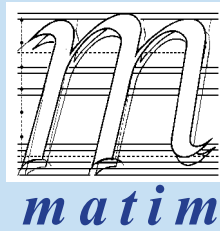


MAKİNA TASARIM VE İMALAT DERGİSİ

Cilt: 15

Sayı: 2

Kasım 2017



**Metal Şekillendirme Mükemmeliyet Merkezi
ATILIM ÜNİVERSİTESİ - ANKARA**

Yayın Kurulu

Editör: Erhan İlhan Konukseven
Yardımcı Editör: Sezer Özerinç
Yardımcı Editör: Oğuzhan Yılmaz
Yardımcı Editör: Hakan Kalkan

ODTÜ
ODTÜ
Gazi Üniversitesi
Atılım Üniversitesi

Kurul Üyeleri

Metin Akkök
Can Çoğun
Mustafa Bakkal
Cemal Merih Şengönül
Erhan Budak
İsmail Durgun
Volkan Esat
Mehmet Fırat
Hüseyin Filiz
Necdet Geren
Mustafa İ. Gökler
Yiğit Karpaz
İsmail Lazoğlu
İzzet Özdemir
Tuğrul Özel
Ferruh Öztürk
Evren Yasa
İ. Ethem Saklakoğlu
Halim Meço
Yusuf Kaynak
Ali Oral
Haydar Livatyalı

ODTÜ
Çankaya Üniversitesi
İTÜ
Atılım Üniversitesi
Sabancı Üniversitesi
İsmail DURGUN Eğitim ve Danışmanlık
ODTÜ Kuzey Kıbrıs
Sakarya Üniversitesi
Gaziantep Üniversitesi
Çukurova Üniversitesi
ODTÜ
Bilkent Üniversitesi
Koç Üniversitesi
İYTE
Rutgers Üniversitesi
Uludağ Üniversitesi
Osmangazi Üniversitesi
EGE Üniversitesi
FNSS
Marmara Üniversitesi
Balıkesir Üniversitesi
YTÜ

Danışma Kurulu

Tuna BALKAN
Melik DÖLEN
O. Selçuk YAŞI
Yiğit YAZICIOĞLU
Orhan YILDIRIM

ODTÜ
ODTÜ
ENVY A.Ş.
ODTÜ
ODTÜ

Yazışma Adresi, Telefon ve Faks

MakinaTasarımveİmalatDerneği
Metal ŞekillendirmeMükemmeliyetMerkezi
ATILIM Üniversitesi
İncek, ANKARA
Tel : (312) 586 8860, 586 8368, Faks : (312) 586 8091
Web: <http://matim.org.tr/>
e-mail : matim@atilim.edu.tr

MAKİNA TASARIM VE İMALAT DERGİSİ

Cilt: 15 Sayı: 2

JOURNAL OF
MECHANICAL DESIGN
AND PRODUCTION

Vol: 15 No: 2

ISSN 1302-9487

TELİF HAKKI

Makina Tasarım ve İmalat Dergisinde yayımlanan bütün yazıların telif hakkı MAKİNA TASARIM VE İMALAT DERNEĞİ'nindir. Yayımlanmış yazıların başka bir yerde tekrar yayımlanması, çoğaltılması ve dağıtılması, Yayın Kurulundan yazılı izin almak koşulu ile mümkündür. Makalelerdeki görüşlerden doğacak sorumluluk makale yazarına aittir.

ABONE KOŞULLARI

Yıllık abone bedeli gerçek kişiler için 20 TL, firma ve kuruluşlar için 60 TL, öğrenciler için 10 TL'dir. Abone olmak için aşağıda verilen banka hesabına abone bedelinin yatırılması ve açık adresiniz ile banka makbuzunun adresimize gönderilmesi yeterlidir.

TANITIM KOŞULLARI

Kuruluş ve ürünlerini tanıtmak isteyenler hazırlayacakları tanıtım yazı ve resim taslaklarını Derneğimiz'e göndererek saptanacak bir katkı karşılığında Dergi'de yayımlanmasını sağlayabilirler.

BANKA HESAP NUMARASI

Makina Tasarım ve İmalat Derneği
T. İş Bankası, ODTÜ Şubesi
Hesap No: 4229 0235339
IBAN:
TR430006400000142290235339
Dergi, Dernek Üyelerine ücretsiz iletilir.

DİZGİ

Hülya SEVER

BASKI

DERGİPARK-Elektronik Yayın

Yılda 2 sayı Mayıs ve Kasım aylarında yayımlanır.

İÇİNDEKİLER

ARAŞTIRMA, GELİŞTİRME VE UYGULAMA MAKALELERİ

OSSA Gurubu Üyesi Bir Tasarım Firmasında Kalite Süreçleri
Dikkate Alınarak ERP Yazılımı Seçimi

47

Batuhan Özdemir
Barış Keçeci

Bir İmalat Firmasında ISO 9001:2015 Kalite Yönetim
Sisteminin Kurulması

58

Yusuf Tansel İç
Arife Gül Yeşiloğlu

Sıcak Pres Birleştirme Yöntemi ile Kilitlenen
Bölgelerde Dayanımın İyileştirilmesi

75

Mustafa Göz

Asma Tavan İmalatında Kullanılan Profillerin
Eniyileştirilmesi

84

Tunç Safa Altunsaray
Tuğçe Hacaloğlu
Bilgin Kaftanoğlu

Endüstriyel Robot Seçimi İçin Bir Karar
Destek Sistemi

92

Alkın Kaan Günyar
Yusuf Tansel İç
Hakan Önel
Mustafa Yurdakul

Sayın Okurlarımız,

Makina Tasarım ve İmalat Dergisi 1986 yılından bu yana özgün araştırmaları yayımlayan hakemli bir dergi olarak süreklilik kazanmıştır. 2001 yılında dergimize ISBN (ISBN1302-9487) numarası verilmiş, TÜBİTAK tarafından ulusal veri tabanına alınmış ve dergi basım adedi artırılarak Türkiye’de daha yaygın dağıtımı sağlanmıştır.

Yayın kurulumuz dergiye özgün çalışma ürünü, derleme veya bir bilgi ve tecrübe aktarımını sağlayacak makaleler bulmak konusunda katılımlarınızı beklemektedir. Ayrıca kitap tanıtımı, konu taraması ve sanayi kuruluşlarının etkinliklerini içeren yazılara da geçmişte olduğu gibi yer verilmektedir.

2016 yılında YÖK tarafından yeni olarak istenen Doçentlik için yerli yayın zorunluluğu için de dergimiz uygun bir platform olacaktır. Dergimizin Mayıs ve Kasım aylarında çıkarılabilmesi için de makale katkılarınızı beklemekteyiz. Bu sayede, dergimiz TÜBİTAK ULAKBİM tarafından taranan dergiler arasına girecektir. Dergimiz, 2017 yılındanberi TÜBİTAK DERGİPARK ortamında yayınlanmaktadır. Dergimizin eski sayılarına da bu ortamda ulaşılabilir. Ayrıca yeni web sayfamızda (<http://matim.org.tr/>) Dergimiz ve Derneğimiz ile ilgili bilgiler bulunmaktadır.

Dergimizi, endüstri ve akademik kuruluşlarımızın karşılıklı bilgi alışverişinde bulunduğu, teknik sorunları tartıştığı ortak bir forum haline getirmek için siz meslektaşlarımızın katkı ve önerilerini bekleriz.

Saygılarımızla,

Yayın Kurulu

Batuhan Özdemir
Kalite Müh.

ozdemirbatuhan@hotmail.com
ELSİS A.Ş.
Ankara

Barış Keçeci
Yrd. Doç. Dr.

bkececi@baskent.edu.tr
BAŞKENT Üniversitesi
Endüstri Mühendisliği Bölümü
Ankara

OSSA Gurubu Üyesi Bir Tasarım Firmasında Kalite Süreçleri Dikkate Alınarak ERP Yazılımı Seçimi

Bu çalışmada, savunma sanayinde faaliyet gösteren bir elektronik firmasında ERP yazılımı seçimi, Çok Ölçütlü Karar Verme (ÇÖKV) problemi olarak ele alınmıştır. ÇÖKV yöntemi olarak bulanık TOPSIS uygulanmıştır. Bu amaçla Ostim Savunma ve Havacılık Kümelenmesi (OSSA) gurubuna üye firmalardan ve çalışmanın yapıldığı firma içi karar vericilerden anket yoluyla elde edilen veriler kullanılmıştır. Veriler toplanırken belirsizlik ve öznellikten arınmak amacıyla, üçgensel bulanık sayılar ile ifade edilen dilsel terimlerden yararlanılmıştır. Elde edilen veriler sayesinde ERP seçim ölçütlerinin önem seviyeleri ve alternatif yazılımların sıralaması belirlenmiştir. Bu doğrultuda firmanın ihtiyaçlarını karşılayacak en uygun ERP yazılımının seçilmesi hedeflenmiştir.

Anahtar Kelimeler: KOBİ, OSSA, Elektronik firması, ERP, Çok ölçütlü karar verme, Bulanık, TOPSIS

1. GİRİŞ

Günümüzde pek çok firma bulunduğu sektörde rekabetçi piyasa koşullarının getirdiği zorlukları yaşamaktadır. Firmalar, sektördeki pazar paylarını arttırmak ve rakiplerinin önüne geçmek amacıyla tüm operasyonlarını ve süreçlerini sürekli olarak geliştirmek zorundadır. Bu gelişimi sağlamak için yürütülmesi gereken pek çok faaliyet olmakla birlikte gelişimin temelini, kaynak planlaması ve bu kaynakların en verimli şekilde kullanılması oluşturmaktadır.

Kurumsal Kaynak Planlaması (ERP) yazılımları, gelişen teknolojinin ve yazılım sektörünün, verimli bir kaynak planlaması için firmalara sunduğu paket programlardır. Günümüzde pek çok firma mevcut kaynaklarını en verimli şekilde yönetmek ve planlamak amacıyla ERP yazılımları tedarik etmektedirler.

ERP yazılımlarının firmalara sağladıkları en büyük katkılardan birisi, firmaların sahip oldukları ve gerekleri kapsamında yönetildikleri kalite yönetim süreçlerine olan katkılardır. Günümüzde pek çok firma, faaliyet gösterdiği sektör veya sektörlerle ilişkili çeşitli kalite yönetim sistemleri ile yönetilmektedir. Firmalar, tüm operasyonlarının, kalite yönetim sistemleri ile güvence altına alınmış ve belirlenmiş standartlar çerçevesinde yönetildiğini akredite kuruluşlar vasıtasıyla belgelemektedir. Bu amaçla sertifikasyon işlemlerini yürütmektedir. Kalite yönetim sisteminin gereklerinin yerine

getirilmesi ve devamlılığının sağlanması amacıyla firmalar pek çok kalite karakteristiğini ve performans göstergesini takip etmek ve gerekli durumlarda iyileştirme faaliyetlerini yerine getirmek zorundadır.

Firma süreçlerinin birbirlerine bütünlük şeklinde yönetilmesini sağlayan ERP yazılımları, kalite yönetim süreçleri konusunda da firmalara önemli düzeyde destek sağlamaktadır. Örneğin, siparişlerdeki gecikmelerin takibi, ürün uygulunun izlenmesi/ölçülmesi, kalite yönetim sisteminin devamlılığının sağlanması, uygunsuzlukların yönetimi, performans göstergelerinin ölçülmesi, operasyonel kalite kontrol süreçlerinin işletilmesi ve sürekli iyileştirme için bilginin sağlanması gibi müşteri memnuniyetini doğrudan etkileyen pek çok faaliyetin sistematik şekilde yürütülmesine imkân sağlamaktadır. ERP yazılımlarının, kalite süreçlerine olan bu katkısı, firmalar için ERP seçim sürecini, stratejik açıdan daha da önemli kılmaktadır.

Firmalar, ERP yazılımı ihtiyaçlarını tespit ettikten sonra yazılım seçim süreci başlar ve bu süreç pek çok ölçütün dikkate alınması gereken zorlu bir süreçtir. Piyasada farklı işlemlere ve özelliklere sahip çok sayıda ERP yazılımı bulunmaktadır. Bu durum seçim sürecini karmaşık bir karar problemi haline getirmektedir. Firmaların, ihtiyaçlarını en iyi şekilde karşılayacak, mevcut operasyonlarını en verimli şekilde yönetmelerini sağlayacak, en uygun ERP yazılımını belirlemek ve tedarik etmek firmalar açısından hayati önem teşkil etmektedir.

Diğer sektör firmalarında olduğu gibi savunma sanayi sektöründe faaliyet gösteren firmalar için de yazılım ihtiyacının tespiti durumunda, ERP yazılımının seçimi ve tedarik edilmesi önemli bir süreçtir. ERP yazılımı tedarikçilerinin çoğu, ürünlerini (yazılımlarını), tüm firmalara ve tüm sektörlerle hitap edecek şekilde tasarlanmaya çalışmaktadır. Ancak günümüzde firmaların aktif olarak faaliyet gösterdikleri sektörler, firmaların, tedarik ettikleri ya da edecekleri ERP yazılımlarından beklentilerini farklılaştırmaktadır. Savunma sanayi sektörü için de, diğer pek çok sektörden farklılık gösteren ve yönetilmesi gereken özel süreçler ve operasyonlar bulunmaktadır.

Bu çalışmada, daha önce tedarik edilmiş ERP yazılımının firma ihtiyaçlarına cevap vermediğinin firma yönetimi tarafından tespit edilmesi sonucu yeni bir ERP yazılımı tedarik edilmesine karar verilmiş, savunma sanayinde faaliyet gösteren bir elektronik firması için firmaya en uygun ERP yazılımının belirlenmesi hedeflenmiştir. Firmaya en uygun ERP yazılımının seçilmesi ve yazılımın tedarik edilmesi ile bir önceki ERP yazılımında eksik bulunan işlevlerin ve bileşenlerin firma tarafından elde edilmesi ve bu sayede firmanın kalite yönetim süreçlerinde ihtiyaç duyduğu kabiliyete erişmesi hedeflenmiştir. ERP yazılımının seçimi için yöntem olarak, bir Çok Ölçütlü Karar Verme (ÇÖKV) yöntemi olan Bulanık TOPSIS yöntemi kullanılmıştır.

Çalışmanın ikinci bölümünde ERP seçimi ve ÇÖKV yöntemleri ile ilgili yapılmış önceki çalışmalar hakkında kaynak taraması bulunmaktadır. Çalışmanın üçüncü bölümünde Bulanık TOPSIS yönteminin kullanılması ile firmanın ERP seçim sürecinde alternatiflerin değerlendirildiği çalışmanın detayları sunulmaktadır. Sonuç bölümü olan dördüncü bölümde ise elde edilen bilgiler ışığında saptanan sonuçlar açıklanmıştır.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Yapılan bu kaynak taraması 2002 ve 2018 yılları arasında ERP ve ERP seçimi konusunda yapılan çalışmalarla sınırlıdır. Literatürde, ERP yazılımlarının seçimi için; sıralama, puanlama, ÇÖKV ve matematiksel optimizasyon gibi pek çok yöntem bulunmakta ve uygulanmaktadır [1]. Ayrıca bir ERP sisteminin seçilmesi için tek veya sabit bir yöntem veya yaklaşım mevcut değildir [2]. Yusuf vd. [3], ERP kurulum süreçlerinde alınan başarılı ve başarısız sonuçların nedenini, kötü kurulum uygulamaları ve sürecin kötü yönetilmesi olarak tespit etmiştir. Ek olarak; büyük ölçekli firmalarda, başarılı bir ERP kurulum sürecini engelleyen temel nedenleri bulmak amacıyla, Rolls-Royce firmasında

ERP kurulumu üzerine bir örnek vaka çalışması yapmıştır. Kurulum sırasında yaşanan bazı sorunlar maddeler halinde özetlenmiştir: a) Sürecin, yazılım konfigürasyonuna karşı gelmesi, b) Çalışanların, yeni bir iş ortamında, değişikliklere adapte olacak şekilde eğitilmesi, c) Modern bilgi teknolojilerinin sağladığı faydaların yönetim kadrosuna açıklanması ve öğretilmesi, d) Kurulum için gereken ekipmanların gecikmesi, e) Eski bilgisayar ve altyapı teknolojileri nedeniyle veri aktarımı sırasında yaşanan zaman kayıpları. Jacobs ve Weston [4], ERP tarihçesini, ERP'nin başlangıcını ve bu alanda gerçekleşecek gelecekteki olası adımları anlatmıştır. Ayrıca 1980'lerin ortasında IBM firmasında Endüstri danışmanı olarak görev yapmış bir çalışandan da bilgi elde etmişlerdir. Yaptıkları çalışmada 1960'lı yıllardan itibaren ERP'nin teknolojik gelişimini ele almışlardır. Firmaların, ihtiyaçlarını karşılayacak en uygun ERP yazılımlarını seçememesi sonucu boşa giden yatırım kaynaklarından yola çıkarak, Ghapanchi vd. [5] bir petrol firmasında ERP yazılımının seçim problemi için matematiksel bir programlama yöntemi olan Veri Zarflama Yöntemini (Data Envelopment Analysis-DEA) kullanmıştır. Dezdar ve Ainin [6], 384 katılımcı tarafından doldurulan soru formlarından elde ettikleri veriler doğrultusunda, ERP yazılımının kalitesinin ve yazılım tedarikçi firmasının desteğinin önemi konularında çalışmıştır. Hem yazılım kalitesinin hem de güvenilir tedarikçinin, ERP kurulum süreçlerinin başarısı üzerinde önemli bir etkisi olduğu sonucuna varmıştır. Erkan [7], Türkiye'de ve uluslararası alanda, ERP kurulum süreçlerindeki farklar üzerine çalışmıştır. 1960'lı yıllardan, 21. yüzyıla uzanan ERP yazılımının gelişim sürecini ve yazılımların sağlamaya çalıştıkları odak noktalarını anlatmıştır. Yaptığı vaka çalışması sonucunda elde ettiği bulgular çerçevesinde dünyanın diğer ülkelerinde yürütülen ERP kurulum süreçleri ile Türkiye'de yürütülen ERP kurulum süreçleri arasında farklar olduğu sonucuna varmıştır. Chen [8], Birleşik Arap Emirlikleri'nde ERP kurulum süreçlerini ve kritik başarı faktörlerini çok yönlü olarak ele almıştır. Yaptığı vaka çalışması sonucu kritik başarı faktörlerinin yerel kuruluşlar ve uluslararası firmalar açısından farklılıklar gösterdiğini tespit etmiştir. Salazar vd. [9], 2013 yılına kadar ERP seçim süreçleri konusunda yapılmış çalışmalarını derlemiş ve yayınlanan çalışmalar üzerine bir inceleme yapmıştır. Yaptıkları çalışmada küçük ve ortak ölçekli firmaları temel alarak, araştırma kitaplarını, akademik makaleleri ve doktora tezlerini analiz etmiştir. Ek olarak ERP kurulum süreçlerinde kritik başarı faktörleri konusunda da çalışmıştır. Haddara [10], ERP seçim sürecini bir vaka çalışması ile almış ve yöntem olarak bir Çok Amaçlı Derecelendirme Tekniği (Multi-Attribute Rating Technique) olan SMART yöntemini kullanmıştır. Ayrıca ERP seçim sürecini detaylı olarak ele almıştır. Kashani [11],

başarılı bir ERP kurulum süreci için gereken aşamaları adım adım ele almış ve incelemiştir. Elde ettiği bulgular çerçevesinde, ERP kurulumu süreci yürütülen bir firmada, CEO'nun projenin başından itibaren sürece dâhil olma ve projeyi sahiplenme seviyesinin, sürece büyük oranda olumlu etkisinin olduğunu tespit etmiştir. Rouyendegh vd. [12], yaptıkları çalışmada hibrit AHP-TOPSIS yöntemi kullanarak, ERP kurulum süreçlerini tamamlamış firmaların tedarik zinciri yönetim performanslarını tespit etmiştir. Elde edilen sıralama ile hangi sektörlerdeki firmaların ERP yazılımından en yüksek seviyede fayda sağladığı ortaya koymuştur.

3. ERP SEÇİM SÜRECİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

ERP seçimi için kaynaklarda farklı yaklaşımlar bulunmaktadır. Bu yöntemlerin sağlıklı sonuçlar vermesi ve buna istinaden firma ihtiyaçlarına en uygun ERP yazılımının seçilmesinin önemli ön koşullarından biri de alternatifler değerlendirilirken ele alınacak ölçütlerin belirlenmesidir.

ERP yazılımı tedarik sürecinde, yazılımların kıyaslandığı ölçütler genel olarak işlevsel (functional) ve işlevsel olmayan (non-functional) olarak sınıflandırılırlar [13]. İşlevsel gereksinimler, sistemin geçerli girdileri ve çıktıları arasındaki bağlantıyı açıklayabilen gereksinimler olurken, işlevsel olmayanlar sistemin, açıklaması ve test etmesi zor özellikleridir [14]. Bu gereksinimler, firma büyüklüğüne göre değişkenlik gösterebilir.

3.1 Seçim ölçütlerinin belirlenmesi

Yazılım seçim ölçütlerinin neler olması gerektiği hakkında kaynaklarda pek çok çalışma bulunmaktadır. McCall vd. [15] çalışmasında yazılım kalitesi açısından değerlendirilmesi gereken 11 farklı ölçüt önermiştir. Alanbay [16], ERP sistemi tedarik edecek firmaların değerlendirmesi gereken ölçütler olarak aralarında Gerçek Zamanlı Değişiklikler, Esneklik, Uyarılma, Kurulum, Bakım İmkânları, Diğer Uygulamalar ile Uyum ve Fiyatın da bulunduğu, 15 farklı ölçüt önermiştir. Karsak ve Özogul [17] ise seçim sürecinde Kullanıcı Dostluğu, Tedarikçinin Sektördeki Yeri, Toplam Maliyet, Servis Hizmetleri, İşlevsellik ve Tedarikçinin Destek Seviyesi ölçütlerin dikkate alınması gerektiğini önermiştir. Rouyendegh vd. [18] tarafından, ERP sistemi seçimi için Güvenilirlik, Kullanıcı Dostluğu, İşlevsellik, Kurulum ve Toplam Maliyet olmak üzere 5 temel ölçüt önerilmiştir. Yapılan kaynak araştırması ile birlikte, aşağıda detayları verilen 8 ölçüt, karar vericiler tarafından ERP yazılımı seçim sürecinde kullanılmıştır: Bunlar;

1. Yazılım İşlevselliği / Fonksiyonellik (C1)
2. Kullanılabilirlik / Kullanıcı Dostluğu (C2)

3. Firma İş Süreçlerine (Proseslerine) Uygunluk (C3)
4. Yazılımın Teknik Altyapısı (C4)
5. Maliyet (C5)
6. Tedarikçi Firma (C6)
7. Sürdürülebilirlik / Destek Hizmetleri (C7)
8. Kurulum / Entegrasyon (C8)

3.2 Bulanık TOPSIS yöntemi

Bir doğrusal ağırlıklandırma tekniği olan TOPSIS yönteminin en önemli özelliği, bu yöntemde pozitif ideal çözüme en yakın ve negatif ideal çözüme en uzak olan en uygun çözümün belirlenmesidir. Bu mesafelerin iki yönlü olması ile sadece maksimize edilecek durumlar değil minimize edilmesi gereken durumlar da göz önünde bulundurulur ve buna göre en uygun seçim yapılır. Bununla beraber, gerçek hayatta pek çok durumda değerlendirme yaparken sayısal değerler yetersiz kalabilir çünkü insan düşünce ve yargıları özellikle tercihler genellikle belirsizlik içerir. Bu nedenle TOPSIS yöntemi bulanık veriler kullanılabilecek şekilde geliştirilmiştir. Bulanık TOPSIS yöntemi belirli bir kriter ya da kriterlere göre belirsizlik altında alternatifleri değerlendirip sıralanmasına ve en doğru seçim yapılmasına yardımcı olan bir yöntemdir.

Bulanık TOPSIS yöntemi, TOPSIS yönteminin gelişmiş bir versiyonudur. TOPSIS yönteminde karar vericiler, alternatifleri, nicel ve nitel ölçütler açısından değerlendirir. Değerlendirmeler yapılırken kullanılan ikili mantığa dayanan ifadeler her zaman karar vericinin görüşünü doğru olarak yansıtmayabilir. Gündelik hayatta düşüncelerimizi, görüşlerimizi her zaman kesin ve açık ifadeler kullanarak belirtmeyiz. Bunun yerine kullandığımız pek çok yargı belirsizlik ve öznellik içerir. İnsan düşüncesini kesin verilerle tanımlamak oldukça zordur [19]. Bu nedenle ÇÖKV yöntemleri gibi matematiksel uygulamalarda karar vericilerin, ölçütler ve alternatifler için değerlendirmeleri alınırken dilsel ifadelerden yararlanılması, karar vericilerin görüşlerini en doğru şekilde ifade etmelerini, ek olarak değerlendirme sürecinde belirsizlikten ve öznellikten arınmayı sağlamaktadır [20,21].

Dilsel ifadeler, ilk olarak Zadeh [22] tarafından ortaya atılan "Bulanık Sayılar Teoremi" ile ifade edilmektedir. Bulanık sayılar, bulanık mantık yaklaşımından yola çıkılarak tanımlanmaktadır. Bulanık mantıkta, özellikle dilsel ifadeler kullanılarak yapılacak değerlendirmeler ile elde edilecek çözümlerin, doğası gereği yaklaşıklık üzerine kurulu olması beklenir. Öznel (subjektif) ifadelerin önemli rol oynadığı ÇÖKV süreçlerinde bu tür ifadelerin, bulanık ortamlarda karmaşık değerlendirmelerin yapılabilmesi için kullanılabilmeleri ve kullanılan bu

ifadelerin daha sonra sayısal değerlere çevrilebilmeleri gerekmektedir [23]. Bu ifadelerin kullanılabilmesini sağlayan bulanık sayılar, bulanık küme teorisi ile matematiksel olarak modellenmektedir [24].

Chen [25] tarafından geliştirilen Bulanık TOPSIS yönteminde, karar ölçütleri ve alternatifler, dilsel değişkenler kullanılarak değerlendirilmektedir. Dilsel ifadeler kullanılarak yapılan değerlendirmeler, bulanık sayılar yardımıyla modellenmekte ve sonuca, TOPSIS yönteminde olduğu şekilde sayısal veriler ile ulaşılmaktadır. Bulanık TOPSIS kolay formüle edilebilir, bilgisayar uygulamalarına kolay adapte dileyebilir, yöntemin içinde yapılan matematiksel hesaplamalar bilgisayar uygulamalarına rahatlıkla uygulanabilir.

Literatürde Bulanık TOPSIS yöntemi kullanılarak yapılmış bazı çalışmalar aşağıda verilmiştir:

Habenicht vd. [26], ÇÖKV sürecini, belirsizlik ve risk sorunlarını göz önüne alarak, deterministik yaklaşım mantığı çerçevesinde ele almıştır. Chu [27], Bulanık TOPSIS yöntemi kullanarak tesis yer seçimi problemi için çözüm uygulaması sunmuştur. Yapılan çalışmada, belirlenen alternatiflerin derecelendirmeleri ve ölçüt ağırlıkları üçgen bulanık sayılar ile ifade edilen dilsel ifadeler kullanılarak belirlenmiştir. Bir diğer Bulanık TOPSIS uygulaması, Chen vd. [28] tarafından tedarikçi seçim problemi için kullanılmış ve kullanılan Multi-Criteria Decision Making (MCDM) yönteminin tedarikçi seçim problemleri için uygun bir yöntem olduğu sonucuna varılmıştır. Yapılan çalışmada trapezoid bulanık sayılar kullanılmıştır. Yurdakul ve İç [29], yaptıkları çalışma ile ÇÖKV yöntemlerinde bulanık sayıların kullanılmasını ile sağlanan fayda düzeyini nicelleştirmiştir. Çok ölçütlü karar verme yönteminde kullanılan bulanık sayıların, bulanıklık seviyelerini düzenli olarak arttırarak elde edilen sıralama verileri ile bulanık mantık kullanılmadan elde edilen sıralama verilerini karşılaştırmış ve sıramalar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit etmişlerdir. Awasthi vd. [30], kentsel dağılım merkezlerini yer seçimi için Bulanık TOPSIS yöntemini kullanmış ve bu yöntemin bulanık sayılar ile ifade edilen dilsel değişkenlerin elde edilen cevaplar üzerindeki belirsizliği kaldırmasından dolayı etkin sonuçlar verdiğini öne sürmüştür. Zavadskas ve Turskis [31], son yıllarda iktisat alanında kullanılan, farklı ÇÖKV yöntemlerini, yazar bilgilerini ve kullanılan seçim ölçütlerini de sağlayarak ele almıştır. Sayıları giderek artan yöntemleri kronolojik olarak sıralamıştır. Şengül vd. [32], Türkiye'deki yenilenebilir enerji kaynakları yatırım alternatiflerini, Bulanık TOPSIS yöntemi kullanarak değerlendirmiştir. Çalışma sonucu belirlenmiş ölçütler çerçevesinde en uygun yenilenebilir enerji sisteminin, hidroelektrik santraller

olduğu sonucuna varmıştır. Nag ve Helal [33], global olarak pek çok ülkede faaliyet gösteren bir ilaç dağıtım lojistik ağının tedarikçi seçim problemi için, Bulanık TOPSIS yöntemi kullanarak çözüm elde etmiştir. Zavadskas vd. [34] tarafından yapılan inceleme çalışmasında, 2000 yılından 2015 yılına yöntemdeki gelişmeler ve yeni yaklaşımlar sayesinde, TOPSIS yöntemi kullanılarak çözüm oluşturulan, çok ölçütlü karar verme problemi çalışmaları derlenmiştir. Çalışma ile son yıllarda çok ölçütlü karar verme yöntemlerinden biri olan TOPSIS yöntemi kullanılarak çözüm oluşturulan vaka sayısındaki artış elde edilmiştir.

Bulanık TOPSIS yöntemi 9 adımdan oluşan bir işlem sürecini içerir [25].

