin yazıların içerisine biriken kan ve partiküllerin sterilizasyon işleminde temizlenmesi oldukça zordur. Paslanmaz metal olarak üretilen tasarımdan farklı

olarak başlıklar yuvarlak çaplarının olduğu yerden 45° çevrilerek ters açı kalmayacak şekilde plastik enjeksiyon kalıplamaya uygun hale getirilmiştir. İlgili cerrahi aletin toplamda 6 farklı başlık modeli bulunmaktadır. Bunlar: Ø9 mm, Ø10 mm, Ø11 mm, Ø12 mm, Ø13 mm ve Ø14 mm'dir. Ancak her cerrahi aletin cerrahi aletin tutulduğu orta kısmı birebir aynı şekilde tasarlanmıştır. Bu sayede şekil 3.e ve şekil 3.f 'de görüldüğü üzere plastik enjeksiyon kalıbının iki gözlü, başlıkları için değiştirilebilir lokmalı bir kalıp tasarımı yapılmıştır. Değiştirilebilen lokmalar sayesinde iki tarafı istenilen çaplarda ürün üretimi mümkün olmaktadır. Kalıp üzerinde yapılan bu tasarım çalışmasının bir diğer avantajı ise ekstra bir yapıştırma vb. bir işleme gerek kalmadan, plastik enjeksiyon kalıbından tek parça halinde çıkan ürün sterilizasyon vb. gerekli işlemlerden sonra kullanıma hazır bir halde olmaktadır.

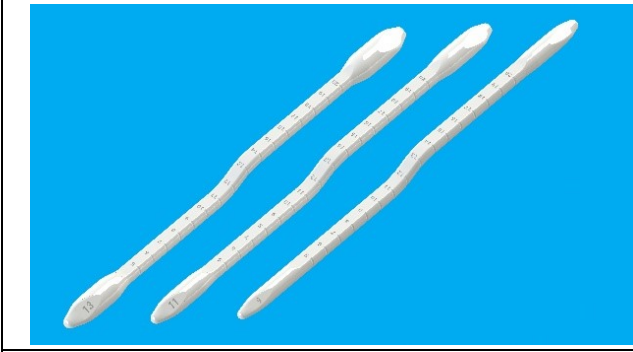


Şekil 3.a: Ø9 mm – Ø14 mm arası bütün çaplar



Şekil 3.b: Ø9 mm – Ø14 mm arası bütün çaplar tam boy

Şekil 3. Tek kullanımlık polimer malzemeden Dilatör için yapılan 3B tasarım görselleri, tasarım sonrası 3B yazıcıda basılan ürün, plastik enjeksiyon kalıbı ve farklı polimer malzemelerden üretilen ürün görselleri



Şekil 3.c: Ø9 mm – Ø10 mm, Ø11 mm – Ø12 mm ve Ø13 mm – Ø14 mm çaplarındaki standart çeşitler



Şekil 3.d: Farklı açılardan Ø12 mm başlık modeli



Şekil 3.e: Tek kullanımlık Dilatatör için plastik enjeksiyon kalıbının sabit plakası



Şekil 3.f: Tek kullanımlık Dilatatör için plastik enjeksiyon kalıbının hareketli plakası



Şekil 3.g: Tasarım yapıldıktan sonra 3B yazıcıdan alınan ürün çıktısı



Şekil 3.h: Farklı polimer malzemeler ile plastik enjeksiyon kalıbından alınan ürün baskıları

Şekil 3. (Devam) Tek kullanımlık polimer malzemeden Dilatatör için yapılan 3B tasarım görselleri, tasarım sonrası 3B yazıcıda basılan ürün, plastik enjeksiyon kalıbı ve farklı polimer malzemelerden üretilen ürün görselleri

### 3. Sonuçlar

Üroloji uzmanları tarafından tanısı konan ve tedavisi düzenlenen erektil disfonksiyon (iktidarsızlık) tanısının son basamak tedavisinde penil protez (yaygın adı ile mutluluk çubuğu) implantasyonu düşünülmektedir. Penil protez ameliyatı gözlemci tecrübeleri ve alanında uzman hekimlerden toplanan içgörüler ile operasyonun bu adımında kullanılacak özel bir cerrahi alet tasarımı

yapılmıştır. İlgili cerrahi alet hem paslanmaz metal malzemeden çok kullanımlık olacak şekilde hem de polimer malzemeden tek kullanımlık olacak şekilde tasarlanmıştır. Yapılan tasarım çalışmaları seri üretime uygun bir şekilde yapılmış ve tasarım çalışmalarının ardından prototip üretimleri yapılmıştır. Yapılan prototip üretimleri öngörü toplanan hekimlere sunulmuş ve tasarım ve üretim faktörleri üzerine tekrar fikirlerine başvurulmuştur. Yapılan tasarım ve üretilen ürünlerin ilgili



operasyon için en uygun cerrahi alet olduğuna karar verilmiştir.

Çalışma kapsamı penil protez operasyonlarında gözlemci olarak elde edilen bilgiler ve alanında uzman hekimlerden toplanan içgörüler ile penil protez implantasyonuna özel yeni bir cerrahi aletin tekrar kullanılabilir model olarak paslanmaz metal malzemeden ve tek kullanımlık model olarak polimer malzemeden ayrı ayrı seri üretime uygun tasarım çalışmalarını ve prototip üretim süreçlerini kapsamaktadır.

### **Teşekkür**

Bu çalışmada desteklerini esirgemeyen Andromed Medikal A.Ş. Genel Müdürü Kaan İZGİ'ye, Andromed Medikal A.Ş. Pazarlama Müdürü Savaş Kan KARAOĞLU'na sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

### **Çıkar Çatışması Beyanı:**

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması belirtilmemiştir.

### **Etik Standartlar Beyanı:**

Yazarlar bu çalışmada kullanılan materyal ve yöntemlerin etik kurul izni ve yasal-özel izin gerektirmediğini beyan eder.

### **Kaynaklar**

- [1] Wespes E., Amar E., Hatzichristou D., Hatzimouratidis K., Montorsi F., Pryor J., Vardi Y., 2006. EAU Guidelines on Erectile Dysfunction: An Update. *European Urology*, 49(5), 806-815.
- [2] Ehlers M., McCormick B., Coward R.M., Figler B.D., 2019. Innovating Incrementally: Development of the Modern Inflatable Penile Prosthesis. *Curr Urol Rep* 20, 17.
- [3] Yafi F.A., Furr J., El-Khatib F.M., 2020. Prospective analysis of cultures from the Furlow insertion tool: a possible etiology for penile prosthesis infections. *Int J Impot Research*, 33, 291-295 (2021).
- [4] Al-Enezi A., Al-Khadhari S., Al-Shaiji T.F., 2011. Three-piece Inflatable Penile Prosthesis: Surgical Techniques and Pitfalls. *J Surg Tech Case Rep*, 3(2), 76-83.



## Kaset Tip Engelli Lifti Mini Hidrolik Güç Ünitesi Tasarımı ve Teorik ile Deneysel Sonuçlarının Karşılaştırılması

### *Design of Cassette Type Wheelchair Lift Mini Hydraulic Powerpack and Comparison of Theoretical and Experimental Results*

Gürkan YALVAÇ<sup>1,\*</sup> , Zafer DÜLGER<sup>2</sup> 

<sup>1</sup>Hydro-pack Müh. Mak. Hid. San. Tic. Ltd. Şti., Kocaeli, Türkiye, **Orcid:** 0000-0001-6357-2119

<sup>2</sup>Makine Mühendisliği, Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli, Türkiye, **Orcid:** 0000-0002-5043-788X

#### Araştırma Makalesi

Gönderilme Tarihi : 25/01/2021

Kabul Tarihi : 20/05/2021

#### Anahtar Kelimeler

Engelli Lifti  
Hidrolik Blok Tasarımı  
HAD (Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği)  
Mini Hidrolik Güç Ünitesi

#### Research Paper

Received Date : 25/01/2021

Accepted Date : 20/05/2021

#### Keywords

Wheelchair Lift  
Hydraulic Block Design  
CFD (Computational Fluid Dynamics)  
Mini Hydraulic Powerpack

#### Özet

Engelli lifti mini hidrolik güç ünitesi engelli liftlerinin kontrollü bir şekilde kaldırılması ve indirilmesi için sisteme hidrolik enerjiyi sağlar. Bu çalışmada kaset tipi engelli lifti için hidrolik bloklar tasarlanmış ve kullanılacak komponentlerin seçimleri yapılarak hidrolik güç ünitesi oluşturulmuştur. Hidrolik blok tasarımları ve valfleri HAD programı kullanılarak analiz edilmiş ve tasarım için iyileştirmeler yapılmıştır. Sistem şartları, seçilen komponentler ve analiz verileri dikkate alınarak teorik hesaplamalar yapılmış elektrik motoru gücü, pompa debisi ve sistem basıncı hesaplanmıştır. Bu değerler, üretilen hidrolik bloklar ve seçimleri yapılmış komponentler ile hazırlanan mini hidrolik güç ünitesi, tek etkili silindiri ile çalışan bir test cihazı ile test edilmiş ve deneysel sonuçlar elde edilmiştir. Bu çalışmanın amacı; tek etkili silindirlere hareket veren, maksimum anma hızı 0,15 m/sn olan kaset tipi engelli liftleri için 90 mm yüksekliğini aşmayacak, normal şartlarda 150 bar basınçta çalışmaya uygun, konstrüksiyona ergonomik şekilde yerleştirilebilecek bir hidrolik güç ünitesinin tasarlanmasıdır. Bu çalışma sayesinde gelecekteki çalışmalar için özel ölçülerde tasarımlar yapıldığında hangi kriterlere dikkat edilmesi gerektiği açıklanmış ve ihtiyaca göre farklı ölçülerde hidrolik ünite tasarlanabileceği gösterilmiştir. Çalışma sonucunda; 90 mm yüksekliğinde, 150 bar basınçta dayanıklı, yalnızca 0,1 bar basınç kaybı olan, 0,1 m/sn anma hızında ve tek etkili silindirler ile çalışmaya uygun bir hidrolik güç ünitesi tasarlanmış, teorik ve deney sonuçları da değerlendirilmiştir.

#### Abstract

Wheelchair lift mini hydraulic power unit provides hydraulic energy to system for lifting and lowering of wheelchair lifts in a controlled manner. In this study, hydraulic blocks are designed for cassette type wheelchair lift and mini hydraulic powerpack was assembled by making selection of the components to be used. Hydraulic block designs and valves were analyzed by using CFD software and improvements were made for the design. Theoretical calculations were made by taking into account system conditions, selected components, analysis results therefore electric motor power, flow rate of the pump and system pressure were calculated. Mini hydraulic power unit was assembled by using calculated results, produced hydraulic blocks and selected components was tested on a test machine which is operated with a single acting cylinder and experimental results were obtained. The aim of this study is to design a hydraulic power unit for cassette type wheelchair lifts that drive single acting cylinders, which has maximum rated speed of 0,15 m/s, not exceeding 90 mm height, suitable for operating at 150 bar pressure under normal conditions and can be ergonomically placed in the construction. Thanks to this study, it is explained which criteria should be taken into consideration when designs are made in special dimensions for future studies and it has been shown that hydraulic units can be designed in different sizes according to the need. As a result of the study, a hydraulic power unit with a height of 90 mm, which is resistant to 150 bar pressure, has 0,1 bar pressure drop and has rated speed of 0,1 m/s was designed, theoretical and experimental results were also evaluated.

## 1. Giriş

Engellilerin hayatlarını kolaylaştırmak, toplum içinde

daha rahat ve kolay bir yaşam sürdürmelerini sağlamak amacıyla birçok ürün bulunmaktadır. Bunlardan bir tanesi de araçlara inip binmekte kullanılan engelli liftleridir.

\* Sorumlu Yazar (Corresponding Author): [gurkanyalvac1@gmail.com](mailto:gurkanyalvac1@gmail.com)

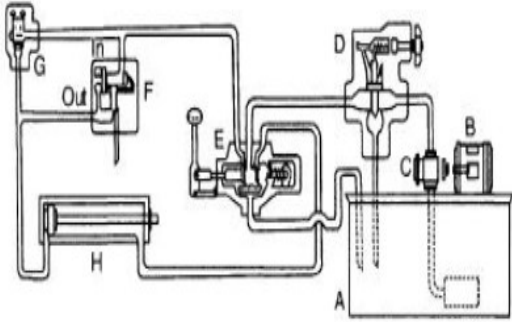


Engelli liftleri birçok farklı konstrüksiyona sahiptir. Minibüsler, otobüsler, özel minivanlar gibi birçok araca adapte edilebilmektedir. Bu liftlerin hareketi birkaç farklı tahrik ile yapılsa da en yaygın kullanılanı hidrolik sistemler ile hareketlendirilenlerdir.

Hidrolik güç ünitesi, hidrolik ya da elektro-hidrolik sistemlerin kalbi olarak düşünülebilir [1]. Hidrolik güç üniteleri, mekanik enerjinin hidrolik enerjiye çevrildiği kompakt hidrolik sistemlerdir.

Bu üniteler motor, hidrolik pompa (dişli, paletli, pistonlu), hidrolik valfler (basınç emniyet valfi, yön kontrol valfi, hız ayar valfi vs.), hidrolik bloklar, yağ tankı ve ek olarak özel uygulamalar için bir takım farklı parçalardan oluşan ve bu komponentler vasıtası ile elektrik veya yakıt enerjisini önce mekanik enerjiye daha sonra hidrolik enerjiye dönüştüren ve bu hidrolik enerjiyi kontrollü bir şekilde kullanmaya yarayan sistemlerdir. Ayrıca basit yapıda kontrol valfleri kullanılarak verimli bir şekilde yön, hız, kuvvet ve tork kontrolü sağlanmaktadır [2].

Günümüzde özellikle mobil ve endüstri uygulamalarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Birçok farklı alanda kullanımları mevcuttur. Güç üniteleri, odun kırma makinelerindeki işlevi yerine getirmek için basit bir yapıda veya zorlu çevre şartlarının olduğu plastik, maden, ağır sanayi ya da metalürji endüstrisi uygulamalarındaki işler için oldukça karmaşık yapıda da tasarlanabilmektedir [1]. Hidrolik sisteme ait basit bir hidrolik devre Şekil 1.'de gösterilmiştir.



**Şekil 1.** Basit bir hidrolik devre

**A:** Yağ tankı, **B:** Elektrik motoru, **C:** Hidrolik pompa, **D:** Basınç emniyet valfi, **E:** Yön kontrol valfi, **F:** Hız ayar valfi, **G:** Çek valf, **H:** Silindir

Gürsel ve ark. (2003), engelliler için otobüslere uygun asansör sistemi tasarlamışlardır. Hidrolik sistemde kremayer dişliler kullanılarak, platformun yerden otobüs zemini seviyesine kaldırılması ve bu seviyeden tekrar yer düzlemine indirilmesi sağlanmıştır. [3]

Mori ve ark. (2012), gerektiğinde katlanabilen, dişli mekanizması ile engelli bir kişinin rahatlıkla kaldırılıp

indirilmesine imkan veren elektrikli bir tekerlekli sandalye geliştirmişlerdir. [4]

Wu ve ark. (2012), nümerik analiz yöntemi ile, hidrolik bir blokta akış analizi uygulaması yapmışlardır. Analiz sonucunda farklı akış yolu geometrilerinin enerji kaybına etkilerini gözlemlemiş, blok tasarımları için iyileştirmeler önerilmiştir. [5]

Oruç ve ark. (2020), lineer motorlu engelli asansörü tasarlamışlardır. Çalışmalarında; teorik olarak engelli merdiven asansöründe lineer motor kullanılabileceği ispatlanmıştır. [6]

Bu çalışmada, TSE Hareket Engelliler için Güç Tahrikli Kaldırma Platformları-Emniyet, Boyutlar ve İşlevsel, Çalışma ile İlgili Kurallar Kılavuzuna ve kaset tipi engelli lifti konstrüksiyonuna uygun hidrolik güç ünitesi tasarlanmıştır. [7] Bu ürün, literatürdeki çalışmalardan farklı olarak kompakt ölçülerdedir ve hem elektrikli hem de manuel olarak çalışabilmektedir. Bu sayede özel konstrüksiyonlara göre hidrolik enerji ile kontrol edilebilen engelli lifti kullanılabileceği, tasarım, analiz ve deneysel çalışmalar detaylı bir şekilde açıklanarak kanıtlanmıştır.

## 2. Malzeme ve Yöntem

Engelli lifti hidrolik güç ünitesinde kullanılacak komponentlerin seçimi için teorik hesaplamalar yapılmıştır. 3 boyutlu tasarımlar için solidworks programı kullanılmıştır.

### 2.1. Teorik Hesaplamalar

Kaset tipi engelli liftinin konstrüksiyonunu yapan firmalar ile görüşülmesine istinaden, kullanılan silindirlere ait ölçüler ve hidrolik ünitenin konumlandırılacağı kontrol hacmine ait ölçüler, hareket mesafesi, pompa volümetrik verimi, DC motora ait, debi hesabı yapılırken kullanılacak olan devir ve güç ünitesine ait toplam verim bilgileri de tablo 1.'de gösterilmiştir.

**Tablo 1.** Tasarım parametreleri ve kabuller [7]

TSE Gereklilikleri	Sistem Yüğü	Anma Hızı	Emniyet Katsayısı	Azami Basınç
	450 kg	$\leq 0,15$ m/sn	2,3	1,4 x Tam Yük Basıncı
Motor, Lift ve Hidrolik Yağ Verileri	Liftin Hareket Mesafesi	Motor Devri		Yağ Yoğunluğu
	0,8 m	3500 d/dk		0,88 g/ml
Verimler	Pompa Volümetrik Verimi	Sistemin Mekanik Verimi		Toplam Verim
	0,95	0,95		0,9

**Tablo 1.** (Devam) Tasarım parametreleri ve kabuller [7]

Silindir Verileri	İç Çap	Mil Çapı	Strok	Silindirlerin yatay zeminle yaptığı en küçük açı	Sistemdeki Silindir Sayısı
	40 mm	25 mm	85 mm	25°	2 Adet
Güç Ünitesinin Kontrol Hacmi	Genişlik		Uzunluk		Yükseklik
	210 mm		450 mm		95 mm

### 2.1.1. Kuvvet Hesabı

Basınç hesabı için kuvvet ve alan hesabı yapmak gerekir.

$$F = \frac{m \cdot g}{\sin \alpha} \quad (1)$$

$m$  sistem yükünü,  $g$  yer çekimi ivmesini,  $\alpha$  silindirlerin yatay zeminle yaptığı en küçük açığı gösterir.

Silindirin yatay zeminle yaptığı minimum açıda silindire gelen dik kuvvet maksimum olacağından bu açı konstrüksiyon üreticilerinden talep edilmiş ve 25° olarak kabul edilmiştir.

$$F = \frac{450 \times 9,81}{\sin 25} = 10446 \text{ N} = 1044,6 \text{ daN}$$

Silindirlere uygulanan dik kuvvet 1044,6 daN olarak hesaplanmıştır.

### 2.1.2. Alan Hesabı

1 adet silindire ait alan hesabı yapılmıştır.

$$A = \frac{\pi \times d^2}{4} = \frac{3,14 \times 40^2}{4} = 1256 \text{ mm}^2 = 12,56 \text{ cm}^2 \quad (2)$$

$A$  silindirin alanını,  $d$  silindir iç çapını gösterir.

### 2.1.3. Tam Yük Basıncı

Sistemde 2 adet silindir bulunduğundan hesaplama 2 adet eş silindire göre yapılmıştır.

$$P_{TY} = s \times \frac{F}{2 \times A} = 2,3 \times \frac{1044,6}{2 \times 12,56} = 95 \text{ bar} \quad (3)$$

$P_{TY}$  tam yük basıncını,  $s$  emniyet katsayısını,  $F$  silindire gelen dik kuvveti gösterir.

### 2.1.4. Azami Basınç

$$P_{AB} = 1,4 \times P_{TY} = 1,4 \times 95 = 133 \text{ bar} \quad (4)$$

$P_{AB}$  sistemin ihtiyacı olan azami basıncı gösterir.

Bu basınç hesapları engelli liftine ait tablo 1.'de verilen TSE şartlarını sağlayacak şekilde yapılmıştır.

### 2.1.5. Pompa Seçimi için Debi Hesabı

Tablo 1.'deki kabuller dikkate alınmış, hız ve mesafe kullanılarak süre hesabı yapılmıştır.

$$t_t = \frac{L}{v} = \frac{0,8}{0,15} = 5,33 \text{ sn} \quad (5)$$

$t_t$  sistemin teorik minimum iniş kalkış süresini,  $L$  liftin hareket mesafesini,  $v$  anma hızını gösterir.

Sistemde bulunan iki silindirin hacmi, alan ve strok uzunluğu yardımı ile hesaplanırsa;

$$V = 2 \times A \times h = 2 \times 12,56 \times 8,5 = 213,52 \text{ cm}^3 = 0,214 \text{ L} \quad (6)$$

$V$  silindirlerin toplam hacmini,  $h$  silindir stroğunu gösterir.

Lifte 800 mm mesafeyi, 5,33 saniyeye en yakın ve bu süreden daha az olmayacak bir sürede tamamlayacak bir pompa seçilmelidir. Böylece 0,214 litre yağ hacmini iletebilmek için pompa debisi şu şekilde hesaplanır.

$$Q_t = \frac{V}{t_t \times \eta_v} = \frac{0,214}{5,33 \times 0,95} = 0,042 \text{ lt/sn} = 2,53 \text{ lt/dk} \quad (7)$$

$Q_t$  teorik pompa debisini,  $\eta_v$  volümetrik verimi gösterir.

Motor devri 3500 devir/dakika olarak kabul edildiğinde pompanın 1 devirde iletmesi gereken yağ hacmi hesaplanabilir ve pompa seçimi yapılır.

$$V_g = \frac{Q_t \times 1000}{n} = \frac{2,53 \times 1000}{3500} = 0,723 \text{ cm}^3/\text{devir} \quad (8)$$

$V_g$  iletim hacmini,  $n$  teorik motor devrini gösterir.

0,723 cm<sup>3</sup>/devir olarak pompa iletim hacmi hesaplanır. Anma hızının 0,15 m/sn'yi geçmemesi için 0,723 cm<sup>3</sup>/devir veya daha düşük iletim hacminde bir pompa seçilir. Üretici firma kataloglarından en yakın pompa 0,5 cm<sup>3</sup>/devir pompa seçilmiştir. 0,5 cm<sup>3</sup>/devir pompaya göre debi, süre ve anma hızı tekrar hesaplanır.

$$Q_t = \frac{V_g \times n \times \eta_v}{1000} = \frac{0,5 \times 3500 \times 0,95}{1000} = 1,66 \text{ lt/dk} \quad (9)$$

$$t_t = \frac{V}{Q_t \times \eta_v} = \frac{0,214}{1,66 \times 0,95} = 0,136 \text{ dk} = 8,16 \text{ sn} \quad (10)$$

$$v_t = \frac{L}{t_t} = \frac{0,8}{8,16} = 0,098 \text{ m/sn} \quad (11)$$

$v_t$  sistemin teorik anma hızını gösterir.

### 2.1.6. Güç Hesabı

Pompanın tahrik edilmesi için gerekli güç hesabında basınç ve debi değerleri kullanılır.

$$p = \frac{P_{AB} \times Q_t}{600 \times \eta_t} = \frac{133 \times 1,66}{540} = 0,41 \text{ kW} \quad (12)$$

$p$  ihtiyaç olan elektrik motoru gücünü,  $\eta_t$  toplam verimi gösterir. 3500 devirde 0,41 kW veya daha fazla güç üreten optimum bir motor seçilmelidir.

### 2.1.7. Tork Hesabı

$$T = \frac{P_{AB} \times V_g}{20 \times \pi \times \eta_m} = \frac{133 \times 0,5}{20 \times 3,14 \times 0,95} = 1,114 \text{ Nm} \quad (13)$$

T torku,  $\eta_m$  mekanik verimi gösterir. 3500 d/dk'da 1,114 Nm torku sağlayabilen ve bu tork değerinde 0,41 kW veya daha fazla güç üreten bir elektrik motoru seçilmelidir.

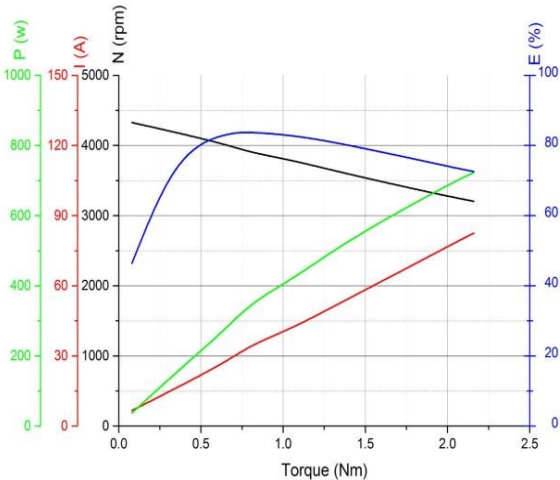
## 2.2. Hidrolik Güç Ünitesi Komponentlerinin Seçimleri

### 2.2.1. Hidrolik Blok Malzemesi

Hidrolik bloklarda çelik, sfero döküm, alüminyum gibi malzemeler yaygın olarak kullanılmaktadır. Seçim yapılırken öncelikle çalışma basıncı ve sıcaklık göz önünde bulundurulmuştur. Alüminyum malzemeler  $-198 \text{ C}^\circ$  ila  $204 \text{ C}^\circ$  arasında çalışabilir. Isıl işlem görmüş alüminyumun basıncı 4000 psi'ye kadar ulaşabilir [8]. Bu değerler ve alüminyumun çelik ve döküm malzemelere göre hafif olması, kolay işlenebilirliği, korozyon dayanımı gibi avantajları göz önünde bulundurularak hidrolik blok malzemesi alüminyum olarak seçilmiştir. [9].

### 2.2.2. Elektrik Motoru

Seçim yapılırken ihtiyaç olan tork ve güç değerleri, güç kaynağından çekilen akım, devir sayısı, verim, kullanılan yer ve maliyet dikkate alınmalıdır. Hesaplanan tork ve güç değerlerini emniyetli şekilde sağlayan ve minimum enerji sarf eden elektrik motoru seçilmelidir. Araçlarda 12V ve 24V olarak batarya kullanıldığından 0,8 kW 12V- 1,45Nm @ 3565 d/dk DC (Doğru Akım) motoru seçilmiştir.



Şekil 2. Elektrik Motoru Güç-Devir-Amper-Verim-Tork ilişkisi

### 2.2.3. Hidrolik Pompa

Hidrolik pompalar mekanik enerjiyi hidrolik enerjiye çeviren komponentlerdir. Uygulamalara bakıldığında üç tip hidrolik pompa öne çıkmaktadır: Dişli pompalar, pistonlu pompalar ve paletli pompalar. Farklı pompa tiplerinin birbirlerinin yerine kullanımında basınç ve pompa debisi değerleri dikkate alınır. Hidrolik pompa debisi pompayı tahrik eden motorun devir sayısına bağlıdır [10]. Hidrolik güç ünitesinin 90 mm yüksekliği aşmaması gerektiğinden kompakt bir hidrolik pompa arayışına gidilmiştir. Diğer tip pompalara göre maliyetinin düşük olması ve akışkan viskozite aralığının geniş olması da dıştan dişli hidrolik pompa tipinin öne çıkan diğer avantajlarıdır. Ayrıca 2.1.5. bölümünde pompa için debi hesaplanmıştır. Bu veriler neticesinde 0,5 cc/devir iletim hacminde dıştan dişli bir dişli pompa seçimi yapılmıştır.

### 2.2.4. Basınç Emniyet Valfi

Tüm basınçlı sistemlerde olduğu gibi hidrolik sistemlerde de basınç emniyet valfi kullanılır. Basınç emniyet valfi, hidrolik sistemlerin temel komponentlerinden birisidir. Sistemin herhangi bir nedenden dolayı artan basıncını sınırlandırarak sistemi yüksek basınçtan korur [11]. Kullanımda olan 2 farklı tasarımda basınç emniyet valfi vardır: Direkt uyarılı ve pilot uyarılı basınç emniyet valfleri. Direkt uyarılı basınç emniyet valfleri yüksek akış debisinin (11,36 L/dk) olduğu uygulamalarda tercih edilmez [11]. Engelli liftleri için tasarlanan hidrolik mini güç ünitesinde, yüksek bir akış debisi (1,65 L/dk) olmadığından ve pilot uyarılı tasarıma göre daha ekonomik ve küçük yapıda olması sebebiyle direkt uyarılı, 50-250 bar arasında çalışmaya uygun bir basınç emniyet valfi seçilmiştir.

### 2.2.5. Yön Kontrol Valfi

Valfler; serbest bırakma, durdurma ve içinde akan sıvıyı yeniden yönlendirme işlevlerini yerine getirmek için, dışarıdan kumanda alan (mekanik olarak, akışkan pilot sinyali ile ve elektriksel olarak) hidrolik devre elemanlarıdır [12]. Yön kontrol valfleri genellikle akış yolu ve konumuna göre isimlendirilir. Bu valf; elektriksel olarak kontrol edilmekte olup, silindirlere yönlendirilen yağın tanka geri dönüşünü sağlamak için kullanılmıştır. Tasarlanan hidrolik bloğa takılacak olan yön kontrol valfinin boyutu da bir seçim kriteri olarak göz önünde bulundurulmuş; çalışma sıcaklığı, kullanılan akışkanla olan uygunluğu, çalışma basıncı ve sistemdeki maksimum akış debisini karşılayabilecek bir valf seçimi yapılmıştır. Bu valf hidrolik güç ünitesi için tek etkili silindirlerdeki basıncı tutma veya



basıncı sıfırlama görevi yapacaktır. Bu yüzden iki konumlu iki yönlü bir yön kontrol valfi seçilmiştir.

### 2.2.6. Hız Ayar Valfi

Hidrolik sistemlerde hareketlendiricilerin (hidrolik silindirler ve hidrolik motorlar) hareket hızlarını kontrol edebilmek için akış kontrol valfleri kullanılır [13]. Hidrolik sistemlerde kullanılan hız ayar valflerini temelde iki sınıfa ayırmak mümkündür: Basınç dengesiz hız ayar valfleri ve basınç dengeli hız ayar valfleri. Basınç dengesiz hız ayar valfleri sistem basıncının büyük ölçüde sabit olduğu ve motor devrinin çok kritik olmadığı uygulamalarda kullanılmaktadır. Bu valflerde; bir orifisten geçen akışın hızı, basınç düşümü sabit olduğu sürece değişmez. Sistemdeki basınç, insan kütlesine bağlı olarak değişkenlik göstereceğinden ve valfin boyutsal olarak kompakt yapıda olması gerektiğinden basınç dengeli ve kompakt 1,6 lt/dk debisi olan bir hız ayar valfi seçilmiştir.

### 2.2.7. El pompası

Sistemde elektriksel herhangi bir problem olduğu takdirde sistemi manuel olarak kaldırmak için manuel tip pompa kullanılır. Bu el pompası için hız gibi bir belirleyici etken yoktur. Bu sebepten dolayı el pompasına ait boyut kriteri ön plana çıkmıştır. Bir kaldırma kolu vasıtasıyla tahrik alan, sistemi elektrige ihtiyaç duymadan güvenli ve ergonomik bir şekilde kaldırabilen bir valf seçilmiştir. Bu valfin iletim hacmi  $8 \text{ cm}^3/\text{strok}$ 'tur. Sistemdeki silindirlerin hacimleri toplamı  $213,52 \text{ cm}^3$  olarak formül (6) 'te hesaplanmıştır.

$$n_c = \frac{V}{Q_e} = \frac{213,52}{8} \cong 27 \quad (14)$$

$Q_e$  El pompasının iletim hacmini,  $n_c$  çevrim sayısını gösterir.