Adım 1: Karar Vericiler Grubunun, Alternatiflerin ve Ölçütlerin Belirlenmesi

Yöntemin uygulanması için karar verici grubunun, alternatiflerin ve ölçütlerin belirlenmesi gerekir. Eş.(1)'de G_k , k . karar vericiyi, Eş.(2)'de A_i , i . alternatifini ve Eş.(3)'de C_j , j . ölçütü göstermektedir.

$$G_k, k = 1, \dots, K \quad (1)$$

$$A_i, i = 1, \dots, M \quad (2)$$

$$C_j, j = 1, \dots, N \quad (3)$$

Adım 2: Ölçüt Ağırlıklarının ve Alternatiflerin Her Bir Ölçüt Açısından Derecelerinin Dilsel Değişkenler Kullanılarak Belirlenmesi

Her bir karar verici, dilsel ifadeler kullanarak ölçütleri önem seviyelerine göre değerlendirir. Böylece Tablo 1'de ki $K \times N$ 'lik matris elde edilir.

Tablo 1. Ölçütlerin ağırlıklandırılması

| | C_1 | C_2 | ... | C_N |
|-------|-------|-------|-----|-------|
| G_1 | | | | |
| G_2 | | | | |
| ... | | | | |
| G_K | | | | |

Benzer şekilde yine her bir karar verici, dilsel ifadeler kullanarak alternatifleri tüm ölçütler açısından değerlendirir ve Tablo 2'deki $K \times (M \times N)$ 'lik matris elde edilir.

Karar vericiler tarafından dilsel ifadeler kullanılarak yapılan değerlendirmeler ile elde edilmiş tablolardaki veriler, seçilmiş bulanık küme fonksiyonu kullanılarak bulanık sayılara

dönüştürülür. Bir başka değişle Tablo 1 ve 2'deki her bir hücrede bulunan dilsel ifade yerine, karşılığı olan ilgili bulanık sayı yazılır.

Tablo 2. Alternatiflerin ölçütler açısından derecelendirmesi

| | C ₁ | | | ... | C _N | | |
|----------------|----------------|-----|----------------|-----|----------------|-----|----------------|
| | A ₁ | ... | A _M | ... | A ₁ | ... | A _M |
| G ₁ | | | | | | | |
| G ₂ | | | | | | | |
| ... | | | | | | | |
| G _K | | | | | | | |

Adım 3: Birleştirilmiş Bulanık Karar Matrisinin ve Bulanık Ağırlık Matrisinin Elde Edilmesi

Bir önceki aşamada elde edilen bulanık tablolar, tüm karar vericilerin değerlendirmelerini içerdğinden, bunların tek ve ortak bir tabloya indirgenmesi gerekir.

Bu amaçla Eş.(4) kullanılarak bulanık ölçüt ağırlıkları matrisi (\tilde{W}), Eş.(5) kullanılarak da bulanık karar matrisi (\tilde{D}) oluşturulur.

$$\tilde{w}'_j = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K \tilde{w}_{k,j}, j = 1, \dots, N \quad (4)$$

$$\tilde{x}'_{ij} = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K \tilde{x}_{k,i,j}, j = 1, \dots, N \quad (5)$$

Eş.(4)'de $\tilde{w}_{k,j}$ k. karar vericinin j. ölçüt için belirlediği bulanık ağırlığı göstermektedir. Eş.(5)'deki $\tilde{x}_{k,i,j}$ k. karar vericinin i. alternatifi için j. ölçüt açısından belirlediği dereceyi ifade etmektedir. Eş.(4) ve Eş.(5)'de yapılan bulanık aritmetik ortalama işlemidir. Öyle ki, örneğin K tane üçgensel bulanık sayı $\tilde{s}_i = (l_i, m_i, u_i)$ 'nin aritmetik ortalaması ile elde edilen bulanık sayı $\tilde{s}' = (\frac{1}{K} \sum_{k=1}^K l_i, \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K m_i, \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K u_i)$ dir. Bu bilgiler ışında Eş.(6)'de gösterilen 1xN boyutlu bulanık ölçüt ağırlıkları matrisi \tilde{W} ile Eş.(7)'de gösterilen MxN boyutlu bulanık karar matrisi \tilde{D} elde edilir.

$$\tilde{W} = [\tilde{w}'_1, \tilde{w}'_2, \dots, \tilde{w}'_N] \quad (6)$$

$$\tilde{D} = \begin{bmatrix} \tilde{x}'_{11} & \tilde{x}'_{12} & \dots & \tilde{x}'_{1N} \\ \tilde{x}'_{21} & \tilde{x}'_{22} & \dots & \tilde{x}'_{2N} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{x}'_{M1} & \tilde{x}'_{M2} & \dots & \tilde{x}'_{MN} \end{bmatrix} \quad (7)$$

Adım 4: Normalize Bulanık Karar Matrisinin Oluşturulması

Bu aşamada, 3. aşamada elde edilen bulanık karar matrisinden, Eş.(8) ile ifade edilen normalize bulanık karar matrisi \tilde{R} elde edilir.

$$\tilde{R} = [\tilde{r}'_{i,j}]_{M \times N}, i = 1, \dots, M, j = 1, \dots, N \quad (8)$$

Matristeki her $\tilde{r}'_{i,j} \in [0,1]$ değeri Eş.(9)-(10) kullanılarak hesap edilir. Burada; B ve L sırasıyla karar verme sürecindeki "Fayda" ve "Kayıp" ölçütleri kümelerini ifade etmektedir ve $u_j^* = \max_i u_{i,j}$ ve $l_j^- = \min_i l_{i,j}$ dir.

$$\tilde{r}'_{ij} = \left(\frac{l_{i,j}}{u_j^*}, \frac{m_{i,j}}{u_j^*}, \frac{u_{i,j}}{u_j^*} \right), \text{Eger } j \in B \quad (9)$$

$$\tilde{r}'_{ij} = \left(\frac{l_j^-}{u_{i,j}}, \frac{l_j^-}{m_{i,j}}, \frac{l_j^-}{l_{i,j}} \right), \text{Eger } j \in L \quad (10)$$

Adım 5: Ağırlıklı Normalize Bulanık Karar Matrisinin Oluşturulması

Normalize bulanık karar matrisinin elde edilmesinden sonra Eş.(11) ile ağırlıklı normalize bulanık karar matrisi \tilde{V} elde edilir.

$$\tilde{V} = [\tilde{v}'_{i,j}]_{M \times N}, i = 1, \dots, M, j = 1, \dots, N \quad (11)$$

Matristeki her $\tilde{v}'_{i,j} \in [0,1]$ değeri Eş.(12) kullanılarak hesap edilir.

$$\tilde{v}'_{i,j} = \tilde{r}'_{i,j} \otimes \tilde{w}'_j \quad (12)$$

Adım 6: Bulanık Pozitif İdeal ve Bulanık Negatif İdeal Çözüm Kümelerinin Belirlenmesi

Ağırlıklı normalize bulanık karar matrisinin elde edilmesinden sonra Eş.(13) kullanılarak Bulanık Pozitif İdeal Çözüm Kümesi A^* ve Eş.(14) kullanılarak Bulanık Negatif İdeal Çözüm Kümesi A^-

belirlenir. Burada fayda tipi ölçütler için $\tilde{v}_j^* = (1,1,1)$ ve $\tilde{v}_j^- = (0,0,0)$, kayıp tipi ölçütler için $\tilde{v}_j^* = (0,0,0)$ ve $\tilde{v}_j^- = (1,1,1)$ alınır.

$$A^* = (\tilde{v}_1^*, \tilde{v}_2^*, \dots, \tilde{v}_N^*) \quad (13)$$

$$A^- = (\tilde{v}_1^-, \tilde{v}_2^-, \dots, \tilde{v}_N^-) \quad (14)$$

Negatif ve pozitif ideal çözüm kümeleri $[0,1]$ değer aralığı göz önüne alınarak en küçük ve en büyük değerlerden oluşturulmaktadır. Kümelerin bu şekilde seçilmesi, ÇÖKV yöntemi kullanılarak aralarından seçim yapılmaya çalışılan alternatiflerin yakınlık katsayılarından hiçbirinin (alternatiflerden birinin karar problemi sahibinin ihtiyaçlarını tam olarak karşılayacak bir alternatif olması durumu haricinde) 1 olmamasını sağlamaktadır. Bu nedenle, yöntemin ilk sırada sunduğu alternatifin yakınlık katsayısının 1'den ne kadar uzak olduğu değerlendirilerek, en uygun olarak bulunan alternatifin bile en iyi çözümden ne kadar uzak olduğunu değerlendirilebilmektedir.

Adım 7: Alternatiflerin İdeal Çözümlere Uzaklıklarının Hesaplanması

Bu aşamada her alternatifin, belirlenen ideal çözüm kümelerine olan uzaklıkları, iki bulanık sayı arasındaki uzaklığın hesaplanmasıyla, bulunur. Eş.(15) ile alternatiflerin pozitif ideal çözümden uzaklığı d_i^* , Eş.(16) ile negatif ideal çözümden uzaklığı d_i^- hesaplanır.

$$d_i^* = \sum_{j=1}^N d(\tilde{v}_{i,j}, \tilde{v}_j^*), i = 1, \dots, M \quad (15)$$

$$d_i^- = \sum_{j=1}^N d(\tilde{v}_{i,j}, \tilde{v}_j^-), i = 1, \dots, M \quad (16)$$

Burada iki üçgensel bulanık sayı $\tilde{s}_1 = (l_1, m_1, u_1)$ ve $\tilde{s}_2 = (l_2, m_2, u_2)$ arasındaki uzaklık $d(\tilde{s}_1, \tilde{s}_2)$ Eş.(17) ile belirlenir [25].

$$\sqrt{\frac{1}{3} \left((l_1 - l_2)^2 + (m_1 - m_2)^2 + (u_1 - u_2)^2 \right)} \quad (17)$$

Adım 8: Alternatiflerin Yakınlık Katsayılarının Hesaplanması

Bu adımda her bir alternatif için Eş.(18) kullanılarak yakınlık katsayısı $CC_i \in [0,1]$ hesaplanır.

$$CC_i = \frac{d_i^-}{d_i^* + d_i^-}, i = 1, \dots, M \quad (18)$$

Bu değer herhangi bir alternatifin, negatif ideal çözüme olan uzaklığının, ideal çözümlere olan uzaklıkları toplamı içindeki oranını göstermektedir.

Adım 9: Yakınlık katsayılarına göre alternatiflerin sıralanması

Son adımda alternatifler, bir önceki adımda elde edilen katsayılara göre büyükten küçüğe sıralanır. Yakınlık katsayısının büyük olması demek alternatifin negatif ideal çözümden o derece uzak olması anlamına gelir. Yakınlık katsayısı 1'e en yakın alternatif, karar verme probleminde ilk sırada dikkate alınacak alternatiftir.

Tablo 3. Alternatiflerin dilsel kabul ölçütleri

| CC_i | Değerlendirme |
|--------------|---------------------------------------|
| $[0,0; 0,2)$ | Tavsiye edilmez |
| $[0,2; 0,4)$ | Yüksek Risk ile Tavsiye Edilir |
| $[0,4; 0,6)$ | Düşük Risk ile Tavsiye Edilir |
| $[0,6; 0,8)$ | Kabul Edilebilir |
| $[0,8; 1,0)$ | Kabul Edilebilir ve Tercih Edilebilir |

Hesaplanan yakınlık katsayılarından yola çıkarak, verilecek karar için dilsel kabul ölçütleri de kullanılabilir. Tablo 3'de alternatiflerin sıralama sonuçları değerlendirilirken kullanılacak dilsel kabul ölçütleri verilmiştir [35].

3.3 Uygulama

Çalışmaya konu olan -savunma sanayinde faaliyet gösteren- elektronik firmasının ERP yazılımı tedarik etme kararı ile beraber firmada, yönetim tarafından 4 kişiden oluşan bir karar verici heyet kurulmuştur. Bu heyette, tedarik edilecek ERP yazılımını en yoğun şekilde kullanacak, firma iç süreçlerine en yüksek seviyede hâkim, üç adet bölüm sorumlusu ve firmanın yönetim bilişim sistemleri sorumlusu yer almıştır.

Karar verici heyet tarafından pek çok ERP yazılımı için tedarikçilerden tanıtım sunumları talep edilmiş ve tedarikçi firmalardan fiyat teklifleri alınmıştır. Yapılan değerlendirmeler sonucu, ÇÖKV yöntemi uygulaması için alternatif ERP yazılımı sayısı üçe indirilmiş ve uygulama, bu üç yazılım kapsamında yapılmıştır.

Karar verici heyet tarafından, seçim sürecinde değerlendirilecek olan ERP seçim ölçütleri olarak belirlenen ölçütlerin önem seviyelerinin belirlenmesi için hem firma içi karar vericilerin hem de aynı sektörde faaliyet gösteren diğer firmaların görüşüne başvurulmasına karar verilmiştir.

Kriterlerin önem seviyelerinin belirlenmesi için soru formu oluşturulmuş, doldurmaları için, firma içi 4 farklı karar vericiye ve savunma sanayinde faaliyet gösteren benzer firmaların görüşünü almak amacıyla OSSA grubu üyesi 16 farklı firmaya gönderilmiştir. Toplam 20 adet form cevaplanmış şekilde toplanmış ve ölçüt önem seviyelerinin belirlenmesi için kullanılmıştır. Aynı sektörde faaliyet gösteren firmaların görüşleri alınarak, bir savunma sanayi firması için ERP yazılımın ne gibi özellikleri sahip olması gerektiği konusunda homojen bir fikir elde edilmeye çalışılmıştır.

Alternatiflerin ölçütler açısından derecelerinin belirlenmesi için, alternatif olarak belirlenen ERP yazılımlarının, seçim ölçütleri üzerinden değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu değerlendirmenin yapılması için, bir diğer soru formu oluşturulmuş ve alternatifler hakkında gerekli bilgiye sahip (tanıtım sunumlarına katılım sağlamış, tedarikçilerden alınan fiyat tekliflerini incelemiş, yazılımların deneme sürümlerini incelemiş vb.) firma içi 4 farklı karar vericiye doldurmaları için gönderilmiştir. Toplam 4 adet form cevaplanmış şekilde toplanmış ve alternatiflerin ölçütler açısından derecelerinin belirlenmesi için kullanılmıştır.

Soru formlarından elde edilen veriler, kullanılmadan önce ön değerlendirmeye alınmış, herhangi bir tutarsızlık veya uç değer barındırıp barındırmadığı incelenmiştir.

Karar teorisinde bilinen 7±2 kuralına uygun olarak sağlıklı sonuçlar alabilmek adına 8 kriter dikkate alınmıştır. Bu kriterler ve belirlenen alternatiflerle ilgili değerlendirmeler ise 20 kişiden oluşan bir uzman grubu kullanılmıştır. Bu şekilde farklı karar verici görüşleri karar verme aşamasında dikkate alınmıştır.

Karar vericilerin, Tablo 4'deki dilsel ifadeleri kullanarak ölçütlerin önem seviyelerini belirlemeleri istenmiştir.

Karar vericilerin, ölçüt temelinde alternatif değerlendirmesi yaparken Tablo 5'i kullanmaları istenmiştir.

Ölçütlerin önem seviyeleri için, karar vericilerden gelen (Tablo 4'te verilen dilsel ifadeler kullanılarak) doldurulmuş soru formları ile Tablo 6'da verilen cevaplar elde edilmiştir.

Tablo 4. Kriter ağırlıkları için dilsel ifadeler

| Önem Seviyesi | Kısaltma | Üyelik Fonksiyonu |
|---------------|----------|-------------------|
| Çok Düşük | ÇD | (0,0 ; 0,0 ; 0,1) |
| Düşük | D | (0,0 ; 0,1 ; 0,3) |
| Biraz Düşük | BD | (0,1 ; 0,3 ; 0,5) |
| Orta | O | (0,3 ; 0,5 ; 0,7) |
| Biraz Yüksek | BY | (0,5 ; 0,7 ; 0,9) |
| Yüksek | Y | (0,7 ; 0,9 ; 1,0) |
| Çok Yüksek | ÇY | (0,9 ; 1,0 ; 1,0) |

Tablo 5. Alternatif derecelendirmesi için dilsel ifadeler

| Önem Seviyesi | Kısaltma | Üyelik Fonksiyonu |
|---------------|----------|-------------------|
| Çok Zayıf | ÇZ | (0 ; 0 ; 1) |
| Zayıf | Z | (0 ; 1 ; 3) |
| Biraz Zayıf | BZ | (1 ; 3 ; 5) |
| Orta | O | (3 ; 5 ; 7) |
| Biraz İyi | Bİ | (5 ; 7 ; 9) |
| İyi | İ | (7 ; 9 ; 10) |
| Çok İyi | Çİ | (9 ; 10 ; 10) |

Karar vericilerin değerlendirmeleri Tablo 4'de verilen üyelik fonksiyonu kullanılarak bulanıklaştırılmış ve her bir karar vericinin değerlendirmesi Bölüm 3.2 Adım 3'de anlatıldığı gibi birleştirilerek bulanık ölçüt ağırlıkları matrisi elde edilmiştir (Tablo 7).

Alternatiflerin her bir ölçüt açısından derecelendirilmesi için, karar vericilerden gelen (Tablo 5'te verilen dilsel ifadeler kullanılarak) doldurulmuş soru formları ile Tablo 8'de verilen cevaplar elde edilmiştir.

Karar vericilerin değerlendirmeleri Tablo 5'de verilen üyelik fonksiyonu kullanılarak bulanıklaştırılmış ve her bir karar vericinin değerlendirmesi Bölüm 3.2 Adım 3'de anlatıldığı gibi birleştirilerek bulanık karar matrisi elde edilmiştir (Tablo 9).

Bulanık ağırlık matrisi ve bulanık karar matrisi elde edildikten sonra, yöntemin Bölüm 3.2'de anlatılan adımları 4, 5, 6, 7, 8 ve 9 sırasıyla uygulanarak alternatiflerin ideal çözümlere olan uzaklıkları, alternatiflerin yakınlık katsayıları elde edilmiş ve son olarak alternatifler sıralanmıştır (Tablo 10).

Tablo 6. Ölçüt önem seviyelerinin belirlenmesi için gelen cevaplar

| | C ₁ | C ₂ | C ₃ | C ₄ | C ₅ | C ₆ | C ₇ | C ₈ |
|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| G ₁ | Y | BY | Y | O | D | ÇY | BY | O |
| G ₂ | ÇY | Y | ÇY | O | Y | Y | ÇY | Y |
| G ₃ | ÇY | ÇY | ÇY | ÇY | BY | Y | ÇY | ÇY |
| G ₄ | ÇY | ÇY | ÇY | Y | BY | Y | ÇY | Y |
| G ₅ | Y | ÇY | Y | BZ | D | BY | Y | BY |
| G ₆ | ÇY | O | ÇY | O | D | BY | Y | Y |
| G ₇ | Y | BY | ÇY | Y | D | Y | ÇY | Y |
| G ₈ | Y | ÇY | Y | BY | BD | BY | BY | BY |
| G ₉ | Y | Y | ÇY | BY | BD | O | ÇY | Y |
| G ₁₀ | ÇY | BY | Y | BY | ÇD | D | BY | BY |
| G ₁₁ | ÇY | Y | Y | O | D | BD | ÇY | O |
| G ₁₂ | Y | ÇY | Y | O | D | BD | Y | BY |
| G ₁₃ | Y | ÇY | Y | O | ÇY | Y | BY | BY |
| G ₁₄ | ÇY | ÇY | ÇY | BY | Y | D | BY | ÇY |
| G ₁₅ | ÇY | Y | ÇY | O | D | O | BY | ÇY |
| G ₁₆ | ÇY | BY | ÇY | O | D | O | Y | O |
| G ₁₇ | ÇY | O | Y | Y | D | Y | BY | ÇY |
| G ₁₈ | ÇY | BY | ÇY | ÇY | D | Y | ÇY | Y |
| G ₁₉ | ÇY | ÇY | ÇY | O | ÇD | Y | O | Y |
| G ₂₀ | Y | ÇY | ÇY | O | D | BY | BY | Y |

Tablo 7. Birleştirilmiş bulanık ölçüt ağırlıkları

| C _j | \tilde{w}'_j | | |
|----------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | <i>l_j</i> | <i>m_j</i> | <i>u_j</i> |
| 1 | 0,82 | 0,96 | 1,00 |
| 2 | 0,70 | 0,86 | 0,95 |
| 3 | 0,82 | 0,96 | 1,00 |
| 4 | 0,45 | 0,64 | 0,81 |
| 5 | 0,18 | 0,30 | 0,47 |
| 6 | 0,48 | 0,67 | 0,82 |
| 7 | 0,67 | 0,84 | 0,95 |
| 8 | 0,63 | 0,81 | 0,93 |

Elde edilen sıralamalarla, en uygun ERP yazılımı seçim problemi için en iyi çözümün 2. alternatif olduğu tespit edilmiştir. Buna ek olarak, Tablo 3'deki dilsel kabul ölçütlerine bakılarak; A2 alternatifinin "Kabul Edilebilir", A1 alternatifinin "Düşük Risk ile Tavsiye Edilir" ve A3 alternatifinin "Yüksek Risk ile Tavsiye Edilir" olarak sınıflandırıldığını değerlendirmek mümkündür.

Tablo 8. Alternatiflerin ölçütler açısından derecelendirilmesi için gelen cevaplar

| | C ₁ | | | C ₂ | | |
|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | A ₁ | A ₂ | A ₃ | A ₁ | A ₂ | A ₃ |
| G ₁ | İ | İ | O | Z | BZ | Z |
| G ₂ | O | İ | Z | BZ | O | BZ |
| G ₃ | İ | Çİ | İ | O | Bİ | O |
| G ₄ | O | İ | Z | Z | BZ | O |
| | C ₃ | | | C ₄ | | |
| | A ₁ | A ₂ | A ₃ | A ₁ | A ₂ | A ₃ |
| G ₁ | İ | Çİ | Bİ | İ | Bİ | Bİ |
| G ₂ | Bİ | İ | BZ | İ | Bİ | Bİ |
| G ₃ | Bİ | İ | BZ | O | İ | O |
| G ₄ | BZ | O | Z | Z | Çİ | BZ |
| | C ₅ | | | C ₆ | | |
| | A ₁ | A ₂ | A ₃ | A ₁ | A ₂ | A ₃ |
| G ₁ | O | İ | BZ | İ | İ | O |
| G ₂ | Bİ | İ | Z | İ | Çİ | İ |
| G ₃ | O | İ | ÇZ | Bİ | Çİ | Çİ |
| G ₄ | O | İ | BZ | O | İ | O |
| | C ₇ | | | C ₈ | | |
| | A ₁ | A ₂ | A ₃ | A ₁ | A ₂ | A ₃ |
| G ₁ | O | Bİ | Bİ | O | O | O |
| G ₂ | Bİ | İ | BZ | O | Bİ | O |
| G ₃ | Bİ | Bİ | BZ | Bİ | Bİ | Bİ |
| G ₄ | Z | BZ | Z | Z | O | ÇZ |

Tablo 9. Birleştirilmiş bulanık karar matrisi

| | C ₁ | | | C ₂ | | |
|----------------|----------------|----------|----------|----------------|----------|----------|
| | <i>l</i> | <i>m</i> | <i>u</i> | <i>l</i> | <i>m</i> | <i>u</i> |
| A ₁ | 5,00 | 7,00 | 8,50 | 1,00 | 2,50 | 4,50 |
| A ₂ | 7,50 | 9,25 | 10,00 | 2,50 | 4,50 | 6,50 |
| A ₃ | 2,50 | 4,00 | 5,75 | 1,75 | 3,50 | 5,50 |
| | C ₃ | | | C ₄ | | |
| | <i>l</i> | <i>m</i> | <i>u</i> | <i>l</i> | <i>m</i> | <i>u</i> |
| A ₁ | 4,50 | 6,50 | 8,25 | 4,25 | 6,00 | 7,50 |
| A ₂ | 6,50 | 8,25 | 9,25 | 6,50 | 8,25 | 9,50 |
| A ₃ | 1,75 | 3,50 | 5,50 | 3,50 | 5,50 | 7,50 |
| | C ₅ | | | C ₆ | | |
| | <i>l</i> | <i>m</i> | <i>u</i> | <i>l</i> | <i>m</i> | <i>u</i> |
| A ₁ | 3,50 | 5,50 | 7,50 | 5,50 | 7,50 | 9,00 |
| A ₂ | 7,00 | 9,00 | 10,00 | 8,00 | 9,50 | 10,00 |
| A ₃ | 0,50 | 1,75 | 3,50 | 5,50 | 7,25 | 8,50 |
| | C ₇ | | | C ₈ | | |
| | <i>l</i> | <i>m</i> | <i>u</i> | <i>l</i> | <i>m</i> | <i>u</i> |
| A ₁ | 3,25 | 5,00 | 7,00 | 2,75 | 4,50 | 6,50 |
| A ₂ | 4,50 | 6,50 | 8,25 | 4,00 | 6,00 | 8,00 |
| A ₃ | 1,75 | 3,50 | 5,50 | 2,75 | 4,25 | 6,00 |

Tablo 10. Alternatif sıralaması

| <i>A_i</i> | <i>d_i[*]</i> | <i>d_i⁻</i> | <i>CC_i</i> | Sıra |
|----------------------|----------------------------------|----------------------------------|-----------------------|----------|
| 1 | 4,5338 | 4,0838 | 0,474 | 2 |
| 2 | 3,4944 | 5,2504 | 0,600 | 1 |
| 3 | 5,2165 | 3,3316 | 0,390 | 3 |

4. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışmada Bulanık TOPSIS yöntemi kullanılarak, ERP yazılımı tedarik etmeye karar vermiş, savunma sanayinde faaliyet gösteren bir elektronik firmasının ihtiyaçlarını karşılayacak en uygun ERP yazılımının seçilmesi hedeflenmiştir.

ERP yazılımı tedarik edilirken değerlendirilmek üzere 8 adet seçim ölçütü seçilmiştir. Ölçüt ağırlıklarının (önem seviyelerinin) belirlenmesi amacıyla karar vericilere gönderilen soru listelerinden elde edilen cevaplar, karar vericilerin, ERP yazılımı seçimi yapılırken en önemli ölçütlerin,

“Yazılım İşlevselliği/Fonksiyonellik” ve “Firma İş Süreçlerine (Proseslerine) Uygunluk” olduğunu düşündüklerini göstermiştir. Yine elde edilen sonuçlara göre “Maliyet” ölçütünün, karar vericiler tarafından en az seviyede önemli ölçüt olarak değerlendirildiği görülmektedir. “Maliyet” ölçütü ile ilgili yapılan bu değerlendirmenin nedeninin, son yıllarda sanayi firmalarına her alanda sağlanan devlet desteklerinin bir sonucu olarak yorumlanabilir.

Bulanık TOPSIS yöntemi kullanılarak; 3 adet ERP yazılımı alternatifi, 8 ölçüt açısından, karar vericiler tarafından değerlendirilmiş ve elde edilen cevaplar ile yöntemin diğer aşamaları tamamlanarak karar probleminin çözümüne ulaşılmıştır. Savunma sanayi sektöründe faaliyetler gösteren elektronik firmasının ERP yazılımı ihtiyacını en yüksek seviyede karşılayacak yazılımın, 2. numaralı alternatif olduğu sonucuna varılmıştır.

Yapılan çalışmanın, başta elektronik firmaları ve savunma sanayi firmaları olmak üzere ERP yazılımı tedarik edecek tüm firmalara, seçim sürecinde yol gösterici nitelikte olabileceği değerlendirilmektedir. Bununla birlikte çalışmanın, ERP yazılımı tedarikçi firmaları açısından da faydalı olabileceği, çalışmayı incelemeleri halinde; ürünlerinin, potansiyel müşterileri tarafından hangi ölçütlere bakılarak değerlendirildiğini ve hangi ölçütlerin seçim sürecinde müşteriler tarafından daha önemli bulunduğunu görebilecekleri, edindikleri bilgiler çerçevesinde ürünlerinin gelişime açık alanlarını saptayabilecekleri değerlendirilmektedir.

Selection of ERP Software Considering Quality Processes in a Design Firm of OSSA Group Member

In this study, the selection of ERP software in an electronics firm, which is operating in the defense industry, is considered as a Multi-Criteria Decision Making (MCDM) problem. Fuzzy TOPSIS approach is applied to solve the MCDM problem. For this purpose, the data obtained through the questionnaire from the members of the Ostim Defense and Aviation Cluster (OSSA) group and from the in-firm decision makers are used. In order to avoid uncertainty and subjectivity, linguistic terms which are expressed in triangular fuzzy numbers are used in gathering the data. Through the obtained data, the levels of importance of ERP selection criteria and the rankings of the alternative software were determined. In this direction, it is aimed to select the most appropriate ERP software to meet the requirements of company.

Keywords: Small-and-medium-sized enterprises, OSSA, Electronics company, ERP, MCDM, Fuzzy, TOPSIS

TEŞEKKÜR

Yazarlar, başta Sayın A. Behçet TONAK, M. Pekin TONAK ve Hale COŞKUN TURAN olmak üzere, tüm ELSİS A.Ş. çalışanları ile OSSA grubu üye firmalarına, sağladığı bilgi ve destek için teşekkür eder.