El pompası 27 kez çevrim tamamladığında sistemin tamamı basınçlandırılarak kaldırılabilir.

### 2.2.8. Boşaltma Valfi

El pompasına benzer şekilde elektriksel bir problem olduğu takdirde sistemdeki basıncı sıfırlamak için kullanılan valftir. Bir musluk gibi çalışır, açma miktarına göre sistemin iniş hızını ayarlar.

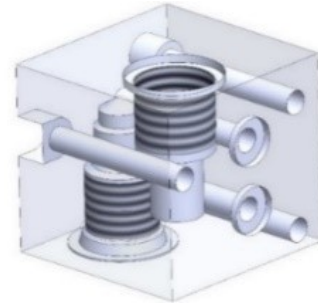
### 2.2.9. Yağ Tankı

Yağ tankı, hidrolik güç ünitesinin önemli bir parçasıdır. Yağ tankının başlıca görevi akışkanın depolanmasıdır. Bunun yanında sıcaklıktaki değişimlerden ya da sistemdeki

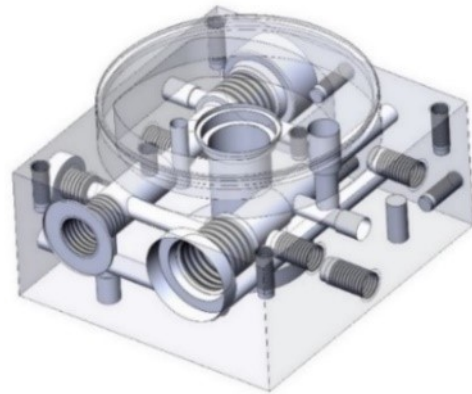
olası kaçaıklardan dolayı yağ seviyesindeki dalgalanmayı kompanse eder [14]. Yağ tankı, eğer akışkan tanka geri dönüyorsa sistemdeki tüm komponentleri dolduracak büyüklükte olmalıdır. Tank malzemesi olarak genelde siyah sac ve plastik kullanılmaktadır. Plastik tankların sac tanklara göre hafif olmaları, içindeki yağ seviyesinin bir gösterge olmadan görünür olması gibi avantajları vardır. Tablo 1.'de ki kontrol hacmi ölçüleri, silindir hacimleri, konstrüksiyon, takılan araca göre değişen hortum boyu, tank içerisinde bulunan pompanın kapladığı hacim gibi parametreler göz önüne alınarak emniyetli bir şekilde konumlandırılacak bir tank tasarımı yapılmıştır. Blok, elektrik motoru ve tankın montajlı boy ölçüsü 450 mm'den fazla olmayacak şekilde tank boyuna ait ölçü 215 mm olarak tayin edilmiştir. Yükseklik sınırından dolayı 90 mm yükseklik ölçüsü belirlenmiştir. Bu şekilde ihtiyaç olan yağ hacmi 0,5 litre olarak bulunur. Yağın ısınma durumu göz önüne alındığında kullanılabilir hacmi 1,5 litre olacak şekilde bir tank tasarlanmıştır. Tanka ait dış ölçüler 135x215x90 mm olarak belirlenmiştir.

## 2.3. Modelleme

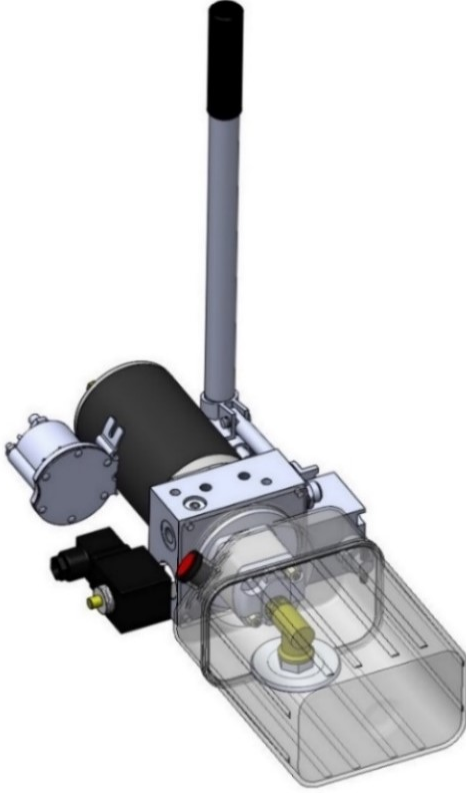
Komponent seçimleri yapıldıktan sonra blok tasarımı, seçilmiş ürünlerin montaj edilebileceği, TSE şartlarını ve hidrolik sistem gerekliliklerini sağlayan, araçlara takılabilecek şekilde solidworks programında tasarlanmıştır.



Şekil 3. El pompası bloğu tasarımı



Şekil 4. Ana bloğun tasarımı



Şekil 5. Hidrolik güç ünitesinin tasarımı

### 3. Materyal ve Metot

HAD programında analiz yapabilmek için blok dizaynı ve komponentler içerisinde hareket eden akışkana ait yollar belirlenmiş, solidworks programı ile bloklardaki akış yolları ve valflerin çizimi yapılmıştır. Sistemin kaldırılması için akışkanın basınçlandırılması durumu, sistemdeki yağın yön kontrol valfi ve hız ayar valfi üzerinde geçerek kontrollü bir şekilde basıncın sıfırlanması ile sistemin indirilmesi durumu, elektriksel problemler olduğunda manuel olarak yağın basınçlandırılarak sistemin kaldırılması durumu için analizler yapılmıştır.

Analiz yapılırken çokgen, yüzey ve sınır tabaka mesh tipleri ve zamandan bağımsız olarak giriş parametreleri girilmiştir.

Analiz sonuçlarının mesh'ten bağımsızlığını belirlemek için 256.346, 600.196 ve 750.038 mesh sayısına sahip mesh modelleri oluşturulmuş ve analizler çözdürülmüştür. 256.346 ve 600.196 mesh sayısına sahip analiz hata sonuçları artış göstermiş, 750.038 mesh sayısına sahip analiz hata sonuçları azalma göstermiştir. Bu yüzden bu çalışmada minimum 750.038 mesh sayısına sahip mesh modeli kullanılmıştır.

Tablo 2. Mesh Sayısı Tespiti

Mesh Sayısı	256.346	600.196	750.038
Hata Eğrisi	Artan	Artan	Azalan

### 3.1. Elektrik ile Sistemin Kaldırılması

HAD programı, lt/dk olan debi birimini kg/s birim cinsine dönüştürmemizi istemektedir. Bunun için kullanılan akışkanın yoğunluk bilgisi gerekmektedir. Akışkan yoğunluğu 0,880 g/ml olarak alınmıştır. [15]

$$\dot{m} = \frac{Q \text{ (lt/dk)} \times \rho \text{ (g/ml)}}{60} = \frac{1,66 \text{ (lt/dk)} \times 0,88 \text{ (g/ml)}}{60} = 0,02435 \text{ kg/s} \quad (15)$$

$\dot{m}$  elektrik ile sistemin kaldırılması durumundaki kütleli debiyi gösterir. 1,66lt/dk = 0,02435 kg/s olarak bulunur ve giriş debisi olarak girilir.

Teorik hesaplamalarda azami basınç 133 bar olarak hesaplanmıştı (4). Konstrüksiyondan kaynaklı hesaplanamayan mekanik kayıplar da göz önüne alınarak çıkış şartı 150 bar olarak girilmiştir.

### 3.2. Manuel Olarak Sistemin Kaldırılması

Giriş şartı için debi değeri 8 cc/strok olarak girilemeyeceğinden, bu değer kg/s'ye dönüştürülmüştür.

$$\dot{m}_e = \frac{Q_e \text{ (cm}^3/\text{sn)} \times \rho \text{ (g/ml)}}{1000} = \frac{8 \text{ (cm}^3/\text{sn)} \times 0,88 \text{ (g/ml)}}{1000} = 7,04 \times 10^{-3} \text{ kg/s} \quad (16)$$

$\dot{m}_e$  el pompası ile sistemin kaldırılması durumundaki kütleli debiyi gösterir. Bu şekilde 8 cc/strok iletim hacmi 0,00704 kg/s ve çıkış şartı da 150 bar olarak girilmiştir.

### 3.3. Sistemin İndirilmesi

Sistem basınçlı haldeyken basıncın sıfırlanması şartında giriş şartı 150 bar, çıkış şartı 0 bar olarak girilmiştir.

Tablo 3. Analiz Parametreleri

	Giriş şartı	Çıkış şartı	Mesh sayısı	Fizik şartı
Elektrikle sistemin kaldırılması	0,02435 kg/s	150 bar	766.246	Zamandan bağımsız
Manuel olarak sistemin kaldırılması	0,00704 kg/s	150 bar	752.170	Zamandan bağımsız
Sistemin indirilmesi	150 bar	0 bar	846.083	Zamandan bağımsız

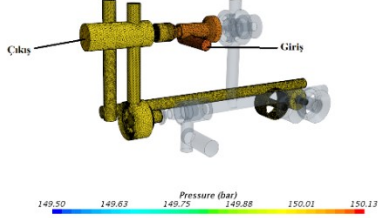
Analizler tablo 3.'deki değerlere göre çözdürülmüş ve sonuçlandırılmıştır.

## 4. Bulgular ve Tartışma

### 4.1. Akış Analizi

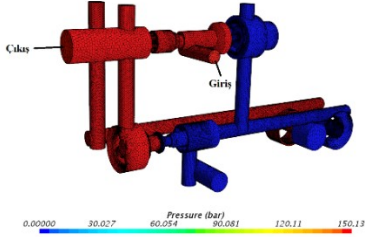
#### 4.1.1. Elektrik ile Sistemin Kaldırılması

Elektrik motoru ile sistemin kaldırılması durumu Design Engineer: Gürkan Yalvaç

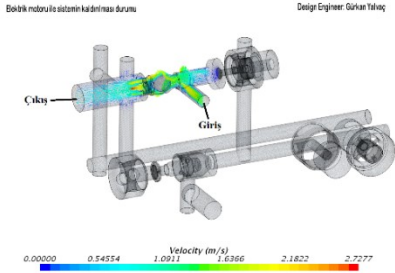


Şekil 6. Elektrik motoru ile sistemin kaldırılması sırasındaki akışkan basınç kaybı

Elektrik motoru ile sistemin kaldırılması durumu Design Engineer: Gürkan Yalvaç



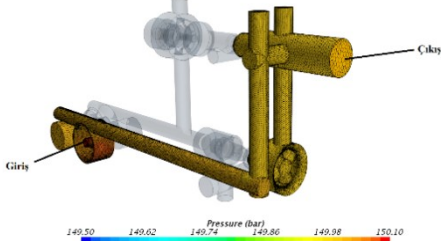
Şekil 7. Elektrik motoru ile sistemin kaldırılması sırasındaki akışkan basınç dağılımı



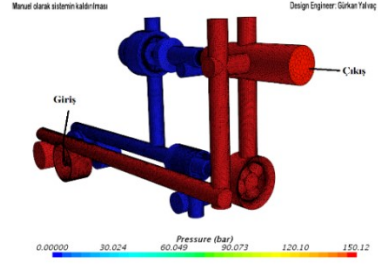
Şekil 8. Elektrik motoru ile sistemin kaldırılması sırasındaki akışkan hız dağılımı

#### 4.1.2. Manuel Olarak Sistemin Kaldırılması

Manuel olarak sistemin kaldırılması Design Engineer: Gürkan Yalvaç

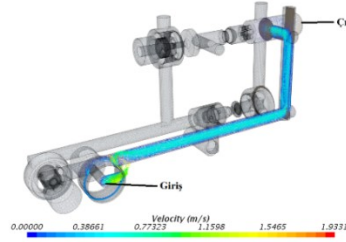


Şekil 9. Manuel olarak sistemin kaldırılması sırasındaki akışkan basınç kaybı



Şekil 10. Manuel olarak sistemin kaldırılması sırasındaki akışkan basınç dağılımı

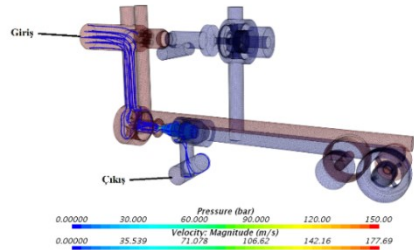
Manuel olarak sistemin kaldırılması Design Engineer: Gürkan Yalvaç



Şekil 11. Manuel olarak sistemin kaldırılması sırasındaki akışkan hız dağılımı

#### 4.1.3. Sistemin İndirilmesi

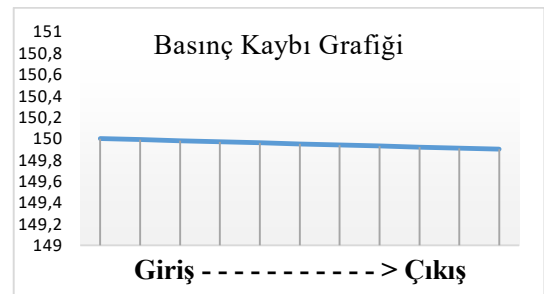
Sistemin indirilmesi Durumu Design Engineer: Gürkan Yalvaç



Şekil 12. Sistemin indirilmesi sırasındaki akışkanın basınç ve hız dağılımı

## 4.2 Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Şekil 6'da ve Şekil 9'da basınç kaybının renk skalasında daha net görülebilmesi için minimum basınç 149,5bar'dan başlatılmıştır.



Şekil 13. Basınç Kaybı Grafiği

Şekil 6 ve Şekil 9'da giriş basıncı 150 bar, çıkış basıncı 149,90 bar'dır. Giriş ve çıkış basıncı arasında 0,1 bar basınç farkı vardır ve daralan kesitlerde akışkan hızı artmıştır. Akışın ilerlediği kısa bir yolda sürtünme kayıpları olması öngörüldüğünden bu kayıp normaldir.

$$0,1 \text{ (bar)} = 10^4 \text{ (Pa)} = 10^4 \left( \frac{N}{m^2} \right)$$

$$12,56 \text{ (cm}^2) = 12,56 \times 10^{-4} \text{ (m}^2)$$

$$F_1 = P \times A = 10^4 \times 12,56 \times 10^{-4} = 12,56 \text{ N} \quad (17)$$

$F_1$  1 adet silindirdeki kayıp kuvveti göstermektedir. Sistemde 2 adet silindir bulunduğundan;

$$F_2 = 12,56 \times 2 = 25,12 \text{ N} = 2,56 \text{ kg} \quad (18)$$

$F_2$  2 adet silindirdeki kayıp kuvveti göstermektedir.

0,1 bar'lık basınç kaybı, kullanılan 12,56 cm<sup>2</sup> silindir alanı ve 2 adet silindir dikkate alındığında 2,56 kg'a karşılık geldiğinden ihmal edilebilecek kadar küçük düzeydedir.

Şekil 7'de ve Şekil 10'da ise basınç dağılımı 0 bar'dan başlatılmıştır. Böylece basıncın 0 bar olması gereken yerlerde basınç artışı olmadığı da görülmüştür.

Şekil 8'de akışkan çek valf üzerinde bulunan 2 mm çapındaki deliklerden, Şekil 11'de el pompası içindeki 2,5 mm çapındaki deliklerden ve Şekil 12'de hız ayar valfinin içindeki 0,55 mm çapındaki delikten geçerken hızının arttığı görülmüştür.

Şekil 12'de çıkış hattından tanka dönüş hattı yönünde akışkanın ters basınca maruz kalmadan hareket edebildiği görülmüştür. Model üzerindeki renkler basıncı, çizgi renkleri ise akışkana ait hızı göstermektedir.

Analiz sonucunda 0,55 mm çapından geçen akışkanın ortalama hızı 110,62 m/sn olarak bulunmuştur.

$$Q_1 = v_1 \times A_1 \quad (19)$$

$$Q_1 = 110,62 \times \frac{\pi \times (0,55 \times 10^{-3})^2}{4} = 2,62 \times 10^{-5} \left( \frac{m^3}{sn} \right)$$

$$Q_1 = 2,62 \times 10^{-5} \left( \frac{m^3}{sn} \right) = 1,58 \left( \frac{lt}{dk} \right)$$

$Q_1$  en dar kesitteki dönüş debisini,  $v_1$  en dar kesitteki ortalama akışkan hızını,  $A_1$  en dar kesitin alanını göstermektedir.

Dönüş debisi 1,58 lt/dk olarak hesaplanmıştır.

**Tablo 4.** Analiz Sonuçları

	Çıkış basıncı (bar)	Basınç Kaybı (bar)	Maksimum akışkan hızı (m/s)
Elektrik ile sistemin kaldırılması	149,9	0,1	2,73
Manuel olarak sistemin kaldırılması	149,9	0,1	1,93
Sistemin indirilmesi	0	0	177,69

### 4.3. Deneysel Çalışma ve Değerlendirilmesi

Tasarlanan ürüne son ürüne ait görsel şekil 15.'deki gibidir. Deneysel çalışmada bu ürün kullanılarak test çalışmaları gerçekleştirilmiştir.



**Şekil 14.** Son Ürüne Ait Görsel

Deneysel çalışma yapılırken engelli liftini temsilen bir konstrüksiyon oluşturulmuş ve bu konstrüksiyon üzerinde testler yapılmıştır. Güç kaynağı, hidrolik güç ünitesine ihtiyaç olan hidrolik yağı ve elektrik enerjisini sağlamaktadır. Lift, tek etkili silindirlere sahiptir ve üzerine koyulan yükün kaldırılması ve indirilmesini sağlamaktadır. Yük, farklı kütlelerde olabilmektedir ve hidrolik güç ünitesine karşı direnç oluşturur. Hidrolik güç ünitesi, güç kaynağından aldığı enerji ve yağ sayesinde liftin üzerinde bulunan yüke hareket verir.



**Şekil 15.** Deneysel Çalışma Düzeni



**Tablo 5.** Deney Sonuçları

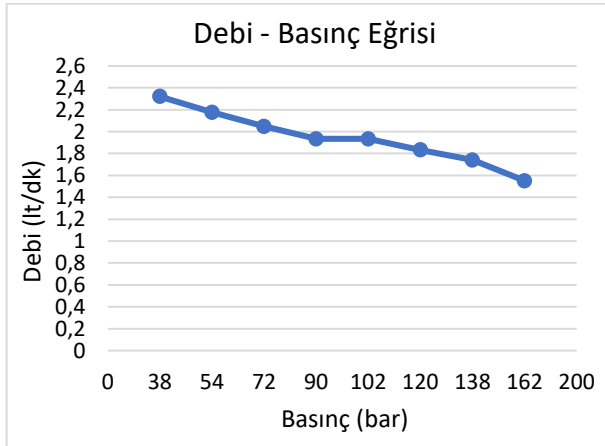
Veriler	Test 1	Test 2	Test 3	Test 4	Test 5	Test 6	Test 7	Test 8
Kullanılan Yük (kg)	0	150	300	450	600	750	900	1050
Basınç (Bar)	38	54	72	90	102	120	138	162
Çıkış Debisi (lt/dk)	2,321	2,176	2,048	1,934	1,934	1,832	1,741	1,55
Dönüş Debisi (lt/dk)	Ölçülemedi	Ölçülemedi	1,741	1,658	1,658	1,655	1,650	1,650
Çıkış Anma Hızı (m/sn)	0,145	0,136	0,128	0,120	0,120	0,114	0,108	0,097
İniş Anma Hızı (m/sn)	Ölçülemedi	Ölçülemedi	0,108	0,103	0,103	0,103	0,103	0,103

8 farklı test yapılmış, kuvvete(yüke) bağlı olarak, basınç ve debi değerleri tespit edilmiştir. Bu değerlere göre debi-basınç eğrisi oluşturulmuştur.

$$t_d = \frac{v}{Q_d} = \frac{0,214}{1,65} = 0,13 \text{ dk} = 7,8 \text{ sn} \quad (20)$$

$$v_d = \frac{L}{t_d} = \frac{0,8}{7,8} = 0,103 \text{ m/sn} \quad (21)$$

Deney sonuçlarına göre bulunan değerler ile teorik hesaplamalarda bulunan değerler ile karşılaştırıldığında anma hızı %5'lik bir fark olduğu görülmüştür. 0,5 cm<sup>3</sup>/devir iletim hacmi olan dişli pompanın iletim hacminin üretiminden kaynaklı olarak 0,5 cm<sup>3</sup>/devir'den daha fazla olabilir. Deneysel verilerin ölçülmesi sırasında manuel ölçümden kaynaklı değerlerde farklılıklar olabilir. Bu sebeplere bağlı olarak bu fark oluşmuş olabilir. Bu değer ihmal edilebilecek kadar küçük bir değerdir.

**Şekil 16.** Debi-Basınç Eğrisi

## 5. Sonuçlar

Sistem debisi, yük arttıkça, motor devri azaldığından düşüş göstermiştir. DC motora ait teknik diyagramla uyumlu çalıştığı kanıtlanmıştır.

Deneysel çalışmada sistemin dönüş debisi yük değişse de % 5'ten fazla değişiklik göstermemiştir. Oransal hız ayar

valfinin geçirgenliği ve yüke duyarlı olarak çalıştığı kanıtlanmıştır. Bu fark deneysel çalışmadaki süre ölçümlerinin manuel yapılmasından kaynaklı olabilir. Bu değer ihmal edilebilecek kadar küçük bir değerdir.

Elektrik motoru ile sistemin kaldırılması durumunda basıncın ulaşması gereken kısımlar 150 bar sabit basınçta diğer kısımlarda basınç olmadığından 0 bar'da kalmıştır. Ünitenin basınç oluşturması, kaçak yapmaması ile analiz verisi ve test verisinin birbirini doğruladığı kanıtlanmıştır.

Analizde manuel olarak sistemin kaldırılması durumunda basıncın ulaşması gereken yerler 150 bar sabit basınçta diğer kısımlar 0 bar'da kalmıştır.

Deneysel çalışmada elektrik motoru ile sistemin kaldırılmasında sistem kademeli olarak 162 bar'a kadar çıkarılmıştır. Sistemin basınca karşı dayanımı kanıtlanmıştır.

Sistemin indirilmesi durumunda sistem dönüş debisi analizde 1,58 lt/dk olarak bulunmuş deneysel çalışmada 1,65 lt/dk olarak tespit edilmiş analiz verisi ile test verisinin birbirini % 95 oranda doğruladığı görülmüştür. Bu % 5'lik fark, deneysel çalışmadaki süre ölçümünün manuel olarak yapılmasından ve analizde küçük de olsa bir hata payının olması sonucu kaynaklanmış olabilir. Bu değer ihmal edilebilecek kadar küçük bir değerdir.

Deneysel çalışmada sistemin anma hızınının 0,15 m/sn'yi geçmediği görülmüştür. TSE verilerindeki anma hızı ile uygunluğu ispatlanmıştır.

Hidrolik bloklar üretilirken katmanlı üretim ile üretim yapılması durumunda blok üzerine işleme deliklerinden bazılarında gerek kalmadan akış yolları oluşturulabilir ve bu sayede daha verimli, daha hafif bloklara sahip olan güç üniteleri üretilebilir.



## 6. Kısaltmalar

**Tablo 6.** Simgeler ve Birimleri

$F$	Kuvvet [daN]	$v_t$	Teorik Anma Hızı [m/sn]
$m$	Sistem Yüğü [kg]	$p$	Elektrik Motor Gücü [kW]
$g$	Yer Çekim İvmesi [ $m/s^2$ ]	$T$	Elektrik Motor Torku [Nm]
$\alpha$	Açı [ $^\circ$ ]	$n_\zeta$	El Pompası Çevrim Sayısı
$A$	Silindir Alanı [ $cm^2$ ]	$Q_e$	El Pompası Debisi [ $cm^3/\zeta$ evrim]
$d$	Silindir İç Çapı [cm]	$\dot{m}$	Elektrik ile Sistemin Kaldırılması Durumundaki Kütleli Debi [kg/s]
$P_{TY}$	Tam Yüğü Basıncı [bar]	$\dot{m}_e$	El Pompası ile Sistemin Kaldırılması Durumundaki Kütleli Debi [kg/s]
$P_{AB}$	Azami Basıncı [bar]	$F_1$	Kayıp Kuvvet [N]
$t_t$	Teorik Süre [sn]	$F_2$	Kayıp Kuvvet [kg]
$L$	Hareket Mesafesi [m]	$P$	Kayıp Basıncı [bar]
$v$	Anma Hızı [m/sn]	$Q_1$	Teorik Dönüş Debisi [lt/dk]
$V$	Silindir Hacmi [L]	$v_1$	En Dar Kesitteki Anma Hızı [m/sn]
$h$	Silindir Stroğı [cm]	$A_1$	En Dar Kesitin Alanı [ $cm^2$ ]
$Q_t$	Teorik Debi [lt/dk]	$t_d$	Deneysel Süre [sn]
$V_g$	İletim Hacmi [ $cm^3/devir$ ]	$Q_d$	Deneysel Dönüş Debisi [lt/dk]
$n$	Motor Devri [d/dk]		

**Tablo 7.** Denklemler

No	Denklemler Tanımı	No	Denklemler Tanımı
1	Maksimum Kuvvet	12	Motor Gücü
2	Alan	13	Motor Torku
3	Tam Yüğü Basıncı	14	El Pompası Çevrim Sayısı
4	Azami Basıncı	15	Elektrik ile Sistemin Kaldırılması Durumundaki Kütleli Debi
5,10	Teorik İniş Kalkış Süresi	16	El Pompası ile Sistemin Kaldırılması Durumundaki Kütleli Debi
6	Silindir Hacmi	17	Bir Silindirdeki Kayıp Kuvvet
7	Teorik Pompa Debisi	18	İki Silindirdeki Kayıp Kuvvet
8	Pompa İletim Hacmi	19	Deneysel Dönüş Debisi
9	Teorik Pompa Debisi	20	Deneysel İniş Süresi
11	Teorik Anma Hızı	21	Deneysel Anma Hızı

## Teşekkür

Bu çalışmada desteklerini esirgemedikleri için Hydro-pack firmasına teşekkür ederiz.

## Çıkar Çatışması Beyanı:

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması belirtilmemiştir.

## Etik Standartlar Beyanı:

Yazarlar bu çalışmada kullanılan materyal ve yöntemlerin etik kurul izni ve yasal-özel izin gerektirmediğini beyan eder.

## Kaynaklar

- [1] Bosch Rexroth Corporation, 2017. 7 Tips for Designing or Specifying the Right Hydraulic Power Unit. Drive & Control Profile, 1-2.
- [2] <https://www.nfpa.com/home/AboutNFPA/What-is-Fluid-Power.htm> (Erişim Tarihi: 02.06.2020)
- [3] Gürsel K. T., Katırcıoğlu A., 2003, Engelliler İçin Otobüslere Uygun Asansör Sistemi Tasarımı. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 9(3), 333-340.
- [4] Mori Y., Sakai N., Katsumura K., 2012, Development of a Wheelchair with a Lifting Function, 1-9
- [5] Wu Z., Zhao Y., Jing M., 2012, The Numerical Simulation of Hydraulic Manifold Internal Flow Field Based on Fluent, 1st International Conference on Mechanical Engineering and Material Science, Shanghai, China, 28-30 December, pp. 38-40.
- [6] Oruç O. O., Dikmen F., 2020, Lineer Motorlu Engelli Asansörü Tasarımı. Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 3(1), 109-124.
- [7] Türk Standardı, TS ISO 9386-1:2011 Hareket Engelliler için Güç Tahrikli Kaldırma Platformları - Emniyet Boyutları ve İşlevsel Çalışma ile İlgili Kurallar - Bölüm 1 - Düşey Kaldırma Platformları.
- [8] <https://www.hydraulicspneumatics.com/technologies/fittings-couplings/article/21885071/its-a-material-world> (Erişim Tarihi: 20.04.2021)
- [9] <https://www.assanaluminyum.com/tr-tr/surdurulebilirlik/her-yonuyle-aluminyum> (Erişim Tarihi: 27.04.2021)
- [10] <http://www.akder.org/tr/makale/310-hidrolik-devrelerde-kullan-lan-pompa-tipleri>. (Erişim Tarihi: 14.12.2020)
- [11] Bud Trinkel, 2007. Relief and Unloading Pressure Controls, Hydraulics & Pneumatics, 1-5.

- [12] A.Schmitt, H. Aykun., 2010. Endüstriyel Hidrolik Eğitimi Cilt 1, 1. Baskı Willy Schleunung, Postfach, Germany.
- [13] <http://www.akder.org/tr/makale/248-kisma-valfler-> (Erişim Tarihi: 14.01.2019)
- [14] Tič, V., Lovrec, D., 2012, Design of Modern Hydraulic Tank Using Fluid Flow Simulation, International Journal of Simulation Modelling, 2012. 11(2), 77-88.
- [15] [https://www.petrolofisi.com.tr/assets/pdf/MSDS/Endustriyel\\_Yaglar/hydro-oil-hd-46-tr.pdf](https://www.petrolofisi.com.tr/assets/pdf/MSDS/Endustriyel_Yaglar/hydro-oil-hd-46-tr.pdf) (Erişim Tarihi: 20.04.2021)



## Genleştirilmiş Kil İle Yapılan Hafif Agregalı Harçta Süperakışkanlaştırıcı Katkı Kullanımının Araştırılması

### Investigation of The Use of Superplasticizer Admixtures In Lightweight Aggregate Concrete With Expanded Clay

Berivan ÖRÜÇ<sup>1</sup> , Salih Taner YILDIRIM<sup>2,\*</sup> , Kübra DEMİR<sup>3</sup> 

<sup>1</sup> İnşaat Mühendisliği, Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli, Türkiye, **Orcid:** 0000-0001-9489-1083

<sup>2</sup> İnşaat Mühendisliği, Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli, Türkiye, **Orcid:** 0000-0003-0021-0625

<sup>3</sup> İnşaat Mühendisliği, Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli, Türkiye, **Orcid:** 0000-0001-8215-5767

#### Araştırma Makalesi

Gönderilme Tarihi : 29/03/2021

Kabul Tarihi : 19/07/2021

#### Anahtar Kelimeler

Hafif Beton  
Genleştirilmiş Kil Agregası  
Süperakışkanlaştırıcı  
Su/Çimento Oranı  
Fiziksel ve Mekanik Deneyler

#### Özet

Hafif agregalarla yapılan hafif betonlar genel olarak; geleneksel betona göre daha düşük birim hacim ağırlığa, daha iyi ısı yalıtım ve yangın direnci özelliklerine sahiptirler. Önemli hafif agregalar arasında yer alan genleştirilmiş kil agregası (GKA) en iyi basınç değeri veren hafif agregalar arasında yer almaktadır. Bu çalışmada agrega olarak 0-500 µm, 0-3 mm, 3-8 mm, 8-16 mm ebatlarında GKA ve 4 farklı süperakışkanlaştırıcı katkı malzemesi (SA) kullanılarak, su/çimento (S/C) oranı 0.40, 0.45, 0.50 oranlarında hazırlanan numuneler üzerinde fiziksel ve mekanik deneyler yapılmıştır. Yapılan yayılma, basınç dayanımı, birim ağırlık, su emme ve kılcal su emme deneylerinin sonuçları değerlendirildiğinde, çalışmada kullanılan süperakışkanlaştırıcı katkıların bu hafif agregalı beton için uygun tipte olduğu anlaşılmıştır.