KAYNAKÇA

1. Wei, C.-C., Chien, C.-F., and Wang, M.-J. J., An AHP-based approach to ERP system selection, *International Journal of Production Economics*, Vol.96 (1), pp.47-62, 2005.
2. He, I., and Li, C., A Method for Selecting ERP System Based on Fuzzy Set Theory and Analytical Hierarchy Process, *Global Congress on Intelligent Systems*, 1, IEEE, 2009.
3. Yusuf, Y., Gunasekaran, A., and Abthorpe, M.S., Enterprise information systems project implementation, *International Journal of Production Economics*, Vol.87(3), pp.251-266, 2004.
4. Robert Jacobs, F., and Ted Weston, F.C., Enterprise resource planning (ERP)—A brief history, *Journal of Operations Management*, Vol.25(2), pp.357-363, 2007.
5. Ghapanchi, A.H., Jafarzadeh, M.H., and Khakbaz, M.H., An Application Of Data Envelopment Analysis (DEA) For ERP System Selection: Case Of A Petrochemical Company, Paper presented at the International Conference on Information Systems (ICIS), 2008.
6. Dezdar, S., and Ainin, S., ERP Implementation Success in Iran: Examining the Role of System Environment Factors, Paper presented at the World Academy of Science, Engineering and Technology, 2010.
7. Erkan, T.E., Enterprise Resource Planning Implementation Differences Within the Same Methodology-Case Study From West Europe and Turkey, *Proceedings of the 2nd International Conference on Information Management and Evaluation*, pp.181-186, 2011.
8. Chen, W., Critical Factors and Multisite Implementation of ERP: A Case Study in the UAE, Paper presented at the IBIMA (International Business Information Management Association), 2012.
9. Salazar, M.d.R.P., Rivera, I., and Vázquez, I.M.C., ERP selection: a literature review, *International Journal of Industrial and Systems Engineering*, Vol.13(3), p.309, 2013.
10. Haddara, M., ERP Selection: The SMART Way, *Procedia Technology*, Vol.16, pp.394-403, 2014.
11. Kashani, M.R., ERP Implementation in Iran: (A Successful Experience in DGC), *International Journal of Social, Behavioral, Educational, Economic, Business and Industrial Engineering*, Vol.8(9), 2014.
12. Rouyendegh, B.D., Bac, U., and Erkan, T.E., Sector Selection for Erp Implementation to Achieve Most Impact on Supply Chain Performance by Using Ahp-Topsis Hybrid Method, *Tehnicki Vjesnik-Technical Gazette*, Vol.21(5), pp.933-937, 2014.
13. Karlsson, J., Managing software requirements using quality function deployment, *Software Quality Control*, Vol.6(4), pp.311-326, 1997.
14. Sen, C.G., Baracli, H., Sen, S., and Basligil, H., An integrated decision support system dealing with qualitative and quantitative objectives for enterprise software selection, *Expert Systems with Applications*, Vol.36(3), pp.5272-5283, 2009.
15. McCall, J., Richards, P., and Walters, G., *Factors in Software Quality*, Vol.3, 1977.
16. Alanbay, O., *Erp Selection Using Expert Choice Software*, Honolulu, Hawaii, July 8-10, 2005.
17. Karsak, E.E., and Özoğul, C.O., An integrated decision making approach for ERP system selection, *Expert Systems with Applications*, Vol.36, pp.660-667, 2009.
18. Rouyendegh, B.D., and Erkan, T.E., ERP System Selection by AHP Method: Case Study From Turkey, *International Journal of Business and Management Studies*, Vol.3(1), pp.39-48, 2011.
19. Chen, T., Tsao, C., The Interval-Valued Fuzzy TOPSIS Method and Experimental Analysis, *Fuzzy Sets And Systems*, Vol.159, pp.1410-1428, 2008.
20. Triantaphyllou, E., Shu, B., Nieto Sanchez, S., and Ray, T., Multi-Criteria Decision Making: An Operations Research Approach, *Encyclopedia of Electrical and Electronics Engineering*, Vol.15, pp.175-186, 1998.
21. Küçük, O., Ecer, F., Bulanık TOPSIS Kullanılarak Tedarikçilerin Değerlendirilmesi ve Erzurum'da Bir Uygulama, *Ekonomik ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, Bahar 2007, Cilt:3, Yıl:3, Sayı:1, ss.45-65, 2007.
22. Zadeh, L.A., *Knowledge Representation in Fuzzy Logic, Knowledge And Data Engineering*, Vol.1(1), pp.89-99, 1989.
23. Klir, G.J., JUAN, B., *Fuzzy Sets And Fuzzy Logic Theory And Applications*, New Jersey: Prentice Hall Inc, 1995.
24. Nguyen, H.T., Wu, B., *Fundamentals Of Statistics With Fuzzy Data Studies In Fuzziness And Soft Computing*, Vol.198, Netherlands: Springer, 2006.

25. Chen, C.T., Extensions Of The TOPSIS For Group Decision-Making Under Fuzzy Environment, *Fuzzy Sets and Systems*, 114(1), pp.1-9, 2000.
26. Habenicht, W., Scheubrein, B., Scheubrein, R., Multiple criteria decision Making, In: Derigs U, editor. Theme 6.5 "Optimization and Operations Research" of the Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS), Developed under the auspices of the UNESCO, Oxford, UK: Eolss Publishers, 2002.
27. Chu, T.C., Selecting plant location via a fuzzy TOPSIS approach, *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, Vol.20(11), pp.859-864, 2002.
28. Chen, C.T., Lin, C.T., Huang, S.F., A fuzzy approach for supplier evaluation and selection in supply chain management, *International Journal of Production Economics*, pp.289-301, 2006.
29. Yurdakul, M., İ, Y.T., Analysis of the Benefit Generated by Using Fuzzy Numbers in a TOPSIS Model Developed for Machine Tool Selection Problems, *Journal of Materials Processing Technology*, pp. 310-317, 2009.
30. Awasthi, A., Chauhan, S.S., Goyal, S.K., A multi-criteria decision making approach for location planning for urban distribution centers under uncertainty, *Mathematical and Computer Modelling*, pp.98-109, 2011.
31. Zavadskas, E.K., Turskis, Z., Multiple criteria decision making (MCDM) methods in economics: an overview, *Technological and Economic Development of Economy*, Vol.17, pp.397-427, 2011.
32. Şengül, U., Eren, M., Shiraz, S.E., Gezder, V., Şengül, A.B., Fuzzy TOPSIS method for ranking renewable energy supply systems in Turkey, *Renewable Energy* pp.617-625, 2015.
33. Nag, K., Helal, M., A Fuzzy TOPSIS Approach in Multi-Criteria Decision Making For Supplier Selection in a Pharmaceutical Distributor, 2016 IEMM International Conference, Indonesia, 2016.
34. Zavadskas, E.K., Turskis, Z., Mardani, A., Nor, K.M., Jusoh, A., Development of TOPSIS Method to Solve Complicated Decision-Making Problems: An Overview on Developments from 2000 to 2015, *International Journal of Information Technology & Decision Making*, Vol.15, No:3, pp.645-682, 2016.
35. Kargı, V.S.A., Supplier Selection for A Textile Company Using The Fuzzy TOPSIS Method, *Yönetim ve Ekonomi*, Cilt 23, Sayı 3, 2016.

Bir İmalat Firmasında ISO 9001:2015 Kalite Yönetim Sisteminin Kurulması

Yusuf Tansel İç
Doç.Dr.

Arife Gül Yeşiloğlu
End.Yük. Müh.

Başkent Üniversitesi Mühendislik
Fakültesi, Endüstri Müh. Bölümü,
Bağlıca, Etimesgut, Ankara.

Plastik boru üretimi yapan bir firmada mevcut kalite yönetim sistemi olan ISO 9001:2008 versiyonunun revize olması ile yeni versiyon ISO 9001:2015'e uygun kalite yönetim sisteminin kurulması gerekmektedir. Bu çalışmada XYZ Ltd. Şti. olarak adlandırılan firmada ISO 9001:2015 versiyonuna göre kurulumu gerçekleştirilen kalite yönetim sistemi ayrıntılı olarak ele alınmıştır. Ayrıca kalite yönetim sisteminin gerekliliklerinden ve sağladığı kazanımlardan detaylı olarak bahsedilmiştir. Bu çalışma, imalat sektöründeki firmalara, ISO 9001:2008 versiyonunun yerine geçen ISO 9001:2015 versiyonunun kurulmasına ve yeni versiyonun getirdiği yenilik ve değişikliklerin anlaşılması konusunda bir örnek çalışma niteliğinde sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Kalite yönetim sistemi, ISO 9001, ISO 9001:2015, plastik boru üretim sektörü, belgelendirme, standart, risk analizi.

1. GİRİŞ

ISO 9001 standardı versiyon 2000'e göre kalite, ürün/hizmetin belirlenmiş ya da olabilecek beklentileri karşılama özellikleridir. *Kalite, yapısal özellikler takımının şartları yerine getirme derecesidir. Kullanıma uygunluktur (J.M.Juran), şartlara uygunluktur (P.B.Crosby) [1].*

Günümüzde imalat sektöründe, kalitenin rekabet konusunda stratejik etkileri yadsınamaz bir gerçektir. Firmaların kalite yönetimi ve kontrolü için kullanılabilecekleri en önemli araçlardan biri de kalite yönetim sistemi (KYS)'dir [2,3]. Ölçeği farketmeksizin, tüm firmalar için bir KYS oluşturmak, uygulamak, sürdürmek; sürekli iyileştirme için bir zorunluluk haline almış durumdadır [4]. Türk Standartları Enstitüsü 'ne göre; *kalite yönetim sistemini uygulamaya karar vermek, kuruluşun genel performansını artırmaya yardım etmesi ve sürdürülebilir kalkınma insiyatiflerine sağlam bir temel oluşturması bakımından, bir kuruluş açısından stratejik bir karardır [5].* Mangula [6]'ya göre kuruluşların ISO 9001'i benimsemesi ve daha sonra belgelendirilmesi, organizasyonel performansı artırmak için en önemli öngörü stratejisidir.

Bu çalışmada altyapı sistemlerinde kullanılan plastik boruları üreten bir firmaya ISO 9001 standardının 2015 versiyonunun (çalışmada bundan sonra ISO9001:2015 şeklinde anılacaktır) kurulması

aşama aşama anlatılmaya çalışılmıştır. Söz konusu firma ve ait olduğu sektör, bu çalışmada anlatılan yaklaşımlar doğrultusunda diğer çoğu imalat sektörlerine ISO 9001:2015 kalite yönetim sisteminin kurulmasında rehber niteliğindedir. Çalışmada hem ISO 9001:2015'in ISO 9001:2008'den farklılıkları belirtilmekte, hem de ISO 9001:2015 ile yeni uygulamaya alınan yaklaşımların firmalarda nasıl uygulanabileceğine dair pratik bilgiler sunulmaktadır.

Çalışmanın ikinci bölümünde ISO 9001:2008 ile ISO 9001:2015 arasındaki farklardan bahsedilmektedir. Üçüncü bölümde literatürdeki ISO 9001 standardının versiyonları ile ilgili olarak gerçekleştirilen uygulamalara yer verilmektedir. Dördüncü bölümünde ISO 9001:2015'in plastik boru imalatı sektöründeki firmaya uygulanması detaylı olarak açıklanmıştır. Beşinci bölümde sistemin kurulması ile kuruluşta gerçekleşen iyileşmelerden bahsedilmektedir. Çalışmanın altıncı ve son bölümünde ise elde edilen sonuçlar ve öneriler sunulmuştur.

2. ISO 9001:2015 VE YENİLİKLER

Sürekli gelişen dünyaya ayak uydurmak, karmaşık tedarik zincirlerinin yönetilmesi gereklilikleri, hizmet sektörlerinin globalleşen ekonomide öneminin gün geçtikçe artması gibi nedenlerle ISO yönetim sistemi standartları gözden

geçirilmiş ve Komite¹ ISO 9001:2008'i revize ederek ISO 9001:2015'i yayınlamıştır. ISO 9001:2008, Eylül 2018 tarihine kadar geçerliliğini koruyacak olmakla birlikte, söz konusu tarihten sonra 2015 versiyonuna geçmeyen firmaların belgeleri geçerliliğini yitirecektir [7]. Temelde ISO 9001'in 2015 versiyonu diğer yönetim sistemi standartları ile entegre bir yaklaşım sunmakta, kalite ve sürekli iyileştirmeyi kuruluşun merkezine oturtarak, yönetimin sürece katılımını daha etkin hale getirmeyi, risk ve fırsatların farkında olunmasını ve bu doğrultuda yeni yaklaşımların geliştirilerek riskten kaçınmayı, aynı zamanda fırsatları değerlendirerek işletme etkinliğini hedeflemeyi amaçlamaktadır. 2015 versiyonunda risk tabanlı düşünme kavramı yeni standardın giriş maddesinde proses yaklaşımı olarak ele alınmıştır. Yeni standartta bir diğer proses yaklaşımı ise Planla- Uygula- Kontrol Et- Önlem Al baş harflerinden oluşan (PUKÖ) döngüsüdür (Şekil 1).

2.1 ISO 9001:2015 Bölümleri

TS EN ISO 9001:2015'in ana bölümleri Tablo 1'de verilmiş olup, 2015 versiyonunda ana kademe maddeleri 10 adettir. ISO 9001:2015'in ilk üç maddesi kapsam, atıf yapılan standartlar, terimler ve tariflerden oluşur. Kalan 7 madde ise icraya yönelik maddelerdir (Tablo 2). Kuruluşların, kalite yönetim sisteminin istenilen çıktıları vermesine etki yapabilecek iç ve dış bağlamları belirlemesi gerekmektedir. İç bağlam, kuruluşun kültürü, değerleri, yapısı, performansı, altyapısı ile ilgili değerlendirmeleri içerir. Dış bağlam ise; politik, ekonomik, sosyal, teknolojik, rekabetçi, pazar, çevresel, yasal husularla ilgili değerlendirmedir (*Madde 4: Kuruluşun bağlamı*). Tek bir birey yerine kişilerin KYS'yi sahiplenmesi ile ilgili vurgu yapılmaktadır. Bu gerekliliklerin amacı, yukarıdan yönetimi sağlayarak, liderlik ve taahhüdü göstermektir. Artık üst yönetimin yönetim sistemi içerisinde daha fazla katılımı mevcuttur (*Madde 5: Liderlik*). Risklerin ve fırsatların belirlenmesi için faaliyetleri belirlerken, bunlar ürünlerin ve hizmetlerin uygunluğu üzerinde yaratabilecekleri potansiyel etkiler ile orantılı olmalıdır (*Madde 6: Planlama*). Kuruluşun hedeflerine ulaşması için doğru kaynakları, iş gücünü ve alt yapıyı sağlaması gerekmektedir (*Madde 7: Destek*). Standardın revize edilmiş versiyonu daha fazla taşeron ve dış kaynak kullanımına yönelik eğilimi kabul etmektedir. Ancak teslimat sonrası faaliyetlerin değerlendirilmesini kapsayan yeni bir madde de bulunmaktadır (*Madde 8: Operasyon*). 2015 versiyonunda müşterilerin

kuruluşu nasıl gördüğü ile ilgili bilgilerin doğrudan araştırılması ile ilgili bir vurgu bulunmaktadır. Kuruluşlar aktif olarak müşteri algısı ile ilgili bilgi araştırması yapmalıdır (*Madde 9: Performans değerlendirme*). Kuruluşların, müşteri memnuniyetinin geliştirilmesi için iyileştirilmiş prosesler gibi, iyileştirme fırsatlarını belirlemesi gerektiği ile ilgili yeni bir bölüm de 2015 versiyonunda yer almaktadır (*Madde 10: İyileştirme*) [4]. Terminolojideki farklılıklar ise Tablo 2'de özetlenmiştir

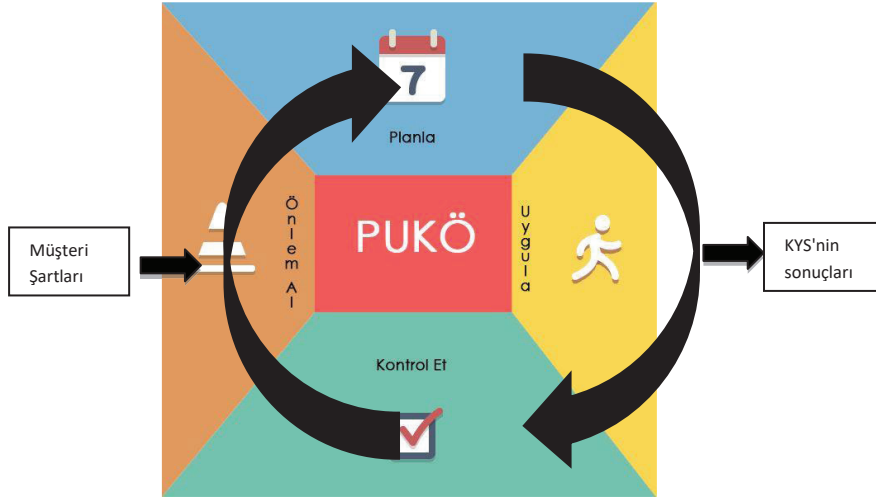
Tablo 1. İçerik Farklılıkları

| ISO 9001:2008 | ISO 9001:2015 |
|----------------------------|----------------------------|
| 0.Giriş | 0.Giriş |
| 1.Kapsam | 1.Kapsam |
| 2.Atıf Yapılan Standartlar | 2.Atıf Yapılan Standartlar |
| 3.Terimler ve Tarifler | 3.Terimler ve Tarifler |
| 4.Kalite Yönetim Sistemi | 4.Kuruluşun Bağlamı |
| 5.Yönetimin Sorumluluğu | 5.Liderlik |
| 6.Kaynak Yönetimi | 6.Planlama |
| 7.Ürün Yerleştirme | 7.Destek |
| 8.Ölçme Analiz İyileştirme | 8.Operasyon |
| | 9.Performans Değerlendirme |
| | 10.İyileştirme |

Tablo 2. Terminolojideki Temel Değişikler

| ISO 9001:2008 | ISO 9001:2015 |
|--|---|
| Ürünler | Ürünler ve Hizmetler |
| Dokümanlar ve Kayıtlar | Yazılı Bilgiler |
| Çalışma Ortamı | Süreçlerin İşletimi için Çevre |
| Ürün Satınalma | Dış Kaynaklı Sağlanan Ürün ve Hizmetler |
| Tedarikçi | Dış Sağlayıcı |
| Dokümantasyon, Kalite El Kitabı, Dokümante Edilmiş Prosedürler, Kayıtlar | Dokümante edilmiş bilgi |
| Hariç Tutma | Kullanılmıyor |
| Yönetim Temsilcisi | Kullanılmıyor |
| İzleme Ve Ölçme Ekipmanı | İzleme Ve Ölçme Kaynakları |
| Kullanılmıyor | Risk |
| Kullanılmıyor | Liderlik |

¹ISO 9001 standardının revizyonundan ISO/TC 176/SC2 Komitesi sorumludur.



Şekil 1. ISO 9001:2015 Standardı PUKÖ Döngüsü

3. LİTERATÜRDE KALİTE YÖNETİM SİSTEMİ UYGULAMALARI

Literatürde KYS uygulamaları incelendiğinde bazı çalışmalara ratlanmakla birlikte, bu çalışmalar ISO 9001'in önceki versiyonlarına ait çalışmaları içermektedir. Gökpınar [9], petrol doğalgaz jeotermal sondaj sektöründe bir firmaya ISO 9001:2008 KYS kurulumunu gerçekleştirmiş, sistemin kurulumu ile firmaya sağlanan katkıyı incelemiştir. Hamrol [10], KYS 'nin dokümantasyonuna ilişkin bir çalışma sunmuştur. Başaran [11], Türkiye 'de ISO KYS 'nin uygulanmasının sanayi üzerindeki etkilerini incelemiştir. Juanzon ve Muhi [12], Lopez ve diğerleri [13], Güney İspanya'da zeytinyağı sektöründe ISO 9001 uygulanmasını ele almış ve buna ilişkin üretim ve pazarlama uygulamalarına yer vermiş, Filipinler'de küçük ve orta ölçekli firmalar için ISO 9001:2008 uygulamasından ve KYS 'nin uygulanmasında önemli faktörden bahsetmiştir. Ingason [14], ISO 9001 KYS' nin uygulamasında proje yönetimini ele almıştır. Aldowaisan ve Youssef [15], küçük işletmelerde kaliteyi gerçekleştirmek için ISO 9001:2000 KYS 'yi etkin ve ekonomik uygulama için bir çerçeve çalışması önermiştir. Fonseca [16], ISO 9001: 2015 için kavramsal çerçeve bazında karşılaştırmalı bir çalışma sunmuştur. Durak [17], plastik boru üreten bir firmada ISO 9001:2000 KYS uygulamasını ele almıştır. Sandal [18], ISO 9001:2000 KYS ile altı sigma'nın bütünleştirilmesi ve bir otomotiv şirketinde uygulanmasını ele almıştır. Hernad ve Gaya [19], ISO 9001:2008 için metodolojiyi anlatmış, belgelendirme sistemleri için bir uygulamadan bahsetmiştir. Aslan [20], ISO 9001:2000'nin KOBİ'lerin performansları üzerine etkilerini ve ISO 9001 belgeli firmalar ile belge sahibi olmayan firmalar arasındaki performansı incelemiştir. Literatürden farklı olarak bu çalışmada ISO 9001:2015'in gerçek hayattan bir imalat

firmasına uygulanması, 2008 versiyonuyla hem kurulum hem izleme hem de performans iyileştirme açısından analizlere yer verilmektedir.

4. ISO 9001:2015 KALİTE YÖNETİM SİSTEMİNİN BİR FİRMAYA UYGULANMASI

4.1. Firmanın tanıtımı

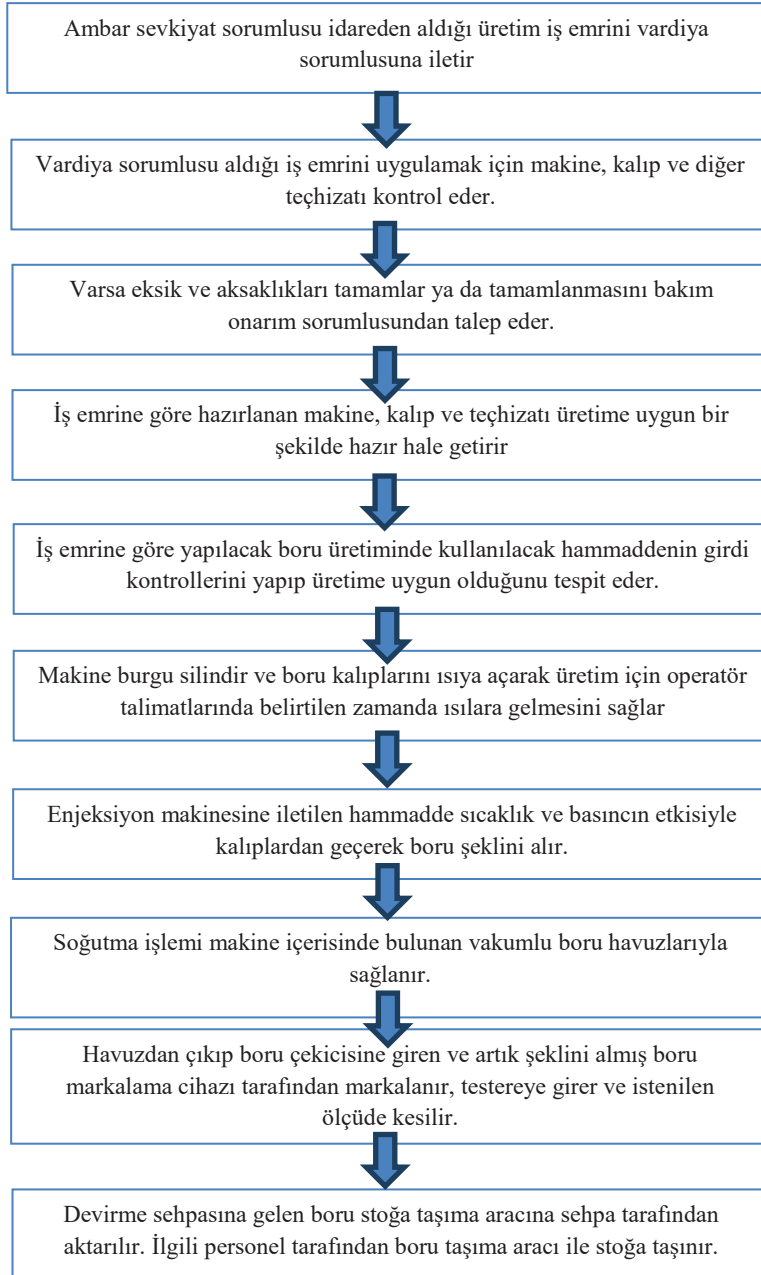
Uygulamanın gerçekleştirildiği firmanın unvanı çalışmada gizli tutulmuş olup, çalışma içeriğinde firma, hayali bir unvanla "XYZ Ltd. Şti." olarak adlandırılmıştır. Firma altyapı sektöründe kullanılan basınçlı temiz su boruları ve kanalizasyon şebekelerinde ve karayolu menfezlerinde kullanılan pis su boruları üretimi gerçekleştirmektedir (Şekil 2). Firmanın ürünleri TSE belgeli olarak üretilmekte olup, firma TS-EN-ISO 9001:2008 Kalite Yönetim Sistemi kapsamındadır. Firma en geç 14 Eylül 2018 tarihine kadar TS EN ISO 9001:2015 versiyonu geçişini tamamlaması gerektiğinden bu sistemin kurulumu gerçekleşmelidir.



Şekil 2. Firmanın Ürettiği Temiz Su ve Atık Su Boruları Örnekleri

4.2. Firmanın KYS kapsamında proses aşamaları

Firma KYS kapsamında tüm proseslerini formlarla takip etmektedir. ISO 9001:2015'e geçilme hedefiyle halihazırda 102 adet formu bulunmaktadır. Bu formların 33 adeti örnek olarak Ek-1 'de verilmiştir. Firmada üretim iş akışı Şekil 3'teki gibi gerçekleşmektedir.



Şekil 3. Üretim İş Akışı

Tüm bu adımlarla ilgili olarak toplamda 19 adet operatör talimatı bulunmaktadır (Tablo 3). Operatör talimatlarına uygun olarak tüm kontrolleri yapar ve ardından üretime geçer. İlk üretilen ürünler verilen iş emri ve ilgili standartlarda uygunluğunu, boyut ölçümleri ve kalite kontrol testleri yapılarak eğer herşey tamamsa seri üretime geçmek için fabrika müdüründen onay alınır. Bu esnada talimatlarda belirtilen kalite kontrolleri yapılarak ilgili raporlar düzenlenir. Vardiya bitim saatinde devam eden üretimle ilgili bilgiler, kalite kontrol raporları (Ek- 2)

ve vardiya raporları (Ek- 3) ambar sevkiyat sorumlusuna onaylatılarak bir sonraki vardiyada göreve başlayacak olan operatöre teslim edilir.

4.3 Risk Analizi

ISO9001:2015'te firmaların risk analiz sistemi kurarak risklerini izlemesi ve gerekli önlemleri almaları bir zorunluluktur. Bu amaçla XYZ. Ltd. Şti.'de yapılan risk analizi için bir akış şeması oluşturulmuştur (Şekil 4).



Şekil 4. Risk Analizi Akış Şeması

Risk analizi ve değerlendirme çalışmasında temel olarak, çalışma koşulları, makine ve tesisat, hammaddeler, insan hatalarından kaynaklanan tehlikeler de dikkate alınarak çalışanların güvenliklerini etkileyebilecek tüm tehlikelerin belirlenmesi gerekmektedir.

Tablo 3. Operatör Talimat Listesi

| OPERATÖR TALİMATLARI |
|--|
| 1. PVC BORU ÜRETİMİNE ÖN HAZIRLIK TALİMATI |
| 2. PVC BORU KALIPLARI DEĞİŞTİRME TALİMATI |
| 3. PVC BORU ÜRETİMİ TALİMATI |
| 4. PVC BORU MUFLAMA TALİMATI |
| 5. MİKSER ÇALIŞMA TALİMATI |
| 6. HATALI ÜRÜN KIRMA TALİMATI |
| 7. BORU KESME ŞERİDİ TALİMATI |
| 8. ENJEKSİYON (1) TALİMATI |
| 9. ENJEKSİYON (2) TALİMATI |
| 10. PE BORU ÜRETİMİNE ÖN HAZIRLIK TALİMATI |
| 11. PE BORU KALIPLARI DEĞİŞTİRME TALİMATI |
| 12. PE BORU ÜRETİMİ TALİMATI |
| 13. PE BORU SARICISI (1) TALİMATI |
| 14. PE BORU SARICISI (2) TALİMATI |
| 15. SU SOĞUTMA ÜNİTESİ (1) TALİMATI |
| 16. SU SOĞUTMA ÜNİTESİ (2) TALİMATI |
| 17. HAVA KOMPRESÖRÜ TALİMATI |
| 18. SU POMPASI TALİMATI |
| 19. YÜK TAŞIMA ÜNİTESİ ÇALIŞTIRMA TALİMATI |

6331 Sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu'nun tanımına göre tehlike; "işyerinde var olan ya da dışarıdan gelebilecek, çalışanı veya işyerini etkileyebilecek zarar veya hasar verme potansiyelini, iş kazası, işyerinde veya işin yürütümü nedeniyle meydana gelen, ölüme sebebiyet veren veya vücut bütünlüğünü ruhen ya da bedenen özre uğratan olayı; risk, tehlikeden kaynaklanacak kayıp, yaralanma ya da başka zararlı sonuç meydana gelme ihtimalini; risk değerlendirmesi, işyerinde var olan ya da dışarıdan gelebilecek tehlikelerin belirlenmesi, bu tehlikelerin riske dönüşmesine yol açan faktörler ile tehlikelerden kaynaklanan risklerin analiz edilerek derecelendirilmesi ve kontrol tedbirlerinin kararlaştırılması amacıyla yapılması gerekli çalışmaları" ifade eder.