#### Research Paper

Received Date : 29/03/2021

Accepted Date : 19/07/2021

#### Keywords

Lightweight Concrete  
Expanded Clay Aggregate  
Superplasticizer  
Water/Cement Ratio  
Physical and mechanical experiments

#### Abstract

Lightweight aggregate concrete generally has lower unit weight, better thermal insulation and fire resistance properties than conventional concrete. Expanded clay, one of the important lightweight aggregates, is one of the lightweight aggregates that gives the best compressive strength when used in concrete. In this study, physical and mechanical tests were carried out on specimens prepared with water/cement ratio of 0.40, 0.45 and 0.50 using expanded clay aggregate of sizes 0-500 µm, 0-3 mm, 3-8 mm, 8-16 mm and 4 different superplasticizer admixtures as aggregate. The evaluation of the test results of flow table, compressive strength, unit weight, water absorption and capillarity shows that the superplasticizer admixtures used in the study are suitable for this lightweight concrete.

## 1. Giriş

Harç; ince agregalar ile çimento, kireç veya alçı gibi bağlayıcılar ile uygun oranlarda, su ve gerektiğinde kimyasal katkı ilave edilerek plastik kıvamda elde edilen bir yapı malzemesidir. İnşaat sektöründe tuğla veya taş gibi duvar malzemelerinin örgüsünü sağlamlaştırmak, duvarları dış etkenlere karşı korumak, pürüzsüz yüzeyler ve estetik bir görünüm kazandırmak için sıva olarak kullanılır.

Hafif agregaların normal agregalarla belirli oranlarda veya kısmen değiştirilmesiyle elde edilerek üretilen hafif betonun birim hacim ağırlığı düşürülmüştür. Bu sayede yapıya gelen yük, dolayısıyla deprem kuvveti ve depremde oluşabilecek hasar riski azaltılmış olur. Yapı yükünün azaltılmış olmasının bir diğer avantajı ise büyük binaların inşa edilmesine olanak sağlamasıdır. Ayrıca hafif agregalı betonlar (HAB) daha iyi ısı yalıtımı, yangın direnci, donma-çözülme direnci özelliklerine sahiptirler.

Geleneksel beton ile karşılaştırıldığında çok düşük yoğunluk ve yüksek yalıtım özelliği gösterirler. Hafif

\* Sorumlu Yazar (Corresponding Author): [styildirim@kocaeli.edu.tr](mailto:styildirim@kocaeli.edu.tr)



agregalar; yüksek ısı yalıtım özelliklerine rağmen, hafif ve zayıf bir agrega tipi olmalarından dolayı betonda düşük mukavemete sebebiyet verirler. HAB' lar bu özelliklerinden dolayı, duvar blokları ve panelleri; köprü, taşıyıcı olmayan tipte çatı ve taban betonları ve bölme duvarlar gibi uygulama alanlarında kullanılmaktadır [1-7].

Artan beton üretimi ile beraber, agrega tüketimindeki artış doğal kaynak tüketimi konusunda önemli bir çevresel sorun olarak karşımıza çıkmaktadır. Çözüm odaklı çalışmalar doğrultusunda son zamanlarda geri dönüşüm atıkları ve özel olarak üretilen yapay agregalara yönelim artmaktadır [8]. Mekanik özelliklerinden çok, hafiflik ve yalıtım özellikleriyle karşımıza çıkan HAB' larda kullanılan hafif agregalar; gözenekli ve düşük su emme kapasitesine sahip olmalıdır [1,9].

Hafif beton yapımında kullanılan hafif agregalar; doğal ve yapay olarak ikiye ayrılır. Yapay agregalar endüstriyel bir işlemin yan ürünü veya kalsinasyon, genleştirme veya sinterleme ile özel olarak üretilirler [10]. Özel olarak (özgül ağırlıklarının azaltılmasıyla) üretilen yapay agregalar kil, şeyl ve arduvaz gibi malzemelerden elde edilir. Endüstriyel bir işlemin yan ürünü olan yapay agregalara; cüruf, klinker tipi malzemeler, sinterlenmiş ve pulverize edilmiş uçucu küller gibi örnekler verilebilir [4]. Endüstriyel atıklardan elde edilen bu agregaların yan ürünleri geri dönüştürdükleri ve doğal tüketimi azalttıkları için, çevre kirliliğini azaltmaya da yardımcı olurlar [11]. Doğal agrega sınıfında ise diatomit, pomza, perlit, vermikülit, tuf ve volkanik cüruf lar yer alır. Genleştirilmiş kil, perlit ve vermikülit genellikle genleştirildikten sonra kullanılır [4].

Yapı sektöründeki gelişmeler ile malzeme kaynaklarında sıkıntılar çıkmaya başlamıştır. Doğal agregalar tükenme noktasına gelmiştir ve yerine başka kaynak arayışları artmıştır [12]. Hafif betonların üretiminde alternatif malzemeler bulmak daha kolaydır. Böylelikle inşaat sektörüne hafif agrega olarak kil agregası (pişirilmiş ve genleştirilmiş olarak) ve türevlerinin girmesi mümkün olmuştur. Hafif genleştirilmiş kil agregaları, Türkiye, Danimarka, Finlandiya, Norveç, Portekiz, Almanya, İtalya ve İran'da "Leca" ismi ile 20'den fazla ülkede ve İtalya'da "Laterlite", İspanya'da "Liapour", Fransa'da "Argex", Rusya'da "Keramzit" ve Güney Afrika'da "Aglite" gibi çeşitli marka isimleriyle üretilmektedir [13].

Yapay agregalar arasında yer alan hafif genleştirilmiş kil agregaları, özel nitelikli killerin döner fırınlarda 1100-1300 °C arasında sinterleştirilmesi ile malzeme bünyesinde açığa çıkan gazların hapsolmesi ile hacimce 5-6 kata kadar genişleyen killerdir. Genleştirilmiş kil ile oluşturulan bu agregaların dış yüzeyi sert bir kabuk, içi gözenekli bir yapıda olup, hafif ve oldukça dayanıklıdır (Özguven ve Gündüz, 2012). Her bir kil agregasının dış kabuğunun

kalınlığı ve yoğunluğu; farklı bir parçacıktan diğerine, hatta aynı parçacıktan bir alandan diğerine değişmektedir [13]. GKA çoğunlukla kahverengi veya kırmızımsı renktedir. Ancak sarı ve siyah renkleri de mevcuttur. Farklı renklerde oluşmasının nedeni, kilin kimyasal bileşimi ve üretimindeki farklılıklardır [14]. GKA en yüksek basınç dayanımına sahip agregalardan biridir [15]. Ayrıca doğal PH değerinden (yaklaşık 7) dolayı zararlı maddeler içermez, suya zarar vermez, çok yüksek ısı yalıtımı, ses yalıtımı ve yangın direncine sahip agregalardır [14,16].

Beton teknolojilerindeki gelişmeler ve beklentiler ile birlikte yeni nesil süperakışkanlaştırıcılar 1990 yıllarında Japon endüstrisi tarafından kullanılmaya başlanmıştır [17]. Süperakışkanlaştırıcı kullanımı ile beton karışımlarında viskoziteyi azaltmak ve beton performansında iyileştirme sağlamak hedeflenmiştir [12]. Katkı oranlarındaki değişim kombinasyonları betondan istenilen yüksek mukavemetin yanı sıra; işlenebilirlik süresini arttırmak, S/C oranını azaltmak ve hidrasyon ısısını arttırmak amaçlanmaktadır. Katkı kullanımı olmaksızın elde edilen beton karışımlarında, işlenebilirliği arttırmak amacıyla kullanılan su oranı arttırılmakla birlikte beton dayanımı yönünden olumsuz sonuçlar doğurmaktadır. Betonda süperakışkanlaştırıcı kullanmak, çimento tanelerinin daha iyi dağılmasına ve bu da kısa sürede daha fazla hidrasyon ürününe neden olur. Süperakışkanlaştırıcılar, çimento bileşenleri ile veya çimento hidrasyonundaki ürünlerle reaksiyona girebilirler [17]. Su oranı azaltıldığında hidrasyon ısısı beklenen etkiyi sağlamamaktadır. Bu sonuçları kontrol altına almak amacıyla kullanılan süperakışkanlaştırıcı katkıların tipi ve oranın tayinin doğru bir şekilde yapılması gerekmektedir. Süperakışkanlaştırıcıların etkinliği ve bağlayıcılığı; çimento bileşimi, beton bileşenleri ve karıştırma koşullarındaki ufak değişimlerden büyük ölçüde etkilenmektedir [18].

Hafif genleştirilmiş agregaların su emme özellikleri nedeniyle beton akışkanlığı azalmaktadır. Küçük boyutlu ve gözenekli hafif agregalar yüzey alanını arttırdığından, su talebinin artmasına ve betonun akışkanlığının daha da azalmasına neden olmaktadır. Akışkanlığı arttırmak için fazladan su eklenmesi durumunda bağlayıcı ile agrega arasında ayrışma oluşmakta ve hafif agregaların harç üstünde yüzmesine ve agregaların eşit dağılmasına neden olur. HAB' da, viskoziteyi arttıran katkı maddesi betondan istemediğimiz ayrışmayı önleyebilmektedir. Böylelikle ayrışma derecesinin süperakışkanlaştırıcı dozajına ve viskozitesine bağlı olduğu bulunmuştur. Betonda bir süperakışkanlaştırıcı kullanımı, çimento taneçiklerinin daha iyi dağılmasına neden olur [19, 20].

Bu çalışmanın amacı; bundan sonraki çalışmalarda da kullanabilmek için, farklı boyutlardaki GKA kullanılarak yapılan hafif betonda, S/C oranını düşürerek uygun

süperakışkanlaştırıcı ve S/C oranını bulmaktır. Bu amaçla 4 çeşit süperakışkanlaştırıcı malzeme beton içinde kullanılmıştır. Taze betonda kıvam-yayıma deneyi, sertleşmiş betonda 50x50x50 mm boyutlarında numuneler üzerinden su emme ve birim ağırlık, basınç dayanımı ve kılcalık deneyleri yapılarak sonuçlar incelenmiştir.

## 2. Literatür Araştırmaları

### 2.1.İşlenebilirlik

Katkıların seçimi ve kullanım oranları beklentiye göre değişmektedir. SA etkisi, su içeriğini ve betonun S/C oranı üzerindeki değişimleri kontrol altına almaktır [21]. SA kullanımında tavsiye edilen oranlar çimento miktarının %0,8-3' ü arasındadır [22]. Yüksek çimento ve SA kullanımı sıcak hava şartlarında işlenebilirliği olumsuz yönde etkilemekte ve beton yüzeyinde çatlama oluşurmaktadır [23]. SA ilavesi, işlenebilirliği arttırmak ve böylece gözenekliliği azaltmak için kullanılan yöntemlerden biridir. SA; segregasyon olmadan, harcın ve betonun doğru ve kolay bir şekilde dökülmesini sağlar. Daha düşük S/C oranı kullanılsa dahi SA kullanım oranına göre işlenebilirlik aynı kalabilir ya da artabilir [24].

S/C oranı düşük tutulmak istenen HAB' daki agrega partikül boyutu dağılımı, agrega yoğunluğu ve birim ağırlığı da betonun işlenebilirliğini ve maliyetini önemli derecede etkilemektedir [19-25].

### 2.2.Birim Ağırlık

HAB yoğunluğu 1120-1920 kg/m<sup>3</sup> olmalıdır [6]. Beton yoğunluğunun azalması genellikle farklı özelliklere sahip olan agregaların dahil edilmesiyle gerçekleşir [26].

Geri dönüştürülmüş hafif beton agregaları ile iki tip hafif ve iri agregaları %20, %50, %100 ikame ederek çeşitli beton karışımları hazırlanmıştır. Yapılan çalışmada yoğunlukları 2000 kg/m<sup>3</sup> 'ün altında olan yapısal ve yapısal olmayan geri dönüştürülmüş hafif beton agregaları ile geri dönüştürülmüş hafif beton üretmenin mümkün olduğu sonucuna varılmıştır [27].

Agregaların yoğunlukları ve boyutlarının elastik modüller üzerindeki etkisini incelemek amacıyla 480-1100 kg/m<sup>3</sup> aralığında 4-14 mm boyutlarında agregalar kullanılarak yapılan deney sonuçlarına göre GKA' ların partikül yoğunluğu ve elastik modülleri arasında doğrusal bir ilişki olduğu sonucuna varmışlardır. Elastik modül, yoğunluğun artmasıyla artış göstermiştir [13].

### 2.3. Basınç ve Eğilme Dayanımı

HAB'dan beklenen 28 günlük basınç dayanımı en az 17 MPa' dır [6]. Beton karışımlarında malzemelerdeki

özellik ya da oranlar, karıştırma, yerleştirme ve deneylerdeki değişimler beton mukavemetinde değişikliklere neden olmaktadır [25]. Basınç dayanımındaki düşüş; çimento miktarı, beton yaşı, agrega özellikleri ve S/C oranlarına bağlıdır [14].

Bazı inşaat uygulamaları için 40 MPa' dan daha yüksek basınç mukavemeti gerekmektedir. Yapılan deneylerde GKA ile üretilen HAB' da bu dayanımlara yakın dayanımlar elde etmek mümkündür [28]. Yüksek mukavemetli hafif betonda 7. ve 28. günlerdeki dayanımlar 46.5 ve 51 MPa olarak ölçülmüştür. Görüldüğü gibi 7.gündeki beton dayanımı 28. gündeki dayanımın %91,2'sine ulaşmıştır. Normal bir betonda ise bu oran %70-%80 aralıklarında olmaktadır. HAB' daki başlangıç dayanım gelişimi normal betona göre oldukça yüksektir. Bunun nedeni hafif agreganın çimento hamurunun ara yüzey bağında yaptığı iyileştirmeler olarak açıklanabilmektedir [29]. Hacimce fazla olan agrega içeriği; hafif betonun yoğunluğu, sertliği, basınç mukavemeti ve termal iletkenliğinde azalmalara neden olur [19].

HAB' lar normal betonlarla karşılaştırıldığında daha düşük eğilme ve basınç dayanımına sahiptirler [30]. %100 GKA kullanılan karışım ile %50 GKA kullanılan karışım arasında yapılan kıyaslamada, %50 GKA kullanılan numunelerde %2-15 daha yüksek eğilme mukavemeti elde edildiği sonucuna varılmıştır. GKA kırılma ve zayıf mukavemetli olduğundan dolayı, betondaki oranı arttıkça dayanım azalmaktadır [31]. Basınç ve eğilme mukavemetleri her beton tipinde gözeneklilik ve gözenek boyutu dağılımından etkilenmektedir [7]. Beton numunelerde daha küçük ebatlı agregalar doğru granülometri ile kullanıldığında, boşlukları daha iyi doldurduğundan, beton numunelerin basınç ve eğilme mukavemetini arttırmıştır [19].

### 2.4. Büzülme

Yapılan çalışmalarda; normal beton ve hafif betonlar için büzülme ile elastisite modülü arasındaki ilişkiden yola çıkarak, yüksek elastisite modülüne sahip bir betonun düşük kuruma büzülmesi gösterdiği sonucuna varılmıştır [30].

Genleştirilmiş kil suya batırıldığında mikro gözenekler nedeniyle hızla şişmeye neden olmaktadır. Su emmiş olan genleştirilmiş kil tekrar su emdiğinde ise gözenekler büyüdüğünden, gelen su fazla şişmeye neden olmamaktadır. Buradan yola çıkarak daha önceden su emdirilen genleştirilmiş kil büzülmesi azalmaya başlamaktadır [14]. Genleştirilmiş kilin emdiği su beton kurdukça harcın içine salınmaktadır. Böylece beton kurdukça kaybedilen su telafi edilecektir [21].



## 2.5. Isıl İletkenlik

Genleştirilmiş kilin normal ağırlıktaki agregalardan daha az yoğunluğa ve daha yüksek gözenekliliğe sahip olması, daha yüksek ısı izolasyonu sağlar, enerji performansının artmasına yardımcı olur ve enerji kaybının azaltılmasını sağlar [32, 33].

Bağlayıcı olarak 214 kg/m<sup>3</sup> çimento, iri agregata olarak %65, %70 ve %80 oranlarında GKA kullanılan ve üretilen beton blokların ısı iletkenliği deneylerle incelenmiştir. Elde edilen sonuçlarda beton blokların ısı iletkenlik katsayıları sırasıyla 0.51, 0.44 ve 0.33 W/mK olmuştur. Bulgular neticesinde karışımdaki GKA oranı arttıkça ısı iletkenlik değerinde düşüş gözlemlenmiştir [34].

Agregaların bir bölümünde GKA içeren duvar birimlerinin yüksek ses ve ısı yalıtımı sağladığı belirtilmiştir. Agregata olarak normal ağırlıkta kum ve 2-4 mm ve 3-8 mm boyutlarındaki GKA ile malzeme karışımı oluşturulmuştur. GKA'nın karışıma dahil edilmesiyle ısı iletkenlik katsayısı değerleri 0,5 W/mK'ye düşürülmüştür [32].

Normal ağırlıktaki agregaları, 1-4 mm ve 4-8 mm boyutlarındaki GKA ile ikame ederek kendiliğinden yerleşen beton karışımı hazırlamıştır. Yapılan çalışmada, 0,243 W/mK gibi düşük bir ısı iletkenlik katsayısı elde edebileceği sonucuna varılmıştır [35].

## 2.6. Kılcallık ve Su emme

3 farklı GKA'yı (Arlita, LECA, Argex; gözeneklilik, yağın yoğunluğu ve geometri açısından farklılık göstermektedir. 24 saat su emme ve toplam porozite oranı sırasıyla büyükten küçüğe Argex, LECA ve Arlita olarak dizilmektedir.) normal ağırlıktaki ince agregata veya iri agregata ile kısmen yer değiştirerek HAB karışımları

hazırlanmıştır. Betonlarda normal ağırlıktaki inceleme veya iri agreganın kısmen LECA ile yer değiştirilmesinin referanstan daha yüksek başlangıç ve uzun vadeli kılcal absorpsiyon gösterdiği sonucuna varılmıştır [36].

Farklı S/C oranlarında, Portekiz'den alınan iki genleştirilmiş kil agregası (Leca ve Argex) ve farklı bağlayıcı türleri kullanarak 74 adet kompozit harç üretilmiştir. Leca dahil edilerek hazırlanan harçlar üzerinde yapılan deneylerde kılcal su emme katsayısında artış bulunmuştur [37]. İri agregata olarak GKA kullanılarak hazırlanan karışımlarda, GKA oranının %55'den %90'a yükselmesi ile beton blokların su emme oranının da yükseldiğini fark edilmiştir [34].

%50 LECA (GKA) +%50 normal agregata ve %100 LECA içeren 18 adet numune hazırlanmıştır. Betonun su emiciliği; agregata tipi, matris tipi, S/C oranı ve agregata parçacıkları ile çimento hamuru arasındaki ara yüzey geçiş bölgesi gibi birçok faktörden etkilenir. Tamamen LECA karışımlarının %50 LECA karışımlarından daha yüksek gözenekliliğe sahip olduğu ve bunun da daha yüksek su emiciliğe neden olduğu sonucuna varılmıştır [31].

## 3. Malzeme ve Metot

### 3.1. Malzeme

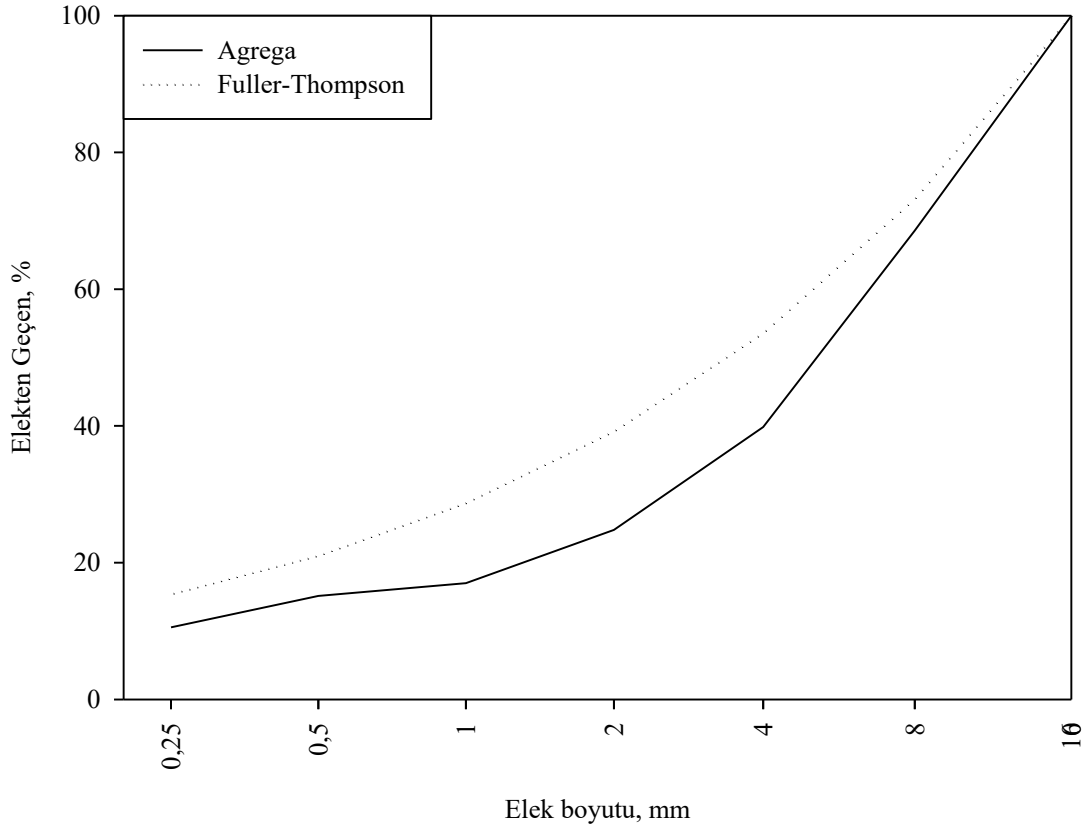
Bu çalışmada agregata olarak 0-500 µm, 0-3 mm, 3-8 mm, 8-16 mm ebatlarında GKA kullanılmıştır. Agregata Bilecik'te bulunan Söğüt Toprak Madencilik Sanayi A.Ş.'den (LECAT) temin edilmiştir. GKA-Lecat fiziksel özellikleri ve kimyasal özellikleri Tablo 1'de gösterilmiştir. Kullanılan çimento Nuh Çimento Sanayi A.Ş.'ye ait Cem I 42,5 R çimentosudur. Çimentonun fiziksel ve kimyasal özellikleri Tablo 2'de verilmiştir.

**Tablo 1.** GKA-LECAT Fiziksel ve Kimyasal Özellikler

Kimyasal Özellikler		Fiziksel Özellikler				
Bileşen	%	Tane Boyutu(mm)	500 µm altı	0-3 mm	3-8 mm	8-16 mm
SiO <sub>2</sub>	66.9	Tane yoğunluğu (g/cm <sup>3</sup> )	1.3	1.2	0.9	0.7
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	18.4	Aşınma Direnci(%kayıp)	-	-	-	-
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7.2	Donma Direnci(%kayıp)	1	1	1	1
CaO	2	Su emme (%)	8.75	9.62	16.4	18.2
MgO	1.3	Kızdırma Kaybı (%)	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
K <sub>2</sub> O	2.3	Organik Kirleticiler (%)	-	-	-	-
Diğer	8.1	Termal İletkenlik	0.9<λ<0.10	0.9<λ<0.10	0.9<λ<0.10	0.9<λ<0.10

**Tablo 2.** Çimento fiziksel ve kimyasal özellikler

Kimyasal Özellikler		Fiziksel Özellikler	
Bileşen	(%)		
SiO <sub>2</sub>	20.5	Özgül Ağırlık	3.12
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.65	Özgül Yüzey Alanı(m <sup>2</sup> /kg)	360
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.4	Kütle Kararlılığı(mm)	2
CaO	62.7	Priz Başlama Periyodu(dakika)	153
Free_CaO	1.09	Priz Bitiş Periyodu (dakika)	188
MgO	1.02	90 µ Elek (%)	0.2
SO <sub>3</sub>	2.21	45 µ Elek (%)	12.8
Na <sub>2</sub> O	0.18	<b>Basınç Dayanımı</b>	
K <sub>2</sub> O	0.41	2 Gün (MPa)	30.2
Çözünmeyen Kalıntı	0.6	7 Gün (MPa)	51.1
Kızdırma Kaybı	2.15	28 Gün (MPa)	62.2

**Şekil 1.** Agreganın malzemelerin granulometri eğrisi

Şekil 1'de görüldüğü gibi beton karışımında kullanılan 4 farklı GKA karışımından oluşturulan agreganın granulometri eğrisi verilmiştir. Burada 500 µm altı agregadan %16, 0-3 mm arası agregadan %25, 3-8 mm arası agregadan %29 ve 8-16 mm arası agregadan %30 kullanılarak hazırlanan GKA karışım eğrisi şekilde verilen Fuller-Thompson eğrisine mümkün olduğunca yaklaştırılarak idealize edilmiştir (Fuller, 1902).

Çalışmada hazırlanacak karışımlarda suyun miktarını azaltmak ve işlenebilirliği artırmak için SA ilave edilmiştir. Katkılar SİKA Yapı Kimyasalları A.Ş. firmasından temin edilmiştir. Karışımlarda 4 farklı SA katkı malzemesi kullanılmıştır. Kullanılan katkı malzemelerinin özellikleri Tablo 3'te verilmiştir.

**Tablo 3.** Süperakışkanlaştırıcı Özellikleri

Ürün Adı	Kimyasal Yapısı	Yoğunluk	PH	Klorür İçeriği	Alkali miktarı
FFN (Süperakışkanlaştırıcı)	Melamin sülfonat polim. esaslı sıvı	1,15-1,19 kg/l	7- 11	<%0,1	<%7
HE200 (Süperakışkanlaştırıcı)	Modifiye polikarboksilat esaslı polimer	1,08 kg/l	7,3 +/- 1,0	<%0,1	<%4,2
PC15 (Yüksek per. süperakışkanlaştırıcı)	Modifiye polikarboksilat esaslı polimer	1,09±0,02 kg/l	3 - 7	<%0,1	-
SF18 (Yüksek perfor. Süperakışkanlaştırıcı)	Modifiye polikarboksilat esaslı polimer	1,10±0,02 kg/l	3 - 7	< % 0,1	-

### 3.2. Metot

S/C 0.40, 0.45 ve 0.50 olacak şekilde her katkı tipi için karışımlar hazırlanmıştır. Önce çimento ve GKA karıştırıcı kabına dökülerek kuru kıvamda karıştırılmıştır. Karışımlarda m<sup>3</sup>'te 400 kg olacak miktarda çimento kullanılmıştır. Daha sonra karışımlara %1,2 oranında SA eklenerek beton karışımı hazırlanmıştır. GKA'nın karışımdaki hacimsel oranı %75, çimentonun GKA'ya ağırlıkça oranı 0.50'dir. GKA tamamen kuru olarak kullanılmış olup, emeceği su karışım suyuna ilave edilmiştir. Taze beton karışımına ASTM C1437 ve TS EN 1015-3'e göre yayılma deneyi yapıldıktan sonra 50\*50\*50 mm' lik kalıplara iki kademede vibrasyonla sıkıştırılarak yerleştirilmiştir. Her katkı tipi için numuneler 6'şar adet olarak hazırlanmıştır. 24 saat kalıpta bekletildikten sonra, kalıptan çıkarılıp 20 °C' deki kür havuzuna konulmuştur. 7 gün sonunda kür havuzundan çıkarılan numunelerin 3 tanesi laboratuvar ortamında kuruduktan sonra ASTM C109'a göre basınç dayanım tespiti için kırılmış, 3 tanesinin ise yüzeyi kurutularak (doğru kuru yüzey halde) tartımları yapılmıştır. Daha sonra etüve konan bu numuneler 105 °C' de 24 saat bekletilmiştir. Etüvden çıkarılan numuneler tekrar tartılmış hem kuru birim ağırlık hem de su emme (%) hesapları yapılmıştır. Kuru haldeki numunelerin yan yüzeyleri su geçirmez malzeme ile kaplandıktan sonra tartılmıştır. Alt yüzeyleri su ile temas ettirilerek TS EN 450-5 ve ASTM C-1585-04 standartları esas alınarak 24 saatlik süre sonunda kılcal su emme



a. FFN katkısı ile yapılan numune

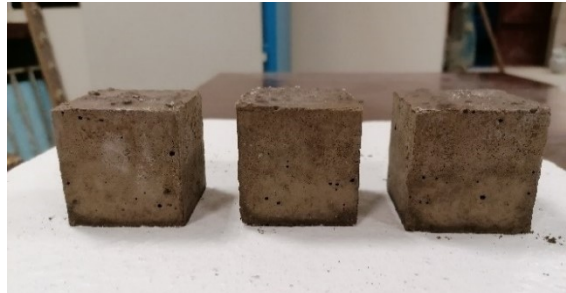
deneyleri yapılmış ve kılcallık katsayısı belirlenmiştir. Şekil 2' de kılcal su emme için su dolu kaptaki alüminyum profillere oturtulan numuneler görülmektedir.



Şekil 2. Kılcallık deneyinde numunelerin su dolu kaptaki alüminyum profillere oturtulması

### 4. Deneysel Çalışmalar ve Sonuçların Değerlendirilmesi

Çalışmalarda yapılan dökümlerin öncelikle görsel olarak viskozitesine, dökümden sonra numunelerin şekilsel düzgünlüklerine ve segregasyon oluşup oluşmadığına bakılmıştır. Bu amaçla yapılan dökümler esnasında ve sonrasında kalıplanmış haldeki malzemenin görsel durumları da incelenmiştir. Şekil 3'te kalıptan çıkarılan numuneler görülmektedir.



b. HE200 katkısı ile yapılan numune

Şekil 3. 0.45 S/C oranı için katkılarla üretilen 50\*50\*50 mm küp beton numunelerin görünüşü



c. PC15 katkısı ile yapılan numune



d. SF18 katkısı ile yapılan numune

**Şekil 3.** (Devam) 0.45 S/C oranı için katkılarla üretilen 50\*50\*50 mm küp beton numunelerin görünüşü

Şekil 3'te görüldüğü gibi 0.45 S/C oranı için katkılarla üretilen 50\*50\*50 mm küp beton numunelerin görünüşü verilmiştir. 0.45 S/C oranında tüm katkılar daha iyi kıvamına sahip olduklarından özellikle bu S/C oranı seçilmiştir. Farklı S/C oranlarının da yüksek performanslı süperakışkanlaştırıcı içerikli SF18 ile PC15 numunelerinin görünüşlerini pek etkilenmediği, FFN numunesinin 0.40 oranında düşük kıvamdan nispeten iyi etkilendiği ve HE200 katkısı ile yapılan numunelerin çok daha iyi görüldüğü anlaşılmaktadır. Özellikle iri agregaların SF18 ile PC15 numunelerinin üzerinde toplandığı görülmektedir. FFN katkısı nispeten daha iyi görünmektedir.

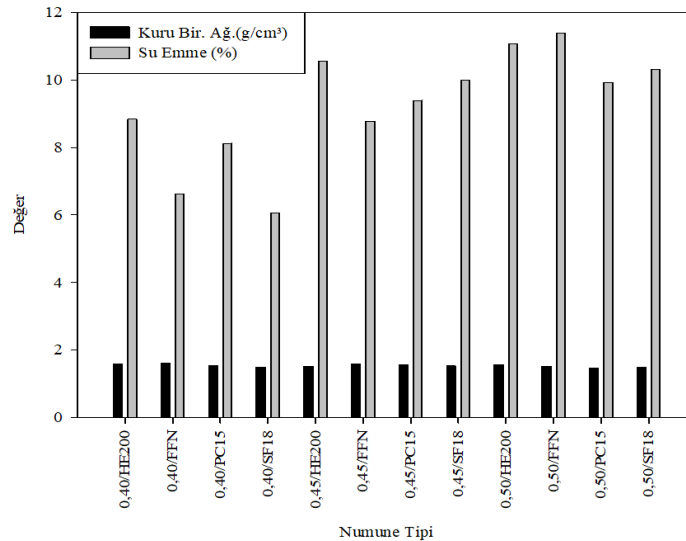
#### 4.1. Yayılma Deneyi

Taze beton karışımları için harç yayılma tablası üzerinde yapılan yayılma deneylerinde, yüksek performanslı süperakışkanlaştırıcı içerikli SF18 ile PC15 numuneleri tüm S/C oranlarında işe yaramıştır ve iyi yayılma göstermiştir. HE200 ve FFN numuneleri ise 0.40 S/C oranı için yayılma yapmamıştır (deney aparatı halka çapı olan 10 cm'lik yayılma değerine yakın değer almışlardır), bu S/C oranında SF18 ile PC15 katkıları sırası ile 21 ve 20 cm ile çok iyi sonuçlar vermiştir. S/C oranı

0.45'ten 0.50 S/C oranına arttırıldığında numunelerin hiçbirinde kıvam değişmemiştir [24]. Bu durumda sadece 0.45 S/C oranı için tüm katkılar efektif olarak kullanılabilir. 0.45 S/C oranında, SF18 ve PC 15 katkıları harcın akışkanlığını HE200 ve FFN katkılarına göre yaklaşık 5 cm daha fazla arttırmıştır. Şekil 6'da yayılma deney sonuçları basınç dayanımı sonuçları ile beraber değerlendirilmiştir.

#### 4.2. Kuru Birim Ağırlık ve Su Emme

Şekil 5'te numunelerin kuru birim ağırlığı ve su emme (%) değerleri verilmiştir. Genel olarak S/C oranı arttıkça su emme oranı yaklaşık %6-9 seviyelerinden %10-11 seviyelerine artarken, birim ağırlıkların azaldığı görülmüştür [26,27]. Su emme açısından süperakışkanlaştırıcılar arasında özellikle S/C 0.45 ve 0.50 oranlarında belirgin bir fark görülmezken, 0,40 oranında FFN ve SF18 katkıları nispeten %2-3 oranında daha az su emilmesini sağlamıştır. Aynı S/C oranları için birim ağırlıklar arasında ciddi bir farklılık olmazken, FFN katkılı numunenin kendi özgül ağırlığından dolayı, diğer numunelere göre bir miktar birim ağırlığının fazla olduğu göze çarpmaktadır.

**Şekil 5.** Numunelerin kuru birim ağırlık ve su emme değerleri

### 4.3. Basınç Deneyi

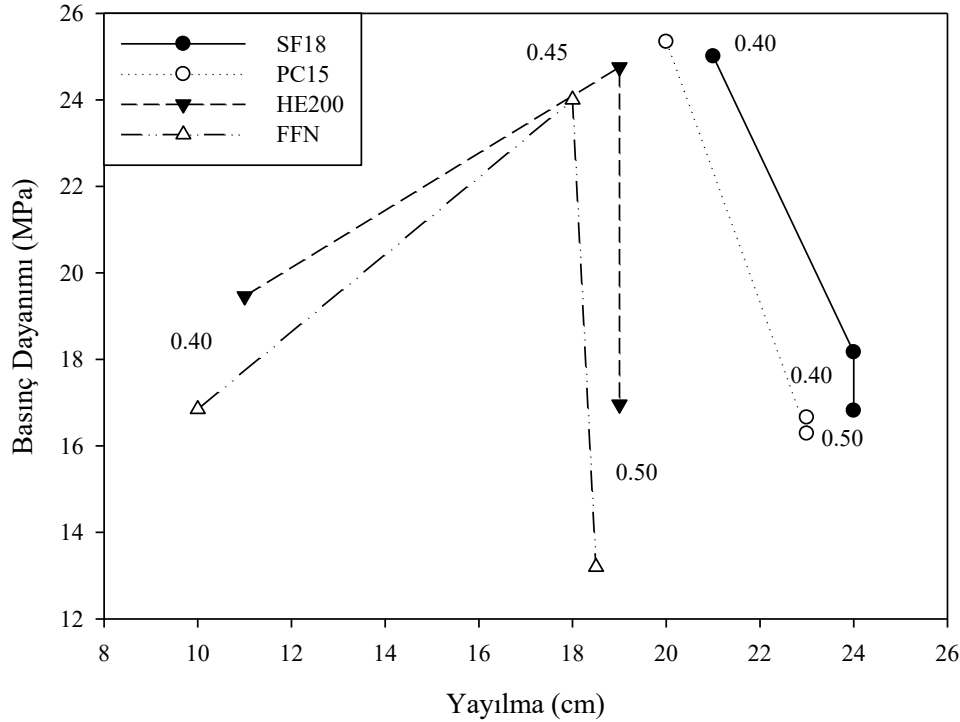
Tablo 4'te görüldüğü gibi, tüm numunelerin dayanımları ve en yüksek dayanım 25.3 MPa (%100) baz alınarak dayanım değişimleri verilmiştir. Yüksek performanslı süperakışkanlaştırıcı içerikli SF18 ile PC15 numuneleri 0.40 S/C oranında sırası ile 25 ve 25.3 MPa ile çok iyi sonuçlar verirken, 0.45 ve 0.50 su çimento oranlarında yaklaşık %30-35 kayıp ile 16-18 MPa seviyelerine gerilemiş ve bu S/C oranlarında yakın değerler almışlardır. Diğer yandan HE200 ve FFN katkılı numuneler sadece 0.45 S/C oranında sırası ile %98 seviyesi için 24.8 ve %95 seviyesi için 24 MPa ile iyi sonuçlar vermiştir. Bu numuneler 0.40 ve 0.50 S/C oranlarında, özellikle de 0.50 oranı için oldukça kötü sonuçlar vermiştir. 0.40 S/C seviyesinde su seviyesinin

yetersizliğinden, 0.50 seviyesinde ise su miktarının fazlalığından dolayı bu numunelerde dayanımın düşmüş olduğu söylenebilir. Bu sonuçlar literatürdeki gibi S/C oranının betondaki dayanıma büyük etkisi olduğunu göstermektedir [14].

Şekil 6'da kıvam-basınç dayanımı ilişkisine bakıldığında, HE200 ve FFN katkılı numunelerin 0.45 S/C seviyesinde iyi kıvam kazandığı, bundan sonraki 0.50 S/C seviyesinin kıvama bir etkisi olmadığı dikkate alınarak bu sonucun beklenen bir sonuç olduğu söylenebilir. Diğer yandan aynı ilişki durumunda yüksek performanslı süperakışkanlaştırıcılar kullanılan SF18 ile PC15 numunelerinde 0,40 S/C olması ve buna bağlı iyi dayanım elde edildiği, S/C oranı artışının gereksiz su artışına bağlı olarak dayanım düşürdüğü görülebilir.

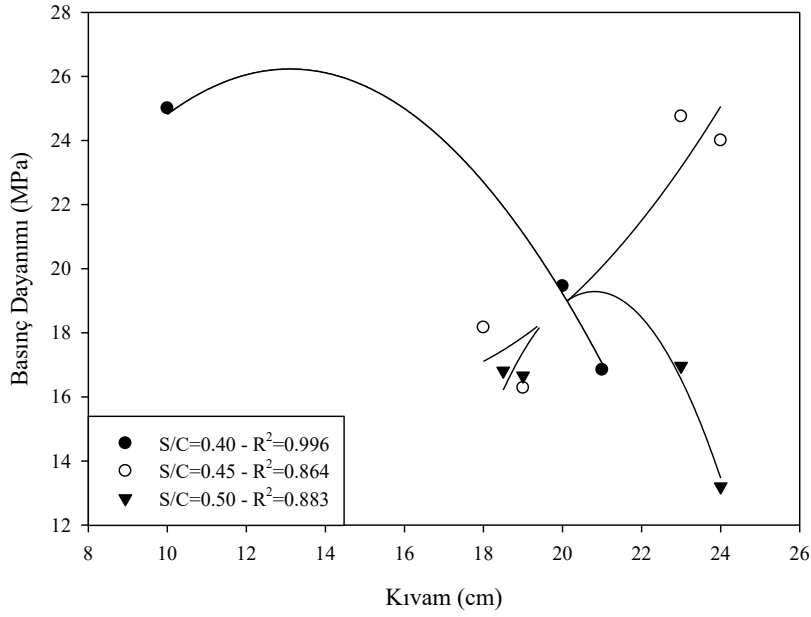
**Tablo 4.** Numunelerin basınç dayanımları ve değişim oranları

Numune Tipi	Basınç Dayanımı (MPa)			Basınç Dayanım Değişimi (%)		
	S/C=0.40	S/C=0.45	S/C=0.50	S/C=0.40	S/C=0.45	S/C=0.50
FFN	16,8	24,0	13,2	66	95	52
HE200	19,5	24,8	17,0	77	98	67
PC15	25,3	16,3	16,7	100	64	66
SF18	25,0	18,2	16,8	99	72	66



**Şekil 6.** S/C oranına göre basınç dayanımı-yayılma ilişkisi





Şekil 7. S/C oranına göre basınç dayanımı-yayılma polinomik regresyon ilişkisi

Şekil 7’de basınç dayanımı-yayılma regresyon ilişkisi polinom grafikleri üzerinden oldukça yüksek görülmüştür. R2 değerlerine bakıldığında ilişkinin özellikle 0.40 S/C oranında 1’e yakın olduğu anlaşılmaktadır. Şekil 6’da verildiği gibi HE200 ve FFN katkılı numunelerin 0.45 S/C oranındaki dayanım artışına bağlı olarak “S/C=0.45-R2=0.864 grafiği” diğer iki grafiğin düşüşüne ters hareket göstermiştir. R2 değerlerinin yüksek olması tüm grafiklerde basınç dayanımı ve kıvam değerlerinin ne kadar ilişkili olduğunu ifade etmiştir.

#### 4.4.Kılcal Su Emme

Kapilarite katsayısı hesabı için aşağıdaki formül kullanılmıştır (Denklemler 1). İşlemler sonucunda elde edilen veriler Şekil 8’de gösterilmiştir.

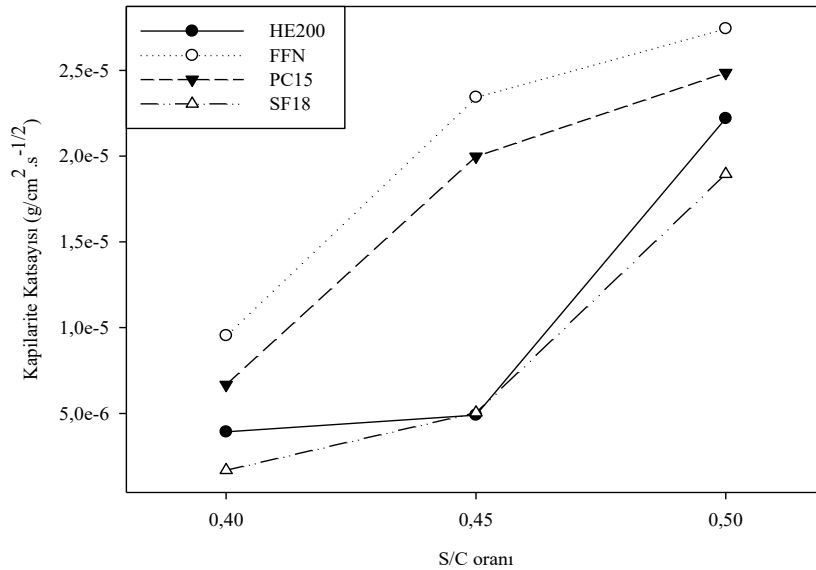
$$k^*t=(Q/A)^2 \quad (1)$$

k=kılcallık katsayısı ( $\text{gr}/\text{cm}^2 \cdot \text{s}^{-1/2}$ )

t=zaman(s)

Q=hacimsel su miktarı (gr)

A=su emdirilen yüzey alanı ( $\text{cm}^2$ )



Şekil 8. S/C oranına göre kapilarite katsayısı

Şekil 8’de görüldüğü gibi S/C oranı 0.4 olduğu zaman kapilarite katsayısı tüm numuneler için çok düşük seviyede kalırken, S/C oranı arttıkça kapilarite katsayısı da artmaktadır [40]. 0.40 S/C oranında FFN ve PC15 numuneleri diğer iki numune olan HE200 ve SF18’e yakın değerler alırken, 0.45 ve 0.50 S/C oranlarında fark artmıştır. Özellikle 0.45 S/C oranında 4 kata varan artışlar olurken 0.5 S/C oranında bu fark azalmıştır.

## 5.Sonuçlar

Çalışmada ulaşılan verilere göre elde edilen sonuçlar aşağıda derlenmiştir:

1. HE200 numunelerinde diğer numunelere göre daha az ayrışma gerçekleşmiş, numune yüzeyleri özellikle yüksek performanslı süperakışkanlaştırıcı içerikli SF18 ile PC15 numunelerinde yüksek kıvam ile ilişkili olarak segregasyon göstermiştir.

2. HE200 ve FFN numuneleri 0.40 S/C oranı için yayılma yapmamıştır, fakat diğer oranlarda iyi sonuçlar vermişlerdir. Yüksek performanslı süperakışkanlaştırıcı içerikli SF18 ile PC15 numuneleri tüm S/C oranlarında yüksek yayılma sonuçları vermiştir. S/C oranı 0.45’ten 0.50’ye arttırıldığında tüm numuneler için kıvam değişmemiştir.

3. S/C oranı arttıkça tüm numunelerde su emme oranı artarken, birim ağırlıklar azalmıştır. Katkılar arasında su emme ve birim ağırlık açısından belirgin bir fark görülmezken, 0.40 oranında FFN ve SF18 numuneleri nispeten daha az su emmiştir. FFN katkı tipi kendi ağırlığından dolayı birim ağırlığı düşük oranda nispeten yükseltmiştir.

4. Yüksek performanslı süperakışkanlaştırıcı içerikli SF18 ile PC15 numuneleri 0.40 S/C oranında yaklaşık 25 MPa ile çok iyi sonuçlar verirken, 0.45 ve 0.50 S/C oranlarında dayanım azalmış ve bu iki S/C oranı için sonuçlar yakın olmuştur. HE200 ve FFN katkılı numuneler 0.45 S/C oranlarında 24-25 MPa aralığında sonuçlar vermiş, numuneler 0.40 ve özellikle de 0.50 S/C seviyelerinde olumsuz sonuçlar vermiştir. 0.40 S/C seviyesinde su seviyesinin yetersizliğinden, 0.50 seviyesinde ise su miktarının fazlalığından dolayı bu numunelerde dayanımın düşmüş olduğu söylenebilir. Regresyon analizi yapılarak, numune kıvam durumlarının basınç dayanımları ile oldukça ilişkili olduğu anlaşılmıştır.

5. S/C oranı 0.40 olduğu zaman kapilarite katsayısı tüm numuneler için çok düşük seviyede kalırken, S/C oranı arttıkça kapilarite katsayısı da artmaktadır. 0.40 S/C oranında FFN ve PC15 numuneleri diğer iki numune olan HE200 ve SF18’e yakın değerler alırken, S/C oranı yükselirken, özellikle 0.45 S/C oranı için, fark artarak daha yüksek değerler almıştır.

Çalışma sonucundan görüleceği üzere tüm numunelerin birbirine üstünlükleri bulunmakta, ancak SF18 numunesinin dış görüntüsü hariç diğer özellikleri ile bir adım öne çıktığı anlaşılmıştır. Bunda katkının yüksek performanslı süperakışkanlaştırıcı olmasının da etkisi vardır. Tüm katkıları geliştirilmiş kil agregalı numunelerde kullanabilmek mümkündür. Çalışmanın perlit, pomza, bims agregası gibi farklı hafif agrega tipleri ile yapılması ya da puzolanik katkılarla bu süperakışkanlaştırıcı katkıların denemesi de mümkündür. Ayrıca durabilite yönünden burada incelenen kılcallık harici deneysel çalışmalar ve farklı boyuttaki numuneler üzerinde incelemeler yapılabileceği gibi ısı iletkenliğinin incelenmesi de yeni araştırmalara açık konulardır.

## Teşekkür

Bu çalışmada Kocaeli Üniversitesi Yapı Malzemeleri laboratuvarına önemli destek sağlayan, Kavanlar Beton, Nuh Çimento San. A.Ş., Sika Yapı Kimyasalları A.Ş. ve Söğüt Toprak Madencilik Sanayi A.Ş. firmalarına teşekkürü borç biliriz.

## Çıkar Çatışması Beyanı

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması belirtilmemiştir.

## Etik Standart Beyanı

Yazarlar bu çalışmada kullanılan materyal ve yöntemlerin etik kurul izni ve yasal-özel izin gerekmediğini beyan eder.

## Kaynaklar

- [1] Ayati B., Molineux C., Newport,D., Cheeseman C., 2019. Manufacture and performance of lightweight aggregate from waste drill cuttings. Journal of Cleaner Production, 208, 252-260.
- [2] Kalpana M., Tayu A., 2020. Experimental investigation on lightweight concrete added with industrial waste (steel waste). Materials Today: Proceedings, 22, 887-889.
- [3] Aslam M., Shafiq P., Nomeli M. A., Jumaat M., Z., 2017. Manufacturing of high-strength lightweight aggregate concrete using blended coarse lightweight aggregates. Journal of Building Engineering, 13, 53-62.
- [4] Gündüz L., Şapcı N., Bekar M., Yorgun S., 2006. Genleşmiş kilin hafif agrega olarak kullanılabilirliği. Kil Bilimi ve Teknolojisi Dergisi, 1(2), 43-49.

- [5] Ariöz Ö., Karasu B., Korkut M., Tuncan A., Tuncan M., 2005. Genleştirilmiş kil agregası üretimi Expanded Clay Aggregate Production.
- [6] Ahmad M. R., Chen B., Shah S. F. A., 2019. Investigate the influence of expanded clay aggregate and silica fume on the properties of lightweight concrete. *Construction and Building Materials*, 220, 253-266.
- [7] Chung S. Y., Elrahman M. A., Kim J. S., Han T. S., Stephan D., Sikora P., 2019. Comparison of lightweight aggregate and foamed concrete with the same density level using image-based characterizations. *Construction and Building Materials*, 211, 988-999
- [8] Napolano L., Menna C., Graziano S. F., Asprone D., D'Amore M., de Gennaro R., Dondi M., 2016. Environmental life cycle assessment of lightweight concrete to support recycled materials selection for sustainable design. *Construction and Building Materials*, 119, 370-384.
- [9] Yıldırım S. T., BABA E., 2018. Bims agregalı ve genleştirilmiş perlit agregalı hafif kompozit harçların özelliklerinin deneysel olarak incelenmesi. *Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 1(1), 47-52.
- [10] Styron R. W., 1986. U.S. Patent No. 4,624,711. Washington DC: U.S. Patent and Trademark Office.
- [11] Yang K. H., Song J. K., Lee J. S. 2010. Properties of alkali-activated mortar and concrete using lightweight aggregates. *Materials and structures*, 43(3), 403-416.
- [12] Tang X., Zhao C., Yang Y., Dong F., Lu X. 2020. Amphoteric polycarboxylate superplasticizers with enhanced clay tolerance: Preparation performance and mechanism. *Construction and Building Materials*, 252, 119052.
- [13] Ardakani A., Yazdani M., 2014. The relation between particle density and static elastic moduli of lightweight expanded clay aggregates. *Applied Clay Science*, 93, 28-34.
- [14] Rashad A. M., 2018. Lightweight expanded clay aggregate as a building material—an overview. *Construction and Building Materials*, 170, 757-775.
- [15] Ozguven A., Gunduz L., 2012. Examination of effective parameters for the production of expanded clay aggregate. *Cement and Concrete composites*, 34(6), 781-787.
- [16] Kalhori E. M., Yetilmezsoy K., Uygur N., Zarrabi M., Shmeis R. M. A., 2013. Modeling of adsorption of toxic chromium on natural and surface modified lightweight expanded clay aggregate (LECA). *Applied Surface Science*, 287, 428-442.
- [17] Janowska-Renkas E., 2015. The influence of the chemical structure of polycarboxylic superplasticizers on their effectiveness in cement pastes. *Procedia Engineering*, 108, 575-583.
- [18] Kismi M., Saint-Arroman J. C., Mounanga P., 2012. Minimizing water dosage of superplasticized mortars and concretes for a given consistency. *Construction and Building Materials*, 28(1), 747-758.
- [19] Adhikary S. K., Rudzionis Z., 2020. Influence of expanded glass aggregate size, aerogel and binding materials volume on the properties of lightweight concrete. *Materials Today: Proceedings*.
- [20] Kawai T., Okada T., 1989. Effect of superplasticizer and viscosity-increasing admixture on properties of lightweight aggregate concrete. *Special Publication*, 119, 583-604.
- [21] Bogas J. A., Nogueira R., Almeida N. G., 2014. Influence of mineral additions and different compositional parameters on the shrinkage of structural expanded clay lightweight concrete. *Materials & Design*, (1980-2015) 56, 1039-1048.
- [22] Şimşek O., Aruntaş H., Demir İ., 2007. Beton üretiminde süper akışkanlaştırıcı çeşitve oranının belirlenmesi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 22(4).
- [23] Duyar O., Aykan G., Tezel O. O., 2005. Akışkanlaştırıcı katkı teknolojisinin yeni sınırları ve uygulama örnekleri. 1. Yapılarda Kimyasal Katkılar Sempozyumu Sempozyum Bildiriler Kitabı, 233-246.
- [24] Peng J., Deng D., Huang H., Yuan Q., Peng J., (2015). Influence of superplasticizer on the rheology of fresh cement asphalt paste. *Case studies in construction materials*, 3, 9-18.
- [25] Yang K. H., Kim G. H., Choi Y. H., 2014. An initial trial mixture proportioning procedure for structural lightweight aggregate concrete. *Construction and Building Materials*, 55, 431-439.
- [26] Nepomuceno M. C., Pereira-de-Oliveira L. A., Pereira S. F., 2018. Mix design of structural lightweight self-compacting concrete incorporating coarse lightweight expanded clay aggregates. *Construction and Building Materials*, 166, 373-385.
- [27] Bogas J. A., de Brito J., Figueiredo J. M., 2015. Mechanical characterization of concrete produced with recycled lightweight expanded clay aggregate concrete. *Journal of Cleaner Production*, 89, 187-195.
- [28] Le Roy, R., Parant E., Boulay C., 2005. Taking into account the inclusions' size in lightweight concrete

- compressive strength prediction. *Cement and Concrete Research*, 35(4), 770-775.
- [29] Lo T. Y., Cui H. Z., 2004. Effect of porous lightweight aggregate on strength of concrete. *Materials Letters*, 58(6), 916-919.
- [30] Shafiq P., Ghafari H., Mahmud H. B., Jumaat M. Z., 2014. A comparison study of the mechanical properties and drying shrinkage of oil palm shell and expanded clay lightweight aggregate concretes. *Materials & Design*, 60, 320-327.
- [31] Nahhab A. H., Ketab A. K., 2020. Influence of content and maximum size of light expanded clay aggregate on the fresh, strength, and durability properties of self-compacting lightweight concrete reinforced with micro steel fibers. *Construction and Building Materials*, 233, 117922.
- [32] Sousa H., Carvalh, A., Melo A., 2004, July. A new sound insulation lightweight concrete masonry block. Design and experimental characterization. In *Proceedings of the 13th International Brick and Block Masonry Conference*.
- [33] Zach J., Hubertova M., Hroudova J., 2009. Possibilities of determination of thermal conductivity of lightweight concrete with utilization of non stationary hot-wire method. In *The 10th International Conference Of The Slovenian Society For Non-Destructive Testing*, Ljubljana, Slovenia. Citeseer.
- [34] Bastos A. M., Sousa H., Melo A. F., 2005. Methodology for the design of lightweight concrete with expanded clay aggregates. *The Masonry Society Journal*, 23(1), 73-84.
- [35] Hubertova M., Hela R., 2009. Ultra light-weight self consolidating concrete. In *Challenges, Opportunities and Solutions in Structural Engineering and Construction*, (pp. 597-602). CRC Press
- [36] Bogas J. A., Gomes M. G., Real S., 2015. Capillary absorption of structural lightweight aggregate concrete. *Materials and Structures*, 48(9), 2869-2883.
- [37] Real S., Bogas J. A., Pontes J., 2015. Chloride migration in structural lightweight aggregate concrete produced with different binders. *Construction and Building Materials*, 98, 425-436.
- [38] El-Gamal S. M., Al-Nowaiser F. M., Al-Baity A. O., 2012. Effect of superplasticizers on the hydration kinetic and mechanical properties of Portland cement pastes. *Journal of Advanced Research*, 3(2), 119-124.
- [39] Fuller W.B., Thompson S.E., 1907. The laws of proportioning concrete. *Asian Journal Of Civil Engineering Transport Volume*, 59, Pages 67-14.
- [40] Guardia, C., Schicchi, D. S., Caggiano, A., Barluenga, G., Koenders, E. (2020, February). On the capillary water absorption of cement-lime mortars containing phase change materials: Experiments and simulations. In *Building Simulation*, (Vol. 13, No. 1, pp. 19-31). Tsinghua University Press.



## İSKİ Terfi Merkezleri için SCADA Sistemlerinde Raporlama Yazılımı Oluşturma ve Verimliliğe Etkisinin Analizi

### Creating Reporting Software in SCADA Systems for ISKI Pumping Stations and Analysis of Effect on Productivity

Kadirhan KARAKAYA<sup>1,\*</sup> , Birol ARİFOĞLU<sup>2</sup> 

<sup>1</sup> Elektrik Mühendisliği, Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli, Türkiye, **Orcid:** 0000-0003-1817-4917

<sup>2</sup> Elektrik Mühendisliği, Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli, Türkiye, **Orcid:** 0000-0003-0323-5860

#### Araştırma Makalesi

Gönderilme Tarihi : 06/06/2021

Kabul Tarihi : 18/08/2021

#### Anahtar Kelimeler

Pompa Verimliliği  
Raporlama Sistemi  
Sanal Debimetre  
SCADA

#### Özet

Su dağıtım şebekelerinde kullanılan SCADA sistemleri ile su iletiminin kesintisiz ve verimli bir şekilde sağlanması amaçlanmaktadır. Bu doğrultuda sistemde kullanılan pompaların seçimi ve debimetre ölçümleri önem arz etmektedir. Bu çalışma kapsamında yazılım ile geliştirilen raporlama sistemi sayesinde terfi merkezlerinde bulunan su pompalarının verimliliğinin analiz edilmesi hedeflenmiş ve gerçekleştirilmiştir. Ayrıca ilgili terfi merkezinde bulunan diğer ekipmanlar hakkında da teknik bilgilerin elde edilmesi sağlanmıştır. Yazılım tarafından oluşturulan raporlar günlük veya aylık olarak alınabilmektedir. Bununla birlikte debimetresi olmayan tesisler için de yazılım ile sanal debimetreler oluşturulmuştur. Sanal debimetreler ile anlık olarak pompa bazında verimlilik analizinin yapılması da sağlanmıştır. Bu sayede verimliliği arttırmak için yazılım ile operatör uyarılabilmektedir. Sanal debimetrelerin bu tür durumlar için hızlı ve ucuz çözüm olduğu görülmüştür.

#### Research Paper

Received Date : 06/06/2021

Accepted Date : 18/08/2021

#### Keywords

Pump Efficiency  
Reporting System  
Virtual Flow Meter  
SCADA

#### Abstract

With SCADA systems used in water distribution networks, it is aimed to ensure uninterrupted and efficient water transmission. To achieve this, the selection of the pumps used in the system and the flow meter measurements are important. Within the scope of this study it was aimed and realized to analyze the efficiency of the water pumps in the pumping stations with the reporting system developed with the software. In addition, it was ensured that technical information about other equipment in the relevant pumping station was obtained. The reports generated by the software can be received daily or monthly. Moreover, virtual flow meters have been created with software for stations that do not have flow meters. It is also ensured to perform instantaneous pump-based efficiency analysis with virtual flow meters. In this way, the operator can be warned with the software for the need to increase productivity. In conclusion, virtual flow meters have been found to be a quick and inexpensive solution for such situations.

## 1. Giriş

Su dağıtım şebekelerinin gözlemlenmesi ve denetimi için kullanılan SCADA sistemi, su dağıtımının izlenmesini ve kontrolünü sağlar. SCADA sistemleri ile geniş bir coğrafyaya yayılmış olan terfi merkezleri, barajları ve arıtma tesislerini tek bir merkez üzerinden gözetleme imkânı vardır. İlgili merkezlerde bulunan ekipmanların

durumu hakkında bilgi sahibi olunması dışında, ekipmanları kontrol etme şansı da tanınır. Su dağıtımının kesintisiz bir şekilde sunulması çok önemlidir. Bunun için SCADA sistemi ile ilgili bilgiler ışığında sistemde oluşan arızaları, hatlardan geçen su miktarları, güç ve enerji bilgileri, depo ve baraj seviyeleri, pompaların ve vanaların durumu gibi bilgiler gözlemlenmektedir. Sistemde bulunan ekipmanlardan olan pompaların verimliliğini hesaplamak,

\* Sorumlu Yazar (Corresponding Author): [karakayakadirhan@gmail.com](mailto:karakayakadirhan@gmail.com)





ne kadar süre ile çalıştığını görmek gibi eylemleri kolaylıkla yazılım sayesinde yorumlanıp, ilgili sonuçlar ışığında çalışmalar yapılabilir. Sistemde pompa seçimi için ilk önce istenilen pompa sayısı, debi bilgisi, basma yüksekliği gibi bilgiler belirlenmelidir. Bu bilgiler belirlendikten sonra pompa karakteristik eğrisi bilgileri gözlemlenmelidir. Verimlilik analizinde temel alınacak bazı bilgiler basınç, harcanan güç, debi miktarı gibi etkenler önem arz etmektedir. Bu çalışmada, ilgili matematiksel formüller yardımı ile SCADA sistemine entegre edilen yazılım sayesinde günlük ya da aylık olacak şekilde verimlilik hesabı yapıldı. Bu bilgiler ışığında ilgili pompa seçimleri, pompaların etiket bilgileri temel alınarak aylık veya yıllık değişimlerine karşılık verimlilik durumu analiz edildi.