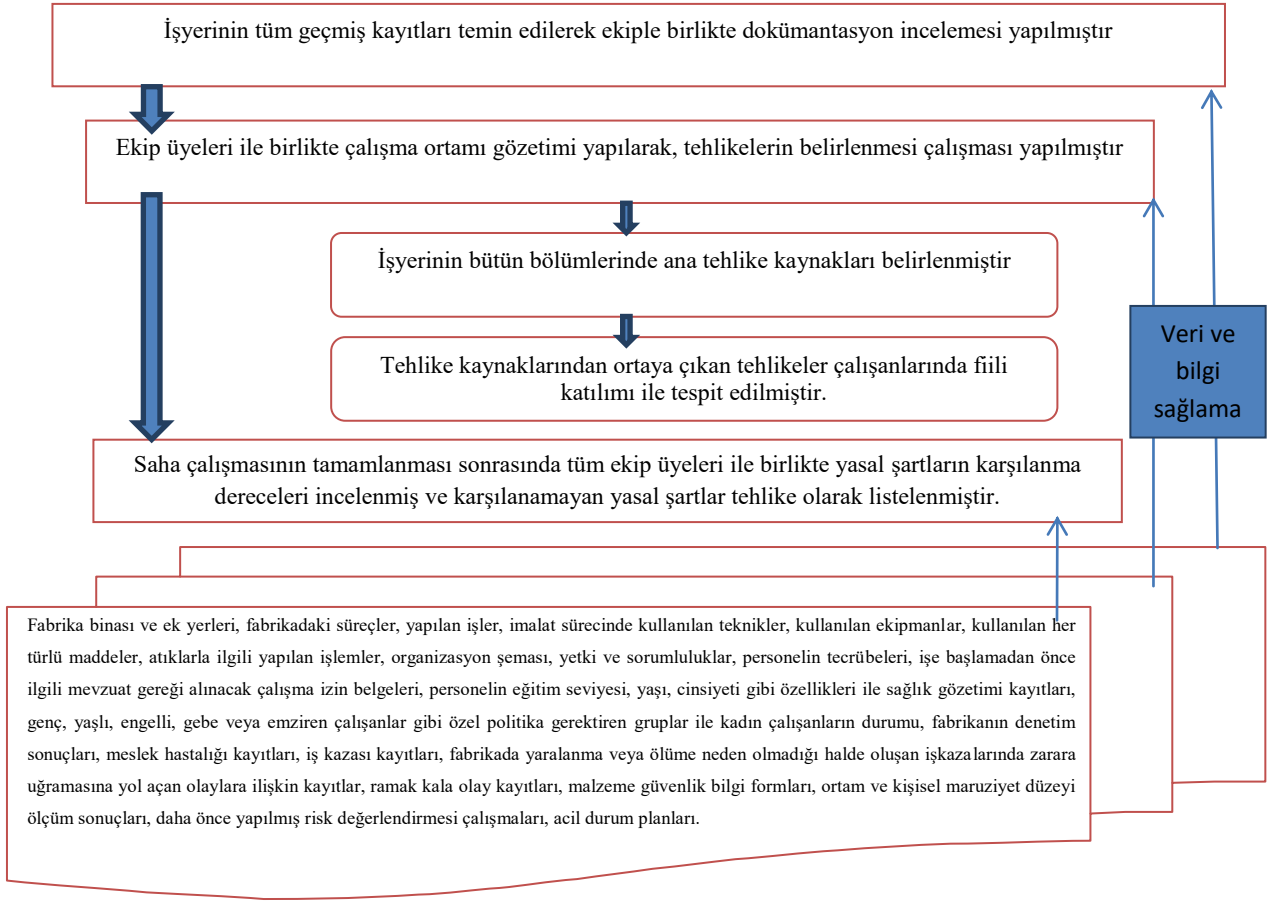
TS 18001 Nisan 2008 standardı [21] 'na göre, "olay, yaralanmaya, sağlığın bozulmasına veya ölüme sebep olan veya sebep olacak potansiyele sahip olan işle ilgili olayları, kabul edilebilir risk, yasal yükümlülükler ve işyerinin önleme politikasına uygun, tahammül edebileceği düzeye indirilmiş risk"i ifade eder.

Risk analizi ve değerlendirmesinin yapılması için firma bünyesinde öncelikle bir risk değerlendirme ekibi Ek -4'de verilen form doğrultusunda oluşturulmuş ve ekibe tehlike ve risk kavramları, risk analizi ve değerlendirmesi konularında 1 günlük bilgilendirme eğitimi verilmiştir. Tehlikelerin tespit edilmesi açısından firma ve firma dışından gelebilecek bütün tehlikelerin tespit edilmesi için aşağıdaki yol izlenmiştir.

Risklerin belirlenmesi ve analizi için tehlikelerden kaynaklanabilecek risklerin analizi ve derecelendirilmesi, mevcut önlemlerin yeterliliği de dikkate alınarak yapılmıştır. Risk analizinin yapılmasında beşli matris sistemi kullanılmıştır (Şekil 6) [22]:

Oluşturulan risk matrisine göre kabul edilebilirlik, yasal şartlara göre Şekil 7'de tanımlanmıştır [22].

Kontrol tedbirlerine karar verme, uygulama ve izleme açısından, risk analizi yapılan tehlikeler değerlendirilerek risklerin ortadan kaldırılması veya kabul edilebilir seviyelere indirilmesi için alınması gereken önlemler belirlenmiş ve önlemlerin yasal mevzuat karşılıkları gösterilmiştir. Önlemlerin hayata geçirilmesi için bir planlama yapılmıştır. Bu planlamada, her bir riske ait önlemlerin, kim tarafından, ne zaman tamamlanacağı belirlenmiştir. Önlemlerin tamamlanmasından sonra tekrar inceleme yapılarak, risklerin kabul edilebilir seviyelere indirilip indirilmediği izlenmiş ve bakiye risk skoru belirlenmiştir. Uygulanan risk analizi değerlendirme formu örneği Şekil 8'de verilmiştir [22].



Şekil 5. Risklerin Belirlenme Süreci

| | | | | | | |
|--------------------------------------|---------------|--------------|----------|---------|----------|--------------|
| O L A S I L I K | 5: Çok yüksek | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 |
| | 4: Yüksek | 4 | 8 | 12 | 16 | 20 |
| | 3: Orta | 3 | 6 | 9 | 12 | 15 |
| | 2: Düşük | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 |
| | 1: Çok Düşük | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| | ŞİDDET | 1: Çok Hafif | 2: Hafif | 3: ORTA | 4: Ciddi | 5: Çok Ciddi |

R (Risk) = O X Ş

O = Olasılık

Ş = Şiddet (Zararın Derecesi) olarak ifade edilmiştir.

Tehlike olasılığının belirlenmesinde,

Olasılık Ortaya çıkma sıklığı

1-ÇOK KÜÇÜK :Yılda Bir

2-KÜÇÜK :Üç Ayda Bir

3-ORTA :Ayda Bir

4-YÜKSEK :Haftada Bir

5-ÇOK YÜKSEK :Her Gün

Şiddet Derecelendirme

1-ÇOK HAFİF :İş saati kaybı yok,

2-HAFİF :İş günü kaybı yok,

3-ORTA :Hafif yaralanma,

4-CİDDİ :Ölüm, Uzun vadede,

5-ÇOK CİDDİ :Birden çok ölüm olarak belirlenmiştir.

Şekil 6. Olasılık- Şiddet Puanlaması

| | |
|------------------|--|
| | EYLEM |
| 16, 20, 25, 15 | KABUL EDİLEMEZ RİSK Bu risklerle ilgili hemen çalışma yapılmalı |
| 8, 9, 10, 12 | DİKKATE DEĞER RİSK Bu risklere mümkün olduğu kadar çabuk müdahale edilmeli |
| 1, 2, 3, 4, 5, 6 | KABUL EDİLEBİLİR RİSK Acil tedbir gerektirmeyebilir |

Şekil 7. Risk Matrisine Göre Kabul Edilebilirlik

| XYZ LTD. ŞTİ. RİSK ANALİZİ DEĞERLENDİRME FORMU | | | | | | | | | | | | |
|--|---------|---|--------------------------------|-------------------------|---------------|--------|------|--|-------------------------|--------|------|----------------|
| | Sıra No | Riskin Nedeni | Risk | Kimler Zarar görebilir? | Risk Seviyesi | | | Kontrol Önlemleri | Artakalan Risk Seviyesi | | | Risk En Az Mı? |
| | | | | | Olasılık | Şiddet | Risk | | Olasılık | Şiddet | Risk | |
| PERSONEL | 1 | AĞIR VE TEHLİKELİ İŞLER RAPORU(SAĞLIK RAPORU) | BİLGİSİZLİK | ÇALIŞAN | 4 | 3 | 12 | AĞIR VE TEHLİKELİ İŞLER RAPORU MUAYENESİ ALINACAK VE 10 YIL ÖZLÜK DOSYASI SAKLANACAK. | 1 | 3 | 3 | DÜŞÜK |
| | 2 | PERSONELİN ÖZLÜK DOSYASININ OLMAMASI | BİLGİSİZLİK | İŞVEREN | 3 | 3 | 9 | HER ELEMANIN ÖZLÜK DOSYASI OLACAK. ÇIKAN ELEMANLARIN DOSYALARI 15 YIL SAKLANACAK. İŞE YENİ GİREN ELEMANLARA DA DOSYA HAZIRLANACAK. | 1 | 3 | 3 | DÜŞÜK |
| | 3 | ORGANİZASYON ŞEMASI | BİLGİSİZLİK | İŞVEREN | 3 | 2 | 6 | HER BİRİMİN GÖREV TANIMI YAPILMALI | 2 | 2 | 4 | DÜŞÜK |
| | 4 | ÇALIŞAN DAVRANIŞLARI | İŞ KAZASI | HERKES | 4 | 4 | 16 | ÇALIŞANLAR BİLİNÇLENDİRİLMELİ, EĞİTİM VERİLMELİ | 2 | 4 | 8 | DÜŞÜK |
| | 5 | ÇALIŞANLARIN DİKKATSİZ ÇALIŞMALRI | İŞ KAZASI | HERKES | 4 | 4 | 16 | ÇALIŞANLAR SÜREKLİ UYARILMALI, UYARI LEVHALARI ASILMALI | 2 | 4 | 8 | DÜŞÜK |
| | 6 | TEMEL İŞ GÜVENLİĞİ EĞİTİM VERİLMELİ | FARKINA VARMAMALARI, İŞ KAZASI | HERKES | 4 | 3 | 12 | TEMEL İŞ GÜVENLİĞİ EĞİTİMİ VERİLDİ. | 2 | 3 | 6 | DÜŞÜK |
| EĞİTİM | 7 | YILLIK EĞİTİM PLANININ OLMAMASI | BİLGİSİZLİK, ANLAM KARMAŞASI | HERKES | 3 | 3 | 9 | YILLIK EĞİTİM PLANI HAZIRLANMIŞTIR. | 1 | 3 | 3 | DÜŞÜK |
| | 8 | YAPILAN EĞİTİMLERDE EĞİTİM ETKİNLİK ÖLÇÜMÜNÜN YAPILMAMASI | EĞİTİMİN ANLAŞILMAMASI | HERKES | 3 | 3 | 9 | HER EĞİTİM SONU DEĞERLENDİRME YAPILMALI VE YETERLİ DEĞİLSE TEKRARLANMALI | 1 | 3 | 3 | DÜŞÜK |
| | 9 | EĞİTİME HERKESİN KATILMAMASI | BİLGİSİZLİK, ANLAM KARMAŞASI | PERSONEL | 2 | 3 | 6 | EĞİTİME HERKESİN KATILIMI SAĞLANMALI | 1 | 3 | 3 | DÜŞÜK |
| | 10 | EĞİTİMİN İLAN EDİLMEMESİ | BİLGİSİZLİK, ANLAM KARMAŞASI | PERSONEL | 2 | 3 | 6 | EĞİTİMDEN ÖNCE EĞİTİM TÜM PERSONELE DUYURULMASI SAĞLANMALI | 1 | 3 | 3 | DÜŞÜK |

Şekil 8. Risk Analizi Değerlendirme Formu (örnek)

Risklerin, personel, eğitim, mutfak, elektrik, acil durumlar, genel, depo, basınçlı kaplar, ofis ve üretim açısından değerlendirilmesi risk değerlendirme ekibi tarafından yapılarak 64 risk nedeni belirlenmiş, kullanılan beşli matris sistemiyle

risk seviyeleri bulunmuş ve hesaplanmış, daha sonra her bir risk için kontrol önlemleri belirlenmiştir. Belirlenen kontrol önlemlerinin alınması sayesinde olasılık seviyeleri düşürülmüş böylece risk seviyelerinin düşürülmesi sağlanmıştır.

Periyodik risk analizi ve değerlendirmesi işyerinin tehlikeli sınıfta olması nedeniyle en geç dört yılda bir yenilenmelidir. Ayrıca aşağıda belirtilen durumlarda da risk değerlendirmesinin tamamen veya kısmen yenilenmesi gerekmektedir.

- Fabrikanın taşınması veya binalarda değişiklik yapılması,
- Fabrikada uygulanan teknoloji, kullanılan madde ve ekipmanlarda değişiklikler meydana gelmesi,
- Üretim yönteminde değişiklikler olması,
- İş kazası, meslek hastalığı veya ramak kala olay meydana gelmesi,
- Çalışma ortamına ait sınır değerlere ilişkin bir mevzuat değişikliği olması,

- Çalışma ortamı ölçümü ve sağlık gözetim sonuçlarına göre gerekli görülmesi,
- Fabrika dışından kaynaklanan yeni bir tehlikenin ortaya çıkması.

Firma iş sağlığı ve güvenliği mevzuatına göre "tehlikeli" sınıfta olmasından dolayı, riskin oluşabileceği tüm bölümler için bir risk eylem planı formu geliştirilmiştir (Ek- 5). satınalma (şekil 9) ve üretim birimleri (şekil 10) için risk hedeften sapma olduğundan bu bölümler için ayrı ayrı eylem planı oluşturulmuştur. Böylece her iki kritik birim için hedefler ile performans kıyaslanarak sapmalar (riskler veya fırsatlar) belirlenmekte ve elde edilen sonuçlara göre hedefler revize edilmektedir.

| XYZ LTD.şTİ. | | Satın Alma Eylem Planı | | | | | | No : | |
|---|--------------|------------------------|-------|------------|---|---|--------------------------------------|------------------|-----------|
| | | | | | | | | Rev No/ Tarihi : | |
| | | | | | | | | Sayfa No : 1 | |
| HEDEF (%) | | | | | YAPILACAK FAALİYETLER | KAYNAK İZLEME YÖNTEMİ/KAYIT | SORUMLU(LAR) | DEğERLENDİRME | |
| ADI | MEVCUT HEDEF | ÖLÇÜLEN PERFORMANS | SAPMA | YENİ HEDEF | | | | 1.DÖNEM | 2.DÖNEM |
| şartnameye uygun ürün temin edilmesi | 100 | 100 | 0 | 100 | şartnamenin dikkatli incelenmesi | şartnameler | Satın alma sorumlusu | 10.1.2017 | 10.7.2017 |
| Kaliteli ürünün uygun fiyata temin edilmesi | 95 | 90 | -5 | 95 | Piyasa araştırması yapılması | şirket içi eğitimler | Satın alma sorumlusu, Fabrika müdürü | 10.1.2017 | 10.7.2017 |
| Ürünün tam zamanında temin edilmesi | 100 | 95 | -5 | 100 | Ürün temin edilirken ilgili şartnamede teslim süresinin dikkate alınması | Tedarikçi firmaları değerlendirme formu, teklif sözleşme formları | Satın alma sorumlusu, Tedarikçi | 10.1.2017 | 10.7.2017 |
| ISO 9001 Belgeli firmaların tercih edilmesi | 95 | 85 | -10 | 95 | Ürün temin edilirken tedarikçinin belgeye sahip olup olmadığının öğrenilmesi | Tedarikçi firmaları değerlendirme formu, teklif sözleşme formları | Satın alma sorumlusu | 10.1.2017 | 10.7.2017 |
| Ürünün istenilen miktardan temin edilmesi | 100 | 95 | -5 | 100 | Her bir birimden talep edilen malzeme miktarının altına düşülmeden tedarik edilmesi | Malzeme talep formu | Satın alma sorumlusu, Tedarikçi | 10.1.2017 | 10.7.2017 |

şekil 9. Satınalma Eylem Planı

| XYZ LTD.ŞTİ. | | Üretim Eylem Planı | | | | | No : | | |
|--|--------------|--------------------|-------|------------|---|--|---|---------------|-----------|
| | | | | | | | Rev No/ Tarihi : | | |
| | | | | | | | Sayfa No : 1 | | |
| HEDEF (%) | | | | | YAPILACAK FAALİYETLER | KAYNAK İZLEME YÖNTEMİ/KAYIT | SORUMLU(LAR) | DEĞERLENDİRME | |
| ADI | MEVCUT HEDEF | ÖLÇÜLEN PERFORMANS | SAPMA | YENİ HEDEF | | | | 1.DÖNEM | 2.DÖNEM |
| Ürünlerin uygun kalite girdi malzemeden imal edilmesi | 100 | 95 | -5 | 100 | Kontrol yöntemi, ilgili imalatlara ait operatör talimatlarında belirtilmeli, satınalma şartnamesine göre kontroller yapılmalı, girdi kontrol etiketleri kullanılmalı | Malzeme girdi formu | Üretim sorumlusu, Kalite sorumlusu | 16.1.2017 | 17.7.2017 |
| Uygun olmayan ürün sayısının en az oranda olması | 0 | 4,13 | -4,13 | 0 | Operatöre ilgili konuda eğitim verilmeli, kalibrasyon sıklığı artırılmalı, girdi malzeme kalitesi artırılmalı, girdi malzeme kontrolünü artırılmalı | İş emri, Kalibrasyon planı, eğitim planı | Üretim sorumlusu, Kalite sorumlusu | 16.1.2017 | 17.7.2017 |
| Ürünün geç sevk edilmemesi için tam zamanlı üretilmesi | 0 | 10 | -10 | 0 | Satın alma malzemeyi zamanında teslim etmeli, ilgili hatta personel sayısı yeterli olmalı, operatör verilen iş emrini uygun zamanda gerçekleştirmeli | İş emri, Tedarikçi listesi formu | Üretim sorumlusu, Üst yönetim, Satın alma | 16.1.2017 | 17.7.2017 |
| Müşterinin üretim ile ilgili memnuniyeti | 100 | 96 | -4 | 100 | %10 geç sevkiyatın düşürülmesinin önlenmesi için üretim planlamasına uyulması, maliyetin düşürülmesi için maliyet analizinin nedenlerine ve alt nedenlerine inilmesi, personele ilgili eğitimin verilmesi | İş emri, müşteri memnuniyeti anket formu, üretim planı | Üretim sorumlusu, Üst yönetim, Satın alma | 16.1.2017 | 17.7.2017 |

Şekil 10. Üretim Eylem Planı

5. SİSTEMİN KURULUMU İLE FİRMADA GERÇEKLEŞEN İYİLEŞMELER

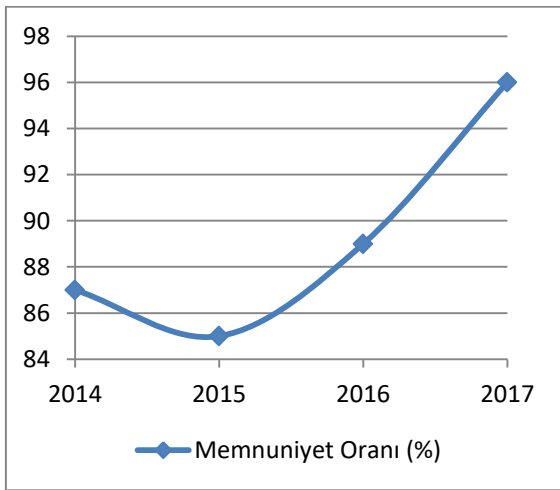
Bu bölümde ISO 9001:2015 kalite yönetim sistemine geçiş sonrasında firmada elde edilen iyileşmeler açıklanmıştır. 2015 versiyonunda risk tabanlı düşünme proses yaklaşımının uygulanmasıyla oluşan iyileştirmelerin yanısıra; kalite hedefleri, kalite politikası, verilerin analizi, tetkik sonuçları, Risk Analizi ile yönetimin gözden geçirmesi işlevleri vasıtasıyla kalite yönetim sisteminin geliştirilmesi ve iyileştirilmesi sağlanmıştır. Riski azalatacak önemli faaliyetlerden biri olan ve firmada uygulanan form Ek-6'da verilmiştir. Geliştirme ve iyileştirme

konularının kalite ve üretkenlik konularına odaklanmış ve aşağıdaki iyileşmeler sağlanmıştır.

- Fire, ıskarta ve yeniden işleme oranları azalmıştır.
- İşgücü ve malzeme israfı azalmıştır.
- Stok seviyeleri azalmış, stok maliyetleri düşmüştür.
- Kalitesizlik maliyetleri düşmüştür.
- Proseslerin standart zamanlarında iyileşme gerçekleşmiştir.
- Müşteri memnuniyetsizliği azalmıştır (iade – şikayetler bazında).

Sistemin kuruluşu ile kalitede iyileşmelerin sonucu olarak müşteri memnuniyetinin arttığı elde edilen geri bildirimlerin analizi sonucu net olarak

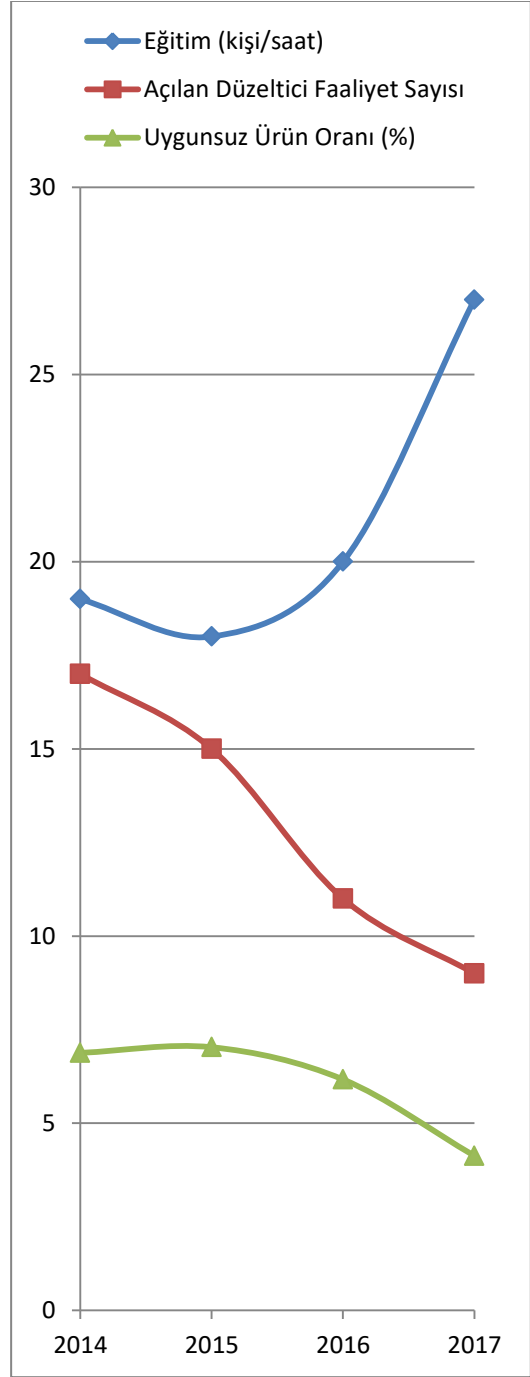
izlenebilmektedir (Şekil 11). Müşteri gereksinim ve beklentilerinin belirlenmesi, anlaşılması ve karşılanmasının sağlanması ve müşteri güveninin kazanılması amacıyla firma organizasyonel yapısı, müşteri ile direkt diyalogta bulunan, müşteri gereksinim ve beklentilerini aracısız ilgili bölümlere aktaran yalın bir organizasyon şeklinde yapılandırılmıştır. Bu yapılanma ile müşterilere daha iyi hizmet verebilmek için, olası müşteriler de dahil olmak üzere tüm müşterilerin belirlenmesi ve tanımlanması, müşteri ve son kullanıcılara ilişkin önemli ürün ve hizmet karakteristiklerinin saptanması, pazardaki rekabetin değerlendirilmesi, olanakların, zayıf ve kuvvetli noktaların tanımlanması ve uzmanlaşmanın sağlanması da amaçlanmıştır. Bu yapılanmanın yanısıra, müşteri memnuniyeti ve memnuniyetsizliği verilerinin de izlenmesi amacıyla firmada kullanılmakta olan müşteri görüşleri soru formunun soruları 2015 versiyonunda gözden geçirilmiş ve yenilenmiştir. 12 sorudan oluşan müşteri görüşleri soru formu Ek-7'de verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre 2014 yılında %87'ler civarında olan müşteri memnuniyet oranı 2017 yılında %97'ler seviyesine yükselmiştir (Şekil 12). Diğer taraftan, personel başına verilen eğitim saatinde artış ile, açılan düzeltici faaliyet sayısı ve uygunsuz olarak üretilen ürün oranında düşüş açısından 2014 yılından 2017 yılına geçen süre içerisinde önemli düzeyde iyileşmelerin gerçekleştiği Şekil 13'ten izlenebilmektedir.



Şekil 12. Müşteri Memnuniyetindeki Gelişme

6. SONUÇLAR

Bu çalışmada gerçekleştirilen inceleme, uygulama ve analizler sonucunda ISO 9001:2015 versiyonunun kurulmasında ISO 9001:2008 versiyonuna göre en belirgin farklılığın risk temelli düşünme süreci olduğu görülmüştür.



Şekil 13. Temel Performans Göstergelerindeki Eğilim

ISO 31000 standardına göre [23], "risk, hedefler üzerindeki belirsizlik etkisi"dir. Fakat risk ve fırsatların bütün kuruluşlar için farklılık göstermesine bağlı olarak risk yönetimine dair formal bir model (neden/sonuç analizi, sonuç/olasılık matris yöntemi gibi) veya yöntemden bahsedilmemiş; kuruluşun "isterse" "ISO 31000 Risk Yönetimi-Prensip ve Kılavuzlar" standardını rehber olarak kullanabileceğinden bahsedilmiştir [22]. ISO 31010

standartı [24]'na göre, risk değerlendirmesinde kullanılan araç ve teknikler; beyin fırtınası, kontrol listeleri, hata türü ve etkileri analizi (HTEA), Tehlike ve İşletilebilirlik Analizi (HAZOP), Markov analizi, Monte-Carlo simülasyonu, sonuç/olasılık matrisi, Çok Kriterli Karar Verme Modeli (MCDM) gibi tekniklerdir. Bu çalışmada bu tekniklerden biri olan sonuç/olasılık matrisi; uygulama kolaylığı, kolay güncellenebilme ve esnek bir yapıda tasarlanabilme, hızlı sonuç alma gibi özellikleri nedeniyle tercih edilmiştir.

2015 versiyonu 2008 versiyonuna göre, mevcut müşteri ihtiyaçlarını yerine getirmek ve gelecekteki müşteri ihtiyaçlarını belirlemek için özellikle tedarikçiler ile ilgili getirdiği standartlar vasıtasıyla daha elverişli bir kalite yönetim sistemi sunmaktadır.

Sonuç olarak, 2015 versiyonu, 2008 versiyonuna göre çok daha az katı kurallar sunmakta ve çok daha etkin bir iş geliştirme aracı olarak kullanılabilir bir niteliktedir. 2008 versiyonuna göre bir diğer önemli değişiklik de kalite yönetimi ve sürekli iyileştirmeyi firmanın merkezine oturtmasıdır. Bu durum, yeni standardın firmaya stratejik yönelimlerini KYS ile uyumlandırma fırsatı verdiği anlamına gelmektedir.

ESTABLISHMENT OF QUALITY MANAGEMENT SYSTEM ACCORDING TO ISO 9001:2015 FOR A MANUFACTURING FIRM

In a plastic pipe manufacturing company, establishing a quality management system conforming to the new version ISO 9001: 2015 with the revision of the existing ISO 9001: 2008 a quality management system is necessary. In this study, the quality management system that is installed according to ISO 9001: 2015 version is discussed in detail in the company called XYZ Ltd. Sti. In addition, the requirements of the quality management system are explained in detail. This paper has been prepared to help companies in the manufacturing sector to establish the ISO 9001: 2015 version instead of the ISO 9001: 2008 version and to understand the innovations and changes introduced by the new version.

Keywords: Quality management system, ISO 9001, ISO 9001:2015, plastic pipe production, certification, standard, risk analysis.

TEŞEKKÜR

Yazarlar uygulamanın yapıldığı firma yönetimine teşekkürlerini sunarlar. Firmanın unvanının gizli tutulması istendiğinden çalışma

içerisinde firma unvanı XYZ Ltd. şeklinde aslından farklı ve hayali bir isim olarak kullanılmıştır.