## 2. Malzeme ve Yöntem

Su dağıtım sistemlerinde bulunan ekipmanlardan biri olan motopomp, yani su pompalarının yeri çok önemlidir. Pompalar ilgili giriş hattından suyu alır ve çıkış hattına yönlendirir. Yönlendirme esnasında sudan kaynaklı bir basınç değeri, suyun miktarı yani debisi, suyu iletirken pompanın harcadığı güç ve motor devir sayısı gibi birçok faktör önem arz etmektedir.

Bu kriterleri karşılamak için pompaların ihtiyaç doğrultusunda seçilmesi gerekmektedir. Bu ihtiyaç faktörünün yanında suyun iletildiği lokasyonda bulunan insan yoğunluğuna bağlı olarak talep miktarı ve lokasyonlar arası mesafeler önem arz etmektedir. İlgili lokasyonlardaki nüfus yoğunluğu ve coğrafi koşullar doğrultusunda terfi merkezinde bulunan pompaların özellikleri ve sayıları belirlenmelidir. Bu özellikler kullanılarak pompaların istenilen basma yüksekliğini karşılaması ve istenilen debi miktarının kolayca verebilmesi için hesaplamalar yapılmaktadır. Pompa sayısı belirlenip seçimler yapıldıktan sonra pompaların etiket bilgisi ve karakteristik değerleri ile pompaların deneysel olarak verdikleri değerlerin yakın olup olmadığının kontrol edilmesi gerekmektedir.

Sistemde önceden çalışmakta olan pompaların performansını gözlemek, sistemdeki yapı hakkında bilgi sahibi olmamıza fayda sağlamaktadır. Yeni seçilen pompalar etiket bilgisinde bulunan veriler gibi istenilen performansta çalışmayabilir. Devrede olan ve çalışan pompaların da verimlilik durumunu gözlemek, sistemin devamlılığı açısından önem arz etmektedir. Bu bilgileri gözlemek, doğru bilgiye ulaşmak adına SCADA sistemine entegre edilen raporlama sistemi sayesinde bu verilerin doğruluğu gözlemlendi. Bu verileri elde etmek için, raporlama sistemi sayesinde taleplerin karşılanıp karşılanmadığını veya yeni seçilen pompaların etiket bilgisindeki bilgileri karşılayıp karşılamadığını

gözlemek mümkün olacaktır. Bunun için ilgili algoritma, C# programlama dili ile oluşturulup verimlilik analizi yapılmıştır. Bu yazılım ile oluşturulan raporlama sistemi sayesinde terfi merkezlerinin ekipman durumu baz alınarak ilgili bilgiler, veri tabanı tarafından alınarak bir raporlama sistemi oluşturulmuştur.

Şekil 1.'de bir örneği verilen raporlamada, depo ya da baraj seviye bilgisi, debimetre bilgileri, pompanın çektiği güç bilgileri, AG gerilim ve  $\cos\phi$  değeri, pompa çalışma saatleri, giriş ve çıkış basınç bilgileri bulunmaktadır. Bu bilgiler istenilen periyodlar ışığında veri tabanından çekilerek, yazılım yardımı ile bir Excel belgesi içine yazdırılır. Bu bilgiler ile verim hesabı aşağıdaki formülden hesaplanabilmektedir [1].

$$\eta = (Debi \times Basınç \times 10) \div (Toplam \text{ Güç} \times 367) \quad (1)$$

Denklem 1'de 367 ifadesi katsayıyı ifade etmektedir. Bu katsayı istenilen değer  $m^3/h$  cinsinden elde edilmesini sağlar. Basınç ile 10 sayısının çarpımı metre cinsinden basma yüksekliğini vermektedir.  $\eta$  ifadesi verimi, debi ifadesi debimetreden geçen anlık su miktarını, basınç ifadesi ise çıkış basıncı ile giriş basıncı arasındaki fark, toplam güç ifadesi ise pompalardan çekilen güç anlamını taşımaktadır.

Terfi merkezlerindeki ilgili hat için ne kadar su gerektiğini hesaplamak adına, ihtiyaç faktörü insan alınmaktadır. İnsan sayısı temel alınarak günlük ortalama ne kadar su tüketileceğini hesaplamak için 2 nolu denklem kullanılır [2]. 2500 kişinin talep ettiği ortalama su miktarı temel alınarak kullanılan debi formülü;

$$Q = (2500 \text{ insan} \times 100 \text{ lt/insan}) \div (86400 \text{ s}) = 2.89 \text{ lt/sn} = 250m^3/gün \quad (2)$$

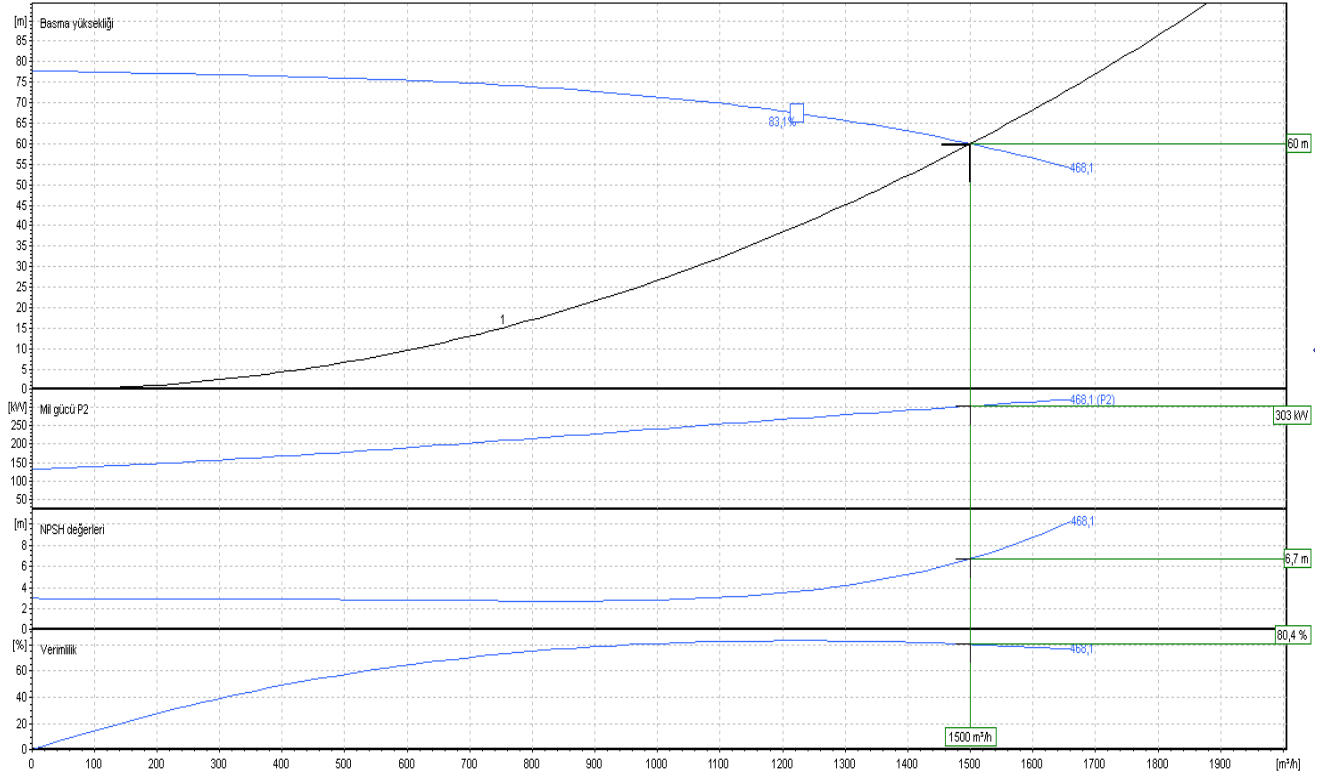
Denklem 2'de bulunan Q ifadesi, 2500 kişinin günlük su ihtiyacı anlamını taşımaktadır. Temel olarak 1 insanın günde 100 litre su tükettiği kabul edilmektedir. 86400 saniye ifadesi ise bir güne karşılık gelen ifadedir. İlgili hesaplama sonucu 2500 kişinin ihtiyacı olan su miktarı hesaplanmış oldu. Bu veriler neticesinde, insan sayısı baz alınarak pompa seçimi yapılmaktadır. Pompa seçimi yapılırken istenilen debi miktarı kadar harcayacağı güç, NPSH (Net Positive Suction Head) değeri ve devir sayısı gibi etkenler de önemlidir. NPSH değeri o pompanın emme gücünü ifade etmektedir. Bu etkenler temel alınarak pompalar için bir karakteristik eğri çıkartılmaktadır. Şekil 2.'de bir örneği verilen karakteristik eğri, ilgili grafikler yardımı ile istenilen debi miktarına karşılık, harcayacağı güç miktarını, pompanın o andaki maksimum verimlilik durumunu ve basma yüksekliğini göstermektedir. Karakteristik eğrilerden elde edilen bilgiler, motorlarda bulunan etiket bilgisi ifadesi anlamını taşımaktadır [3]. Seçimi yapılan pompaların

devreye alındıktan sonraki davranışlarını incelemek adına hazırlanan raporlama sistemi, bu bilgileri SCADA ekranında inceleme olanağı sunmaktadır. Raporlama sistemi

sadece yeni eklenen pompalar için değil, önceden devrede bulunan pompaların verimlilik analizini, ilgili değerler ışığında gözlemlenmesini de mümkün kılmaktadır.

TERKOS İKİTELLİ TERFİ MERKEZİ																											
Günlük Faaliyet Raporu																											
1	26.05/2020	POMPA LARINI VERDİĞİ DEBİ (m <sup>3</sup> /h)							ELEKTRİK DEĞERLERİ		ÇEKİLEN GÜÇLER (KW)							BASINÇ (bar)			BARAJ						
		SAAT	P-1	P-2	P-3	P-4	P-5	P-6	P-7	η <sub>p</sub> (Q/H <sub>m</sub> /667 <sup>1/4</sup> ) SAZLIDERE İKİTELLİ ARITMA	TOPLAM TERFİ DEN BASILAR SU MİKTARI (m <sup>3</sup> /h)	AO GERİLİM (V)	cosφ-1	M-1	M-2	M-3	M-4	M-5	M-6	M-7	TR1 TOPLAM GÜÇ (KW)	TR2 TOPLAM GÜÇ (KW)	TR3 TOPLAM GÜÇ (KW)	BASINÇ SAZLIDERE İKİTELLİ ARITMA	DEPO / BARAJ SEVİYESİ (ortalama) / GİRİŞ BASINCI	NET POMPA BASINCI SAZLIDERE İKİTELLİ ARITMA	BARAJ SEVİYESİ (metre)
6	08				17976				0.79	17976	0	0	2670	0	2720	0	2750	0	0	0	4800	0	8090	13.32	0.23	13.08	3.33
7	09				17960				0.79	17960	0	0	2660	0	2720	0	2750	0	0	0	5210	0	8090	13.31	0.23	13.08	3.33
8	10				17992				0.79	17992	0	0	2670	0	2720	0	2750	0	0	0	5210	0	8090	13.31	0.23	13.08	3.33
9	11				21778				0.76	21778	0	0	2470	0	2500	0	2630	1380	2170	0	5200	0	10840	14.27	0.21	14.08	3.33
10	12				22328				0.78	22328	0	0	2420	0	2430	0	2480	1440	2390	0	5200	0	11140	14.49	0.20	14.29	3.33
11	13				22344				0.78	22344	0	0	2420	0	2440	0	2480	1440	2390	0	5270	0	11140	14.49	0.20	14.29	3.33
12	14				21912				0.76	21912	0	0	2420	0	2430	0	2480	1440	2390	0	7630	0	11140	14.49	0.20	14.29	3.33
13	15				22008				0.77	22008	0	0	2420	0	2430	0	2480	1440	2380	0	7630	0	11120	14.49	0.20	14.29	3.33
14	16				22040				0.77	22040	0	0	2420	0	2430	0	2480	1440	2380	0	7630	0	11140	14.5	0.21	14.29	3.33
15	17				21984				0.77	21984	0	0	2420	0	2430	0	2470	1440	2380	0	7630	0	11120	14.5	0.19	14.31	3.33
16	18				22048				0.77	22048	0	0	2420	0	2430	0	2480	1440	2380	0	7620	0	11120	14.49	0.20	14.29	3.33
17	19				22032				0.77	22032	0	0	2420	0	2430	0	2470	1440	2380	0	7630	0	11120	14.49	0.20	14.29	3.33
18	20				21896				0.76	21896	0	0	2420	0	2430	0	2470	1440	2380	0	7620	0	11120	14.48	0.20	14.29	3.33
19	21				21992				0.77	21992	0	0	2420	0	2430	0	2480	1440	2380	0	7620	0	11120	14.48	0.20	14.29	3.33
20	22				13560				0.49	13560	0	0	2010	0	2260	0	2300	1340	2210	0	7060	0	8160	13.57	0.21	13.36	3.33
21	23				12160				0.40	12160	0	0	2680	0	2310	0	2410	1430	1680	0	4420	0	5830	13.02	0.23	12.79	3.32
22	24				21808				0.77	21808	0	0	2410	0	2420	0	2470	1440	2370	0	7640	0	11200	14.52	0.20	14.32	3.33
23	01				21984				0.77	21984	0	0	2420	0	2430	0	2460	1440	2380	0	7620	0	11130	14.49	0.20	14.29	3.32
24	02				21920				0.77	21920	0	0	2420	0	2440	0	2480	1440	2390	0	6050	0	11150	14.49	0.19	14.30	3.32
25	03				21992				0.77	21992	0	0	2420	0	2430	0	2460	1440	2390	0	5210	0	11140	14.48	0.19	14.29	3.32
26	04				22178				0.77	22178	0	0	2430	0	2440	0	2480	1460	2390	0	5200	0	11180	14.48	0.20	14.29	3.32
27	05				21936				0.77	21936	0	0	2420	0	2430	0	2460	1440	2380	0	5210	0	11120	14.5	0.20	14.30	3.32
28	06				17112				0.58	17112	0	0	2570	0	2600	0	2190	1400	2180	0	2820	0	8420	13.72	0.22	13.50	3.32
29	07				12256				0.75	12256	0	0	2770	0	2820	0	0	0	0	0	4920	0	5570	12.82	0.24	12.68	3.33
30	Top Hat Debi				483192					483192											140050	0	242060				
31	Toplam Çalışma Saati												23.82	0	22.82	0	22.61	18.86	18.07								

Şekil 1. Bu çalışma için hazırlanan raporlama sisteminden elde edilen bilgiler



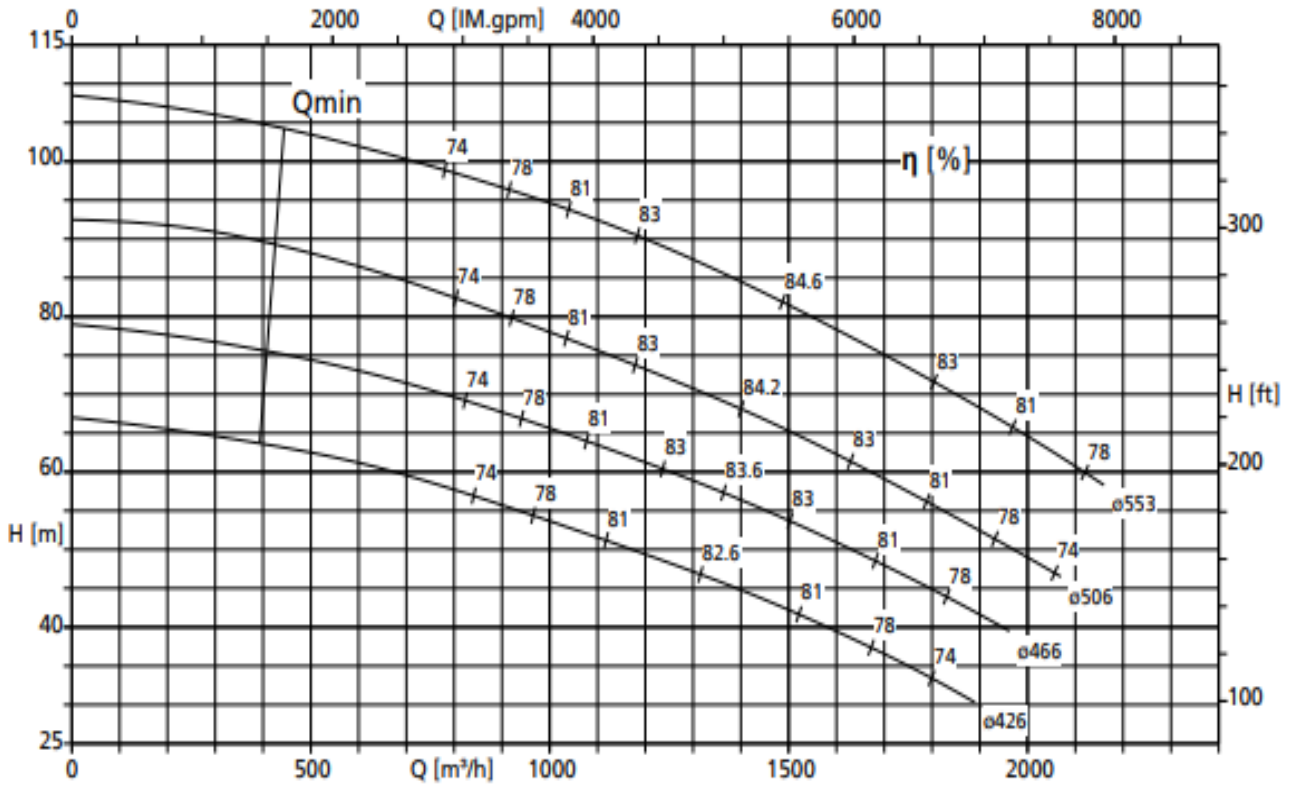
Şekil 2. Örnek bir pompanın debiye göre basma yüksekliği, mil gücü, NPSH değeri ve verim karakteristik eğrisi.

### 3. Bulgular ve Tartışma

Su dağıtım sistemindeki hatlarda bulunan pompaların seçimi için ilk önce pompaların karakteristik eğrilerinden yola çıkılarak istenilen debi, basınç ve verim değerleri alınması gerektiği bir önceki bölümde anlatılmıştı. Bunun için bu veriler ışığında analiz gerçekleştirmek gerekmektedir. İstanbul'un Gaziosmanpaşa ilçesinde bulunan Beşyüzevler terfi merkezinde, ilgili sistem için seçilen ilk 2 pompanın seçimi 1993 yılında gerçekleşmiştir. Şekil.3.'te bir örneği verilen karakteristik eğri, 1993

yılındaki şartlara göre pompa seçiminde basma yüksekliği olarak 60 m, basması gereken su miktarı saatlik olarak 1343 m<sup>3</sup>/h ve pompa motoru devir sayısı 1471 d/dk olarak belirlenmiştir [4]. Pompadaki bilgiler ilgili firma tarafından karakteristik eğrileri üzerinden de sunulmaktadır. Bu karakteristik eğride belirtilen aralıklar, pompanın nasıl bir davranış göstereceğini görmemize fayda sağlamaktadır.

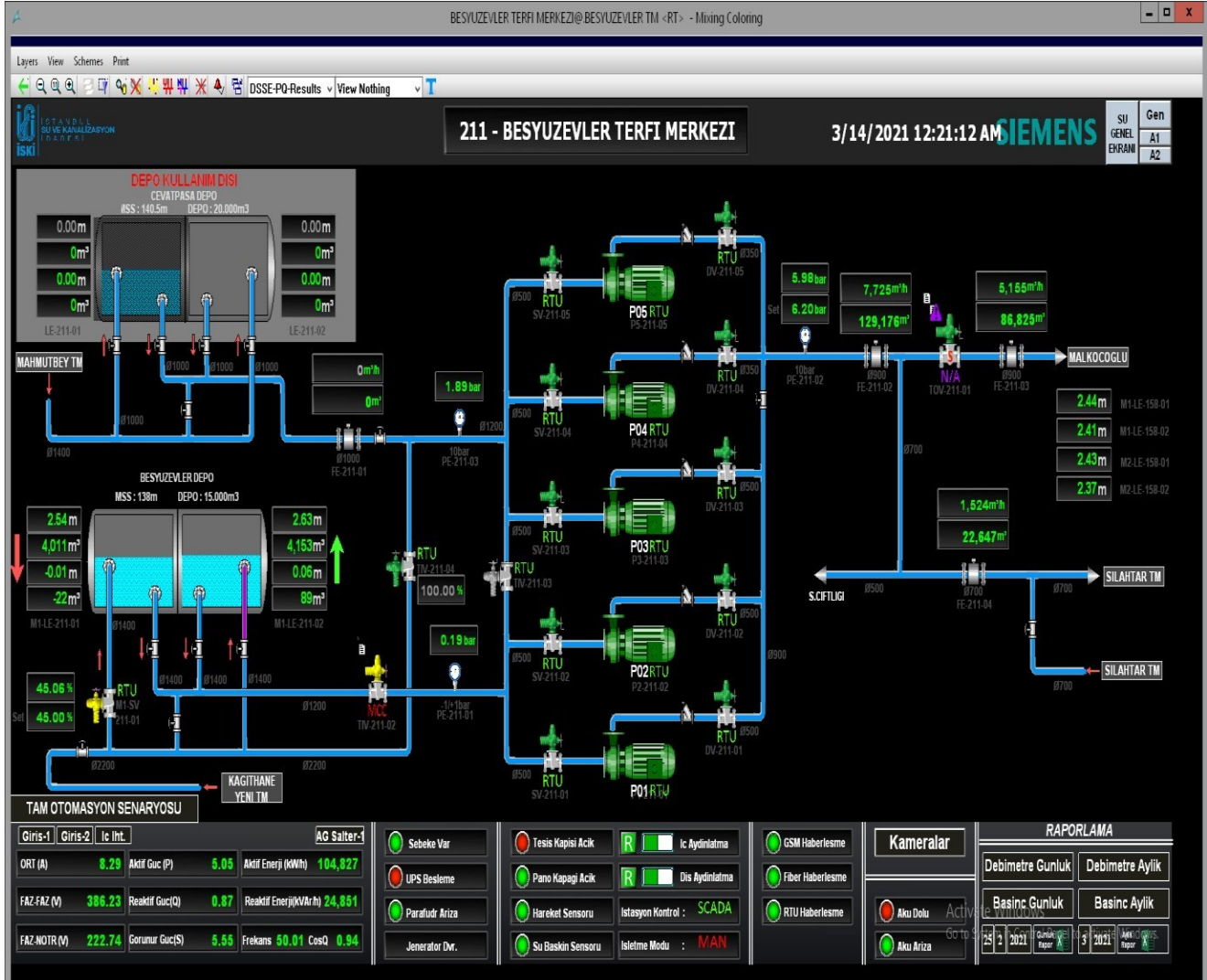
Karakteristik eğride elde edilen sonuçlar o pompanın firma tarafından kendi testleri sonucunda elde ettiği bilgilerdir. Bu bilgiler pompanın etiket bilgisi olarak kabul edilmektedir.



Şekil 3. 1993 yılında Beşyüzevler terfi merkezine eklenen OMEGA 300-560B pompa karakteristik eğrisi

Terfi merkezlerinde hatlar üzerinden iletilen su ihtiyacı o coğrafyada bulunan insanların yoğunluğuna göre ayarlanmaktadır. Bunun için ilgili sistemi kurarken insan faktörü temel alınmakta ve gelecek yıllardaki değişimleri de hesaplayarak sistem kurulmaktadır. Beşyüzevler terfi merkezinde 1993 yılında bu hesaplara uygun olacak şekilde 2 adet OMEGA 300-560B pompa eklenmiştir. Nüfusun artması sebebiyle terfi merkezi şu anda 5 adet pompa ile hizmet vermektedir. Su dağıtım tesislerinde ilgili pompaların çalışma prensibi ana pompalar devrede iken, acil bir durum oluşması durumunda yedek pompaların devreye girerek su açığını kapatması amaçlanmaktadır. Geçen zamanla beraber 5 pompanın da gerekli debi miktarını verememesi ve artan nüfustan dolayı pompaların

yetersiz kalması nedeniyle, ilgili pompalarda değişime gidilmesi gerektiğini ortaya çıkarmıştır. Bunun sebebi 5 pompanın da sürekli çalışma durumunda olması ve bir arıza durumunda yedek bir pompanın bulunmamasıdır. Ayrıca pompaların etiket bilgilerinde bulunan, vermesi gereken debi miktarlarını verememesi bu sorunu ortaya çıkarmıştır. İlgili pompaların hangi verimlilikle çalıştığı konusunda ise hesaplama yapılması gerekmektedir. Bu yüzden tasarladığım SCADA sistemine entegre edilen raporlama sistemi ile pompaların verimi, formül hesabı üzerinden incelenmesine olanak sağlamaktadır. Bu sayede verimi az olan pompaların gerekli bakımları veya değişimleri sağlanabilir.



Şekil 4. Beşüzevler terfi merkezi SCADA sayfası

Beşüzevler terfi merkezinde hatlarda bulunan pompaların verimlilik durumunu tespit etmek için hazırlanacak raporlama sistemi ile pompaların verimlilikleri kolayca gözlemlenebilecektir. Beşüzevler terfi merkezini diğer terfi merkezlerinden ayıran bir başka özelliği ise 2 adet giriş basıncının olmasıdır. Pompa 1 ve 2 suyu depodan alıp iletirken, diğer pompalar direkt hattan su almaktadır. Terfi merkezinde bulunan pompaların hat çıkışında sadece 1 adet debimetre bulunduğu için pompalar bazında ne kadar su basıldığı belirlenmemektedir. Bu problemin giderilmesi için yazılım ile sanal debimetreler oluşturulması hedeflenmiştir.

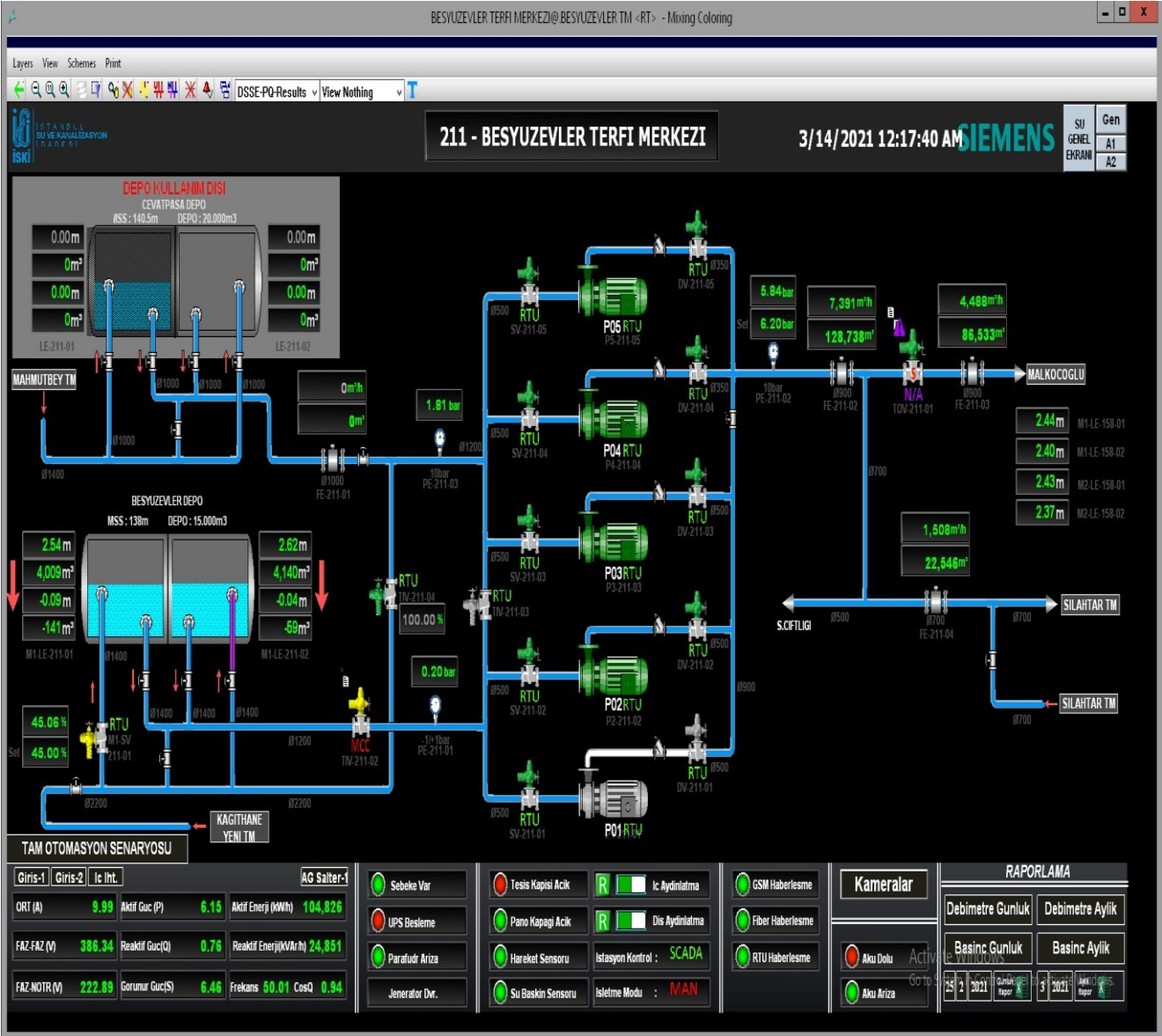
### 3.1. Sanal Debimetre Oluşturma

Sanal debimetre pompa bazında hattan ne kadar su

geçtiğini matematiksel yöntemle tespit etmemizi sağlamaktadır.

Sanal debimetreyi oluştururken pompaların ilgili karakteristik eğrileri ve etiket bilgileri referans alınarak hesaplama yapıldı. Bunun için ilk önce ilgili pompaların günümüzdeki durumunu görmek adına terfi merkezi teste tabi tutuldu. Test işlemi, tüketicuyu etkilememek için talebin az olduğu zaman olan saat 24'ten sonra yapıldı. Bu test sonucunda ilk iki pompanın çıkışına yazılım ve hesaplamalar sonucunda sanal debimetreler eklendi.

Şekil 4.'te bir örneği verilen SCADA ekranı, teste başlamadan önce Beşüzevler terfi merkezindeki verilerin ve ekipmanların durumunu göstermektedir. Teste ilk önce pompa 1 ile başlanmıştır. Hattan basılan su miktarı belli olduğundan dolayı pompa 1 devreden çıkarıldığında hattan geçen su miktarı azalmış ve verimlilik formülü sayesinde pompanın verimliliği hesaplanmıştır.



Şekil 5. Pompa 1'in devre dışı bırakıldığı durum

Şekil 5.'te bir örneği verilen Beşyüzevler terfi merkezinde, pompa 1 devreden çıkarıldığında hattın geçen debi miktarı 7391 m<sup>3</sup>/h olarak gözlemlendi. Bu bilgiler neticesinde hesaplama yapıldı.

$$\text{Debi Farkı} = 7725 \text{ m}^3/\text{h} - 7391 \text{ m}^3/\text{h} = 334 \text{ m}^3/\text{h} \quad (3)$$

$$\text{Basınç Kaybı} = 5.84 \text{ bar} - 0.2 \text{ bar} = 5.64 \text{ bar} \quad (4)$$

Denklem 3.'te bulunan 7725 m<sup>3</sup>/h ilk debi değeri, 7391 m<sup>3</sup>/h değeri ise pompa devreden çıktığı andaki değerdir. Denklem 4.'te bulunan 5.64 bar değeri, net basınç değeridir. Pompanın çektiği güç olan 173 kW değeri, pompanın çektiği ortalama güç değeridir. Pompa devreden çıkarıldığında eksilen debi miktarı kaydedildi. Denklem 5.'de belirtilen güç değeri, debi farkı ve basınç kaybı

bilgileri pompanın verim formülünde verilmiştir. Denklem 6.'da bu bilgi ışığında verim hesaplanmıştır.