KAYNAKÇA

1. İnternet: Kalite Nedir?
<http://www.isokalitesiteleri.com/iso-9001-2000-kalite-yonetim-sistemi-nedir.php> [Erişim Tarihi: 08/05/2017]
2. Magd, H. ve Curry, A. ISO 9000 and TQM: are they complementary or contradictory to each other? *TQM Magazine* 15(2003), 244-256.
3. TS EN ISO 9000:2000 Kalite Yönetim Sistemleri- Temel Esaslar, Terimler ve Tarifler
4. İnternet: ISO 9001:2008'den ISO 9001:2015'e Geçiş Kılavuzu
https://www.bsigroup.com/LocalFiles/tr-TR/ISO%209001%202015/ISO%209001%20Transition%20Guide_Sept2015_tr.pdf [Erişim Tarihi: 01/06/2017]
5. TS EN ISO 9001:2015 Kalite yönetim sistemleri- Şartlar
6. Mangula, M.S., Effect Of Quality Management Systems (ISO 9001) Certification On Organizational Performance In Tanzania: A Case Of Manufacturing Industries In Morogoro, *International Journal Of Technology Enhancements And Emerging Engineering Research*, 1(1) (2013), 2347-4289.
7. İnternet: <https://www.tse.org.tr/tr/duyuru/1/4288/ts-en-iso-9001-2015-kalite-yonetim-sistemi-belgelendirmesi-basladi.aspx> [Erişim Tarihi: 12/07/2017]
8. TS EN 9001:2015 Kalite Yönetim Sistemleri-Şartlar
9. Gökpınar, E., Petrol Doğalgaz Jeotermal Sondaj Sektöründe ISO 9001:2008 Kalite Yönetim Sisteminin Kurulması, Yüksek lisans tezi, Başkent Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2015.
10. Grudzie'n, Ł., Hamrol, A., Information quality in design process documentation of qualitymanagement system, *International Journal of Information Management*, 36 (2016), 599-606.
11. Başaran, B., *The effect of ISO quality management system standards on industrial property rights in Turkey*, World Patent Information, 45, 2016.
12. Juanzon, J., Berlin P., Muhi, M., Significant factors to motivate small and medium enterprise (SME) construction firms in the Philippines to implement ISO 9001:2008, *Procedia Engineering*, 171(2017), 354 – 361.
13. Lopez, C.P., Rodríguez A.H., Torres, C.C., Sayadi, S., ISO 9001 implementation and associated manufacturing and marketing

- practices in the olive oil industry in southern Spain, *Food Control*, 62(2016), 23–31.
14. Ingason, H. T., Best Project Management Practices in the Implementation of an ISO 9001 Quality Management System, *Procedia - Social And Behavioral Sciences*, 194(2015), 192 – 200.
 15. Aldowaisan, T.A.; Youssef, A. S., An ISO 9001:2000-based framework for realizing quality in small businesses, *Omega*, 34(2006), 231 – 235.
 16. Fonseca, L. M., From Quality Gurus And TQM To ISO 9001:2015: A Review Of Several Quality Paths, *International Journal for Quality Research*, 9(2015)167–180.
 17. Durak, S., Damlaplast Sulama Sistemler Sanayi Ve Ticaret Anonim Şirketinde TS EN ISO 9001:2000 Kalite Yönetim Sistemleri Uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, 2006.
 18. Sandal, C., ISO 9001:2000 ile Altı Sigma'nın Bütünleştirilmesi ve Bir Otomotiv Şirketi Uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, 2008.
 19. Hernad, J.M.C. Gaya, C.G., Methodology for implementing Document Management Systems to support ISO 9001:2008 Quality Management Systems, *Procedia Engineering* 63(2013),29-35.
 20. Aslan, E., ISO 9001:2000 Kalite Yönetim Sisteminin KOBİ'lerin Performansları Üzerine Etkileri, Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, 2007.
 21. TS 18001 Nisan 2008- İş Sağlığı Ve Güvenliği Yönetim Sistemleri - Şartlar
 22. Yeşiloğlu, A.G., Plastik Boru Sektöründe Bir Firmaya ISO 9001:2015 Kalite Yönetim Sisteminin Kurulması, Yüksek Lisans Tezi, Başkent Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2017.
 23. TS ISO 31000 Risk Yönetimi Prensipler ve Kılavuzlar
 24. TS EN 31010 Risk Yönetimi- Risk Değerlendirme Teknikleri

EK- 2: Kalite Kontrol Raporu

| | | |
|---|--|---------------------------------|
| XYZ LTD.ŞTİ. | GÜNLÜK İMALAT ESNASINDA YAPILAN KALİTE KONTROL RAPORU | Tarih: |
| | | Rapor No: |
| | | Var.Saati: |
| İş Emri No:..... | | Boru Cinsi, Çap ve Atüsü:..... |
| Boru Standart | Numune Boru Boyu: | Sızdırmazlık Testi st. Saat: |
| Boy: 1..... 2..... 3..... | bar | Uygulanan.....bar |
| 4..... 5..... 6..... | Darbe testi St. | Numune Başına Vuruş Sayısı: |
| Boru St. Ağırlığı: Numune Boru Ağırlığı: | Num.Sayısı: | 1.P..... N..... 2.P..... N..... |
| 1..... 2..... 3..... | Ağr.kg. | 3.P..... N..... 4.P..... N..... |
| 4..... 5..... 6..... | Yüks.mt. | 5.P..... N..... 6.P..... N..... |
| Meng testi St. 1:P.... N.... 2:P.... N.... | | |
| Kesitlerin birbirine 3:P.... N.... 4:P.... N.... | | |
| Yapışması 5:P.... N.... 6:P.... N.... | | |
| YÜZEYLERİN GÖZLE MUAYENESİ: | | UYGUN UYGUN DEĞİL |
| 1. Boru uçları boru eksenine dik kesilmiş. | | |
| 2. Boruların kesitinde ve yüzeyinde kabarcık ve boşluk yok. | | |
| 3. Boruların dokusu homojen. | | |
| 4. İmal edilmiş borular siyah renkte olup borunun her yerinde aynı. | | |
| 5. Borunun iç ve dış yüzeyleri düzgün, pürüzsüz. | | |
| 6. Boruda keskin ve derin çizgiler ile kesit daralması yok. | | |
| 7. Boru ucu konik olarak traşlanmış. | | |
| 8. Boru muf görünümü uygun. | | |
| 9. Boru mufu iyi. (Muf contaya uygun.) | | |
| 10. Boru istifi iyi. | | |
| AÇIKLAMA: | | |
| Darbe ve Mengene testleri her iki saatte bir yapılır. | | |
| Kısaltmalar:(P: Pozitif sonuç) - (N: Negatif sonuç) | | |
| Kalite Kontrolleri yapan: | | |

EK- 3: Vardiya Raporu

| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|----------------|--------------------|-------------------------------|-------|------------------|-------------|---|---|--------------------------------------|------------------|----------------|----------|----------|----------|-------|-------|
| XYZ LTD. ŞTİ. | VARDİYE RAPORU | Tarih: | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Vardiye Saati: | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Rapor No: | | | | | | | | | | | | | | | |
| İŞ EMİRİ NO: | MAKİNA ADI: | | | | | | | | | | | | | | | | |
| BORU CİNSİ: | BORU ÇAPI ve ATÜSÜ: | | | | | | | | | | | | | | | | |
| VARDİYE RUMUZU: | ÜRETİM MİKTARI:.....Adet (.....Metre) | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MAKİNA ISILARI | | | | MAKİNA DEVİRLERİ | | | | | | | | | | | | | |
| BURGU ŞİLİNDİR ISILARI | | | | KAFKA ve KALIP ISILARI | | | | | | | | | | | | | |
| B. Saat: | Saat: | Saat: | K.No | Saat: | Saat: | Saat: | BURGU DEVRİ | DOZAJ DEVRİ | ÇEKİCİ HIZI | BASINÇ | Ana Motor Amperi | | | | | | |
| No | İ.Sİ | G.Sİ | İ.Sİ | G.Sİ | İ.Sİ | G.Sİ | İ.Sİ | G.Sİ | İ.Sİ | G.Sİ | İ.Sİ | G.Sİ |d/d |d/d |m/d | Saat: | Saat: |
| | | | | | | | | | | | | |d/d |d/d |m/d | Saat: | Saat: |
| | | | | | | | | | | | | |d/d |d/d |m/d | Saat: | Saat: |
| | | | | | | | | | | | | |d/d |d/d |m/d | Saat: | Saat: |
| | | | | | | | | | | | | |d/d |d/d |m/d | Saat: | Saat: |
| DEĞİŞKENLERİN AÇIKLAMASI | | | | | | | | | | AÇIKLAMALAR | | | | | | | |
| BURGU İSİ | KAFKA | BÖLGE | SAAT | BURGU DEV. | DOZAJ | ÇEKİCİ | BASINÇ | An.Mot.Amp. | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| İSIDAN KAYNAKLANAN ÜRÜN HATALARI | | | | | | | | MAKİNA DEVİRLERİNDEN KAYNAKLANAN ÜRÜN HATALARI | | | | | | | | | |
| 1 | Boru kırılğan | | | | | | | 5 | Boru et kalınlığı standardın altında veya üstünde | | | | | | | | |
| 2 | Renk tonu boru gövdesinde değişken | | | | | | | 6 | Boru sürekli kopuyor | | | | | | | | |
| 3 | Boru yüzeyi mat | | | | | | | 7 | Boru ağırlığı standardın altında veya üstünde | | | | | | | | |
| 4 | Boru gövdesinde dışardan görünmeyen boşluklar oluşuyor.Yüksek basınca dayanmıyor. | | | | | | | Açıklama: | | | | | | | | | |
| Kısaltmaların açıklanması | | | | | | | | | | Diğer vardiye tavsiye ve temenniler: | | | | | | | |
| Teslim Eden | | | Teslim Alan | | | Kontrol Eden | | | Tetkik Eden | | | ONAY | | | | | |
| 0 Sorumlusu | | | Ambar ve Sev. Sor. | | | Üretim Sorumlusu | | | Kalite Yönetim Sorumlusu | | | Fabrika Müdürü | | | | | |

EK- 6: Düzeltici/ Önleyici Faaliyet Raporu (Risk Analizi Bağlantılı Kullanılmaktadır)

| | | |
|--|--|---------------------|
| XYZ LTD.ŞTİ. | DÜZELTİCİ / ÖNLEYİCİ FAALİYET RAPORU Faaliyetin türüne göre Düzeltici veya Önleyici sözcüğü işaretlenecektir | Rapor No |
| UYGUNSUZLUĞUN veya POTANSİYEL UYGUNSUZLUĞUN TANIMI Açıklamaya yardımcı olacak haneyi işaretleyiniz, gerekli referansı veriniz ve durumu açıklayınız. | | |
| <input type="checkbox"/> Müşteri şikayeti* | | |
| <input type="checkbox"/> Uygun olmayan malzeme / ürün | | |
| <input type="checkbox"/> İç kalite tetkik sonuçları | | |
| <input type="checkbox"/> Müşteri anketi sonuçları | | |
| <input type="checkbox"/> Veri analizleri sonuçları | | |
| <input type="checkbox"/> Proses uygunsuzluğu | | |
| <input type="checkbox"/> Kalite sistemi | | |
| <input type="checkbox"/> Gözden geçirme sonuçları | | |
| <input type="checkbox"/> Diğer : | | |
| | TARİH | TANIMI YAPAN |
| * Şikayete ait yazılı doküman iliştilirilecektir. | | |
| GEÇİCİ FAALİYET "Düzeltici" faaliyetler için söz konusu olup, uygunsuzluğun kısa vadede kaldırılmasına yönelik çalışmadır. | | |
| SORUMLU / TARİH : | | |
| TEMEL NEDENİN TANIMLANMASI | | |
| | | |
| KALICI FAALİYET Uygunsuzluğun tekrarlanmasını ortadan kaldıracak çözüm. | | |
| ÖNEREN / TARİH : | | |
| GERÇEKLEŞTİREN / TARİH : | | |
| DÜZELTİCİ / ÖNLEYİCİ FAALİYETİN ETKİNLİĞİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ Etkinlik, Yönetim Temsilcisi tarafından değerlendirilecektir | | |
| İZLEME SÜRESİ : | | |
| DÜŞÜNCELER : | | |
| KARAR : | | |
| | TARİH : | İMZA : |

FR 71 (0)

EK-7 : Müşteri Görüşleri Formu

| | | | | | | | |
|---|-------------------------------------|-------------------|-----------------------|------------------|--|------------------|--|
| XYZ LTD.ŞTİ | MÜŞTERİ GÖRÜŞLERİ SORU FORMU | | | | | Tarih: | |
| | | | | | | Sayfa No : 01/01 | |
| AŞAĞIDAKİ SORULARI LÜTFEN CEVAPLANDIRIP -- NOLU FAKSİMİZA GÖNDERİNİZ. | | | | | | | |
| MÜŞTERİ : | | | | | | | |
| 1. Aradığımız ilgililere en kısa sürede ulaşılması | | | | | | | |
| Her zaman | Çoğunlukla | Oyalanıyorum | Zorlukla ulaşıyorum | Hiç ulaşamıyorum | | | |
| 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | | | |
| 2. Görüştüğümüz ilgililerin yapıcı, sabırlı ve anlayışlı olması | | | | | | | |
| Son derecede iyi | İyi | Kabul edilebilir | İyileştirilmeli | Kabul edilemez | | | |
| 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | | | |
| 3. Boruların geçmesi | | | | | | | |
| Son derecede iyi | İyi | Kabul edilebilir | İyileştirilmeli | Kabul edilemez | | | |
| 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | | | |
| 4. Borunun su tutması | | | | | | | |
| Son derecede iyi | İyi | Kabul edilebilir | İyileştirilmeli | Kabul edilemez | | | |
| 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | | | |
| 5. Borunun esnekliği | | | | | | | |
| Son derecede iyi | İyi | Kabul edilebilir | İyileştirilmeli | Kabul edilemez | | | |
| 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | | | |
| 6. Borunun kırılmalı | | | | | | | |
| Son derecede iyi | İyi | Kabul edilebilir | İyileştirilmeli | Kabul edilemez | | | |
| 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | | | |
| 7. Muhatap olduğumuz kişilerin teknik yeterlilikleri ve davranışları | | | | | | | |
| Son derecede iyi | İyi | Kabul edilebilir | İyileştirilmeli | Kabul edilemez | | | |
| 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | | | |
| 8. Ürüne ilişkin hazırlanan dokümantasyon | | | | | | | |
| Son derecede iyi | İyi | Kabul edilebilir | İyileştirilmeli | Kabul edilemez | | | |
| 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | | | |
| 9. Şikayetlerimizin ele alınması | | | | | | | |
| Hemen ve etkin | Kabul edilebilir | Etkin fakat yavaş | Hemen ama etkin değil | Çok geç | | | |
| 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | | | |
| 10. XYZ Ltd. Şti. sürekli çalışmak istediğimiz bir firmadır | | | | | | | |
| Kesinlikle katılıyorum | | | | | | Hiç katılmıyorum | |
| 5 | | | | | | 1 | |
| 11. "% 100 Zamanında Teslimat" performansının sağlanması | | | | | | | |
| Her sevkiyatta | Çoğu sevkiyatta | Kabul edilebilir | İyileştirilmeli | Kabul edilemez | | | |
| 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | | | |
| 12. Fiyat | | | | | | | |
| Son derecede iyi | İyi | Kabul edilebilir | İyileştirilmeli | Kabul edilemez | | | |
| 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | | | |
| 13. Diğer konular, şikayetler ve geleceğe yönelik istekler ve beklentiler | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| Lütfen anket içerisindeki seçeneklerin önündeki küçük kutulara ✓ işareti koyarak işaretleyiniz. | | | | | | | |

Sıcak Pres Birleştirme Yöntemi ile Kilitlenen Bölgelerde Dayanımın İyileştirilmesi

Sanayide ve literatürde presle sıcak birleştirme (kilitleme) olarak adı geçen mil ve borunun birbirine rijit bağlanmasını sağlayan yöntemde borunun mil ile kilitlenmesi plastik şekillendirme ile yapılmaktadır. Bu çalışmada iç mil malzemesi olarak C45 (Ç1050) çelik ve boru malzemesi olarak S355 (ST-52) malzeme kullanılarak numuneler hazırlanmıştır. Plastik şekillendirme esnasında oluşan gerilme yığılmaları ve çatlaklar malzemenin ömrüne doğrudan etki etmekte ve ömrünü kısaltmaktadır. Sıcak şekillendirme, malzemenin östenitleme sıcaklığına kadar ısıtılıp, bu sıcaklıkta belirli bir süre bekletildikten sonra pres altında form verilip soğutulması adımlarından oluşmaktadır. Proses, Türkiye otomotiv sanayisi için yeni bir yöntemdir. Bu yöntemde sıcak şekillendirme prosesinde kullanılan malzemelerin karakterleri iyi tanınmalıdır. Sıcak Pres birleştirme ile üretilmiş hasarlı parçalar incelendiğinde, kilitleme bölgesinden kırılma, çatlama ve kopmaların olduğu tespit edilmiştir. Bu araştırmada kilitleme bölgesinde gözlenen zayıflatıcı etkilerin önüne geçilerek procesten ve yöntemden doğan eksikliklerin giderilmesi, mukavemet ve ömrü artırmak için gerekli iyileştirme çalışmaları yapılmıştır. Bu amaçla öncelikle bilgisayar destekli analiz yöntemleri kullanılarak en uygun kilitleme profilinin tasarlanması, sıcak presleme prosesi için optimum sıcaklık ve ısıtma/soğuma hızlarının belirlenmesi, alternatif parametrelerle üretilmiş gerçek (otomotiv üzerinde çalışan) parçalar üzerinde test ve analizler yapılması suretiyle belirlenen profil ve plastik şekillendirme parametrelerinin üretim sonrasında oluşan iç gerilme, çatlak, sertlik ve mekanik mukavemet değerlerine etkisi belirlenerek optimum değerler tespit edilerek kilitleme bölgesi mukavemeti artırılmıştır.

Bu proje TÜBİTAK ARDEB 3001 projesi kapsamında 214M346 proje kodu ile desteklenmiştir.

Anahtar kelimeler: Sıcak Presle Birleştirme, Presle Kilitleme, Sıcak Kilitleme, Sıcak büzme, Sıcak Şekillendirme

Mustafa Göz

mustafagoz@windowslive.com,
mustafa.goz@sampa.com

Sampa Otomotiv San. ve Tic. A.Ş.
Samsun, 05434627121

1 GİRİŞ

Otomotiv yan sanayi sektöründe yeni malzemeler, ileri tasarım ve yapım teknolojilerinin kullanımı, yeni üretim süreçleri ülke ekonomisi açısından olduğu kadar çevre ve yaşam kalitesi açısından da büyük önem taşımaktadır. Yeni malzemeler, ileri tasarım ve yapım teknolojilerinin geliştirilmesi ve uygulamada hayata geçirilebilmesi için bu konularda Araştırma-Geliştirme çalışmalarının yapılması kaçınılmazdır.

Son yıllarda gelişmiş ülkelerin otomotiv yan sanayi sektöründe Ar-Ge çalışmalarının önemi, sektörün verimliliği ve uluslararası rekabette

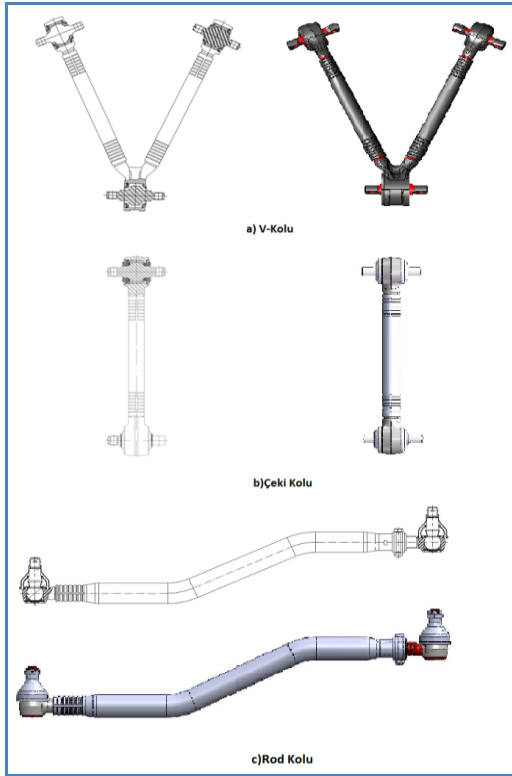
sağlayabileceği avantajlar daha iyi kavranmaya başlanmıştır. Firmalar rekabet güçlerini arttırabilmek için her geçen gün piyasaya özgün ürünler sunmaktadırlar.

Otomotiv sektöründe, özellikle de ağır vasıtalarda (kamyon, otobüs, çekici vb.) kullanılan ve sürüş esnasında büyük yüklere karşı çalışan V-Kolları yüksek çekme, basma, burulma ve eğilme gerilmelerinin tamamına maruz kalmaktadır. Bu çalışmada, yüksek mukavemete sahip, yol dışı (off-road) şartlarda çalışabilen V-Kollarının yerli kaynaklarla ve sektörden gelen teknik istekler doğrultusunda geliştirilerek üretilmesi amaçlanmaktadır.

V – Kolu: Taşıtın hareket etmesi sonucu, yoldaki zeminin formuna bağlı olarak tekerleklerde oluşan kontrolsüz aksel, radyal ve torsional hareketler aks gövdesine taşınır. Aks ile taşıt gövdesi arasına bağlanan V-kolu, istenmeyen bu kontrolsüz hareketleri taşıt gövdesinde genliği düşük kontrollü ve limitli salınım hareketlerine dönüştürmektedir.

Çeki Kol: Taşıtın hareket etmesi sonucu yoldaki zeminin formuna bağlı olarak araç eksenli boyunca tekerleklerde oluşan aksel kontrolsüz hareketler aks gövdesi üzerinden araç şasesine taşınır.

Rot kolu: Rot kolu iki rot başını birbirine bağlayan uzun bir çubuktan oluşur ve direksiyon dişli kutusundan aldığı hareketi tekerleklerle ileterek aracın sağa - sola yürütülmesini sağlar.



Resim 1. a) V-Kolu, b) Çeki Kolu, c) Rod Kolu

Yapılan çalışmaların gerçek ağır otomotiv sanayi parçaları (V kolu, çeki kolu, rod kolu) üzerinde gerçekleştirilmiş olmasıyla, proje sonucunda oluşan bilgi ve deneyimin daha ileri bir noktaya taşınması ve Türkiye'nin bu konuda takip eden değil edilen konumuna erişmesi için proje kapsamında edinilen bilgi birikiminin yaygınlaştırılması da amaçlanmaktadır.

A. Serdar Önal [20] tarafından hazırlanan makalede sıcak şekillendirme işleminin otomotiv sanayiinde kullanımı ve uygulanma şekilleri hakkında genel bilgiler içermektedir. Ayrıca makalede plastik şekillendirme sonrasında içyapı değişimleri ve sıcak şekillendirme yöntemleri hakkında bilgi de vermektedir. Ayrıca yapılan çalışmada sıcak şekillendirme prosesinde kullanılan malzeme özellikleri açıklanmakta, sıcak şekillendirme yönteminin soğuk şekillendirme yöntemine göre üstünlükleri ve prosesin dezavantajları belirtilmektedir. Zakir Taş [24] yaptığı çalışmada termo-mekanik haddeleme sonrasında hızlı soğutma ile kombine edilmiş yöntemin, termo-mekanik haddeleme ve normal tavlama yöntemi ile karşılaştırıldığında daha yüksek akma mukavemetine ulaşabildiğini göstermektedir. Böylelikle belli bir akma veya çekme mukavemetinde, daha az alaşım, yani daha hesaplı (ucuz) kimyasal bileşime ulaşılabilir ve aynı zamanda daha düşük karbon eşdeğerliliğinden ötürü kaynaklanan düşük akma mukavemeti özelliğinin ve kusurların iyileştirilir olduğu sonucuna ulaşmıştır. Ş. Y. Güven [11], AISI 1030 çeliğinin optimum deformasyon sıcaklığını ve deformasyon hızının saptanması amacı ile 700 °C, 730 °C ve 980 °C deformasyon sıcaklıklarında ve 0.1 ile 2.0 cm/dk. çekme hızı aralığında çekme cihazında çekme deneylerini yapmışlar ve deney sonuçlarının değerlendirmesi sonucunda AISI 1030 çeliği için uygun deformasyon şartları saptanması için çalışmış ve AISI 1030 çeliğinden üretilen yuvarlak çubuklarda küçük taneli bir içyapı oluşturulduğu takdirde, bu çeliklerde de süper-plastik özelliğin elde edilebileceği sonucuna varmışlardır. D. H. Kim ve arkadaşları [14] aşınma ve sıcak dövme işlemlerinde, kalıp plastik deformasyonuna dayalı, kalıp ömrünün tespit edilmesi yöntemi üzerine çalışmışlardır. Kalıp ömrünün yüksek ısı yükü ve uzun temas süresi nedeni ile önemli ölçüde deforme olduğundan ve malzeme üzerinde termal yumuşama meydana geldiğinden bahsedilmiştir. Önerilen metotların uygulamaları sayesinde yerel sıcaklık yükselmesinden dolayı kalıpta termal yumuşama meydana gelmektedir ve sıcak dövme servis ömrünü plastik deformasyon aşınmadan daha çok azaltmaktadır, sonucuna varmışlardır. Kejanlı H. , Çalgılı U. arkadaşları [5-12-13-15] kaynak yöntemleri ve difüzyon kaynağının bağlantı üzerine etkileri ile ilgili çalışmalar yürütmüşler ve difüzyon kaynağının ve süresinin bağlantı karakteristiğine etkileri üzerine çalışmışlardır. Ayrıca B. Kurt ve arkadaşları [4-16-19] difüzyon kaynağı yöntemi ile farklı malzeme çiftleri için ara yüzey mikro yapı incelemeleri gerçekleştirmişlerdir, bu yöntem kullanılarak yapılan bütün birleştirmelerde, artan sıcaklığa ve süreye paralel olarak kaynağın mekanik özelliklerinin iyileştiği tespit edilmiştir

Yine Literatürde teorik analiz yazılımlarının da metal şekillendirme üzerinde etkin bir şekilde kullanıldığı görülmektedir [22]. Arif Gök ve arkadaşları [9] tarafından yapılan çalışmada non-linear sonlu elemanlar yazılımı (DYNAFORM 5.0) kullanılarak, AISI 1017 çelik sac malzemenin derin çekilmesi işlemi gerçekleştirilmiştir. Aynı zamanda analiz şartları ile benzer deneysel derin çekme işlemi gerçekleştirilmiştir. Analiz ve deneysel çalışmadan elde edilen sonuçlar karşılaştırılmış, DYNAFORM yazılımı ile deneysel sonuçlar arasındaki tutarlılık belirlenmiştir. Yanjin Guan ve arkadaşları [10] visko plastik metalleri Galerkin yöntemine göre simülasyonlarını yaparak metallerin analizlerini yapmışlardır. Bu çalışmada FEM yöntemi ve meshsiz "ağırsız" yöntemleri ile plastik deformasyon işlemi uygulayarak farklı iki yöntemde 12mm lik strok da elde edilen etkin gerilim dağılımı incelenmiştir. Elde edilen veriler ile FEM yöntemi ile yapılan analiz ile ağırsız analiz yöntemi ile yapılan analiz yöntemlerinin örtüşmekte olduğu ve birbirlerini doğruladıklarını tespit etmişlerdir, Ping Lu vd. [17] visko plastik metalleri Galerkin yöntemine göre simülasyonlarını yapmıştır, metal şekillendirme sürecinin sayısal örnekler rigid-plastic/viscoplastik malzemelerin akışı, alan değişken dağılımları Galerkin yöntemine göre analiz edilmiştir. Sonlu eleman yöntemi metodu ile elde edilen sayısal analiz sonuçları ve deneysel olarak elde edilen sonuçların uyum içinde olduğunu tespit etmişlerdir. K. Mori [18] sonlu elemanlar metodu kullanılarak yapmış olduğu çalışmada, metallere plastik deformasyon ile diyagonal matris uygulayarak metal şekillendirme prosesini simüle etmişlerdir. Bu yöntemde, her bir düğüm noktasında bağlanmamış denge denklemleriyle art-arda büyük küresel matrisler hesaplamışlardır. Bu düğüm noktalarının sayısı ile işlem zaman hızındaki azalmaya yol açtığı sonucuna ulaşmışlardır. Stanislaw Stupkiewicz [23] yaptıkları çalışmada metal şekillendirme üzerine plastik deformasyon hesabı ile gerçek temas alanı değişim olgusunun modellenmesi üzerine model deformasyonları yaparak sertliğin deformasyona etkilerini ve yüzey tabakasının zayıflama etkilerini ortaya koymaya çalışmışlardır. Stanislaw Stupkiewicz ve Zenon Mro'z, pürüzlü yüzeyin düzleşmesi, metal şekillendirme işlemlerinde gerçek temas alanının değişimi ve plastik deformasyon etkisinin tanımlanması için yeni bir yaklaşım ileri sürmüştür. Bulk gerilmesine bağlı olarak gerçek temas alanı değişim öngörülerini ile mikro-mekanik modellerin öngörülerini deneysel çalışmaların sonuçları karşılaştırılarak modelin uygulanabilirliği örneklenmiştir.

Yapılan literatür araştırmaları neticesinde konuyla ilgili çalışmaların 2000 yılı sonrasında yoğunluk kazandığı ve artarak devam ettiği gözle

çarpılmaktadır. Yapılan çalışmaların büyük bir kısmının sac metallere, sac metallerin şekillendirilmesi ve birleştirme teknikleri/parametreleri üzerine yoğunlaştığı, sıcak pres birleştirme yöntemi ve bunun endüstriyel uygulamaları ile ilgili deneysel çalışmaların ise sınırlı kaldığı dikkat çekmektedir. Ayrıca, sıcak pres birleştirme yöntemi kullanılarak düşük alaşımlı imalat çeliklerinin plastik şekillendirilmesi ve sonlu elemanlar analiz yöntemleri kullanılarak profil optimizasyonu sağlayacak teorik ve deneysel çalışmaların birlikte gerçekleştirildiği bir çalışmaya literatürde rastlanmamıştır. Yapılan literatür araştırmaları sonucunda sıcak presle birleştirme konusunda önemli bir boşluğun olduğu görülmüştür ve proje kapsamında gerçekleştirilecek çalışmaların bilim ve sanayi uygulamalarına önemli katkılar sağlayacağı düşünülmektedir.

Bu birleştirme/kilitleme işlemi farklı yöntemler ile de üretilebilir özellikle olsa da diğer yöntemlere kıyas ile avantajları göz önüne alındığında belirgin farklar ortaya çıkmaktadır. Aynı kilitleme işlemi sürtünme kaynağı, diğer kaynak yöntemleri uygulanarak ve farklı imalat yöntemleri kullanarak da imal edilebilir. Fakat sürtünme kaynağı yönteminde yeni makine maliyeti ve simetrik, silindirik olmayan malzemelerin kaynağına imkan vermemesi, imalatın dinamik kuvvetlere dayanımının az olması gibi dezavantajları mevcuttur. Diğer imalat yöntemlerinden olan döküm ve dövme yöntemleri ile ürünün yekpare üretilmesi mümkündür fakat maliyet açısından ve ayrıca parça ağırlığının yüksek olması nedenlerinden dolayı sıcak pres birleştirme yöntemine kıyasla dezavantajları söz konusudur. Bu diğer imalat yöntemleri ile kıyaslandığında, sıcak pres birleştirme yöntemi; hafiflik, maliyet ve kalite açısından öne çıkan bir imalat yöntemidir.

2 MATERYAL ve YÖNTEM

Son yıllarda plastik şekil verme metotları diğer üretim metotlarında olduğu gibi bir sürekli gelişme içindedir. Malzeme, işçilik ve enerji fiyatlarında artış, takım yapımı ve tasarım aşamasında kişiye bağlılığın dolayısı ile hataların azaltılması ve tabii ki bilgisayar teknolojisi plastik şekil verme metotlarında gelişmeye sebep olan en önemli etkenlerdir. Yüksek dayanımlı malzemelerin gelişimi ve bu tip malzemeleri kullanarak yapılan imalatta esnekliği artırmanın ve rekabet ortamında maliyeti düşürmenin en önemli yolu üretim girdilerini azaltmaktan geçtiği için, malzeme enerji tasarrufu açısından oldukça önemli faydalar sağlayan ancak eskiden kullanılmakta olan artımlı ve lokalize şekil verme metotları yeniden gündeme gelmiştir [6].

Sıcak Pres Birleştirme Yöntemi, özellikle V kolu, Çeki kolu ve Rod kolu gibi (Resim 1) otomotiv parçası ürünlerde kullanılan bir kilitleme-birleştirme yöntemidir. Bu yöntem ısıtılan parça/parçaların, açık kalıpta presleme yöntemi ile plastik şekillendirilmesi esasına dayanan bir birleştirme/kilitleme yöntemidir (Resim 3). Bu çalışmada iç mil malzemesi olarak C45 (Ç1050) çelik ve boru malzemesi olarak S355 (St-52) yapı çeliği malzeme kullanılarak numuneler hazırlanmıştır, kullanılan malzemelere ait kimyasal özellikler ve mekanik özellikler Tablo.1 ve Tablo.2 de paylaşılmıştır.

Tablo 1. Kullanılan Malzemelerin Mekanik Özellikleri

| Malzeme | Sınıf | Akma Mukavemeti | Çekme Dayanımı | %Uzama Min. |
|--------------|--------------|-----------------|----------------|-------------|
| St-52 (S355) | Yapı Çeliği | 355 | 510-650 | 20 |
| C45 (Ç1050) | İslah Çeliği | 330 | 590-735 | 17 |

Tablo 2. Kullanılan Malzemelerin Kimyasal Özellikleri

| Sınıf | C | Si | Mn | P | S | N |
|--------------|----------------------|------------|----------------------|-----------|-----------|-------|
| St-52 (S355) | 0,1 5 0,2 0 | 0,2 0,4 | 1,2 1,5 | 0,0 4 | 0,0 4 | 0,009 |
| C45 (Ç1050) | 0,4 2 0,5 0 | 0,4 0 | 0,5 0 0,8 0 | 0,0 45 | 0,0 45 | - |

Bu birleştirme/kilitleme işlemi farklı yöntemler ile de üretilebilir özellikte olsa da diğer yöntemlere kıyas ile avantajları göz önüne alındığında belirgin farklar ortaya çıkmaktadır. Aynı kilitleme işlemi sürtünme kaynağı, diğer kaynak yöntemleri uygulanarak ve farklı imalat yöntemleri kullanarak da imal edilebilir. Fakat sürtünme kaynağı yönteminde yeni makine maliyeti ve simetrik, silindirik olmayan malzemelerin kaynağına imkan vermemesi, imalatın dinamik kuvvetlere dayanımının az olması gibi dezavantajları mevcuttur. Diğer imalat yöntemlerinden olan döküm ve dövme yöntemleri ile ürünün yekpare üretilmesi mümkündür. Fakat maliyet açısından ve ayrıca parça ağırlığının yüksek olması nedenlerinden dolayı sıcak pres birleştirme yöntemine kıyasla dezavantajları söz konusudur. Bu diğer imalat yöntemleri ile kıyaslandığında, sıcak pres birleştirme yöntemi; hafiflik, maliyet ve kalite açısından öne çıkan

bir imalat yöntemidir. Fakat plastik şekillendirmeden kaynaklı düzensizliklerin ve farklı malzeme çiftleri için uygun parametrelerin bilinmemesinden dolayı ürünlerde kırılmalar, çatlaklar vb. kusurlar meydana gelebilmektedir (Resim 2).



Resim 2. V-Kolu Kırılma Örnekleri



Resim 3. Sıcak Pres Birleştirme Yöntemi

Sıcak pres birleştirme yönteminde mil ile borunun birbirine kenetlenmesi için dalgalı bir form kullanılmakta ve bu form üzerinden boru yüzeyi ile birleştirilecek milin birbirine kilitlenmesi plastik şekillendirme ile sağlanmaktadır. Bu profilin yüzeyi, kenetleme alanının artırılması ve çekme-basma gerilmelerine maruz kalındığında ürünü oluşturan elemanların birbirinden ayrılmasına engel oluşturmak için kullanılmaktadır. Profili oluşturan dalga formu için yaygın olarak yarım daire şeklinde bir dalga formu kullanılmasının temel sebebi, birleştirmeyi oluşturan elemanların birleştirme bölgelerindeki çentik etkisini azaltmaktır. Ancak, kırılma, çatlak vb. kusurların hala bu bölgede yoğunlaşıyor olması bu profilin de sorgulanması/iyileştirilmesi ihtiyacını ortaya çıkarmıştır. Bu kusurların giderilmesi ve daha kaliteli üretimin gerçekleştirilmesi için bu araştırma kapsamında çeşitli çalışmalar yapılmıştır.

Birleştirme bölgesinde kullanılan yarım daire şeklindeki dalga formu için boğum sayısı, boğum boyu ve profil yarıçapı parametreleri üzerinde yapılacak çalışmalarla ideal profilin belirlenmesi sağlanmıştır.

V-Kolları çalışma esnasında yüksek kuvvet ve yüklere maruz kalmaktadır. Bu kolların kullanıldığı ağır vasıtalarda, araçların 10 - 15 tonluk kendi ağırlıklarına ilave 30 - 35 tona ulaşan istiap haddi ile toplam 40 - 50 ton gibi büyük statik yükler söz konusudur. Hareket sırasında ise yol şartlarına da bağlı olarak bu yüklerin dinamik etkileri ortaya çıkmaktadır. V-Kollarında ortalama 100 - 150 KN' luk çeki ve bası kuvvetlerinin oluştuğu bilinmektedir. Dinamik

yüklerle birlikte etkili olan yorulma faktörü de bağlantının ömrünü olumsuz etkilemektedir. V-Kolları çalışma esnasında yüksek çekme, basma, burulma ve eğilme kuvvetlerinin tümüne maruz kalabilmektedir. Bu yüksek değerdeki yükler, özellikle sıcak preslemeyle şekillendirilmiş bağlantı bölgesinde, profili saran boru malzemesi üzerinde kritik öneme sahiptir. Profil geliştirme faaliyetleri ile belirlenen alternatif profiller üzerinde, ürüne ve bağlantıya etki eden kuvvetler Sonlu Elemanlar Yöntemi (FEM) ile analiz edilecektir. İlk aşamada CAD ile oluşturulmuş olan profil modelleri Solidworks simulation FEM yazılımına aktarılarak (export) kritik noktaların tespiti ve buna bağlı profil optimizasyonu gerçekleştirilmiştir.

Sıcak şekillendirme prosesinde kullanılan malzeme özellikleri ve sıcaklığa bağlı mikroyapı değişimleri, bağlantının başarısını önemli ölçüde etkilemektedir [20]. Sıcak birleştirme tekniklerinin uygulandığı farklı malzemeler üzerinde yapılan çalışmalar mikro yapının önemli bir parametre olarak dikkate alındığını göstermektedir [12,16]. Liming, Kejanlı, Çalgılı, Ozan, Kurt ve Orhan [12-13]. Proje kapsamında birleştirme ve hasar bölgelerinde yapılacak mikro yapı çalışmaları ile, mikro yapı değişimlerinin hasar büyüklüğü ve tipi üzerindeki etkileri belirlenmiştir.

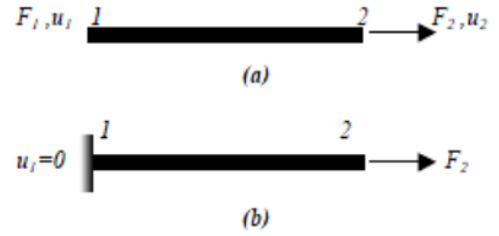
Yapılan analizlerden görülmüştür ki boğum sayısı arttıkça boğumlara düşen gerilmeler azalmaktadır. Bu ifadeden yola çıkarak yeni tasarlanacak olan kilitleme profilinin boğum sayısının 7 boğumlu yapıya uygun olacak şekilde tasarlanmasına karar verilmiştir.

Bütün bu testler sonucunda hangi birleştirme profillerinin daha iyi ve kullanışlı olduğu, sonlu Elemanlar Analizi ile değerlendirilerek optimum çıktılar belirlenecektir. Sıcak kilitleme sisteminde bu parametrelerinin tespitiyle teknolojik yeterlik ve bilgi birikiminin artırılması, kalite ve imalat tekniğinin geliştirilmesi sağlanacaktır.

3 DİZAYN OPTİMİZASYONU ve FEM ANALİZLERİ

3.1 Kilitleme Bölgesinde Yapılan Fem Analizleri

Her problemin tabii olarak yada yapay sınır şartları vardır. Sınır şartları, cismin çeşitli kısımlarındaki elastik yer değiştirmelerin ölçülebileceği bir referans sağlar. Bu eleman için bir sınır şartı tanımlanmazsa, etki eden düğüm kuvvetlerinin büyük, küçük yada eşit olmasına göre hareket eder ve deplasman $u_1 = u_2$ olarak çubukta rijit cisim hareketi gözlenir [22].



Resim 4. Konsol giriş sonlu eleman modeli

Birinci durumdaki rijit cisim hareketi genel direngenlik matrisinin tekil olmasına sebep olur. Bu durum u_1 ve u_2 'nin ölçüleceği bir referans noktasının belirlenmemiş olmasına bağlanabilir. Gerçekte bir referans noktası sağlanmak zorundadır. Aynı çubuğu (Şekil 1b.) deki gibi düşündüğümüzde;

$$u_2 = F_2 / k \quad (1)$$

şeklinde ifade edebiliriz. Çünkü $u_1 = 0$ çubuğun sınır şartıdır. Böylece sınır şartları; cismin belli parçasında veya parçalarındaki yer değiştirmelerde yapılan kısıtlamalardır denilebilir. Bu kısıtlamalar, cismin rijit yer değiştirmesine engel olur ve uygulanan dış yüklerin cisim tarafından taşınmasını sağlar [22].

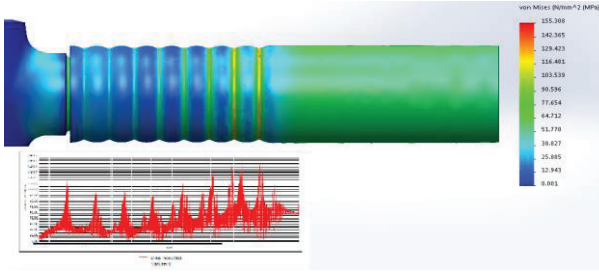
Statik çekme analizleri borunun serbest ucundan çekme kuvveti ve yataklama bölümünden sabitleme yapılarak analizler gerçekleştirilmiştir. Parçanın kullanılmakta olduğu mevcut düzende yol şartları ve tasarımdan kaynaklı olarak parça üzerine maksimum 50 kN kuvvet geldiği bilinmektedir, bu nedenle aynı kuvvet değerini simüle etmek için yapılan çekme testleri 50 kN olarak belirlenmiştir. Mevcut 7, 6, 5, 4 boğumlu kilitleme yapıları, yeni geliştirilmiş olan kilitleme profili dizaynı kullanılarak FEM analizleri yapılarak boğum yapılarında oluşan stres, gerinim ve yer-değiştirme davranışları incelenmiştir.

Von-Mises Gerilme Hesabı

$$= \sqrt{\frac{(\sigma_{11} - \sigma_{22})^2 + (\sigma_{22} - \sigma_{33})^2 + (\sigma_{11} - \sigma_{33})^2 + 6(\sigma_{12}^2 + \sigma_{23}^2 + \sigma_{31}^2)}{2}} \quad (2)$$

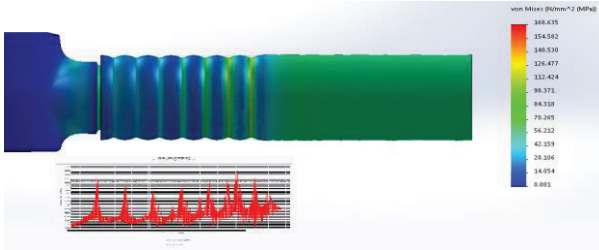
Gerçekleştirilen analizler sonucunda görülmüştür ki; kilitleme bölgesinin son boğumlarında stresler yoğunlaşmakta ve maksimum gerilmelerin bu bölgede olduğu ortaya çıkmaktadır. Sahada çalışmış olan araçlarda kullanılan V kolu ve çeki kollarından toplanan geri dönüşlerden Resim 2 de görüldüğü gibi kilitleme bölgesinin son boğumunda kırılmalar meydana gelmektedir. Yapılan analizler de bunu doğrularak renk skalası ve maksimum gerilme değeri incelendiğinde en kritik noktanın bu son iki boğum olduğu kanısına varılmıştır.

3.1.1 7 Boğumlu Yapı – Statik Çekme Testi



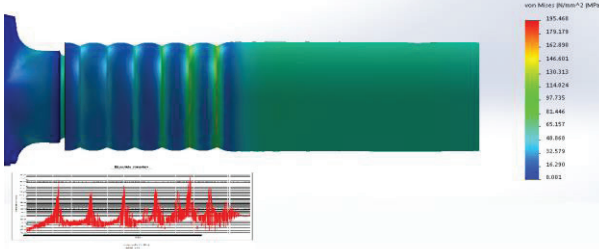
Resim 5. 7 Boğumlu Yapı – Statik Çekme Testi

3.1.2 6 Boğumlu Yapı – Statik Çekme Testi



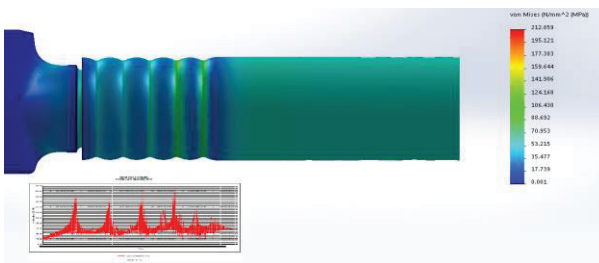
Resim 6. 6 Boğumlu Yapı – Statik Çekme Testi

3.1.3 5 Boğumlu Yapı – Statik Çekme Testi



Resim 7. 5 Boğumlu Yapı – Statik Çekme Testi

3.1.4 4 Boğumlu Yapı – Statik Çekme Testi



Resim 8. 4 Boğumlu Yapı – Statik Çekme Testi

Projenin bundan sonraki kısmında; yeni tasarımda bu noktaya düşen stresin boğum yapısının geneline yayılarak eşit stres dağılımının elde edilmesi sağlanmaya çalışılmıştır. Gerçekleştirilecek olan stresin eşit şekilde boğumlara dağılmasını çalışmasında 7 boğumlu yapı referans alınarak

profiller oluşturulmuştur. Boğum sayısı arttıkça toplam stresin boğum sayısına oranla dağılması nedeniyle maksimum stresin daha az olmasından dolayı yeni tasarımda 7 boğumlu yapı seçilerek tasarım çalışmaları yürütülmüştür.

3.2 Profil Tasarımı Hesaplamaları

Kilitleme profilinin tasarımı; kilitleme bölgesinin uzunluğu, kilitleme bölgesinin genişliği ve boğum sayısının birer fonksiyonu olarak düşünüldüğünde aşağıdaki sinüs formuna bağlı bir denklem oluşturulmuştur. Oluşturulan bu denklemin solidworks tasarım programı içerisinde bulunan «Equation Driven Curve» modülü ile sinüs eğrisi çizilerek kilitleme profili oluşturulmuştur.

$$f(x) = \sin \left[e \left[\left(\frac{-x}{b} \right) \right] * x \right]$$

$$w(x) = e^{\left(\frac{-x}{b} \right)}$$

$$\sin(n * \pi) = 0$$

$$e^{\left(\frac{-x}{b} \right)} * x = n * \pi$$

$$\frac{-x}{b} + \ln(x) = \ln(n * \pi)$$

$$\frac{-x}{b} = \ln\left(\frac{n * \pi}{x}\right)$$

$$\frac{x}{b} = -\ln\left(\frac{n * \pi}{x}\right)$$

$$\frac{x}{b} = \ln\left(\frac{x}{n * \pi}\right)$$

$$b = \frac{x}{\ln\left(\frac{x}{2 * n * \pi}\right)}$$

$n = 7$ adet boğum için,

$x = 84$ mm. boğum boyu için,

$$b = \frac{x}{\ln\left(\frac{x}{2 * n * \pi}\right)}$$

$$b = \frac{84}{\ln\left(\frac{84}{2 * 7 * \pi}\right)} = 129.82998$$

$b = 129.82998$ için,

$x_1 = 0$ dan $x_2 = 84$ e kadar,

$$f(84) = \sin \left[e \left[\left(\frac{-84}{129.82998} \right) \right] * 84 \right]$$

Oluşturulan profilin boyu, standartta kullanılan 7 boğumlu kilitleme yapısındaki boğumların oluşturduğu toplam uzunluk ve 7 boğum olacak şekilde formülde yerine koyularak profilin tasarımı çizdirilmiştir.

Fonksiyonunun formu aşağıdaki gibidir:



Resim 9. Kilitleme profil boğum yapısı

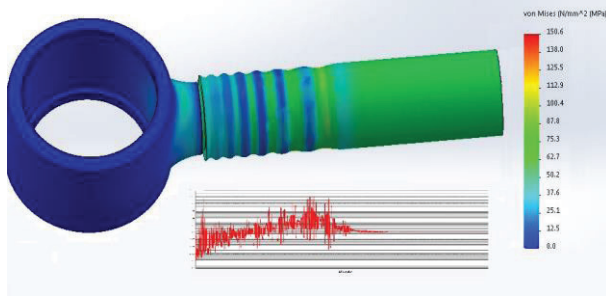
Resim 8 de çizilmiş olan fonksiyonun formunda kilitleme bölgesi tasarlanarak Resim 9 da görüldüğü gibi kilitleme tasarımına entegre edilerek boru – mil kilitleme çizimi tamamlanmıştır.



Resim 10. Kilitleme Bölgesinin Yapısı

Yeni tasarlanan kilitleme boğum yapısına sahip boru-mil çifti statik çekme testi analizine tabi tutularak gerilme değerleri incelenmiştir (Resim 10).

3.2.1 Yeni Dizayn Boğum – Statik Çekme Testi



Resim 11. Yeni Dizayn Boğum – Statik Çekme Testi

Yeni tasarlanmış olan kilitleme boğum yapısının analizi sonucunda Resim 10 da görüldüğü gibi son iki boğum renk skalası incelendiğinde kırmızılıkların azaldığı yani gerilmelerin bu bölgelerden düşürülerek oluşan gerilmenin diğer boğumlara dağılması sağlanmıştır.

3.3 FEM Analiz Sonuçlarının Karşılaştırılması

Tüm analizlerin sonuçları tablo 1 “FEM analiz sonuçları karşılaştırma tablosu” altında toplanarak incelenmiştir:

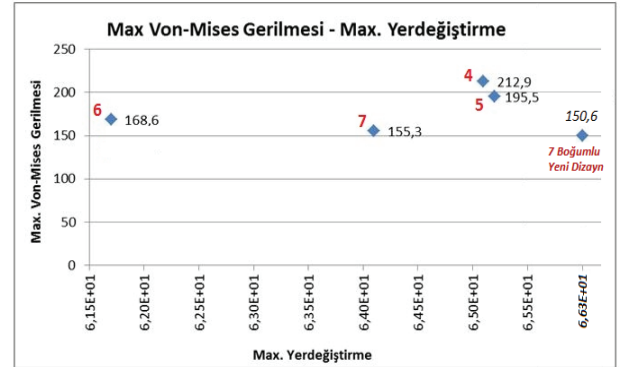
Tablo 3 FEM analiz sonuçları karşılaştırma tablosu ve Resim 11 birlikte incelendiğinde, en yüksek von-mises gerilmesinin 4 boğumlu en düşük 7 boğumlu yapıda olduğu, en düşük yer değiştirmenin 6 boğumlu en büyük yer değiştirmenin 5 boğumlu yapıda olduğu görülmüştür. Yeni tasarım 7 boğumlu yapı incelendiğinde ise max. yer değiştirmenin en fazla

olduğu ve gerilmenin en düşük olduğu en ideal kilitleme yapısına ulaşıldığı görülmüştür.

Yeni tasarım ile birlikte parça üzerinde %3.2 lik bir iyileşme sağlanmıştır.

Tablo 3. FEM analiz sonuçları karşılaştırma tablosu

| Boğum sayısı | Uygulanan Çekme Kuvveti (KN) | Max. Von-Mises Gerilmesi (MPa) | Maksimum Yer Değiştirme (mm) |
|--------------------|------------------------------|--------------------------------|------------------------------|
| 4 | 50 | 212.9 | 6,51E+01 |
| 5 | 50 | 195.5 | 6,52E+01 |
| 6 | 50 | 168.6 | 6,17E+01 |
| 7 | 50 | 155.3 | 6,41E+01 |
| Yeni Dizayn | 50 | 150.6 | 6,63 E+01 |



Resim 12. Max. Von-Mises Gerilmesi – Max. Yer değiştirmesi Grafiği

4 SONUÇLAR ve DEĞERLENDİRMELER

FEM analizlerinde çıkan sonuçlar (grafik ve gerilme renk skalası) karşılaştırıldığında şu sonuçlar ortaya çıkmıştır;

- Boğum sayısı arttırıldıkça boru üzerinde boğumlarda oluşan maksimum Von-Mises gerilmeleri azalmaktadır.
- En yüksek Von-Mises gerilmesi 4 boğumlu yapıda oluşurken, en düşük Von-Mises gerilmesi 7 boğumlu yapıda oluşmaktadır.
- Von-Mises gerilmesi son üç boğum bitiminde ve hatta özellikle son iki boğum bitiminde en yüksektir. Kırılma noktasının bu son iki boğum bitim noktalarından olacağı net bir şekilde görülmektedir.
- Maksimum eş değer gerilme değeri boğum sayısı ile ters orantılıdır, boğum sayısı arttıkça eş değer gerilme azalmaktadır.

- Boru kilitlenmiş kısmın uç kısmından borunun ortasına doğru gidildikçe yer değiştirmenin genellikle arttığı görülmüştür.
- Uygulanmakta olan kitleme profilleri Tablo 1’ de incelendiğinde 7 boğumlu kitleme sisteminde hem sünek davranışın yani yer değiştirmenin hem de düşük gerilmenin oluşması en ideal kitlemenin 7 boğumlu yapıda oluştuğunu göstermektedir.

DURABILITY IMPROVEMENT ON LOCKING AREAS WHICH ARE MERGED WITH HOT CRIMPING METHOD

The system as known hot-crimping in the industry and in literature provides a rigid bonding between pipe and shaft and locking between pipe and shaft by plastic forming. Stress concentration and cracks which occur during plastic forming affect directly the life of material and reduces it. In this study, sample were prepared using internal shaft material C45 (Ç1050) steel and pipe material S355 (St-52). Hot stamping process consists of steps that are heating the material to austenite temperature and waiting at that temperature for a certain time, then quenching and forming under press. This process is a new method in the automotive industry of Turkey. The properties of the selected materials should be well defined for this method. There are breaking and cracking at locking areas detected when the damaged parts produced by hot crimping are examined. The aim of this research is to prevent the debilitating effect that occurs during this process and realizing needed improvement work to increase the strength and life. For this purpose, first of all, the most suitable design of the locking profile will be provided and the optimum temperature for the hot pressing process and the heating/cooling rate will be determined by using computer-aided analysis methods. The effect of determined locking profile and plastic forming parameters to the internal stress, cracks, hardness and mechanical strength values which occur after post-production will be determined and optimum values will be identified by testing and analyzing on real (working on automotive) parts that are produced with an alternative parameter. The parameters calculated by the analyzes were defined and optimum values were obtained and the strength of the locking zone was increased.

This project was supported by project code 214M346 within the scope of TUBITAK ARDEB 3001 project.

Keywords: Hot presses joining, press locking, hot locking, hot-crimping, hot forming

5 TEŞEKKÜR

Bu çalışma TÜBİTAK tarafından ARDEB 3001 Projesi olarak 214M346 proje numarası ile desteklenmiştir. Vermiş olduğu destekten dolayı TÜBİTAK’a teşekkürleri bir borç bilirim.

KAYNAKÇA

1. Atlıhan G., Topçu M., Çalhoğlu H. , Altan G. 2007. “Calculation Of Residual Stresses Resulting From Bending Of Cold Formed Steel Bars” , 13, 1.
2. Bardelcik A. , Salisbury C. P. , Winkler S., Wells M. A. , Worswick M. J. , 2010. “Effect Of Cooling Rate On The High Strain Rate Properties Of Boron Steel” , 37, 694-702 .
3. Bok H. H. , Choi J. W. , Barlat F. , Suh D. W. , Lee M. G., 2013. “Thermo-Mechanical-Metallurgical Modeling For Hot-Press Forming In Consideration Of The Prior Austenite Deformation Effect” International Journal of Plasticity, 4, 2013.
4. Çalığılülü, U. ve Taşkın, M., 2006. Sıcak Presleme Yöntemiyle Üretilmiş AlSiMg-SiCp Takviyeli Kompozitlerin Difüzyon Kaynağında Basıncın Birleşme Üzerindeki Etkisinin Araştırılması, Metal Makine Dergisi, Cilt:159, ss:526-530.
5. Çalığılülü U. , Dikbaş H., Taşkın, M., 2006. “Sıcak Presleme Yöntemiyle İmal Edilmiş SiCp Takviyeli Alüminyum Esaslı Kompozitlerin Difüzyon Kaynağında Sürenin Birleşme Üzerindeki Etkisinin İncelenmesi”
6. Çan Y. , Altınbalık M. T. , Akata H. E., 2002. “Tüp Sıvamada Kuvvet Ve Malzeme Akışının Ve Üretim Esnekliğinin İncelenmesi” Denizli: 9. Denizli Malzeme Sempozyumu , Pamukkale Üniversitesi.
7. Djabella, H., Arnell, R. D., “Finite Element Analysis Of The Contact Stresses in Elastic Coating/Substrate Under Normal and Tangential Load”, Thin Solid Film, 223, pp.87-97, 1993
8. Erişir, Yrd. Doç. Dr. Ersoy, 2013. “Plastik Şekillendirme Yöntemleri”, Kocaeli: Kocaeli Üniversitesi, 2013-2014.
9. GÖK A. , Demirci H. İ. , Gök K. , 2009. “Application of Finite Elements Method on Industrial Genuine Blank.» Karabük: 5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu.
10. Guan Y. , Zhao G., Wu X. , Lu P. , 2007. “Massive Metal Forming Process Simulation Based On Rigid/Visco-Plastic Element-Free Galerkin Method” 187-188, 412-416.
11. Güven Ş. Y. 2008. “1030 Çeliğinden Üretilen Yuvarlak Çubuklarda Optimum Deformasyon Sıcaklığının Ve Deformasyon Hızının

- Saptanması”, C.B.Ü Soma Meslek Yüksekokulu Teknik Bilimler Dergisi, 2, 10.
12. Kejanlı H., Çalgılı U., Kolukısa S., 2008. “Ti45.2Ni49.1Cu5.7 Kompozitinin 910-940-970°C Sıcaklıklarda Cu-Ni Folyolu Difüzyon Kaynağında Sıcaklık Ve Sürenin Birleşmeye Etkisinin Araştırılması” e-Journal of New World Sciences Academy, Article Number: A0092 , Volume: 3, Number: 3.
 13. Kejanlı H.*, Taşkın M.*, Çalgılı U., “Ti45.0Ni49.6Cu5.4 Kompozitinin Cu ve Ni Aratabaka Kullanılarak Difüzyon Kaynağı ile Birleştirilmesinde Kaynak Sıcaklığının ve Süresinin Bağlantı Karakteristiği Üzerine Etkisi” Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi 200X, X(X) X-X
 14. Kim D. H. , Lee H. C. , Kim B. M., Kim K. H. , 2005 “Estimation Of Die Service Life Against Plastic Deformation And Wear During Hot Forging Processes” Journal of Materials Processing Technology 166, 372–380.
 15. Kurt B. ve Orhan N. , (2005).”Difüzyon Kaynağı ile Birleştirilmiş Ti-6Al-4V Alaşımı Ve 316 Paslanmaz Çelik Çiftinin Ara Yüzey Mikroyapısının İncelenmesi”, Doğu Anadolu Bölgesi Araştırmaları.
 16. Liming L., Meili Z., Longxiu P., Lin W. ,2001. “Studying Of Micro-Bonding In Diffusion Welding Joint For Composite” Materials Science and Engineering A315, 103–107
 17. Lu P. , Zhao G., Guan Y. , Wu X. 2008. “Bulk Metal Forming Process Simulation Based on Rigid-Plastic/Viscoplastic Element Free Galerkin Method” , 479 , 197-212.
 18. Mori K. , Yoshimura H. 2000. “Three-Dimensional Rigid-Plastic Finite Element Method Using Diagonal Matrix For Large-Scale Simulation Of Metal-Forming Processes”, 42, 1821-1834.
 19. Ozan S., Çalgılı U., Taşkın M., Gür A.K., Dikbaş H. and Çay V.V., 2006. “Sıcak Presleme Yöntemiyle İmal Edilmiş Sıcak Takviyeli Alüminyum Esaslı Kompozitlerin Difüzyon Kaynağında Sıcaklığın Birleşme Üzerindeki Etkisinin İncelenmesi”, Fırat Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Metal Eğitimi Bölümü 23119 ELAZIĞ/TÜRKİYE, FÜBAP Proje No: 983.
 20. Önal A. S. 2012 “Hot Stamping Process” . TMMOB Mühendis ve Makina Dergisi cilt 53, sayı 626, s.66-70.
 21. Taşgetiren, S., “Thermo Mechanical Analysis Of Bimaterials With An Interfacial Crack” Ph. D. Thesis, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir, 1997
 22. Sezer A. , Karaoğlanlar Ö. F. , 2012. “Kalıpcılık ve Metal Şekillendirmede Farklı Malzemelerin Gerilme Analizi”, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, İzmir: 2012.
 23. Stupkiewicz S. , Mro’z Z. 2003. “Phenomenological Model Of Real Contact Area Evolution With Occount For Bulk Plastic Deformation In Metal Forming”, International Journal of Plasticity 19, 323-344.
 24. Taş Z. , 2012. “Yüksek Dayanımlı Düşük Alasımlı Çeliklerde Metalürjik Mukavemet Artırma” Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, cilt 28, no. 2, pp. 97-101.
 25. Dr. Cihan DEMİR “Makine Mühendisliğinde Sonlu Elemanlar Yöntemi” Yıldız Teknik Üniversitesi.