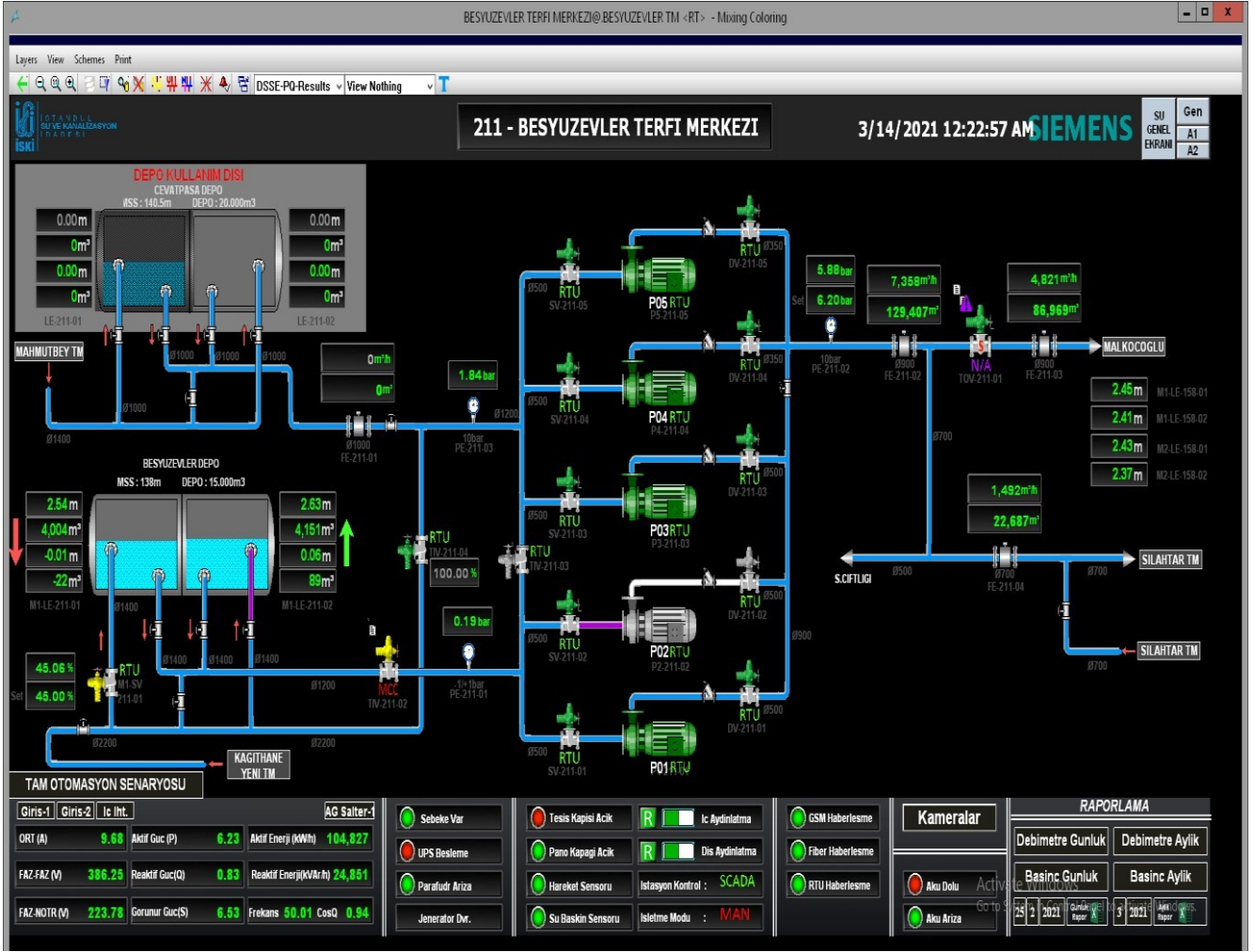
$$\eta = \frac{(\text{Debi Farkı} \times \text{Basınç Kaybı} \times 10)}{(\text{Pompa Gücü} \times 367)} \quad (5)$$

$$\eta = \frac{(334 \text{ m}^3/\text{h} \times 5.64 \text{ bar})}{(173 \text{ kW} \times 367)} = \%29.6 \quad (6)$$

Denklem 6.'da bulunan sonuç incelendiğinde, hattın kayıpsız olduğu düşünüldüğü durum için pompa 1'deki verimliliğin etiket bilgisindeki %80-%85 değerinden yaklaşık %30 değerlerine indiği tespit edilmiştir.

Aynı bilgiler ışığında pompa 2 için de aynı test uygulandı. Bunun için bütün pompalar çalışırken sadece pompa 2 devreden çıkartılarak debi farkı kaydedilmiştir.





Şekil 6. Pompa 2'nin devreden çıkarıldığı durum

Şekil 6.'da bir örneği verilen Beşyüzevler terfi merkezinde, pompa 2 devreden çıkarıldığında hattın geçen debi miktarı 7358 m<sup>3</sup>/h olarak gözlemlendi. Bu bilgiler neticesinde hesaplama yapıldı.

$$\text{Debi Farkı} = 7776 \text{ m}^3/\text{h} - 7358 \text{ m}^3/\text{h} = 418 \text{ m}^3/\text{h} \quad (7)$$

$$\text{Basınç Kaybı} = 5.88 \text{ bar} - 0.19 \text{ bar} = 5.69 \text{ bar} \quad (8)$$

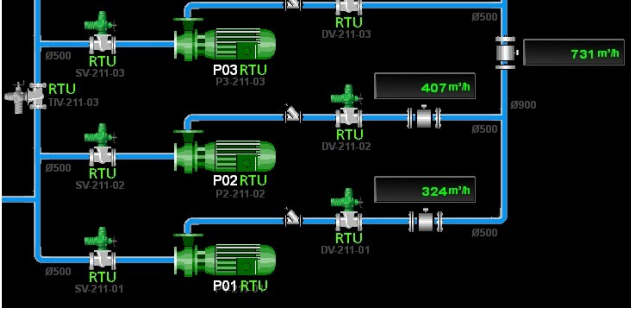
Denklem 7.'de bulunan 7776 m<sup>3</sup>/h ilk debi değeri, 7358 m<sup>3</sup>/h değeri ise pompa devreden çıktığı andaki değerdir. Denklem 8.'de bulunan 5.69 bar değeri net basınç değeridir. Pompanın çektiği güç olan 169,33 kW değeri pompanın çektiği ortalama güç değeridir. Pompa devreden çıkarıldığında eksilen debi miktarı kaydedildi. Denklem 9.'da belirtilen güç değeri, debi farkı ve basınç kaybı bilgileri pompanın verim formülünde verilmiştir. Denklem 10.'da bu bilgi ışığında verim hesaplanmıştır.

$$\eta = (\text{Debi Farkı} \times \text{Basınç Kaybı} \times 10) \div (\text{Pompa Gücü} \times 367) \quad (9)$$

$$\eta = (418 \text{ m}^3/\text{h} \times 5.69 \text{ bar} \times 10) \div (169,33 \text{ kW} \times 367) = \%38.2 \quad (10)$$

Denklem 10.'da bulunan sonuç incelendiğinde, hattın kayıpsız olduğu düşünüldüğü durum için pompa 2'deki verimliliğin etiket bilgisindeki %80-%85 değerinden yaklaşık %40 değerlerine indiği tespit edilmiştir.

Test sonucu elde edilen bilgiler ışığında, formüllerden elde edilen bilgileri anlık takip etmek için yazılım ile sanal debimetreler oluşturulmuştur. Bu sayede ilgili pompa hatlarından geçen debi miktarı tespit edilmiştir. Oluşturulan sanal debimetreler, pompaların çektiği güçlerin anlık değişimi ve hat üzerinde bulunan basınç bilgilerinin anlık değişimlerini hesaplayarak, o anda pompanın vereceği debi bilgisini göstermektedir. İlgili 2 pompanın debimetreleri pompa hat çıkışlarına eklenmiştir. Pompalar çalıştığında ilgili yazılım sayesinde pompa hattının debi miktarı kullanıcıya bildirilmiştir. Değişen değerler ile debi değeri anlık olarak değişerek gözlemlenmiştir. Şekil 7.'de bulunan 2 debimetrenin toplamı, ana hatta tek debimetre gösterimi şeklinde eklenmiştir.



Şekil 7. Sanal debimetreler ekran gösterimi

### 3.2. Raporlama Sistemi

Sanal debimetre oluşturma konusu yukarıdaki başlıkta anlatılmıştı. Bu terfi özelinde yazılım ile hazırlanan raporlama sisteminde sanal debimetreler raporlamaya eklenmiştir. Ayrıca sanal debimetreler de SCADA görüntü ekranında ilgili pompaların yanında gösterilmiştir.

Raporlama sisteminde, terfi merkezi içinde bulunan depo ya da baraj seviye bilgisi, debimetre bilgileri, pompanın çektiği güç bilgileri, alçak gerilim ve  $\cos\phi$  değeri, pompa çalışma saatleri, net basınç, giriş ve çıkış basınç bilgileri bulunmaktadır. Buradan elde edilen bilgiler de raporlama sayfasına eklenmiştir.

Raporlama sistemindeki amaç, ilgili verileri tek tek hesaplamak yerine yazılım sayesinde tek tuşla istenilen

düzende elde etmektir. Bu veriler SCADA sisteminin veri tabanından çekilerek elde edilir ve raporlama sayfasına yazdırılmaktadır. İSKİ terfi merkezlerindeki bütün merkezlere bu raporlama sistemi işlenmektedir. Bu sayede İstanbul'da bulunan baraj ve terfi merkezlerinin çalışma durumları gözlemlenebilecek, hatların istenilen suyu verip vermediği takip edilebilecektir.

Bu veriler ışığında, veri tabanında bulunmayan verimlilik analizi, ilgili formüller ile hesaplatılarak terfi bazında hatların verimliliği analiz edilecektir. Bu analiz sayesinde verimsiz çalışan hatlar tespit edilecek, verimliliğini arttıracak şekilde pompaların ve hatlarda bulunan ekipmanların bakımı yapılacak, gerekiyorsa pompaların ömrüne bağlı olarak değişimi de sağlanabilecektir. Bu sayede hatlarda istenilen basınç değerleri ve istenilen debi miktarları elde edilebilecek ve hattın sürekliliği sağlanacaktır.

Beşyüzevler terfi merkezinde bu raporlama sistemi sayesinde hatların verimliliği gözlemlenmiştir. Hat üzerinde istenilen suyun verilememesi, coğrafi duruma göre pompaların yetersiz kalması gibi etkenlerden dolayı raporlama sisteminden de bu terfinin durumu gözlemlenmiştir. Faaliyet raporları, Şekil 8.'den de görüldüğü gibi günlük raporlama sayfası olarak, Şekil 9.'da ise aylık raporlama sayfası olarak görülmektedir.

BESYUZEVLER TERFİ MERKEZİ																																
Günlük Faaliyet Raporu																																
14.04.2021	POMPA LARIN VERDİĞİ DEBİ (m³/h)						ELEKTRİK DEĞERLERİ				ÇEKİLEN GÜÇLER (kW)								BASINÇLAR(Bar)				DEPO									
	SAAT	P-1	P-2	P-3	P-4	P-5	η(Q)H(m3/7N) MALKOÇLU SİLİHTAR S CİFTLİĞİ POMPA 1-2	η(Q)H(m3/7N) MALKOÇLU SİLİHTAR S CİFTLİĞİ POMPA 3-4-5	TOPLAM TERFİDEN BASILAN SU MİKTARI (m³/h)	TR1 OG GERİLİM (KV)	TR2 OG GERİLİM (KV)	AG GERİLİM (V)	cosφ	M-1	M-2	M-3	M-4	M-5	GİRİŞ-1 TOPLAM Güç (kW)	GİRİŞ-1 TOPLAM Enerji(kWh)	GİRİŞ-2 TOPLAM Güç (kW)	GİRİŞ-2 TOPLAM Enerji(kWh)	BASINÇ POMPA 1-2	BASINÇ POMPA 3-4-5	DEPO / BARAJ SEVİYESİ (ortalama) / GİRİŞ BASINÇI POMPA 1-2	DEPO / BARAJ SEVİYESİ (ortalama) / GİRİŞ BASINÇI POMPA 3-4-5	NET POMPA BASINÇI POMPA 1-2	NET POMPA BASINÇI POMPA 3-4-5	DEPO SEVİYE 1 (Metre)	DEPO SEVİYE 2 (Metre)		
08	770.75	6840	0.35	0.73	7610.75	5.97	5.9	381.44	0.96	182.15	171.72	0	255.36	260.53	523.63	5.14	770	7.48	6.16	6.16	0.28	2.09	5.88	4.07	3.66	3.67						
09	781.44	6864	0.35	0.72	7645.44	5.97	5.9	377.97	0.96	182.39	172.62	0	255.05	260.51	530	5.15	770	7.48	6.1	6.1	0.29	2.05	5.81	4.05	3.70	3.71						
10	777.02	6936	0.35	0.71	7713.02	5.9	5.9	376.28	0.96	181.63	172.14	0	253.79	259.35	530	5.13	770	7.44	6.12	6.12	0.29	2.22	5.83	3.90	3.73	3.74						
11	786.83	7056	0.35	0.69	7842.83	5.9	5.82	378.16	0.96	182.44	172.74	0	253.26	258.38	530	5.16	770	7.44	6.07	6.07	0.30	2.32	5.77	3.75	3.80	3.82						
12	797.12	7080	0.35	0.69	7877.12	5.9	5.8	377.91	0.96	182.99	172.98	0	252.99	258	530	5.18	770	7.41	6.02	6.02	0.30	2.27	5.72	3.75	3.86	3.87						
13	813.16	7176	0.35	0.69	7989.16	5.9	5.8	382.62	0.96	184.11	173.99	0	252.36	257.91	530	5.2	770	7.41	5.94	5.94	0.30	2.26	5.64	3.68	3.89	3.90						
14	789	7248	0.35	0.70	8037	5.9	5.8	377.62	0.96	181.45	171.93	174.16	252.2	257.59	530	5.14	806.24	7.81	6.05	6.05	0.31	2.37	5.74	3.68	3.93	3.95						
15	719.95	7752	0.35	0.82	8471.95	5.9	5.8	378.98	0.88	170.48	163.51	192.54	254.33	260	527.93	4.87	1046.65	10.23	6.28	6.28	0.34	2.22	5.94	4.06	4.10	4.13						
16	719.84	7752	0.35	0.85	8471.84	5.9	5.8	380.31	0.86	170.8	163.52	192.91	254.27	260.37	500	4.87	1060	10.25	6.32	6.32	0.36	2.26	5.96	4.06	4.31	4.34						
17	722.31	7872	0.35	0.84	8594.31	5.9	5.9	382.29	0.86	170.61	163.34	193.6	253.71	259.4	500	4.87	1060	10.25	6.28	6.28	0.36	2.33	5.92	3.95	4.29	4.35						
18	734.02	7944	0.35	0.83	8678.02	5.9	5.9	386.15	0.86	171.16	164.09	194.18	253.09	258.91	500	4.9	1060	10.25	6.19	6.19	0.34	2.33	5.85	3.86	4.07	4.13						
19	726.63	7944	0.35	0.83	8670.63	5.93	5.9	386.95	0.86	164.8	164.01	193.69	252.76	258.34	490.72	4.8	1060	10.2	6.14	6.14	0.32	2.28	5.82	3.86	3.84	3.90						
20	512.08	7704	0.26	0.98	8216.08	5.9	5.9	384.77	0.86	129.62	170.54	197.58	252.57	258.59	283.38	2.98	1060	10.28	5.89	5.89	0.32	2.19	5.57	3.70	3.72	3.78						
21	729.76	7920	0.35	0.83	8649.76	5.9	5.9	381.54	0.96	170.78	163.7	193.34	253.49	258.92	493.76	4.89	1060	10.27	6.16	6.16	0.30	2.29	5.86	3.87	3.63	3.68						
22	724.96	7872	0.35	0.83	8596.96	5.96	5.9	382.56	0.97	170.51	163.6	193.35	253.42	259.2	510	4.87	1060	10.23	6.19	6.19	0.28	2.24	5.91	3.95	3.51	3.57						
23	719.02	7824	0.35	0.84	8543.02	5.9	5.9	384.54	0.97	170.3	163.24	193.26	253.95	259.71	503.73	4.86	1060	10.23	6.21	6.21	0.27	2.21	5.94	4.00	3.40	3.46						
24	769.1	7128	0.35	0.86	7897.1	5.97	5.9	386.47	0.97	175.46	167.35	168.22	225.94	260.96	504.63	5	956.67	9.31	6.02	6.02	0.25	1.63	5.77	4.39	3.25	3.31						
01	551.45	7392	0.30	0.92	7943.45	5.9	5.9	388.94	0.97	141.16	165.47	186.62	255.1	260.9	383.04	3.62	1038.45	10.2	6.29	6.29	0.26	2.18	6.03	4.11	3.21	3.24						
02	763.2	6984	0.36	0.68	7747.2	5.9	5.99	389.18	0.97	166.07	171.98	0	253.4	258.99	530	5.14	770	7.44	6.19	6.19	0.27	2.44	5.92	3.75	3.47	3.49						
03	790.37	7056	0.35	0.69	7846.37	6.03	6	388.61	0.97	182.96	173.28	0	253.43	259.12	530	5.18	770	7.44	6.04	6.04	0.27	2.31	5.77	3.73	3.58	3.59						
04	812.08	7128	0.35	0.70	7940.08	6.08	6	387.93	0.97	184.32	174.07	0	253.33	258.94	530	5.21	770	7.44	5.92	5.92	0.28	2.16	5.64	3.76	3.63	3.64						
05	758.7	6864	0.35	0.70	7622.7	6	6	388.8	0.97	180.93	171.89	0	253.51	260.28	530	5.13	770	7.47	6.24	6.24	0.29	2.32	5.95	3.92	3.69	3.71						
06	750.4	6888	0.35	0.70	7638.4	6.02	6	391.26	0.97	180.74	172.04	0	254.35	260.21	530	5.13	770	7.47	6.32	6.32	0.30	2.45	6.02	3.87	3.81	3.83						
07	764.8	6936	0.35	0.70	7700.8	6.1	6	390.59	0.97	181.21	172.16	0	254.05	259.91	530	5.13	770	7.45	6.23	6.23	0.31	2.37	5.92	3.86	3.93	3.95						
Top Hat Debitisi	17783.98	176160			193943.98													12080.8	117.55	21568	208.88											
Toplam Çalışma Saati										23.26	23.86	11.75	23.75	23.29																		

Şekil 8. Raporlama sistemi günlük faaliyet rapor sayfası



BESYUZEVLER TERFİ MERKEZİ																														
Aylık Faaliyet Raporu																														
Ayar-21	POMPA LARIN VERDİĞİ DEĞİ (m <sup>3</sup> /h)						ELEKTRİK DEĞERLERİ					ÇEKİLEN GÜÇLER (KW)						BASINÇLAR(Bar)						DEPO						
	GÜN	P.1	P.2	P.3	P.4	P.5	İTİP(HIN/30PN) İLK KODLULU SİKLİMLER S ÇİFTLİĞİ POMPA 2	İTİP(HIN/30PN) İLK KODLULU SİKLİMLER S ÇİFTLİĞİ POMPA 3-4-5	TOPLAM TERFİDEN BAŞILAN SU MİKTARI (m <sup>3</sup> /h)	TR1 OG GERİLİ M (KV)	TR2 OG GERİLİ M (KV)	AG GERİLİ M-1 (V)	cosφ	M.1	M.2	M.3	M.4	M.5	GİRİŞ-1 TOPLAM Güç (KW)	GİRİŞ-1 TOPLAM Enerji(KWh)	GİRİŞ-2 TOPLAM Güç (KW)	GİRİŞ-2 TOPLAM Enerji(KWh)	BASINÇ POMPA 1-2	BASINÇ POMPA 3-4-5	DEPO / BARU SEVİYESİ (m) DEPO / BARU SEVİYESİ (m) GİRİŞ BASINÇ POMPA 1-2	DEPO / BARU SEVİYESİ (m) DEPO / BARU SEVİYESİ (m) GİRİŞ BASINÇ POMPA 3-4-5	NET POMPA BASINÇ POMPA 1-2	NET POMPA BASINÇ POMPA 3-4-5	DEPO SEVİYE 1 (Metre)	DEPO SEVİYE 2 (Metre)
1	848.72		181248			0.31	0.81	181896.72	5.94	5.85	380.4	0.96	165.8	165.1	194.3	254.8	260.5	438.15	94.73	1041.3	241.76	6.19	6.19	0.31	2.28	5.88	3.91	3.76	3.82	
2	676.72		182040			0.32	0.79	182716.72	5.96	5.89	382.9	0.94	170.9	164	196.1	254.5	260.6	470.5	97.4	1039.3	241.51	6.19	6.19	0.32	2.27	5.87	3.92	3.81	3.86	
3	557.26		181056			0.27	0.78	181613.26	5.95	5.87	382.8	0.96	166.4	163.4	194	253.8	259.9	474.02	90.78	1040.2	242.07	6.13	6.13	0.26	2.22	5.87	3.91	3.20	3.25	
4	638.55		177672			0.30	0.80	178310.55	5.94	5.87	381.5	0.95	170.9	167.6	192.6	253.3	259.4	428.64	89.7	1004	233.37	6.08	6.08	0.33	2.19	5.75	3.89	3.89	3.95	
5	662.18		171144			0.31	0.77	171806.18	5.94	5.89	382.8	0.95	171.7	169.1	192.7	250.4	258.8	410.78	92.24	938.97	219.02	6.09	6.09	0.28	2.28	5.81	3.80	3.41	3.47	
6	732.36		163752			0.34	0.75	164484.36	5.96	5.87	382.7	0.95	167.7	166.8	186.9	252.8	258.7	392.58	63.46	921.78	214.6	6.06	6.06	0.31	2.27	5.75	3.79	3.71	3.78	
7	676.93		176136			0.31	0.83	176812.93	5.97	5.89	383.3	0.97	173.4	167.5	188.2	254.1	259.9	416.64	97.65	978.04	227.43	6.1	6.1	0.31	2.10	5.79	4.00	3.80	3.85	
8	626.02		171184			0.29	0.73	171810.02	5.96	5.9	383.5	0.94	174.4	168.4	185.1	252	257.8	499.78	117.01	862.50	200.84	6.08	6.08	0.25	2.11	5.83	3.97	3.31	3.37	
9	588.32		178752			0.28	0.79	179340.32	5.96	5.91	384.1	0.94	170.8	165.7	191.5	254	259.7	469.28	109.63	989.54	230.22	6.2	6.2	0.25	2.21	5.95	3.99	3.18	3.25	
10	576.53		176880			0.27	0.78	177456.53	5.97	5.9	384.3	0.95	169.1	167.9	191.8	252.6	258.2	439.08	102.33	956.97	222.34	6.07	6.07	0.25	2.24	5.82	3.83	3.12	3.16	
11	702.06		176520			0.33	0.80	177222.06	5.96	5.89	382.4	0.96	168.4	169	187.6	252.5	257.9	408.79	95.29	966.83	224.97	6.01	6.01	0.27	2.19	5.74	3.82	3.32	3.37	
12	723.61		177400			0.35	0.80	178123.61	5.93	5.87	384.7	0.96	164	164.5	191.7	251	256.7	418.95	97.73	1016.6	234.05	6.08	6.08	0.26	2.23	5.82	3.85	3.22	3.27	
13	698.32		176160			0.33	0.84	176858.32	5.94	5.86	381.7	0.95	166	169.5	193.2	253.8	259.4	373.7	87.49	981.98	228.36	6.16	6.16	0.30	2.29	5.86	3.87	3.67	3.72	
14	710.49		176160			0.33	0.74	178870.49	5.96	5.9	383.8	0.94	174.7	169	188	252.5	259.4	503.37	117.55	898.67	208.89	6.14	6.14	0.30	2.24	5.84	3.90	3.75	3.78	
15								Verim hesaplanmaz	0				0	0	0	0	0									0	0	0	0	
16								Verim hesaplanmaz	0				0	0	0	0	0									0	0	0	0	
17								Verim hesaplanmaz	0				0	0	0	0	0									0	0	0	0	
18								Verim hesaplanmaz	0				0	0	0	0	0									0	0	0	0	
19								Verim hesaplanmaz	0				0	0	0	0	0									0	0	0	0	
20								Verim hesaplanmaz	0				0	0	0	0	0									0	0	0	0	
21								Verim hesaplanmaz	0				0	0	0	0	0									0	0	0	0	
22								Verim hesaplanmaz	0				0	0	0	0	0									0	0	0	0	
23								Verim hesaplanmaz	0				0	0	0	0	0									0	0	0	0	
24								Verim hesaplanmaz	0				0	0	0	0	0									0	0	0	0	
25								Verim hesaplanmaz	0				0	0	0	0	0									0	0	0	0	
26								Verim hesaplanmaz	0				0	0	0	0	0									0	0	0	0	
27								Verim hesaplanmaz	0				0	0	0	0	0									0	0	0	0	
28								Verim hesaplanmaz	0				0	0	0	0	0									0	0	0	0	
29								Verim hesaplanmaz	0				0	0	0	0	0									0	0	0	0	
30								Verim hesaplanmaz	0				0	0	0	0	0									0	0	0	0	
31								Verim hesaplanmaz	0				0	0	0	0	0									0	0	0	0	
Top Hat Değeri	9218.07		2466104					2475322.07										8144.3	1352.99	13637	3169.43									
								Toplam Çalışma Saati					220.7	297.5	246.6	321.6	322.5													

Şekil 9. Raporlama sistemi aylık faaliyet rapor sayfası

Raporlama sayfalarında günlük takip daha önemlidir. Günlük takipte pompaların verimlilik analizi, anlık hat basınçları, depo seviyeleri gibi önemli bilgiler raporlama sistemi sayesinde hızlı bir şekilde alınabilmektedir. Aylık raporlamalarda ise genellikle terfi bazında hat üzerinde ne kadar su çıkışı olduğunu görmek adına önemlidir. Aylık raporlamada, ilgili günler gelmemiş ise yazılım ile boş bırakılmıştır. İlerleyen zamanlarda o tarihlerde ilgili verilerin gelmesiyle boş olan kısımlar otomatik olarak dolacaktır. Verimlilik analizi sonucu görüldüğü üzere pompa 1 ve pompa 2 verimleri %35-%40 arasındadır. Diğer pompaların verimleri hat üzerinde %80 değerlerinde olduğu tespit edilmiştir. İSKİ bu raporlama sistemi sayesinde ilgili pompaların verimliliğindeki düşüşten dolayı 2 pompayı da değiştirme kararı almıştır.

## Sonuçlar

Raporlama sistemi kapsamında yapılan yazılım ve analiz doğrultusunda ilgili bütün terfilerde anlık olarak pompaların istenilen bilgilerini ve terfi üzerinden alınan bilgileri hızlı bir şekilde gözlemlene imkânı sağlanmıştır.

Hazırlanan raporlama sistemi sayesinde terfilerde çalışan pompaların verimlilik durumları görülmüş ve ilgili hatalar araştırılmaya başlanmıştır.

Önceki yıllar için o zamanın şartlarında, pompaların

belki de yanlış pompa seçiminden dolayı verimliliği yıllar içinde azalmıştır. Çalışan pompaları raporlama sistemi sayesinde verimlilik durumları gözlem altına alındı, terfi bazında çalışmalara başlanmıştır.

Enerji verimliliği konusunda daha önce bu konu üzerinde hizmet alımı yapan İSKİ, hazırlanan raporlama sistemi sayesinde artık hizmet alımı yapmamaktadır. Bu sayede ekonomik olarak kazanç elde edilmiştir.

Bir terfi merkezi için pompa seçimi yapılan pompaların, etiket bilgisinde bulunan bilgileri gerçekten karşılayıp karşılamadığını, sisteme entegre edildikten sonra SCADA sistemine aktarılıp ilgili bilgiler ve yazılım sayesinde raporlama sisteminde istenilen aralıkta çalışıp çalışmadığı veya istenilen verim düzeyinde olup olmadığı tespit edilebilecektir. Bu sayede satın alınan pompaların istenilen etkinlik ve verimlilikte çalışıp çalışmadığı tespit edilebilecektir.

## Teşekkür

Çalışmamızda bize yardımcı olan Su Dağıtım- Planlama ve Kumanda Şefi Orhan DALLI'ya, SCADA sistemindeki bilgileri kullanmamıza izin veren İSKİ Genel Müdürlüğü ve çalışanlarına çok teşekkür ederiz.

### Çıkar Çatışması Beyanı

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması belirtilmemiştir.

### Etik Standartlar Beyanı

Yazarlar bu çalışmada kullanılan materyal ve yöntemlerin etik kurul izni ve yasal-özel izin gerektirmediğini beyan eder.

### Kaynaklar

- [1] [https://wilo-il.com/wilo\\_initial\\_line\\_pompa\\_gucu\\_he\\_sabi.html](https://wilo-il.com/wilo_initial_line_pompa_gucu_he_sabi.html), (Erişim tarihi: 15.04.2021).
- [2] Gullu A., 2018. SCADA Assisted Control of Biological Treatment Plants: Subaşı Example, The Eurasia Proceedings of Science, Technology, Engineering & Mathematics (EPSTEM), 4, 127-131.
- [3] <https://www.standartpompa.com/tr/pompa-secim-programi/detay/Pompa-Secim-Programi/48/56/0>, (Erişim tarihi:23.03.2021).
- [4] [http://goodluckmkt.com/pdf/industrial\\_pump/OMEGA/OMEGA\\_CHARATRISTIC\\_CURVES\\_BOOKLET.pdf](http://goodluckmkt.com/pdf/industrial_pump/OMEGA/OMEGA_CHARATRISTIC_CURVES_BOOKLET.pdf), (Erişim tarihi: 14.04.2021).
- [5] Karakuş C., Şenol Kürşat G., 2017. Pompa ve Pompaj Sistemlerinde Enerji Tasarrufu Uygulamaları. Mühendis ve Makina, 58, 1–16.
- [6] Moreno M., Carrion P.A., Planells P., Ortega J. F., Tarjuelo J.M. 2007. Measurement and Improvement of the Energy Efficiency at Pumping Stations. Options Mediterraneennes: Seri B, Etudes et Recherches, I(56), 353-366.
- [7] Yumurtacı Z., Sarıgül A. 2011. Santrifüj Pompalarda Enerji Verimliliği ve Uygulamaları. TMMOB MMO Tesisat Mühendisliği Dergisi, (122), 49-58.
- [8] İncekara B., 2017. “Pompalarda Sürücülerle Enerji Verimliliği,” [https://www.emo.org.tr/ekler/50634dca302a46c\\_ek.pdf](https://www.emo.org.tr/ekler/50634dca302a46c_ek.pdf), (Erişim tarihi: 31.03.2021).
- [9] ABB. “Pompalarda Hız Kontrol Cihazı Uygulamaları,” <http://slideplayer.biz.tr/slide/2395688/>, (Erişim tarihi: 24.03.2021).