Asma Tavan İmalatında Kullanılan Profillerin Eniyileştirilmesi

Tunç Safa Altunsaray
ATILIM Üniversitesi
İmalat Mühendisliği Bölümü
Ankara

Tuğçe Hacaloğlu
ATILIM Üniversitesi
İmalat Mühendisliği Bölümü
Ankara

Bilgin Kaftanoğlu
Prof. Dr.

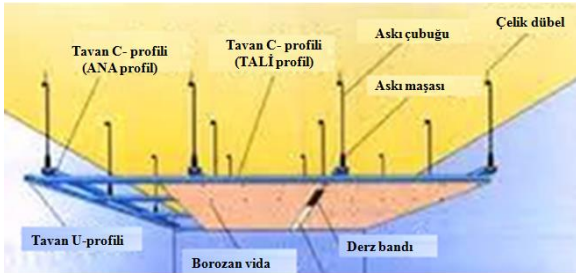
ATILIM Üniversitesi
İmalat Mühendisliği Bölümü
Ankara

Bu çalışmada, galvanizli sac malzeme kullanılarak üretilen mevcut asma tavan imalatında kullanılan profillerin ankastre ve basit eğilmedeki sehimleri sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak hesaplanmıştır. Ayrıca, hesapları kontrol etmek ve gerçek ölçümleri yapabilmek için bir laboratuvar geliştirilmiş ve profiller üzerinde deneyler yapılmıştır. Laboratuvar ortamında, tavan imalatında kullanılan profillerin üzerinde ankastre ve basit eğilme yüklemeleri ile malzemenin elastik sınırını geçmeden deneyler yapılmış ve sehimler ölçülmüştür. Daha sonra, yeni profiller tasarlanmış ve sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak yeni profillerin geometrileri eniyilenmiş ve bunlar standartlara göre verilen sınırlar içinde en az sehimi verecek şekilde geometrisi tasarlanmıştır ve malzeme kalınlıkları azaltılarak ekonomi sağlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Asma Tavan Profil, Ankastre, Basit Eğilme, Eniyileme, Sehim

GİRİŞ

İnşaat sektöründe, binaların tavan imalatında alçıpan levhaları tutturmak için, karşılıklı iki duvar üzerine, tavan yüksekliğinde, açık ağız içeriye dönük olarak tavan – U profili yatay olarak duvara vidalanmaktadır. U profillerin açık ağızları tavan C profillerinin uçlarının kılavuzlanması için kullanılmaktadır. Şekil 1, tavan U ve tavan C profillerinin uygulanmasını göstermektedir.



Şekil-1: Tavan U, tavan C profillerinin ve alçılevhaların uygulanması

Tavan C profilleri, tavan U profilleri arasına belli aralıklar ile yerleştirilmekte ve askı çubukları ile tavana sabitlenmektedir. Alçı levhalar ise, tavan C profillerine vidalanmaktadır. Böyle bir tasarımda, profillerde kullanılan malzemeyi mukavemet seviyesini düşürmeden kalınlığını azaltmak, tavan konstrüksiyonundaki yükü ve maliyeti azaltacaktır.

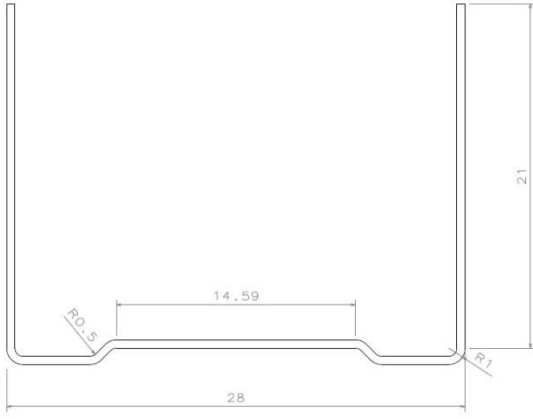
Bu araştırmanın amacı, tavan U ve C profillerinin dış ölçülerini değiştirmeden, geometrilerini değiştirerek ve kalınlıklarını azaltarak asgari olarak aynı elastik sehimi sağlamak yönünde olmuştur.

Asma tavan imalatında kullanılan profillerin eniyileştirilmesi ile ilgili kaynak araştırması yapıldığında az sayıda çalışmanın bulunduğu görülmektedir. Yapılan kaynak araştırmasında özellikle profillerin kesit alanlarının ikinci momentlerinin nasıl geliştirileceğine dair araştırmalar görülmüştür [1]. Kesit alanının ikinci momentinin geliştirilmesi ve yeni profillerin düşük sehim için tasarlanması için mevcut analitik analizler kullanılmıştır [2 ve 3]. Bu kitaplarda verilen analizler basit şekiller için geçerlidir. Bu nedenle ön araştırmalarda bu analizler kullanılmış olmakla beraber çalışmalarımızda ağırlıklı olarak sonlu elemanlar [<http://www.mscsoftware.com/news/msc-apex-fossa-accelerates-cae-modeling-and-delivers-real-time-results-exploration>] analizleri kullanılmıştır. Kaynak araştırması kapsamında bu konu ile ilgili faydalı model ve patent başvuruları olup olmadığı da araştırılmıştır. Bu alanda fazla çalışma yapılmadığı görülmüştür. Bu kapsamda ilgili görülen faydalı model ve patentler açıklanmıştır. Buluş, şekilli C profil ile ilgilidir [5]. C şekilli profilin yüksüz durumunda alt kısmı ile birlikte 90 dereceyi geçen bir açılma açısını kapsaması ile karakterize edilmektedir.

Prefabrik duvarlar, tavanlar ve C-şekilli veya U-şekilli enine kesite sahip olan yapılar gibi yapılar için bir metal profil açıklanmaktadır [6]. Flanşlardan en az birinin yüzeyinde, söz konusu profil, örneğin iç tarafa doğru bükülebilir ve aralayıcılar olarak kullanılabilir, U-şekilli kesitlere sahiptir.

MEVCUT PROFİLLERİN ELASTİK BÖLGEDE SEHİM ANALİZLERİ

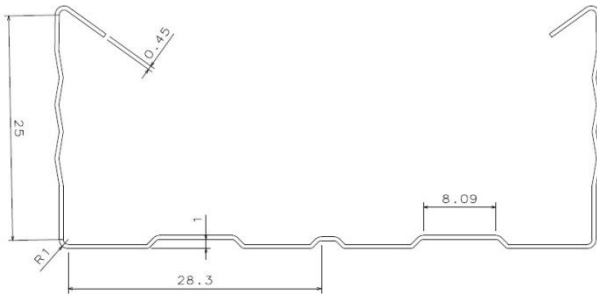
Bu araştırmada asma tavan imalatında kullanılmak üzere üretilen iki adet profil seçilmiştir. Uygulamada çok kullanılan bir adet Tavan C ve bir adet Tavan U profilleri Şekil 2 ve Şekil 3’de gösterilmiştir.



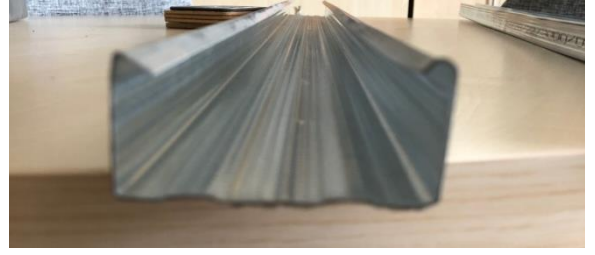
Şekil2: Mevcut Tavan U Prof



Şekil2a: Mevcut Tavan U Profili



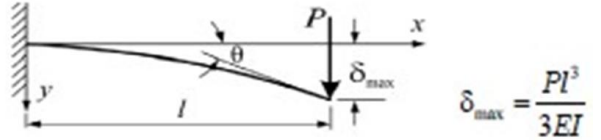
Şekil3: Mevcut Tavan C Profili



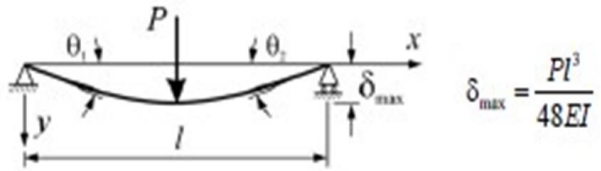
Şekil3a: Mevcut Tavan C Profili

MEVCUT PROFİLLERİN ANKASTRE VE BASİT EĞİLMEDEKİ SEHİMLERİNİN HESAPLANMASI

Öncelikle Şekil 2’de gösterilen Tavan C ve Tavan U profillerinin ankastre ve basit eğilmedeki sehımlerinin hesaplanması gerçekleştirilmiştir. Profiller üzerindeki yüklemeler Şekil 4 ve Şekil 5 ‘de görülmektedir. Bu çalışmada yapılan ankastre yüklemelerde parça uzunluğu(l) 1000 mm alınmış olup Tavan U ve Tavan C profilleri için farklı yükler uygulanmıştır. Basit eğilme test (Şekil5), iki ucundan bıçak sırtı ile desteklenmiş parçanın uzunluğunun ortasından yük uygulanması ile elastik bölgede oluşan sehimi göstermektedir. Basit eğilme testlerinde parça uzunluğu (l) 1057 mm alınmıştır.



Şekil4: Ankastre Test [2].

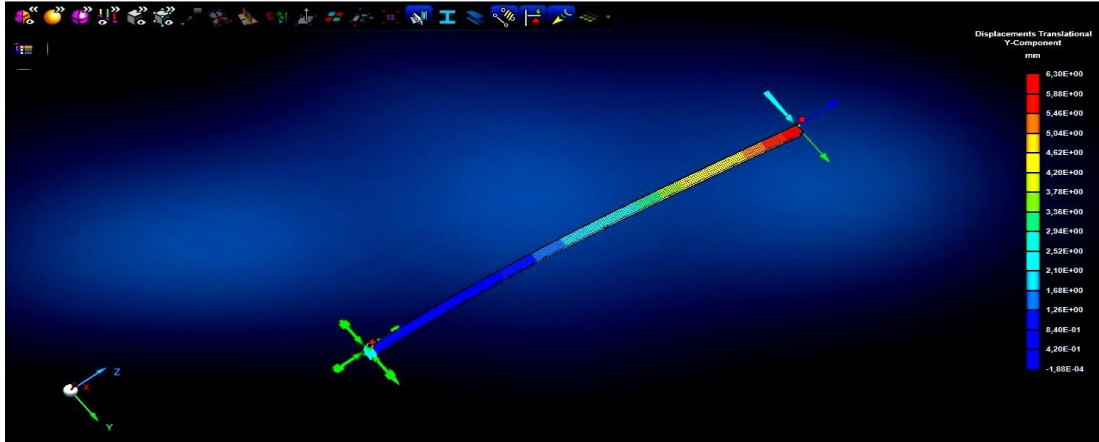


Şekil5: Basit Eğilme Test [2].

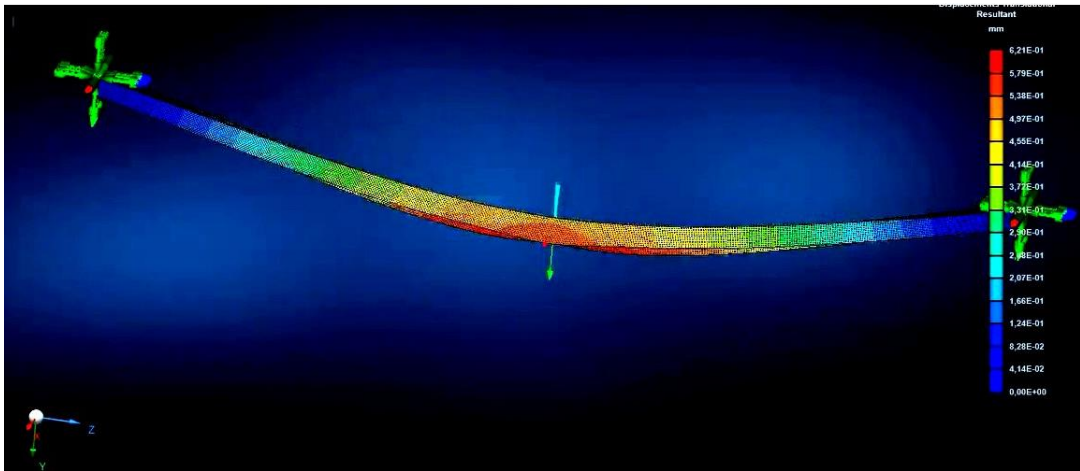
Bu hesaplamaları yapabilmek için öncelikle mevcut profillerin çizimleri bilgisayar ortamında Catia programı kullanılarak tasarlanmış olup daha sonra sonlu elemanlar yöntemi (Apex programı) ile nümerik hesaplamalar yapılarak sehımler bulunmuştur. Sonlu elemanlar analizlerinin modellemelerinin doğru bir şekilde yapılabilmesi için kullanılan mevcut profillerin elastik modul değerleri laboratuvar deneyleri ile bulunmuştur. Tavan U profillerde kalınlık 0,40 olduğu için elastik modul değeri 206,57 GPA ve Tavan C profillerde kalınlık 0,45 olduğu için elastik modul değeri 209,32 GPA alınmıştır. Her iki profil içinde Possion oranı 0,3

olarak kabul edilmiştir. Sonlu elemanlar yönteminde yapılan Tavan U profilinin ankastre ve basit eğim yüklemelerinin ayrıntılı modellemesi Şekil 6'da

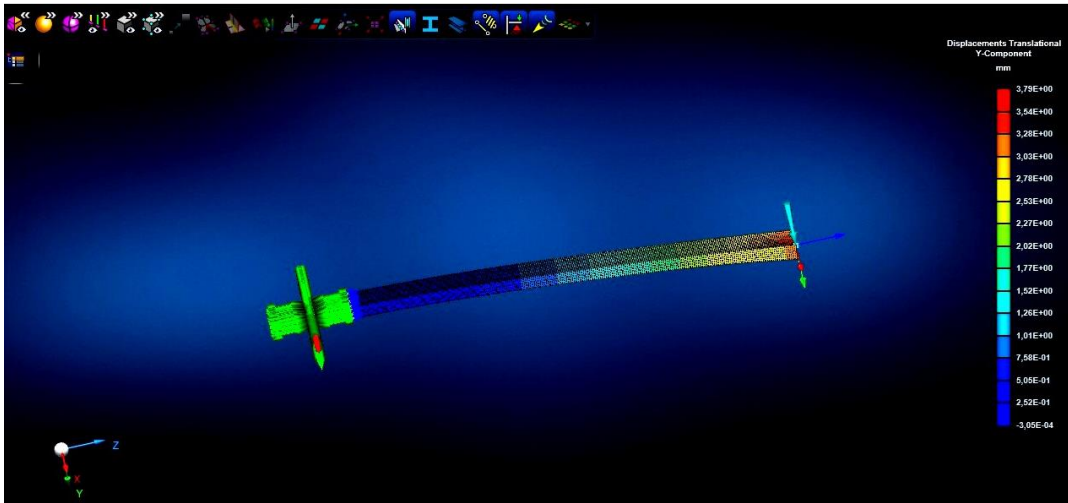
gösterilmiştir. Tavan C profilinin ankastre ve basit eğim yüklemelerini ayrıntılı modellemesi Şekil 7'de gösterilmiştir.



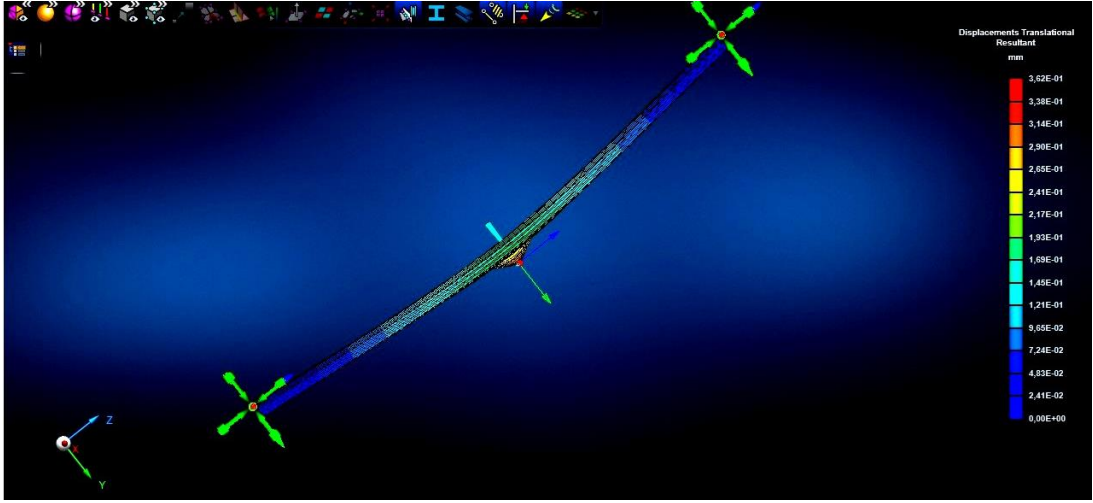
Şekil6a:Tavan U Ankastre Yükleme



Şekil6b:Tavan U Basit Eğilme Yükleme



Şekil7a: Tavan C Ankastre Yükleme



Şekil7b:Tavan C Basit Eğilme Yükleme

Yapılan sonlu eleman analizlerinde mesh sonucu oluşan eleman sayıları Tablo 1 'de gösterilmiştir.

Tablo1: Sonlu Eleman Analizi Eleman Sayıları

| | Mevcut Tavan U | Mevcut Tavan C |
|--------------------------------------|----------------|----------------|
| Ankastre Test için Eleman Sayısı | 2574 | 11800 |
| Basit Eğilme Test için Eleman Sayısı | 36556 | 12664 |

MEVCUT TAVAN U VE TAVAN C PROFİLLERİNİN DENEYSEL İNCELEMESİ

Tavan U ve Tavan C profillerinin sonlu elemanlar yöntemi ile numerik hesaplamalar yapılarak bulunan sehimler Tablo2 ve Tablo 4 'de belirtilmiştir. Geliştirilen laboratuvarında (Şekil 8) yapılan Tavan U ve Tavan C profillerinin Ankastre ve Basit eğilme deneyleri incelenmiştir. Bu inceleme sonucunda çıkan sonuçlar Tablo 3 ve Tablo 5 'de gösterilmiştir.



Şekil8: Tavan U ve C Profilleri Test Laboratuvarı

Tablo2:Sonlu Elemanlar Yöntemi Ankastre Test

| | Kalınlık | Ankastre | Apex |
|----------------|-----------------------|----------|-----------|
| | Malzeme Kalınlığı(mm) | Yük(N) | Sehim(mm) |
| Mevcut Tavan U | 0,40 | 5,311134 | 6,3 |
| Mevcut Tavan C | 0,45 | 10,212 | 3,79 |

Tablo3:Laboratuvar Deney Yöntemi Ankastre Test Sonuçları

| | Kalınlık | Ankastre | Laboratuvar |
|----------------|-----------------------|----------|-------------|
| | Malzeme Kalınlığı(mm) | Yük(N) | Sehim(mm) |
| Mevcut Tavan U | 0,40 | 5,311134 | 6,3 |
| Mevcut Tavan C | 0,42 | 10,212 | 4,39 |

Tablo4: Sonlu Elemanlar Yöntemi Basit Eğilme Test

| | Kalınlık | Basit Eğilme | Apex |
|----------------|-----------------------|--------------|-----------|
| | Malzeme Kalınlığı(mm) | Yük(N) | Sehim(mm) |
| Mevcut Tavan U | 0,40 | 5,311134 | 0,621 |
| Mevcut Tavan C | 0,45 | 10,212 | 0,362 |

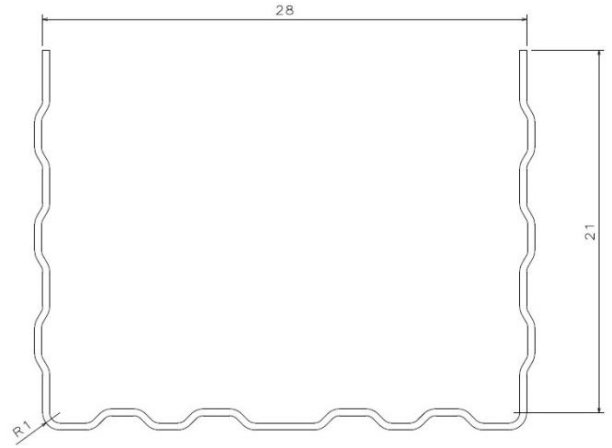
Tablo5: Laboratuvar Yöntemi Basit Eğilme Test

| | Kalınlık | Basit Eğilme | Laboratuvar |
|----------------|-----------------------|--------------|-------------|
| | Malzeme Kalınlığı(mm) | Yük(N) | Sehim(mm) |
| Mevcut Tavan U | 0,40 | 5,311134 | 0,55 |
| Mevcut Tavan C | 0,45 | 10,212 | 0,44 |

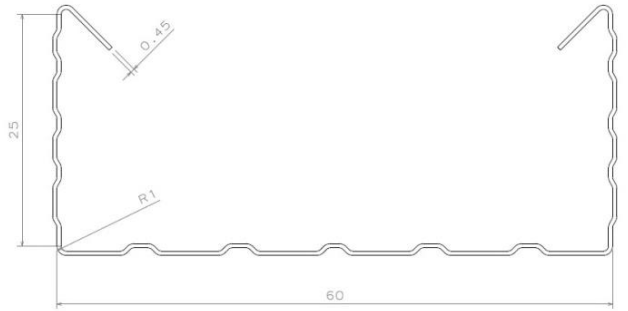
Laboratuvarda yapılan deneylerde bulunan sonuçlar ile sonlu elemanlar yöntemin ile yapılan munerik hesaplamalarda elde edilen değerlerin uyum içerisinde olduğu gözlemlenmiştir. Farklılık gösteren değerlerin, laboratuvar deney ortamında kullanılan Tavan U ve Tavan C profillerin kalınlıklarındaki küçük farklılıklardan oluştuğu gözlemlenmiş olup gerekli matematiksel işlemler yapıldığı zaman sonlu elemanlar yöntemi ile yapılan numerik hesaplamaların, laboratuvar ortamında yapılan deneysel değerler ile uyum içerisinde olduğu bulunmuştur. Bu uyumun %5 hata payı içinde olduğu görülmüştür.

YENİ PROFİL TASARIM VE ENİYİLEŞTİRİLMESİ

Tavan-U profilinin kesitinde, standartlar gereği yan kenarının uzunluğu 22 mm, tabanının uzunluğu ise 28 mm olmak zorundadır. Tavan-C profilinin kesitinde, standartlar gereği yan kenarının uzunluğu 25 mm, tabanının uzunluğu ise 60 mm olmak zorundadır. Bu standart dışına çıkılmadan tasarımları değiştirilmiş olup yapılan ankastre ve basit eğilme test sonuçlarından sonra elastik bölgede mukavetlerinin geliştirilmesi ve daha ince galvaniz kaplamalı sac kullanarak en az aynı mukavemetin sağlanması amacı ile ikinci moment bölgesinde iyileştirmeler yapılması öngörülmüştür. Yeni profillerin tasarımı bilgisayar ortamında Catia programı kullanılarak tasarlanmıştır. Yeni Tavan U ve Yeni Tavan C profillerinin teknik çizimi şekil 9 ve şekil 10 'da gösterilmiştir.



Şekil 9: Yeni Tavan U Profil Tasarımı



Şekil 10: Yeni Tavan C Profil Tasarımı

YENİ TAVAN PROFİLLERİN ANKASTRE VE BASİT EĞİLMEDEKİ SEHİMLERİNİN HESAPLANMASI

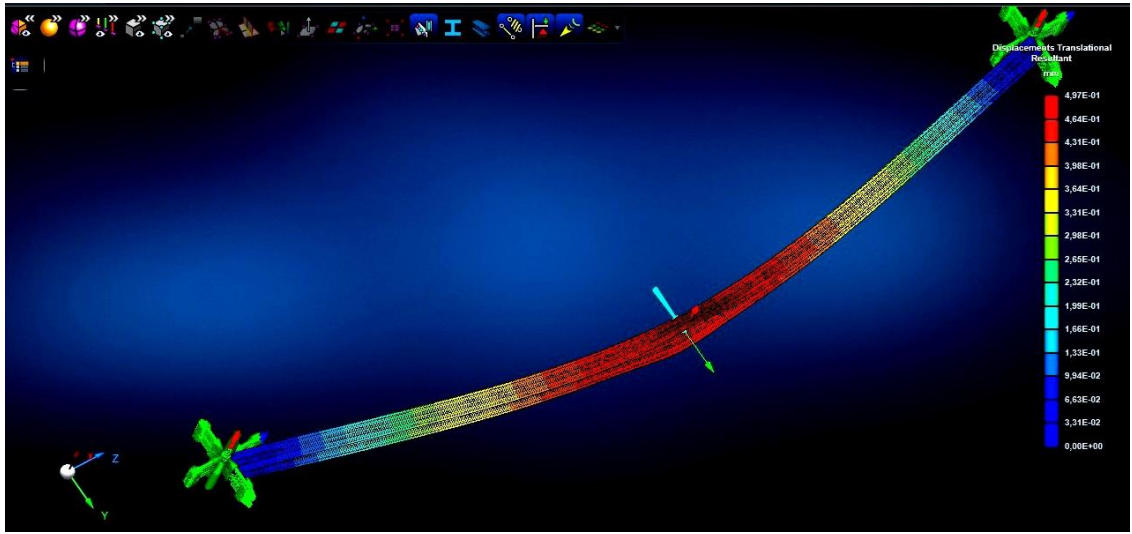
Öncelikle Şekil 9 ve 10'da gösterilen yeni Tavan C ve Tavan U profillerinin ankastre ve basit eğilmedeki sehimlerinin hesaplanması gerçekleştirilmiştir. Profiller üzerindeki yüklemeler Şekil 4 ve Şekil 5 'de görülmektedir.

Bu çalışmada yapılan ankastre yüklemelerde parça uzunluğu (l) 1000 mm alınmış olup Yeni Tavan U ve Yeni Tavan C profilleri için farklı yükler uygulanmıştır. Basit eğilme test (Şekil 3), iki ucundan bıçak sırtı ile desteklenmiş parçanın uzunluğunun ortasından yük uygulanması ile elastik bölgede oluşan sehimini göstermektedir. Basit eğilme testlerinde parça uzunluğu (l) 1057mm alınmıştır.

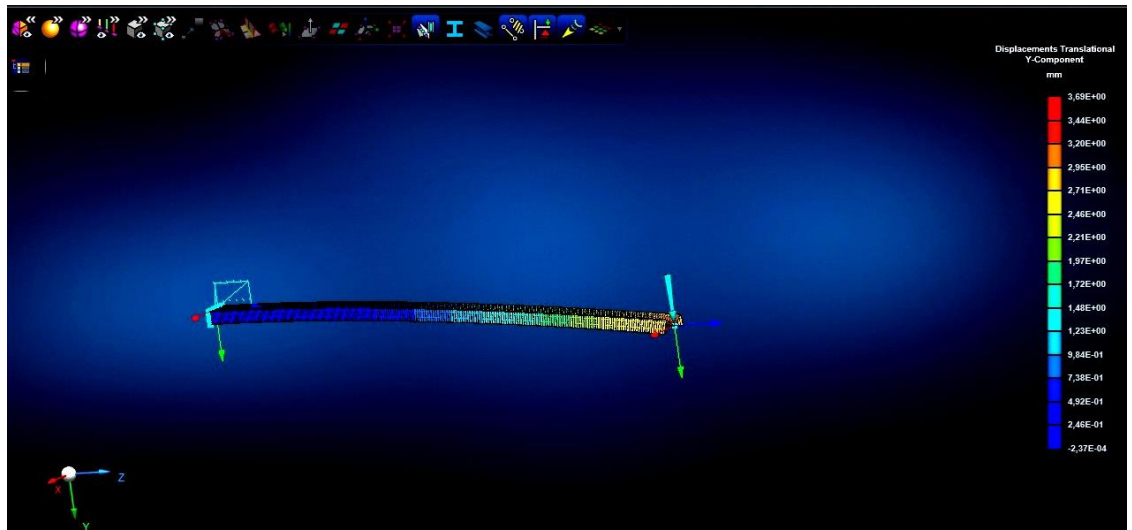
Sonlu elemanlar yöntemi (Apex programı) ile nümerik hesaplamalar yapılarak sehimler bulunmuştur. Sonlu elemanlar yönteminde yapılan Tavan U profilinin ankastre ve basit eğilme yüklemelerinin ayrıntılı modellenmesi Şekil 11'de gösterilmiştir. Tavan C profilinin ankastre ve basit eğilme yüklemelerini ayrıntılı modellenmesi Şekil 12'de gösterilmiştir.