## Kurumsal Performans: Ulusal Literatür İncelemesi

### Corporate Performance: National Literature Review

Yıldız ŞAHİN<sup>1,\*</sup> , Selay KASAP<sup>2</sup> 

<sup>1</sup> Endüstri Mühendisliği, Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli, Türkiye, **Orcid:** 0000-0002-6283-5340

<sup>2</sup> Endüstri Mühendisliği, Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli, Türkiye, **Orcid:** 0000-0002-4168-9436

#### Derleme Makale

Gönderilme Tarihi : 31/12/2020

Kabul Tarihi : 22/09/2021

#### Anahtar Kelimeler

Kurumsal Performans  
Literatür İncelemesi  
Performans Değerlendirme  
Ulusal Yayınlar

#### Özet

Günümüz koşullarında işletmelerin rakipleri ile mücadele edebilmesi ve daha güçlü hale gelebilmeleri değişimlere ayak uydurmalarına bağlıdır. Değişime ayak uydurmanın yolu ise işletmelerin kendini tanımasından geçer. İşletme literatüründe uzun yıllardan beri araştırılan konuların başında kurumsal performans gelmektedir. 20. yüzyılın son çeyreğine kadar kurumsal performans kavramı bireysel performans veya finansal performans bakış açısıyla ele alınmıştır. Sonraki yıllarda ise sadece finansal ölçütler ile hesaplanan performans ölçümlerinin kurumlar açısından yeterli bir gösterge olmadığı anlaşılmıştır. Kurumsal performans kurumların belirli bir periyot içerisinde tanımlanmış oldukları amaçlarına ulaşma başarısını açıklayan bir göstergedir. Bu çalışmada, Kurumsal Performans kavramı üzerine ulusal kapsamda bir literatür incelemesi gerçekleştirilmiştir. Çalışma kapsamında, Dergipark, Google Scholar ve Ulusal Tez Merkezinde “Kurumsal Performans” anahtar kelimesi ile arama gerçekleştirilmiş ve 2002-2020 yılları arasındaki döneme ait 56 çalışmaya ulaşılmıştır. Ulusal literatürde yer alan çalışmalar yayın yeri, yayın yılı, yayın türü, kullanılan yöntem ve araştırılan sektör gibi çeşitli faktörlere göre sınıflandırılmıştır.

#### Review Paper

Received Date : 31/12/2020

Accepted Date : 22/09/2021

#### Keywords

Corporate Performance  
Literature Review  
Performance Evaluation  
National Publications

#### Abstract

In today's conditions, the ability of businesses to compete with their competitors and become stronger depends on keeping up with the changes. The way to keep up with change is through self-recognition of businesses. Corporate performance is one of the most researched topics in the business literature for many years. Until the last quarter of the 20th century, the concept of corporate performance was handled from the perspective of individual performance or financial performance. In the following years, it has been understood that performance measurements calculated only with financial criteria are not an adequate indicator for institutions. Corporate performance is an indicator that explains the success of institutions in achieving their defined goals within a certain period. In this study, a national literature review was conducted on the concept of Corporate Performance. Within the scope of the study, a search was carried out with the keyword "Corporate Performance" in Dergipark, Google Scholar and the National Thesis Center and 56 studies belonging to the period between 2002-2020 were reached. Studies in the national literature have been classified according to various factors such as publication place, publication year, type of publication, method used and the researched sector.

## 1. Giriş

Günümüz şartlarının yarattığı rekabet ortamında performans kelimesine şirketler büyük anlamlar yüklemektedir. 20. yüzyılın son çeyreğine kadar kurumsal performans kavramı bireysel performans veya finansal performans bakış açısıyla ele alınırken, 1992 yılında Kaplan & Norton tarafından yayınlanan makalede sadece finansal ölçütler ile hesaplanan performans ölçümlerinin kurumlar

açısından yeterli bir gösterge olmadığı belirtilmiştir [1]. Fransızca kökenli olan “performans” kelimesinin sözlük anlamı (TDK) yapılan iş, uygulama, icraat olarak ifade edilmektedir. Performans, hedeflere ulaşmada çıktılarının ve çıktılarının üretiminde kullanılan kaynakların ölçülebilmesi, var olan amaca ulaşma kabiliyeti, amaçlı bir faaliyetin verimliliği olarak tanımlanmaktadır [2]. İşletmelerin varlığı ve sürekliliği de yönetimin performans anlayışının geçerliliğine ve doğruluğuna bağlıdır [3].

\* Sorumlu Yazar (Corresponding Author): yildiz.sahin@kocaeli.edu.tr





Kurumsal performans literatürde uzun yıllardan beri araştırılan konuların başında gelmektedir. Kurumsal performans, kurumların belirli bir periyot içerisinde, hedeflerini gerçekleştirme ve amaçlarına ulaşma başarısını tanımlayan bir göstergedir. Kurumsal performans yönetimi ise işletmelerin rakiplerinin önüne geçebilmek ve daha başarılı olabilmek adına uyguladıkları yönetim şekli olarak tanımlanabilmektedir. Kurumsal yaşamda başarının en önemli göstergelerinden biri olan performansın ölçülmesi, ister özel ister kamu olsun tüm sektörlerde öncelikli bir çalışma alanı haline gelmiştir. Literatür incelendiğinde, kurumsal performans kavramına olan ilginin her geçen gün arttığı ve kurumsal performans kavramının giderek daha fazla önem kazandığı görülmektedir. Dolayısıyla bu durum araştırmacılar arasında kurumsal performansın ölçümüne yönelik daha fazla çalışma isteği uyandırmaktadır [1-3].

Bu çalışmanın amacı, günümüz iş dünyasında giderek daha fazla önem kazanan “Kurumsal Performans” kavramı üzerine bir ulusal literatür araştırması gerçekleştirmektir. Böylelikle ülkemizde bu alanda gerçekleştirilen çalışmaların niteliği ve yönü tespit edilerek, belirlenmiş olan kriterler çerçevesinde kategorize edilmesi sağlanacaktır. İlgili alanda çalışma gerçekleştirecek araştırmacıların sunulan literatür incelemesinden faydalanarak gerek teorik gerekse sektörel uygulamaya yönelik çabalarına ışık tutacağı düşünülmektedir. Çalışma kapsamında Dergipark, Google Scholar ve Ulusal Tez Merkezinde “Kurumsal Performans” başlığı altında tarama gerçekleştirilmiş ve 2002-2020 yılları arasındaki döneme ait 56 adet çalışmaya ulaşılmıştır. Literatürde yer alan çalışmalar; yayın yeri, yayın yılı, yayın türü, kullanılan yöntem ve araştırmanın gerçekleştirildiği sektör gibi çeşitli faktörlere göre sınıflandırılmıştır.

## 1.1. Literatür

Çalışma kapsamında, “Kurumsal Performans” başlığı altında araştırma gerçekleştirilirken Dergipark, Google Scholar ve Ulusal Tez Merkezinden faydalanılmıştır. “Kurumsal Performans” anahtar kelimesi ile gerçekleştirilen tarama sonucunda 2002-2020 yılları arasındaki döneme ait 56 adet ulusal çalışmaya ulaşılmıştır. Literatürde yer alan çalışmalar; yayın yeri, yayın yılı, yayın türü, kullanılan yöntem ve araştırmanın gerçekleştirildiği sektör gibi çeşitli faktörlere göre sınıflandırılmıştır. Literatür incelemesine ait özet bilgiler kronolojik olarak aşağıda verildiği gibidir.

Pakdil (2002), çalışmada stratejik performans yönetiminin bir hizmet işletmesi olan hastanelerde nasıl uygulanacağı üzerinde durarak hastane yönetimi konusunda lider ülkeler arasında yer almakta olan Amerika Birleşik Devletleri’nde faaliyet gösteren bir hastanedeki

uygulamaya yer vermiştir [4].

Alioğlu’nun 2006 yılındaki tez çalışması belediyelerdeki performans ölçümüne yöneliktir. Ölçüm kriterleri belirlenmiştir. Belirlenen kriterler doğrultusunda bulanık TOPSİS kullanılarak belediyelerin performansları kıyaslanmıştır [5]. Coşkun (2006a)’un çalışmasının amacı, Türkiye’de yer alan büyük ölçekli sanayi işletmelerinin performans ölçümü ve yönetimi konusunda mevcut durumlarını analiz etmektir. Çalışma, performans ölçüm ve yönetim uygulamaları ile ilgili Türkiye’deki 500 Büyük Sanayi İşletmesinde yapılmış olan anket çalışmasının analiz sonuçlarını içermektedir [6]. Coşkun (2006b) gerçekleştirdiği diğer bir çalışma ile performans yönetimi aracı olarak performans karnesi kullanımının, Sivil Toplum Kuruluş’larına uyarlanması üzerinde durmuştur. Sivil Toplum Kuruluşlarında performans karnesi kullanımının misyonları doğrultusunda ilerleme ve strateji odaklı organizasyonlar hâline dönüşmelerine katkı sağlayacağı sonucu çalışmadaki örneklerle açıklanmıştır [7].

Yazır’ın 2007 yılındaki tez çalışmasında Türkiye’deki, kamu sektöründe yer alan eğitim kurumlarının kurumsal performans değerlendirme sistemleri ele alınmıştır. Türk kamu sektöründeki eğitim kurumları için kurumsal performans değerlendirme simülasyonu geliştirilmiştir [8]. Geylan (2007) çalışmasında, performans ölçüm ve yönetim sistemlerinin kurumlar açısından önemini kavramsal çerçevede anlatmıştır. Kurumsal performans karnesinin, kurum performansında yarattığı olumlu gelişmelerin, bir şirket uygulaması ile ortaya konması amaçlanmıştır. Bu doğrultuda gerçekleştirilen anket ile kurumsal performans üzerindeki bu etkiler ispatlanmaya çalışılmıştır [9]. Güner & Memiş’in 2007 yılındaki çalışmasında, kurumsal performans değerlendirme yöntemlerinin gelişim süreçleri 1850-2000 yılları arasında teorik açıdan incelenmiş ve literatüre katkı sağlanmıştır [10]. Özer & Akça’nın (2007) çalışmalarındaki asıl hedef, firmaların kurumsal kaynak planlaması yazılımlarına geçiş aşamalarında firma için gerekli olan yenilikçi özellikleri tanımlamak ve bu özelliklerin kurumsal kaynak planlaması sistemlerinin uygulama başarısı ile firmanın performansı üzerine olan etkileri ile birlikte analiz etmektir. Anket yardımı ile 236 firmadan veri elde edilmiştir. Elde edilen veriler regresyon yardımı ile analiz edilmiştir [11].

Utku (2008) çalışmasında, toplam başarı göstergesi yöntemini farklı ülkelerdeki farklı sektörler için ele almış, tasarım ve yöntemin uygulanmasında sorunlar ortaya çıktığı sonucuna varmıştır. Bu sorunları çözmek için performans ölçütlerinin sayısının optimum seviyede belirlenmesinin hem değerlendirme süresi üzerinde hem de değerlendirme tutarlılığı üzerinde olumlu sonuçları olduğu ortaya konmuştur. Bir diğer sonuca göre ise, toplam başarı göstergesi yönteminin veri toplama aşamasında kullanılan yazılımların uygun bir şekilde seçilmesinin yöntem başarısı

üzerinde yarı yarıya rol oynadığı belirtilmiştir [12].

Sayılı, Ağca, Kızıldağ ve Uğurlu 2009 yılındaki çalışmalarında, Türkiye'deki ilk 500 firmayı dikkate alarak etik, kurumsal performans ve kurumsal itibar arasındaki ilişkinin ortaya konulması adına bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışmanın sonucunda gelişmekte ve büyümekte olan işletmelerin piyasalarda kendi itibarlarına zarar verecek bir durumdan kaçınma konusunda daha dikkatli olmak zorunda oldukları sonucuna varılmıştır [13]. Bertan (2009) turizm sektöründe gerçekleştirdiği çalışmasında, kurumsal karne uygulamalarına otel işletmesindeki her çalışanın katılmasının, sistemin başarısını olumlu yönde etkileyeceği konusuna değinmiştir. Bertan'a göre otel işletmelerinde, otelin bütününe, bölümlere ve bireylere birbirinden farklı kurumsal karneler hazırlanmalı ve uygulanmalıdır [14]. Güner (2009) performans değerlendirmede paradigma değişimi üzerine yaptığı yazın çalışması ile finansal ve finansal olmayan ölçütlerin bir arada kullanılmasının işletmeler için daha faydalı olacağı sonucuna ulaşmıştır [15]. Karahan & Özgür'ün 2009 yılına ait çalışmasında, Afyon Kocatepe Üniversitesi ANS Uygulama ve Araştırma Hastanesinde kurumsal karnenin uygulanabilirliği araştırılmıştır. Sonuçlar istatistiki olarak analiz edilmiştir [16].

Bayraktutan, Arslan ve Bal (2010) çalışmalarında, veri zarflama yöntemi ile Türkiye'deki göğüs hastalıkları hastanelerinin bilgi sistemlerinin hastane performansına etkilerini belirlemeye çalışmışlardır. Sonuçlara bakıldığında hastanelerin etkinlik seviyelerinin düşük olduğu ve kaynakların etkin kullanılmadığı sonucuna varılmıştır [17].

Ojo 2011 yılındaki çalışması ile Nijerya'daki bankaların kurumsal performansın stratejik insan kaynakları uygulamaları ile ilişkisini incelemiş ve istatistiksel analizler sonucunda olumlu bir ilişki olduğu sonucunu ortaya koymuştur [18]. Gencer & Çetin 2011 yılındaki çalışmalarında, havacılık sektöründe yer alan bir firmada belirlenen stratejik planların değerlendirilmesi için kurumsal performans karnesi ile ilgili uygulama çalışması yapmışlardır. Mevcut durum için analizler yapılarak, gelecek altı ay için model oluşturulmuş ve bu sürecin sonunda değerlendirmeler yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara bakıldığında kurumun karne notu %88 bulunmuştur [19]. Yetmen & Kişi (2011) çalışmalarında, İzmir'de toplu taşıma kuruluşunun çalışan memnuniyeti ölçümünü gerçekleştirmiştir. Bu çalışmada, çalışan memnuniyetinin kurumsal performansa etkilerinin araştırılması amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda anket çalışması yapılmış, sonuçlar veri ve korelasyon analizleri ile yorumlanmıştır. Müşteri memnuniyetinin ve finansal performansın da çalışan memnuniyetine paralel olarak artacağı sonuçlar arasında yer almaktadır [20].

Arslan (2012) Sakarya PTT Başmüdürlüğü'nde yapmış olduğu çalışmada, büyük bir teknoloji eksikliği yoksa

örgütsel gelişim için sosyo-beşeri unsurların daha etkin olduğu sonucunu pareto analizi, anket ve beyin fırtınası gibi yöntemler ile ortaya koymuştur [21]. Kumru (2012) kurumsal performans yönetimi, kurumsal performans değerlendirme, kurumsal performans değerlendirmenin gelişimi, modeller, yurt içi ve yurt dışından kurumsal performans değerlendirme uygulama örnekleri ile ilgili bir derleme çalışması yapmıştır [22].

Yılmaz'ın 2013 yılındaki çalışmasında, kamu sağlık kurumlarındaki kurumsal performansın değerlendirilmesi için gerekli olan performans ölçütlerinin belirlenmesi için çalışılmıştır. Delphi uygulaması sonucunda birincil derecede önemli 40, ikincil derece önemli 30 performans ölçütü tespit edilmiştir [23]. Eginli & Bitirim'in 2013 yılındaki çalışmalarında, alçakgönüllülüğün yönetsel politikalara dahil edilmesi, işletmelerin geleceği açısından stratejik öneme sahip olduğu vurgulanmıştır [24]. Aykan & Sevim (2013) çalışmalarında, Kayseri ve Nevşehir'deki otellerin çevre yönetimi uygulamaları arasındaki farkın çalışanlar tarafından algılanan kurumsal itibar üzerindeki etkisini ortaya koymaya çalışmışlardır [25]. Ege & Şener (2013) çalışmalarında, performans karnesi ile kumanda paneli yöntemlerinin benzer ve farklılıkları üzerinde durmuşlardır [26]. Tiyek 2013 yılındaki çalışmasında, Denge Puan Kartı (Balanced Scorecard) performans değerlendirme sisteminden yararlanarak Sivil Toplum Kuruluşları için model önerisinde bulunmuştur [27].

Akın (2014) çalışmasında, kalite yönetim anlayışı ve kurumsal performans yönetimi anlayışı arasındaki teknik ve işlevsel süreçlerin karşılaştırmalı analizini amaçlamıştır [28]. Kula & Aktürk 2014 yılındaki çalışmalarında, kamu kurumlarında uygulanan kurumsal performans yönetimi anlayışının polisiye hizmetlerde nasıl uygulandığına dair bilgiler vererek, özellikle ABD örnekleri ve COMPSTAT modeli ile Emniyet Teşkilatı'na performans yönetiminin nasıl uygulanabileceği konusuna değinmiştir [29]. Durmuş (2014) çalışmasında, iş tatmini ve örgütsel adalet arasındaki ilişkiyi istatistiksel olarak araştırmıştır. İzmit'te bulunan firmalarının çalışanlarına anket uygulanmıştır. SPSS programı ile sonuçlar analiz edilmiştir [30]. Ateş'in (2014) çalışmasında, ulusal düzeyde uygulanan Birleşik Krallık (BK) Yukarıdan Aşağı Kamu Performans Yönetimi Modeli (YAKPY) örneği analiz ve test edilmektedir [31]. Beltekin, Şahin Özdemir, Yılmaz, Akkalkan ve Cemaloğlu (2014) çalışmalarında, e-performans yönetim sistemini önermektedir. E-performans sistemi bireysel ve kurumsal etkinlik ve verimliliği sağlayan mekanizmaları içermektedir [32]. Gençay (2014) kurumsal performans karnesinin (BSC) termal turizm işletmelerinde uygulanmasına yönelik bir model önermiştir. 26 Termal turizm işletmesinde toplam 28 yöneticinin görüşlerine başvurulmuştur [33]. Birinci'nin (2014) çalışmasında, Türkiye'de gerek devlet ve gerekse vakıf üniversitelerinin stratejik yönetim anlayışlarının

performanslarına etkisi incelenmiştir. Yönetim sorununun öncelikli sorun olduğu ortaya çıkmıştır. Stratejik planların doğru hazırlanması yönetim sorunu için önem arz etmektedir [34].

Şen & Tama'nın 2015 yılındaki çalışmasında, belediyelerin iletişim merkezlerinin kurumsal verimlilik üzerinde etkisinin olup olmadığı araştırılmıştır. Başakşehir Belediyesi çalışanlarıyla ortak bir çalışma yürütülmüştür. Çalışma sonuçları incelendiğinde, iletişim merkezlerinin belediyelerin kurumsal verimlilikleri üzerinde olumlu bir etkisinin olduğu anlaşılmıştır [35]. Özaydın, İlhan ve Bayrak (2015) çalışmalarında, dünyadaki birçok işletmenin ve bu işletmelerin bulunduğu ülkelerin küresel rekabet gücü üzerinde IIP Standardının potansiyel etkisini incelemektedir [36]. Çınar'ın 2015 yılına ait çalışması, kamu ve özel hastanelerde hesap verilebilirlik ilkesinin uygulanabilir oluşunun kurumsal performans üzerine etkisini araştırmıştır. Veriler anket yardımı ile toplanmıştır. İstanbul ilinde faaliyet gösteren hastanelerden elde edilen veriler, SPSS programı kullanılarak analiz edilmiştir. Çoklu regresyon analizleri ile test edilen hipotezler sonucunda, hesap verilebilirlik ilkesinin kurumsal performans için kısmen de olsa bir etkiye sahip olduğu anlaşılmıştır [37].

Yılmaz'ın 2016 yılındaki çalışmasında, aile şirketlerinde stratejik planlama yapılmasıyla kurumsal performansın bundan nasıl etkilendiğinin ortaya konulması üzerine çalışmıştır. Sonuçlar incelendiğinde stratejik planın misyon ifadesi, trend analizi, rakip analizi ve uzun vadeli hedefler kavramlarının finansal performansı olumlu olarak etkilediği yani kurumsal performansı artırıcı etkisi olduğu görülmüştür. Yıllık hedefler, kısa dönemli eylem planları ve sürekli değerlendirme gibi sorulardan oluşan stratejik planlamanın ikinci boyutu ise istatistiksel olarak anlamsız bulunmuştur [38]. Akçay & Bilgin (2016), çalışmalarında psikolojik sermayenin etki ve önemini bireysel performans düzeyinde ortaya koymaya çalışmıştır [39]. 2016 yılında Tekiner & Çetin'in yapmış olduğu çalışmada ise polislerin örgütsel adalet algısının, örgütsel performans üzerine etkisini incelemiştir. Uygulanan anket çalışması, Adana ilinde görev yapan 105 emniyet görevlisini kapsamaktadır. Ankette 5'li Likert ölçeği kullanılmıştır [40].

Yılmaz & Erdem (2017)'in araştırması, Dengeli Ölçüm Kartı modelinin hastanelerde uygulanabilirliği açısından değerlendirme yapmayı amaçlamıştır. Bu bağlamda, Isparta'daki hastanelerin yöneticilerine anket çalışması uygulanmıştır. Hastane yöneticilerinin büyük bir çoğunluğu (% 81,8) hastanelerinde kurumsal performansın ölçüldüğünü belirtmiştir [41]. Halis & Şimşir'in 2017 yılındaki çalışmasının amacı, kamu hastanelerinde kurumsal performansın yönetici ve diğer personelin tutumları ile ilişkisinin incelenmesidir. Bu çalışma için Sakarya'da yer alan hastaneler seçilmiştir. Çalışmanın değerlendirilmesi için ANOVA analizi, frekans tabloları ve

yüzdelliklerden faydalanılmıştır [42]. Sarıtaş, Korkmaz ve Tunca 2017 yılındaki çalışmada, Türkiye'nin otomotiv sektöründe pazarlama kanalı olarak sosyal medya kullanımı ve bu sosyal medya kullanım performansını etkileyen faktörleri analiz edilip, kurumsal performans faktörleri temel alınarak Facebook, Twitter ve Instagram hesapları incelenerek bulgular değerlendirilmiştir [43]. Ersoy'un (2017) çalışmasının amacı, bütünlük Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemlerini kullanarak 2010-2014 yılları arasında perakende sektöründe faaliyet gösteren firma performanslarını karşılaştırmaktır. Bu amaçla "Fortune TÜRKİYE" dergisinde açıklanan ilk 500 firmadan 8 firma likidite, kaldıraç, karlılık ve faaliyet göstergeleri kapsamında TOPSIS, MAUT ve SAW yöntemleri ile karşılaştırılmıştır [44]. Yıldırım & Şen (2017) çalışmalarında, stratejik insan kaynakları yönetiminin kurumsal performans üzerindeki etkilerinin araştırılmasını amaçlamıştır. Anket çalışması İstanbul Üniversitesi'nde yapılmış ve kurumsal performansın stratejik insan kaynakları yönetiminden nasıl etkilendiği analiz edilmiştir [45].

Yıldırım, Uzun Kocamış ve Kuzu (2018) çalışmada sürdürülebilirlik raporlaması ile finansal performans arasındaki ilişkiyi araştırmıştır. BİST 100 endeksinde yer alan şirketler esas alınmıştır. Şirketlerin sürdürülebilirlik raporu yapabilmeye ihtimalinin finansal performans ile olumlu yönde artış gösterdiği hipotezini test etmek için regresyon modelini oluşturmuşlardır [46]. Korkmaz (2018) Kurumsal Performans Karnesinin faydalarına dikkat çekerek hastane yöneticilerinin kullanımına sunmak amacıyla kurumsal performans karnesini uygulamıştır. Sonuçlar incelendiğinde iyi performansın korunması, kötü performansın ise iyileştirilmesi gerekliliği sonucu ortaya çıkmıştır [47]. Aydemir & Yıldırım'ın 2018 yılındaki araştırması, ekip kaynak yönetimi yetkinlik ve becerilerini kullanabilme seviyelerini tespit etmek için yapılmıştır. Ankara'da yer alan bir hastane araştırma için seçilmiştir. Verilerin analizinde mod, medyan, Kruskal Wallis ve Mann-Whitney U testleri kullanılmıştır [48]. Övgül, Özkal Sayan ve Zengin 2018 yılında yapmış oldukları çalışmada, performans değerlendirme için gerekli faktörleri netleştirdikten sonra uygulama örnekleri ve Sayıştay'ın kurumsal denetim kabiliyetini incelemeye tabi tutmuşlardır [49].

Adem, Alıcıoğlu ve Dağdeviren (2019) çalışmada, tüm bayilerde aynı hizmet kalitesini ve verimliliğini sağlamak adına bir inceleme yapmıştır. Çalışmada örgütsel performans kriterlerinin ağırlıklarının belirlenmesinde Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci (FAHP) yöntemi kullanılmıştır. Bayiler, alternatifler arasındaki ikili üstünlük karşılaştırmasına dayanan PROMETHEE yöntemi kullanılarak performans kriterlerine göre sıralanmıştır [50]. Kesbiç & Mıynat Taşdemir (2019) çalışmada, BIST 100

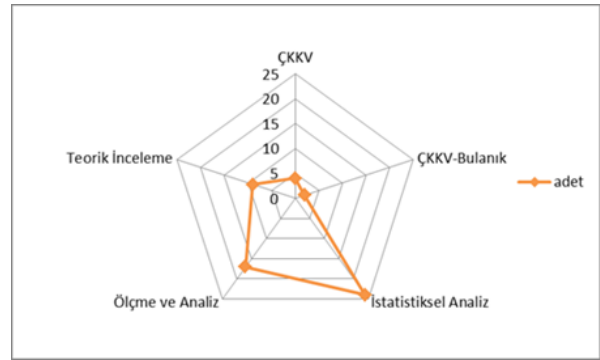
endeksindeki 89 şirketin 2010-2018 yılları arasında halka açıklık oranları ile finansal performans çıktıları arasındaki ilişkiyi incelemiştir [51]. Cicerali 2019 yılında Türkiye’de farklı kurumlarda çalışan 42 katılımcıyla bu araştırmayı yapmıştır. Kullanılan ölçekler, Watkins ve Marsick “Öğrenen Organizasyon Boyutları Ölçeği” ve “Öğrenme Tarzları Anketi”dir. Sonuçlar kurumlarda pozitif öğrenme ortamının var olması ile bireysel ve kurumsal performans çıktıları arasında olumlu bir ilişki olduğunu göstermiştir [52]. Fasal & Balaban (2019) çalışmada, tarım kooperatiflerinin çok boyutlu ölçme ve değerlendirme sistemini baz alan kurumsal performans karnesi oluşturmuştur. Çalışma sonucunda tarımsal kooperatiflerde finansal boyutun daha ön planda tutulduğu, öğrenme ve gelişme boyutlarının ise kurumsal performans karnesinde arka planda kaldığı görülmüştür [53].

Erkayman, Kocadağistan ve Albayrak’ın (2020) çalışmasında, bir ilimizdeki belediyenin performansını değerlendirmek için kurumsal karnelendirme boyutları ele alınarak hibrit çok kriterli karar verme yöntemi DEMATEL-ANP (D-ANP) kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre performans değerlendirmesinde en önemli kriterin hizmet sonrası gelen şikâyetlerin azaltılması olduğu bulunmuştur [54]. Gezer & Kınır’ın (2020) çalışması, bir işletmenin finansal yönetiminde sahip olduğu değerlerin önemini ve değer kavramının sınırlamalarını göstermektedir [55]. Tulum (2020) çalışmasında, Denge Puan Kartı ve Performans Prizması yöntemlerini karşılaştırmayı amaçlamıştır. Tulum literatürde Denge Puan Kartı ve Performans Prizması yöntemlerinin karşılaştırılmasına ilişkin bir çalışma olmamasından dolayı bu çalışmanın yararlı olacağını düşünmektedir [56]. Gökçek (2020) kalkınma ajanslarının kurumsal performansında stratejik yönetim sürecinin etkili olup olmadığını araştırmıştır. Stratejik yönetim süreci ile kurumsal performans arasındaki ilişkileri analiz etmiştir. Araştırmada online anket yöntemi ile elde edilen verilerin normal dağılıp dağılmadığı, çarpıklık ve basıklık değerlerine göre analizleri yapılmıştır. Ölçeğin faktör analizine uygunluğu Kaiser-Meyer-Olkin ve Bartlett küresellik testi ile belirlenmiştir [57]. İç & Yetim, (2020) Türk imalat firmalarının rekabet stratejilerine göre performanslarının ölçümleriyle ilgili çalışmış ve çok ölçütlü karar verme yöntemlerinden analitik hiyerarşi sürecini (AHP) kullanarak firmaların performans ölçümüne yönelik öneri sunmuşlardır [58]. Bilgiç’in (2020) çalışmasının amacı Sayıştayın performans denetimlerinin, verimlilik, etkinlik ve tutumluluk ilkeleri bağlamında tartışmak ve büyükşehir belediyeleri için bu denetimlerin önemini göstermektir. Çalışma kapsamında 2014 yılı itibarıyla Sayıştay tarafından gerçekleştirilen kurumsal performans denetiminin kavramsal analizi ve Türkiye’ye bu uygulamanın nasıl yansıtıldığı tartışılmıştır [59].

Ulusal literatür araştırması kapsamında incelenen

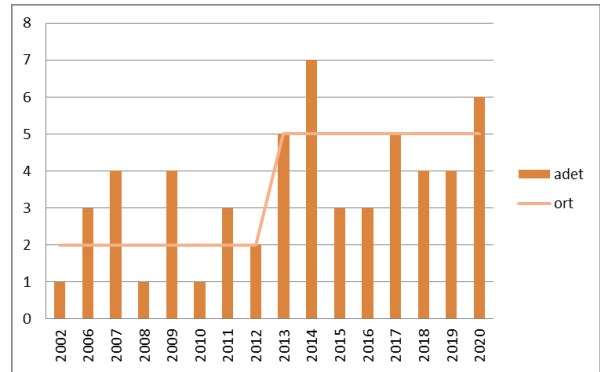
çalışmalarda; kullanılan yöntemlere, yayın yıllarına, yayın yerine, yayının gerçekleştirildiği sektörlere, yayın türüne göre yayın adetleri ve yıllara göre yöntem dağılımı bazlı analizler yapılmıştır. Bu analizler literatürden faydalanılarak belirlenmiştir. Çalışmada gerçekleştirilen analizlerde literatürden farklı olarak yıllara göre dağılım ortalama değerler ile desteklenmiştir. Yayın yerine göre çalışma adetleri kendi içerisinde kategorize edilmiş ve yıllara göre dağılım yöntemsel olarak da ele alınmıştır [60-63].

Ulusal literatür araştırması kapsamında incelenen çalışmalarda kullanılan yöntemler Şekil 1’de özetlenmiştir. Kurumsal performans ile ilgili çalışmaların büyük çoğunluğunda yöntem olarak istatistiksel analiz tercih edildiği görülmektedir.



Şekil 1. Yöntemlere göre sınıflandırma

Çalışmaların kategorize edilmesinde kullanılan diğer bir yöntem yıllara göre dağılımının incelenmesidir. 56 adet çalışmanın 2002-2020 yılları arasında gerçekleştirildiği görülmüştür. 2000’li yılların başlarında kurumsal performans ile ilgili yılda ortalama 2 adet araştırma bulunurken, günümüze gelindiğinde yıllık ortalama çalışma adedinin 5 olduğu tespit edilmiştir. İstatistikler incelendiğinde, kurumsal performans kavramının günümüzde önem kazandığı söylenebilir. Çalışmaların yıllara göre dağılımı Şekil 2’de gösterilmiştir.

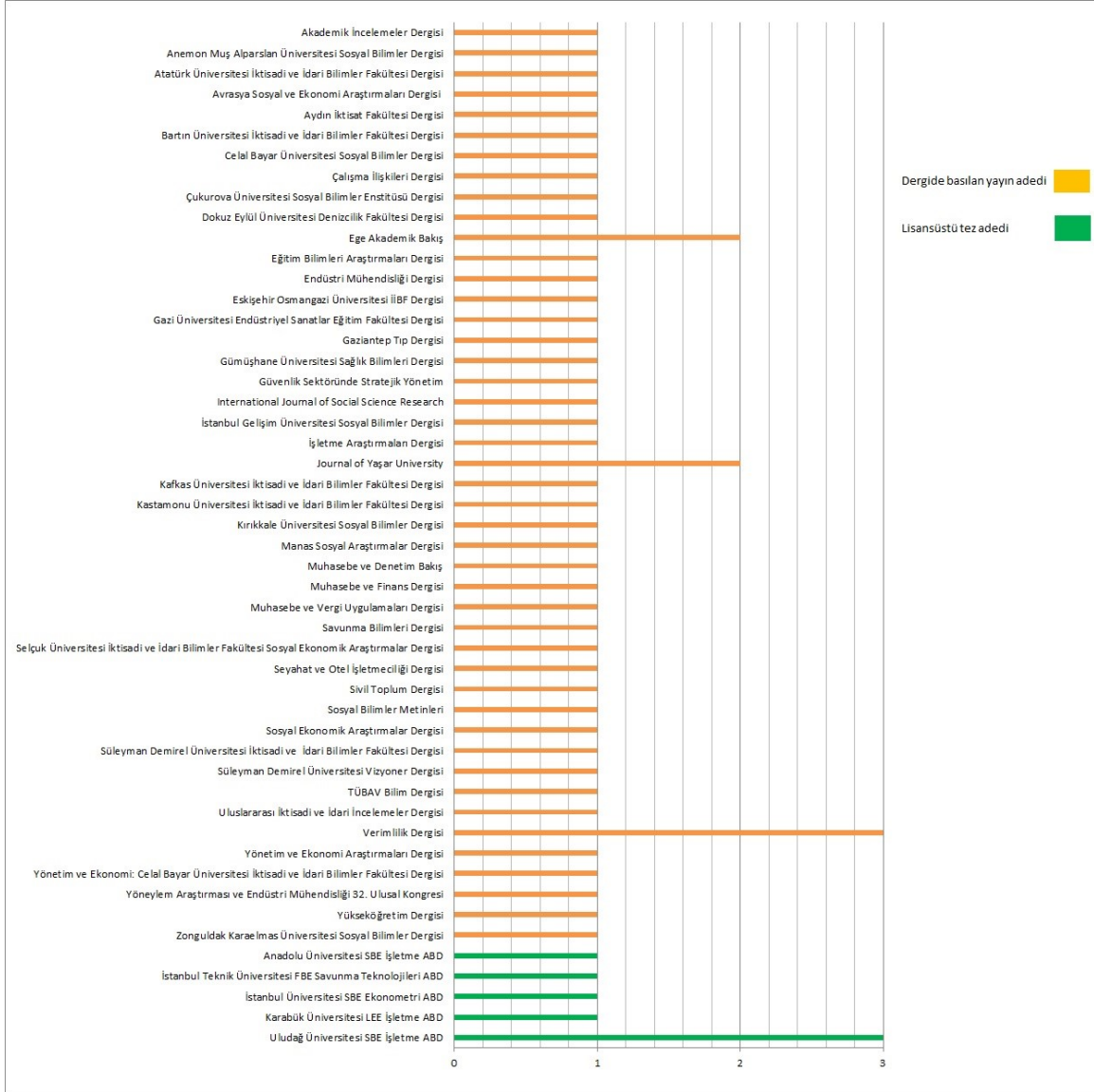


Şekil 2. Yıllara göre dağılım

Literatür araştırması ile elde edilen çalışmalar incelenmiş ve çalışmaların içerikleri ile ilgili analizler yapılmıştır. Kurumsal performans ile ilgili çalışmaların

yapıldığı dergi, üniversite ve konferansların isimlerinin yer aldığı grafik Şekil 3'te sunulmuştur. Şekil 3 incelendiğinde, çalışmalara 50 farklı dergi ve konferanstan erişim sağlandığı görülmektedir. “Verimlilik Dergisi” ve “Uludağ

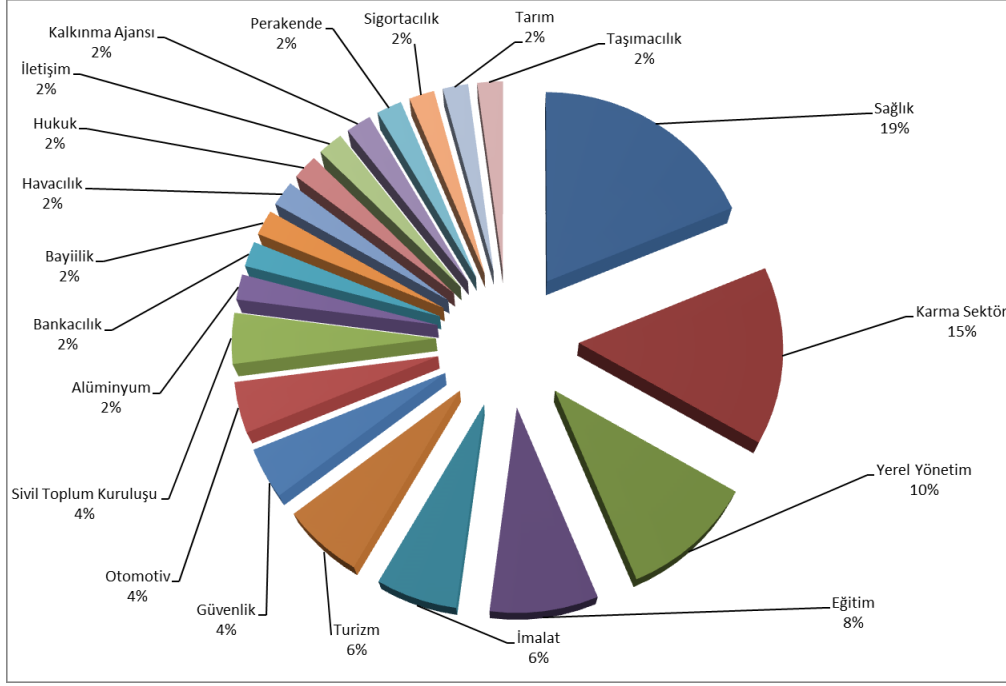
Üniversitesi SBE İşletme ABD”nda üçer tane, “Journal of Yaşar University” ve “Ege Akademik Bakış” dergilerinde ikişer tane diğer dergilerde ise birer tane çalışma yer almaktadır.



Şekil 3. Yayın yerine göre çalışma adetleri

Kurumsal performans ile ilgili literatür araştırması yapılırken sektörel bazlı analizlerin de önem taşıdığı düşünülerek kurumsal performans kavramı sektörlere göre de sınıflandırılmıştır. Ulusal literatür taraması sonucunda ulaşılan 56 adet çalışmadan 8 adedi teorik çalışmalardan meydana gelmektedir. Sektörel bazlı analizde teorik çalışmalar kapsam dışında bırakılmış ve 48 adet çalışma üzerinden değerlendirme gerçekleştirilmiştir. Şekil 4 incelendiğinde, çalışmaların %19'unun sağlık sektöründe

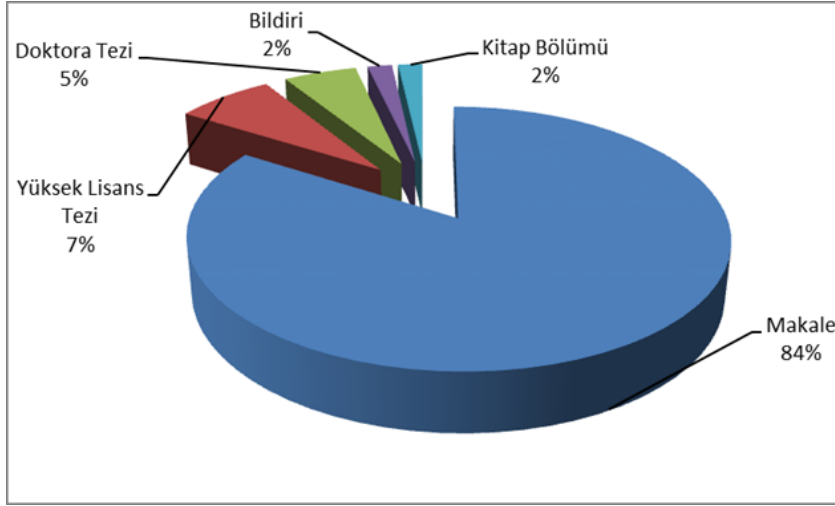
gerçekleştirildiği, %15'lik kısmının tek bir sektör değil birden çok sektör uygulaması içerdiği, %10'unun yerel yönetimler, %8'inin eğitim, %6'sının imalat, diğer %6'lık dilimin turizm, %4'ünün güvenlik, %4'ünün otomotiv ve diğer %4'ünün sivil toplum kuruluşları ile ilgili olduğu görülmüştür. Bunun dışında toplamda %23'lük kısmı oluşturan, tek tek incelendiğinde %2'lik orana sahip 11 farklı sektör Şekil 4 üzerinde detaylandırılmıştır.



Şekil 4. Sektörlere göre dağılım

Ulusal literatür incelemesi kapsamında gerçekleştirilen diğer bir analiz ise çalışma türlerine göre sınıflandırmadır. Çalışmaların %84'ü makale, %7'si yüksek lisans tezi, %5'i doktora tezi, %2'si bildiri ve diğer %2'si ise kitap

bölümünden oluşmaktadır. Şekil 5'ten de görüldüğü gibi bu alanda yapılmış olan makale çalışmaları çok sayıda olmasına rağmen kitap bölümü ve bildiri oranı nispeten oldukça düşük kalmaktadır.

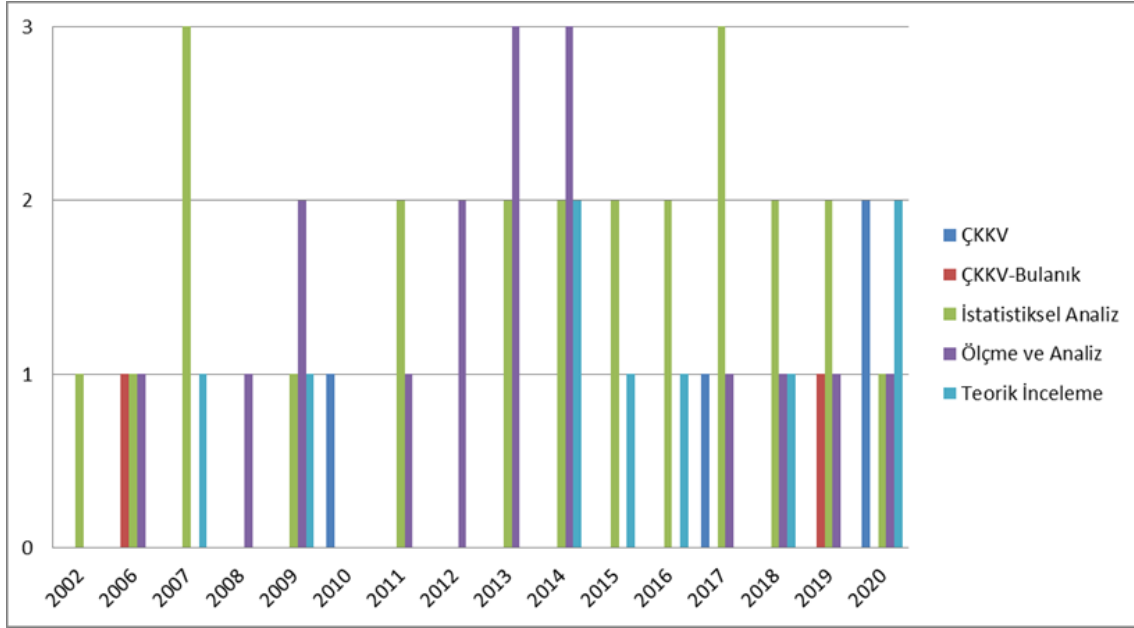


Şekil 5. Yayın türüne göre dağılım

Kurumsal performans kavramının ele alındığı çalışmalarda, yıldan yıla kullanılan yöntemlerde de farklılık olduğu gözlenmektedir. Şekil 6'daki grafik çalışmaların yıllara göre yönetsel dağılımını görsel olarak sunmaktadır. 2002 yılında bu alanda sadece istatistiksel analiz çalışması yapılırken aradan dört yıl geçip 2006 yılına gelindiğinde, ölçme ve analiz, çok kriterli karar vermede bulanık yaklaşım

ve aynı zamanda istatistiksel analiz çalışmaları gerçekleştirildiği görülmektedir. Hemen hemen her yıl kurumsal performans değerlendirmede istatistiksel analiz çalışması yöntem olarak kullanılırken, 2020 yılında bunun yanı sıra teorik inceleme ve ölçme analiz yöntemlerinin de yer aldığı dikkat çekmektedir.





Şekil 6. Yıllara ve yöntemlere göre dağılımı

## 2. Sonuç

Bu çalışmada “Kurumsal Performans” konusunda 2002-2020 yılları arasında Türkiye’de akademik dergilerde yayınlanan makaleler ve üniversitelerde üretilen lisansüstü tezler incelenmiştir. Araştırmanın bulgularını aşağıdaki şekilde sıralayabiliriz:

- 2002-2020 yılları arasında “Kurumsal Performans” anahtar kelimesi ile listelenmiş 56 akademik çalışmaya erişilmiştir. Bu çalışmaların 47’si makale, 4’ü yüksek lisans tezi, 3’ü doktora tezi ve 1’er tanesi bildiri ve kitap bölümü düzeyindedir.

- Toplam 50 farklı dergi ve konferanstan erişim sağlandığı görülmektedir. “Verimlilik Dergisi” ve “Uludağ Üniversitesi SBE İşletme ABD”nda üçer tane, “Journal of Yaşar University” ve “Ege Akademik Bakış” dergilerinde ikişer tane diğer dergilerde ise birer tane çalışma yer almıştır.

- Kurumsal performans ile ilgili çalışmaların büyük çoğunluğunda yöntem olarak istatistiksel analiz tercih edilmiştir.

- 2000’li yılların başlarında kurumsal performans ile ilgili sınırlı sayıda araştırma bulunurken günümüze gelindiğinde çalışma sayılarında artış olduğu tespit edilmiştir.

- Çalışmaların %16’sının sağlık sektöründe, %13’lük kısmının tek bir sektör değil birden çok sektör uygulaması içerdiği, %9’unun yerel yönetimler, %7’sinin eğitim, %5’inin imalat, %5’inin turizm, %4’ünün güvenlik, %4’ünün otomotiv ve diğer %4’ünü sivil toplum kuruluşları ile ilgili olduğu görülmüştür. Bunun dışında %22’lik kısmı oluşturan 11 farklı sektör detaylandırılmıştır. Geriye kalan %14’lük kısım ise sektörel

değil teorik bazlı çalışmalardan meydana gelmiştir.

- 2002 yılında bu alanda sadece istatistiksel analiz çalışması yapılırken aradan dört yıl geçip 2006 yılına gelindiğinde, ölçme ve analiz, çok kriterli karar vermede bulanık yaklaşım ve aynı zamanda istatistiksel analiz çalışmaları gerçekleştirildiği görülmüştür. Hemen hemen her yıl kurumsal performans değerlendirmede istatistiksel analiz çalışması yöntem olarak kullanılırken, 2020 yılında bunun yanı sıra teorik inceleme ve ölçme analiz yöntemlerinin de yer aldığı dikkat çekmiştir.

Elde edilen sonuçlar ile bu alanda akademik araştırma gerçekleştirecek araştırmacılara sektörel ve yönetsel bakış açısı kazandırılabilceği ve aynı zamanda literatürdeki boşlukların tespitine yönelik katkı sunulabileceği düşünülmektedir. Mevcut çalışma ile elde edilen sonuçlar ışığında, sonraki çalışma kapsamında uluslararası akademik yayınların incelenmesi ve ulusal bazda gerçekleştirilen analizlerle kıyaslanması planlanmaktadır.

### Çıkar Çatışması Beyanı:

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması belirtilmemiştir.

### Etik Standartlar Beyanı:

Yazarlar bu çalışmada kullanılan materyal ve yöntemlerin etik kurul izni ve yasal-özel izin gerektirmediğini beyan eder.

## Kaynaklar

- [1] Kaplan S.R., Norton P.D., 1992. The balanced scorecard-measures that drive performance. *Harvard Business Review* 70(1), 71-79.
- [2] Ağca V., Ender T., 2006. Çok boyutlu performans değerlendirme modelleri ve bir balanced scorecard uygulaması. *Afyon Kocatepe Üniversitesi İ.İ.B.F. Dergisi* C.VIII, S.1, 173-193.
- [3] Akal Z., 2000. İşletmelerde Performans Ölçüm ve Denetimi: Çok Yönlü Performans Göstergeleri, Ankara: Mert Matbaası, Milli Prodüktivite Merkezi, Yayın No: 473.
- [4] Pakdil F., 2002. Hizmet işletmelerinde performans iyileştirme ve hastaneler için bir model önerisi, Doktora Tezi, Uludağ Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Bursa, Türkiye, 113656.
- [5] Alioğlu E., 2006. Belediyelerde performans ölçümü için çok ölçütlü bulanık bir model önerisi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye, 222839.
- [6] Coşkun A., 2006a. Büyük sanayi işletmelerinde kurumsal performans ölçüm ve yönetim uygulamaları. *Muhasebe ve Denetim Bakış* 5(19), 119-136.
- [7] Coşkun A., 2006b. STK'ların stratejik performans yönetiminde yeni bir yaklaşım. *Sivil Toplum Dergisi* 4(1), 105-106.
- [8] Yazır T., 2007. Eğitim kurumları için kurumsal performans ölçümüne yönelik bir model geliştirme çalışması, Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Bursa, Türkiye, 220990.
- [9] Geylan F., 2007. Kurumsal performans analizi ve bir uygulama. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul, Türkiye, 217837.
- [10] Güner D., Memiş D., 2007. Kurumsal performans değerlendirme yöntemlerinin gelişim süreci: 1850'lerden 2000'lere bir inceleme. *Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi* 16 (2), 299-310.
- [11] Özer G., Akça Y., 2007. The effects of environmental characteristics on enterprise resource planning implementation success and perceived organizational performance. *Ekonomik ve Sosyal Araştırmalar Dergisi* 3 (1), 1-26.
- [12] Utkutuğ P.Ç., 2008. Kurumsal performans değerlendirme yöntemi olarak toplam başarı göstergesi yöntemi. *Gazi Üniversitesi Endüstriyel Sanatlar Eğitim Fakültesi Dergisi* 23, 55-78.
- [13] Sayılı H., Ağca V., Kızıldağ D., ve Uğurlu Ö.Y., 2009. Etik, kurumsal itibar ve kurumsal performans ilişkisini belirlemeye yönelik ilk 500 işletme içinde yapılmış bir araştırma. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi Fakültesi Dergisi* 14 (2), 171-180.
- [14] Bertan S., 2009. Yönetici görev ve çalışma sürelerinin yönetsel etkinliğe katkısı: otel işletmelerinde bir araştırma. *Trakya Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi* 11 (2), 263-272.
- [15] Güner M., 2009. Performans değerlendirmede paradigma değişimi: finansal olmayan ölçüler finansal ölçülerin yerini alabilir mi?. *Verimlilik Dergisi* (2), 7-24.
- [16] Karahan A., Özgür E., 2009. Stratejik yönetim modeli olarak kurumsal karnenin uygulanabilirliği. *Sosyal Ekonomik Araştırmalar Dergisi* 8 (16), 59-81.
- [17] Bayrakturan Y., Arslan İ., ve Bal V., 2010. Sağlık bilgi sistemlerinin hastane performanslarına etkisinin veri zarflama analizi ile incelenmesi: Türkiye'deki göğüs hastalıkları hastanelerinde bir uygulama. *Gaziantep Tıp Dergisi* 16(3), 13-18.
- [18] Ojo O., 2011. Impact of strategic human resource practice on corporate performance in selected Nigerian banks. *Ege Academic Review* 11 (3), 339-347.
- [19] Gencer C., Çetin T., 2011. Kurumsal performans karnesi ve havacılık sektöründe bir uygulama. *Savunma Bilimleri Dergisi* 10 (2), 105-121.
- [20] Yetmen A., Kişi H., 2011. Kentsel toplu taşımacılıkta kurumsal performans ve çalışan memnuniyeti: İzmir'de Eshot üzerine bir araştırma. *Dokuz Eylül Üniversitesi Denizcilik Fakültesi Dergisi* 3 (1), 85-106.
- [21] Arslan A., 2012. Beşeri-sosyal sermayenin uygun kullanımının kurumsal verimliliğe ve performansa etkisi: Sakarya Ptt Başmüdürlüğü çalışanları ile uygulamalı bir çalışma. *Akademik İncelemeler Dergisi* 7 (1), 227-253.
- [22] Kumru M., 2012. Kurumsal performans değerlendirmenin önemi, gelişimi ve uygulama örnekleri. *Yöneylem Araştırması ve Endüstri Mühendisliği* 32. Ulusal Kongresi, - YAEM, Doğuş Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, 1-7.
- [23] Yılmaz S., 2013. İkinci basamak kamu sağlık kurumlarında kurumsal performans ölçütlerinin belirlenmesine yönelik bir araştırma, Doktora Tezi, Anadolu Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Eskişehir, Türkiye, 322023.

- [24] Temel Eginli A., Bitirim Okmeydan S., 2013. Kişisel bir yetkinlik olan alçakgönüllülüğün kurumsal bir yetkinliğe dönüşmesi: alçakgönüllü organizasyonlar. *Manas Journal of Social Studies* 2, 15-48.
- [25] Aykan E., Sevim B., 2013. Konaklama işletmelerinde çevre yönetimi uygulamaları ve algılanan kurumsal itibar üzerindeki etkisi: Kayseri ve Nevşehir otelleri üzerinde bir araştırma. *İşletme Araştırmaları Dergisi* 5 (3), 93-113.
- [26] Ege İ., Şener Z., 2013. Performans ölçümünde kullanılan yöntemler: performans karnesi ve kumanda paneli karşılaştırması. *Muhasebe ve Finansman Dergisi* (57), 107-120.
- [27] Tiyek R., 2013. Sivil toplum kuruluşlarında kurumsal performansın ölçülmesi: bir model önerisi. *Çalışma İlişkileri Dergisi* 4 (1), 115-134.
- [28] Akın A., 2014. Kalite yönetiminden kurumsal performans yönetimine paradigmatik değişimin işletme yönetimine yansımaları. *Kırıkkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi* 4 (1), 19-39.
- [29] Kula S., Aktürk A.E., 2014. Kamuda ve Emniyet Teşkilatında Kurumsal Performans Yönetimi: Güvenlik Sektöründe Stratejik Yönetim, İstanbul: Nobel Publications 227-255.
- [30] Durmuş A., 2014. Örgütsel adalet ve iş tatmini arasındaki ilişkinin istatistiksel analiz yöntemleriyle araştırılması. *International Journal of Social Science Research* 3 (2), 0-20.
- [31] Ateş S., 2014. Performans yönetiminin Birleşik Krallık'ta merkezi kullanımı ile ortaya çıkan yeni bir seviye: Ulusal performans yönetimi. *Manisa Celal Bayar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi* 12 (2), 153-182.
- [32] Beltekin N., Şahin Özdemir B., Yılmaz G., Akkalkan H., ve Cemaloğlu N., 2014. Sürekli gelişim için e-performans yönetim sistemi: bir model önerisi. *Eğitim Bilimleri Araştırmaları Dergisi Özel Sayı*, 149-170.
- [33] Gençay İ., 2014. Termal turizm işletmelerinde kurumsal performans karnesi oluşturulmasına yönelik model önerisi. *Seyahat ve Otel İşletmeciliği Dergisi* 11 (1), 70-89.
- [34] Birinci M., 2014. Üniversitelerde stratejik yönetim uygulamalarının performansa etkileri: Devlet ve vakıf üniversitelerinin karşılaştırmalı analizi. *Yükseköğretim Dergisi* 4 (3), 135-147.
- [35] Şen E., Tama Ö., 2015. The effect of communication centers on efficiency in local governance: The case study of municipality of Başakşehir. *İstanbul Gelişim Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi* 2 (2), 1-41.
- [36] Özaydın M.M., İlhan E., ve Bayrak M.R., 2015. Entellektüel sermaye ve insan unsurunun sürekli gelişimi için alternatif bir yaklaşım: İnsana yatırım standardı (IIP). *E-Journal of Yasar University* 10(40), 6645-6659.
- [37] Çınar F., 2015. Hesap verilebilirlik ilkesi ile kurumsal performans ilişkisinde paydaş katılımının rolü; hastane işletmelerinde bir uygulama. *Visionary E-Journal/Vizyoner Dergisi* 6(13), 12-30.
- [38] Yılmaz P., 2016. Aile şirketlerinde stratejik planlamanın kurumsal performans üzerine etkilerine dair bir araştırma, Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Bursa, Türkiye, 445195.
- [39] Akçay V., Bilgin K., 2016. Kamu performans yönetimine etkisi açısından psikolojik sermaye. *Kastamonu Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi* 12 (2), 154-174.
- [40] Tekiner M., Çetin S., 2016. Örgütsel adalet algısının örgütsel performans üzerine etkisi: Emniyet teşkilatı örnekleme. *Sosyal Ekonomik Araştırmalar Dergisi* 16 (31), 56-92.
- [41] Yılmaz N., Erdem R., 2017. Dengeli ölçüm kartı modelinin hastanelerde uygulanabilirliğine yönelik bir araştırma: Isparta il merkezi hastaneleri örneği. *Verimlilik Dergisi* (1), 55-74.
- [42] Halis M., Şimşir İ., 2017. Kamu hastanelerinde kurumsal performans uygulamaları: Yönetici ve diğer personel tutumlarının incelenmesi. *Gümüşhane Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, 6 (2), 22-32.
- [43] Sarıtaş A., Korkmaz İ., ve Tunca M., 2017. Pazarlama iletişimde inovatif bir kanal olarak sosyal medyanın kullanımı: Otomotiv sektörü üzerine bir araştırma. *Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi* 22. UPK Ahmet Hamdi İslamoğlu Özel Sayısı, 95-108.
- [44] Ersoy N., 2017. Performance measurement in retail industry by using a multi-criteria decision making methods. *Ege Academic Review* 17 (4), 539-551.
- [45] Yıldırım B., Şen E., 2017. Stratejik insan kaynakları yönetiminin kurumsal performansa etkisi: İstanbul Üniversitesi'nde bir uygulama. *Yönetim ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi* Cilt: 15 Sayı: Ek Sayı 1, 23-40.
- [46] Uzun Kocamış T., Yıldırım G., ve Kuzu S., 2018. Finansal performansın sürdürülebilirlik raporlaması üzerine etkisi: BIST100 şirketleri üzerinde bir inceleme. *Muhasebe ve Vergi Uygulamaları Dergisi* 10. Yıl Özel Sayısı, 625-635.

- [47] Korkmaz O., 2018. Kurumsal performans karnesi ölçümü: Üçüncü basamak sağlık kurumlarında bir uygulama. Anemon Muş Alparslan Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi 6 (6), 1051-1061.
- [48] Aydemir İ., Yıldırım T., 2018. Sağlık kurumlarında tıbbi hataların azaltılmasında ekip kaynak yönetimi yaklaşımı: Ankara ilinde faaliyette bulunan bir eğitim-araştırma hastanesi ameliyathane ünitesi örneği. Verimlilik Dergisi (3), 115-141.
- [49] Özkal Sayan İ., Övgün B., ve Zengin O., 2018. Türk kamu yönetiminde performans değerlendirmesi ve denetimi mümkün mü?. Sosyal Bilimler Metinleri 2018 (2), 74-92.
- [50] Adem A., Alıcıoğlu G., ve Dağdeviren M., 2019. An integrated approach for prioritizing the dealers on the basis of organizational performance measurements. Endüstri Mühendisliği 30 (1), 49-62.
- [51] Yenal Kesbiç C., Mıynat Taşdemir B., 2019. Halka açıklık oranının finansal performans üzerindeki etkisi. Yönetim ve Ekonomi: Celal Bayar Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi 26 (2), 689-703.
- [52] Cicerali E., 2019. Örgütsel öğrenme: Öğrenme tarzları ile kurumsal öğrenme ortamı imkanlarının performans etkileri. Avrasya Sosyal ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi 6 (6), 381-390.
- [53] Fasal A., Balaban Ö., 2019. Türkiye tarım kredi kooperatifleri için kurumsal performans karnesi önerisi. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi 14 (2), 277-290.
- [54] ErKayman B., Kocadağistan M., Albayrak Ö., 2020. Belediyelerde performans ölçümü için D-ANP temelli bir kurumsal performans kartı uygulaması. Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi 34 (4), 1491-1511.
- [55] Gezer Y., Kınır S., 2020. Expected of debt capital and gearing: Return, risk and impact on the value of the firm's equity. Aydın İktisat Fakültesi Dergisi 5 (1), 25-33.
- [56] Tulum S., 2020. Çok boyutlu performans değerlendirme yöntemlerinden balanced scorecard ve performans prizması yöntemlerinin karşılaştırılması. Bartın Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi 11 (21), 101-122.
- [57] Gökçek E., 2020. Stratejik yönetim sürecinin kurumsal performans üzerine etkisi: Kalkınma ajanslarına yönelik bir araştırma, Doktora Tezi, Karabük Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Karabük, Türkiye, 628227.
- [58] İç Y., Yetim E., 2020. Türk imalat firmalarının rekabetçi stratejilere dayalı kurumsal performanslarının ölçümünde kullanılacak bir karar destek sisteminin geliştirilmesi. TÜBAV Bilim Dergisi 13 (2), 11-28.
- [59] Kavas Bilgiç A., 2020. Verimlilik, etkinlik ve tutumluluk ilkeleri bağlamında Sayıştay'ın büyükşehir belediyeleri üzerindeki performans denetimi. Kafkas Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi Cilt 11 Ek Sayı-1, 1-29.
- [60] Tandon A., Dhir A., Najmul Islamd A.K.M., Mäntymäki M., 2020. Blockchain in healthcare: A systematic literature review, synthesizing framework and future research agenda. Computers in Industry 122, 103290.
- [61] Pourhabibi T., Ong K.L., Kam B.H., Boo Y.L., 2020. Fraud detection: A systematic literature review of graph based anomaly detection approaches. Decision Support Systems 133, 113303
- [62] Toorajipour R., Sohrabpour V., Nazarpour A., Oghazi P., Fischl M., 2021. Artificial intelligence in supply chain management: A systematic literature review. Journal of Business Research 122, 502-517.
- [63] Tie Houa T., Wang V., Industrial espionage – A systematic literature review (SLR). Computers & Security 98, 102019.