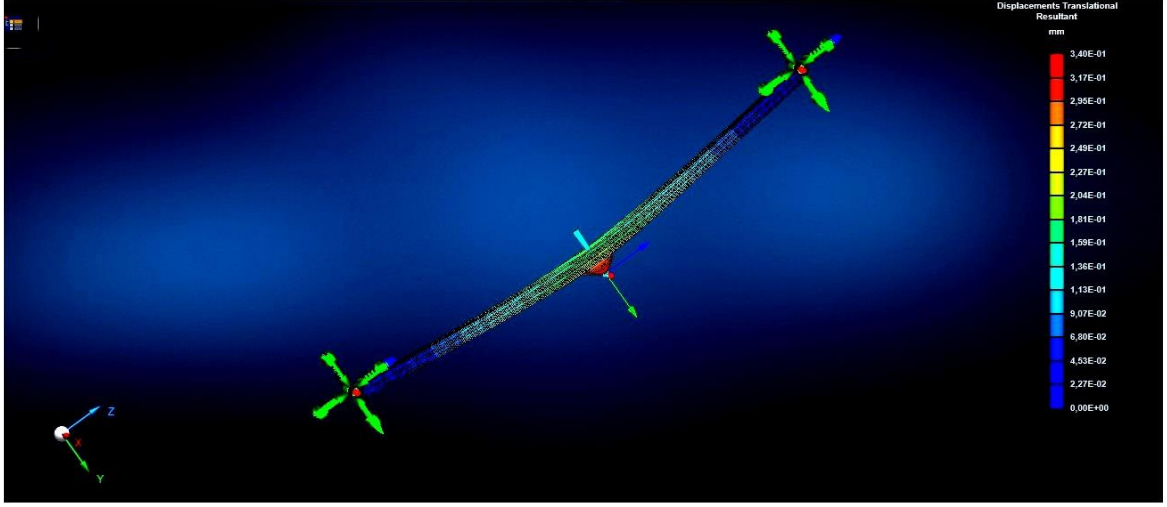
Şekil 11a:Yeni Tavan U Ankastre Yükleme



Şekil11b:Yeni Tavan U Basit Eğilme Yükleme



Şekil 12a:Yeni Tavan C Ankastre Yükleme



Şekil12b: Yeni Tavan C Basit Eğilme Yüklemesi

Yapılan sonlu eleman analizlerinde mesh sonucu oluşan eleman sayıları Tablo 6 'da gösterilmiştir

Tablo6: Sonlu Eleman Analizi Eleman Sayıları

| | Yeni Tavan U | Yeni Tavan C |
|--------------------------------------|--------------|--------------|
| Ankastre Test için Eleman Sayısı | 12298 | 31000 |
| Basit Eğilme Test için Eleman Sayısı | 33024 | 44352 |

YENİ TAVAN U VE TAVAN C PROFİLLERİNİN DENEYSEL İNCELEMESİ

Sonlu elemanlar yöntemi ile numerik hesaplamalar yapılarak sehimler bulunmuştur. Bulunan bu sehimlerin değerleri Tablo 7 ve Tablo 8 'de gösterilmiştir. Bilgisayar ortamında tasarlanan ve sonlu elemanlar yöntemi ile numerik hesaplamaları yapılan yeni profillerin imalatı yapılmıştır. Geliştirilen laboratuvarında yeni profillerin Ankastre ve Basit Eğilme deneyleri yapılarak bulunan sehimler (Tablo9 ve Tablo 10) sonlu elemanlar yöntem ile elde edilen sehimleri ile karşılaştırılmıştır. Bu sonuçların uyum içerisinde olduğu görülmüştür. Aynı zamanda yapılan deneysel incelemeler sonucunda profillerin elastik bölgede mukavetlerinin arttığı gözlemlenmiştir.

SONUÇ

Sonlu elemanlar yöntemi ve laboratuvar deneyleri sonucu, eski profillere göre aşağıda görülen şekilde mukavemet artışları olduğu gözlemlenmiştir:

TU profillerde: ankastre % 8'e varan iyileşme
eğilme % 15'e varan iyileşme
TC profillerde ankastre % 15'e varan iyileşme
eğilme % 15'ye varan iyileşme
ölçüm sonucunda bulunmuştur.

Tablo7:Sonlu Elemanlar Yöntemi Ankastre Test

| | Kalınlık | Ankastre | Apex |
|--------------|-----------------------|----------|-----------|
| | Malzeme Kalınlığı(mm) | Yük(N) | Sehim(mm) |
| Yeni Tavan U | 0,40 | 5,311134 | 5,99 |
| Yeni Tavan C | 0,45 | 10,212 | 3,69 |

Tablo 8:Sonlu Elemanlar Yöntemi Basit Eğilme Test Sonuçları

| | Kalınlık | Basit Eğilme | Apex |
|--------------|-----------------------|--------------|-----------|
| | Malzeme Kalınlığı(mm) | Yük(N) | Sehim(mm) |
| Yeni Tavan U | 0,40 | 5,311134 | 0,497 |
| Yeni Tavan C | 0,45 | 10,212 | 0,340 |

Tablo 9: Laboratuvar Ankastre Deney Yöntemi Sonuçları

| | Kalınlık | Ankastre | Laboratuvar |
|--------------|-----------------------|----------|-------------|
| | Malzeme Kalınlığı(mm) | Yük(N) | Sehim(mm) |
| Yeni Tavan U | 0,40 | 5,311134 | 5,91 |
| Yeni Tavan C | 0,45 | 10,212 | 3,56 |

Tablo 10: Basit Eğilme Laboratuvar Deney Yöntemi Sonuçları

| | Kalınlık | Basit Eğilme | Laboratuvar |
|--------------|-----------------------|--------------|-------------|
| | Malzeme Kalınlığı(mm) | Yük(N) | Sehim(mm) |
| Yeni Tavan U | 0,40 | 5,311134 | 0,48 |
| Yeni Tavan C | 0,45 | 10,212 | 0,37 |

Bu sayede, TC ve TU profillerin malzeme kalınlıklarının 0.05 mm azaltılması ile yeni profiller kullanıldığında, eskilerine oranla bir mukavemet kaybına yol açmayacağı anlaşılmıştır. Yeni ürün geliştirme konusunda Türk Patent Enstitüsüne Faydalı Model başvurusu yapılmıştır.

OPTIMIZATION OF BEAMS USED IN CEILING CONSTRUCTION

In this study, the deflections of the C and U beams manufactured by using roll forming of strip material and used in present ceiling constructions in cantilever and simple support modes are calculated by using finite element method. Also, a testing laboratory is developed to check the calculations and to be able to make the real-life measurements and experiments on the profiles. First the elastic deflections of the existing C and U profiles are calculated in the simply supported and cantilever modes. Then experiments are conducted in the developed laboratory to check the theoretical results.

Agreement within 5 % is found between theory and experiment. Later, new C and U profiles have been developed using thinner material with a more complex design giving deflections not more than the original C and U beams. New designs have been manufactured by roll forming and testing in the simply supported and cantilever modes have been completed. The agreement between theory and experiment is within 5%. This way, the thicknesses of C and U beams have been reduced by approximately 0.05 mm, resulting in deflections not more than the original designs. Hence, material saving is obtained with an optimal design also saving cost and energy.

Keywords: Ceiling Profile, Simply Supported Test, Cantilever Test, Ceiling Construction Profile

TEŞEKKÜR

Yazarlar, ATILIM Üniversitesi, Metal Şekillendirme Mükemmeliyet Merkezi ve UMS Metal Şirketine deneylerin yapılması ve sağlanan olanaklar için teşekkür ederler.

KAYNAKÇA

1. Beer, F.P, Johnson, E.R., Eisenberg, E.R., Mühendisler için Vektör Mekaniği-Statik, İzmir Güven Kitabevi, 2007.
2. Hibbeler, R.C, Mechanics of Materials, 7th edition, 2008.
3. Hibbeler, R.C, Statik, İstanbul, 2018.
4. Hens, S.L.H., Building Physics-Heat,Air and Moisture, Wiley, 2012.
5. Knauf, A.J., C-Shaped Profile and Partition Comprising A C-Shaped Profile, United States Patent Application Publication, 2009.
6. Rigips, Metal profile for fabricated walls, facing layers, countered-ceiling and the like.

Alkın Kaan Günyar
End.Müh.

Jan Jan Engineering & Manufacturing,
Sydney, Australia

Yusuf Tansel İç
Doç.Dr.

Hakan Önel
End.Müh.

Başkent Üniversitesi
Endüstri Mühendisliği Bölümü,
Etimesgut, Ankara

Mustafa Yurdakul
Prof.Dr.

Gazi Üniversitesi Makine Mühendisliği
Bölümü, Maltepe, Ankara

Endüstriyel Robot Seçimi İçin Bir Karar Destek Sistemi

Bu çalışmada, endüstriyel robot seçimi için bir karar destek sistemi oluşturulmuştur. Piyasada bulunan 193 adet robot ele alınarak bu robotların özelliklerini içeren bir veri tabanı oluşturulmuştur. Visual Basic Kodlama dili ile oluşturulan karar destek sisteminde önce kullanıcıya yöneltilen sorular ile istenilen nitelikte robotlar elde edilmeye çalışılmış, ardından elde edilen bu robotlar arasında, literatürde çok sık kullanılan çok kriterli karar verme yöntemlerinden biri olan TOPSIS uygulanarak bir sıralama elde edilmiştir. Böylelikle kullanıcı için en iyi robot seçilmeye çalışılmıştır. Geliştirilen karar destek sistemi endüstride gerçek hayat robot seçim problemleri üzerinde denenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Endüstriyel robot, robot seçimi, çok ölçütlü karar verme, TOPSIS.

1. GİRİŞ

İşlerinden kurtulma ve yaşantısını kolaylaştırma düşüncesi “robot” sözcüğünün güncel yaşama girmesine neden olmuştur. Bugünlerde, günlük yaşamımızda rutin işlerimizi gerçekleştirmekten endüstride kaynak, boyama, parça birleştirme işlerine, uzay teknolojisine, nükleer teknolojiye kadar uzanan alanlarda robotlar kullanılmaktadır. İnsanların hatalarından kaynaklanabilecek bozuklukların veya çok fazla tekrara dayanan işlerde insan dalgınlığı dolayısıyla oluşabilecek hataların meydana gelmesini önlemek amacıyla ya da insan hayatını tehlikeye sokabilecek fiziki ve kimyasal ortamlarda tehlikeyi bertaraf etmek amacıyla da robotların kullanımından oldukça sık söz edilmektedir. Endüstride imalat hatlarında kullanılan endüstriyel robotunun kısaca tanımı, “parçaların takım tezgâhlarına otomatik olarak yüklenip boşaltılmasını sağlayan, takım ve parçaları kaldıran, yükleyen, iten, çeken ve/veya ölçme, kontrol, montaj ve stoklama işlemlerini yapan programlanabilir elemanlardır” şeklinde yapılabilir. Bununla beraber robotlar endüstride; yerleştirme, parça seçme- tezgâha yöneltme, takım ve iş parçası bağlama, parçaların montajı, sökme-değiştirme, çapak temizleme-parlatma, bitmiş parçaların ölçü kontrolü, stoklama-transfer-paketleme işlemleri, boya ve kaynak işlemleri (özellikle otomotiv sanayiinde) gibi alanlarda özellikle son yıllarda gelişen ileri imalat teknolojilerine paralel olarak yaygın bir kullanım alanına kavuşmuştur [1].

Özellikle son yıllarda Endüstri 4.0 olgusunun yoğun olarak tartışıldığı günümüzde, bu sanayi devriminin en önemli unsurlarından birisi olan robotların gerçekleştirilecek iş/işlere en uygun bir şekilde seçilmesi oldukça önemli bir hale gelmiştir. Günümüzde piyasada mevcut bulunan robotların marka, model ve tipleri düşünüldüğünde belirlenen bir işe en uygun robotun seçimi yüzlerce robotun değerlendirilerek aralarından birinin seçilmesi gibi önemli ve zorlu bir karar verme sürecini beraberinde getirmektedir. Bu çalışmada bu konuda karar vericilere destek olmak amacıyla bir karar destek sistemi (KDS) geliştirilmiştir. Geliştirilen sistemin detayları ilerleyen bölümlerde sunulmaktadır. Ayrıca geliştirilen KDS ile gerçekleştirilen bir uygulama çalışmasına da yer verilmiştir.

2. LİTERATÜR

Literatürde robot seçimine yönelik birçok çalışma gerçekleştirilmiştir (Tablo 1). Bu çalışmalarda çok ölçütlü karar verme yöntemlerinin sıklıkla kullanıldığı görülmektedir [2]. Çalışmamızda geliştirilecek KDS’de öncelikle karar verici bir takım sorularla yönlendirilerek veri tabanından işe uygun robotların belirlenmesi sağlanacak, ardından belirlenen aday robotlar TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) yöntemiyle kendi aralarında sıralanacaklardır. Gerek uygulama kolaylığı, gerekse yöntemin matris operasyonlarıyla çözüm algoritmasına uygun olması ve bu durumun Visual Basic programında yaratacağı

kolaylıklar ile ön eleme sonucu belirlenecek aday robotların TOPSIS yönteminin ilk adımı olan karar matrisini doğrudan oluşturabilmesi imkânları değerlendirilerek çalışmamızda çok ölçütlü karar verme (ÇÖKV) yöntemi olarak TOPSIS yöntemi tercih edilmiştir. Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde çoğunluğunun ÇÖKV yöntemlerinin ve özellikle bunların bulanık set teoriyle bütünleştirilmiş varyasyonlarının robot seçimi çalışmalarına uyarlanması şeklinde çalışmalar olduğu

görülmektedir. Tablo 1'deki çalışmalardan İç v.d.'nin [20] çalışması gerçek hayat problemlerinde kullanılabilecek tarzda olsa da, ÇÖKV yöntemleri hakkında bilgi sahibi olması gereken uzmanlar tarafından uygulanabilecek niteliğe sahip bir çalışma özelliğindedir. Çalışmamızda ise özellikle KOBİ'lerin kolaylıkla kullanabileceği, uygulanması kolay ve doğrudan kullanışlı sonuçlar sunabilecek bir karar destek sistemi geliştirilmesi hedeflenmiştir.

Tablo 1. Literatürdeki robot seçim çalışmalarından örnekler

| Yazar | Yıl | Seçim Yöntemi | Kriterler |
|------------------------------|------|---|--|
| Goh [3] | 1997 | AHP | Tekrarlama Kabliyeti, Maliyet Yük Kapasitesi, Hız |
| Braglia and Petroni [4] | 1999 | Veri Zarflama Analizi (VZA) | Tekrarlama Kabliyeti, Maliyet Yük Kapasitesi, Temel rotasyonlar |
| Parkan and Wu [5] | 1999 | OCRA, VZA, Utility model ve TOPSIS | Tekrarlama Kabliyeti, Maliyet Yük Kapasitesi, Hız |
| Layek and Lars [6] | 2000 | KDS | Robot tipi, Serbestlik Derecesi, Yük Kapasitesi, Yatay, Dikey Erişim Mesafesi, Hız, Hafıza Kapasitesi, Maliyet |
| Khouja et al. [7] | 2000 | İstatistiksel Yaklaşım | Tekrarlama Kabliyeti, Yük Kapasitesi, Erişim Mesafesi |
| Chu and Lin [8] | 2003 | Bulanık TOPSIS | Kullanıcı Arayüzü, Maliyet, Programlama Esnekliği, Yük Kapasitesi, Servis Hizmeti, Konumlama Hassasiyeti |
| Bhangale et al [9] | 2004 | OCRA ve TOPSIS | Tekrarlama Kabliyeti, Yük Kapasitesi, Hız, Tahrik Tipi, Hafıza Kapasitesi, Serbestlik Derecesi |
| Kapoor and Tak [10] | 2005 | Bulanık AHP | Tekrarlama Kabliyeti, Maliyet Yük Kapasitesi, Hız |
| Rao and Padmanabhan [11] | 2006 | Diyagram ve Matris metodu | Tekrarlama Kabliyeti, Yük Kapasitesi, Hız, Tahrik Tipi, Serbestlik Derecesi, Dikey Erişim Mesafesi |
| Karsak [12] | 2008 | Kalite Fonksiyon Yayılımı (QFD) ve Bulanık Doğrusal Regresyon | Tekrarlama Kabliyeti, Maliyet Yük Kapasitesi, Hız, Dikey/Yatay Erişim Mesafesi, Garanti Süresi |
| Chatterjee et al [13] | 2010 | VIKOR ve ELECTRE | Tekrarlama Kabliyeti, Maliyet Yük Kapasitesi, Hız, Servis Hizmeti, Programlama Esnekliği |
| Koulouriotis and Ketipi [14] | 2011 | Bulanık Diyagram ve Matris metodu | Kullanıcı Arayüzü, Maliyet, Esneklik, Yük Kapasitesi, Servis Hizmeti, Hız, Konumlama Hassasiyeti. |
| Devi [15] | 2011 | Bulanık VIKOR | Programlama Esnekliği, Maliyet Servis Hizmeti, Konumlama Hassasiyeti, Yük Kapasitesi |
| Tao et al. [16] | 2012 | DEA, AHP, TOPSIS | Tekrarlama Kabliyeti, Maliyet Yük Kapasitesi, Hız |
| Karsak [17] | 2012 | Bulanık regresyon | Tekrarlama Kabliyeti, Maliyet Yük Kapasitesi, Hız |
| Vahdani et al. [18] | 2013 | Bulanık TOPSIS | Tekrarlama Kabliyeti, Maliyet Yük Kapasitesi, Konumlama Hassasiyeti |
| Ghorabae [19] | 2016 | Tip-2 bulanık set VIKOR | Kullanıcı Arayüzü, Alt Yapı Tutarlılığı, Programlama Esnekliği, Servis Hizmeti, Hız, Konumlama Hassasiyeti, Uyum, Denge Kabiliyeti |
| İç v.d. [20] | 2013 | Bulanık AHP tabanlı Karar Destek Sistemi | Dikey Erişim Mesafesi S- L-T- B eksenleri erişim aralıkları, Yük Kapasitesi, Tekrarlama Kabliyeti |
| Xue [21] | 2016 | Kalitatif Esnek Çok Ölçütlü Karar Verme Metodu | Kullanıcı Arayüzü, Maliyet, Esneklik, Yük Kapasitesi, Servis Hizmeti, Hız, Konumlama Hassasiyeti. |
| Kumar [22] | 2016 | TODIM (Tomada de Decisión Inerativa Multicritero) | Yük Kapasitesi, Tekrarlama Kabliyeti, Hız, Hafıza Kapasitesi, Manupulator erişim mesafesi |
| Breaza [23] | 2017 | AHP | Kinematik yapı, Yük Kapasitesi, Erişim Mesafesi, Tekrarlama Kabliyeti, Enerji Tüketimi, Servis İmkânları |

3. KARAR DESTEK SİSTEMİNİN GELİŞTİRİLMESİ

Karar Destek Sistemi Visual Basic ile kodlanmıştır. KDS'de kullanıcıya öncelikle endüstriyel robot seçimi için yönlendirici sorular sorulmakta ve istenilen özellikte aday endüstriyel robotlar elde edilmektedir. Elde edilen robotlar ikinci aşamada TOPSIS'e aktarılmakta ve robotlar arasında bir sıralama elde edilmektedir.

Karar Destek Sisteminin yapısı Şekil 1'de verilmektedir. Excel'de oluşturulan ve Visual Basic diliyle hazırlanan program kullanılarak yönlendirici sorularla beraber kullanıcının istediği robotlar veri tabanından süzülmemektedir. Kullanıcı dilerse bu robotlar arasından birisini seçebilmektedir. Diğer taraftan süzülen aday robotlar TOPSIS yöntemine aktarıldıktan sonra, kriterlere önem puanları (kriter ağırlığı) atanarak bir sıralama elde edilmekte ve böylelikle kullanıcının ihtiyacını karşılayacak robotlar arasından en uygun olanının seçilmesinin sağlanması hedeflenmektedir.

3.1. Veri Tabanının Oluşturulması

Oluşturulan veri tabanında 193 robot ve bu robotlara ait özellikleri bulunmaktadır. Bu özelliklerden ilki nicel özellikleri oluşturan teknik özelliklerdir. Teknik özellikler aşağıda sıralanmıştır.

- Yükleme Kapasitesi (kg)
- Uzanma Mesafesi (mm)
- Tekrarlanabilirlik Hassasiyeti (mm*100)
- Ağırlık (kg)

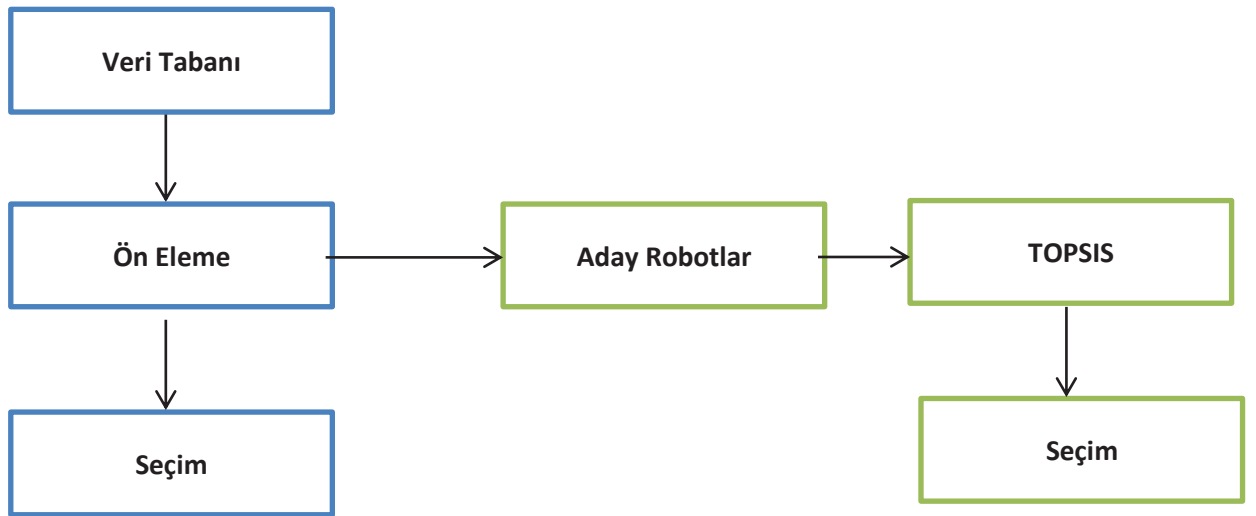
- Giriş Gücü (kV)
- Eksen Çalışma Alanı (S,L,T,U,R,B) (°)
- Eksen Çalışma Hızı (%/s)

Bu çalışmada oluşturulan veri tabanındaki robotlar, kullanımının diğer tarz robotlara göre çok yaygın olması nedeniyle 6 eksenli robotlardan oluşmaktadır. Bu eksenlerin çalışma alanları ve bu alanlarda çalışabildikleri maksimum hız olarak teknik özelliklerde bulunmaktadır. Bu 6 eksen, S, L, U, R, B ve T olmak üzere isimlendirilmiştir (Şekil 2).

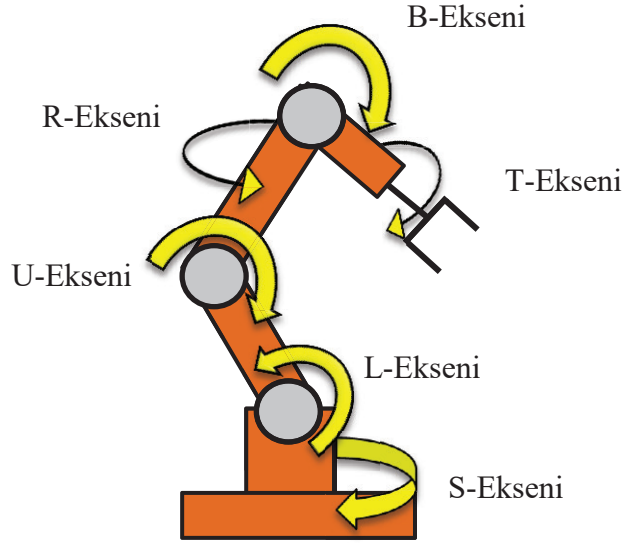
Oluşturulan veri tabanında 2. tip özellikleri temsil eden satıcı bağlantılı özellikler nitel özelliklerdir ve bunlar aşağıda sıralanmaktadır:

- Marka
- Bağlanma Şekli
- Uygulama Şekli
- Model

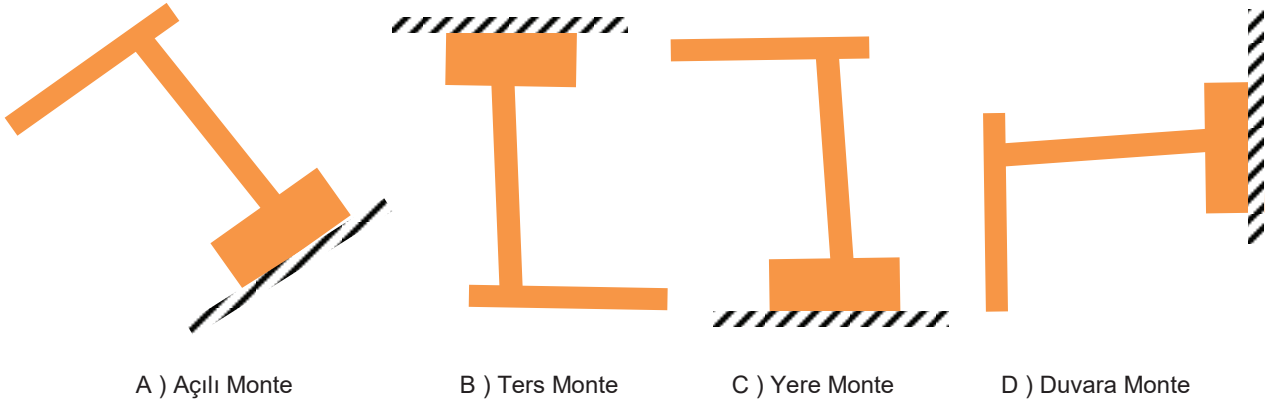
Yapılan araştırmalarda piyasada bulunan en yaygın robot markaları; ABB, Motoman, Kuka olarak belirlenmiştir. Bu robotlara ait birçok alt model bulunmakta ve bu robotların kaynak, montaj, malzeme taşıma v.b. görevleri yerine getiren robotlar bulunmaktadır. Bunların yanında kullanıcı için önemli bir diğer özellik ise robotun bağlanma şeklidir. Kullanıcının en çok tercih ettiği 4 bağlanma şekli Şekil- 3'de gösterilmiştir. Kullanıcı kendi tesis yerleşimi için en uygun olan bağlanma şeklini seçebilmesine olanak sağlamak üzere veri tabanından bu özelliğin sorgulanma imkânı sağlanmıştır



Şekil 1 – Karar Destek Sisteminin Yapısı



Şekil 2 – Endüstriyel Robotların Eksenleri [20]



Şekil 3 – Endüstriyel Robotların Bağlanma Şekilleri

Oluşturulan veri tabanındaki son özellik olan maliyet özelliği yapılan araştırmalar sonucu elde edilen endüstriyel robot fiyatlarını içermektedir. Bu fiyatlar gerek internet, gerekse de robot markalarının Türkiye temsilcilikleri ile iletişim haline geçilerek kapsamlı bir araştırma sonucunda belirlenmiştir.

3.2. Eleme Soruları

Veri tabanından işe uygun robotların seçimine yönelik olarak hazırlanan sorular aşağıda detaylandırılmıştır:

Robot Tipi, Bağlanma Şekli, Yükleme Kapasitesi

Robotun hangi tip işlevi yerine getireceğini, ne tür bağlanma şekli istendiğini ve robotun yükleme

kapasitesi ile ilgili bilgiler kullanıcıdan isenmektedir. Veri tabanında bulunan 6 çeşit işlev türü, 4 çeşit bağlanma şekli bulunmatadır. Yükleme kapasitesi kısmına girilen değer ise kullanıcının istediği minimum değeri temsil etmektedir. Yani kullanıcı yükleme kapasitesi kısmına girdiği değer üstündeki yükleri taşıma kapasitesinde olan robotların seçilmesini istemektedir. Şekil – 4 robot tipi, bağlanma şekli ve yükleme kapasitesi bilgilerinin kullanıcıya sorulduğu formu göstermektedir.

Tekrarlama Hassasiyeti

Tekrarlama hassasiyeti için kullanıcı Şekil – 5’ de gösterilen bölüme girdiği değer altında olan endüstriyel robotları veri tabanından çağırabilmektedir.

Şekil 4 – Karar Destek Sistemi – Soru 1

Şekil 5 – Karar Destek Sistemi – Soru 2

Uzanma Mesafesi

Uzanma mesafesi robotun uzanabileceği en uç mesafeyi belirtmektedir. Bu özelliğin yüksek değerlerde olması kullanıcı açısından önemlidir. Bu nedenle Şekil – 6’ da gösterilen bölüme girilen değer üstündeki robotlar kullanıcı karşısına gelmektedir.

Robotun Kütlesi

Kullanım yerlerinde ve robotun monte edileceği alanların belirli bir taşıma kapasitesi sınırı bulunabilir. Bu durumların dikkate alınmasına

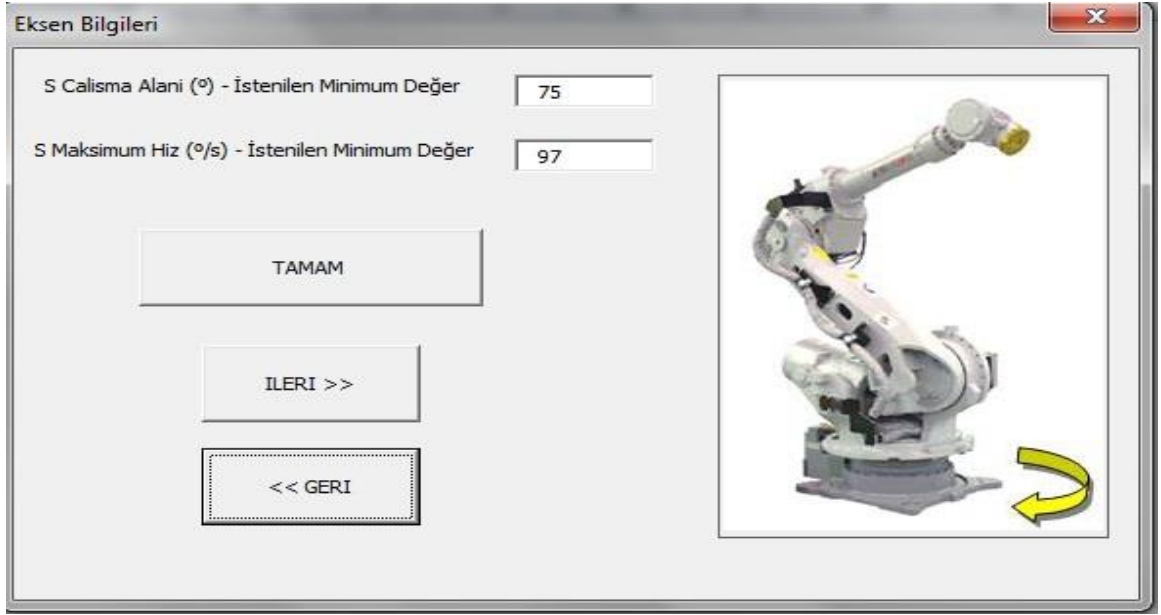
yönelik olarak Şekil 7’deki ekran hazırlanmıştır. Kullanıcı Şekil – 7’ de gösterilen bölüme girdiği değer altında olan endüstriyel robotları istiyor demektir.

Şekil 6 – Karar Destek Sistemi – Soru 3

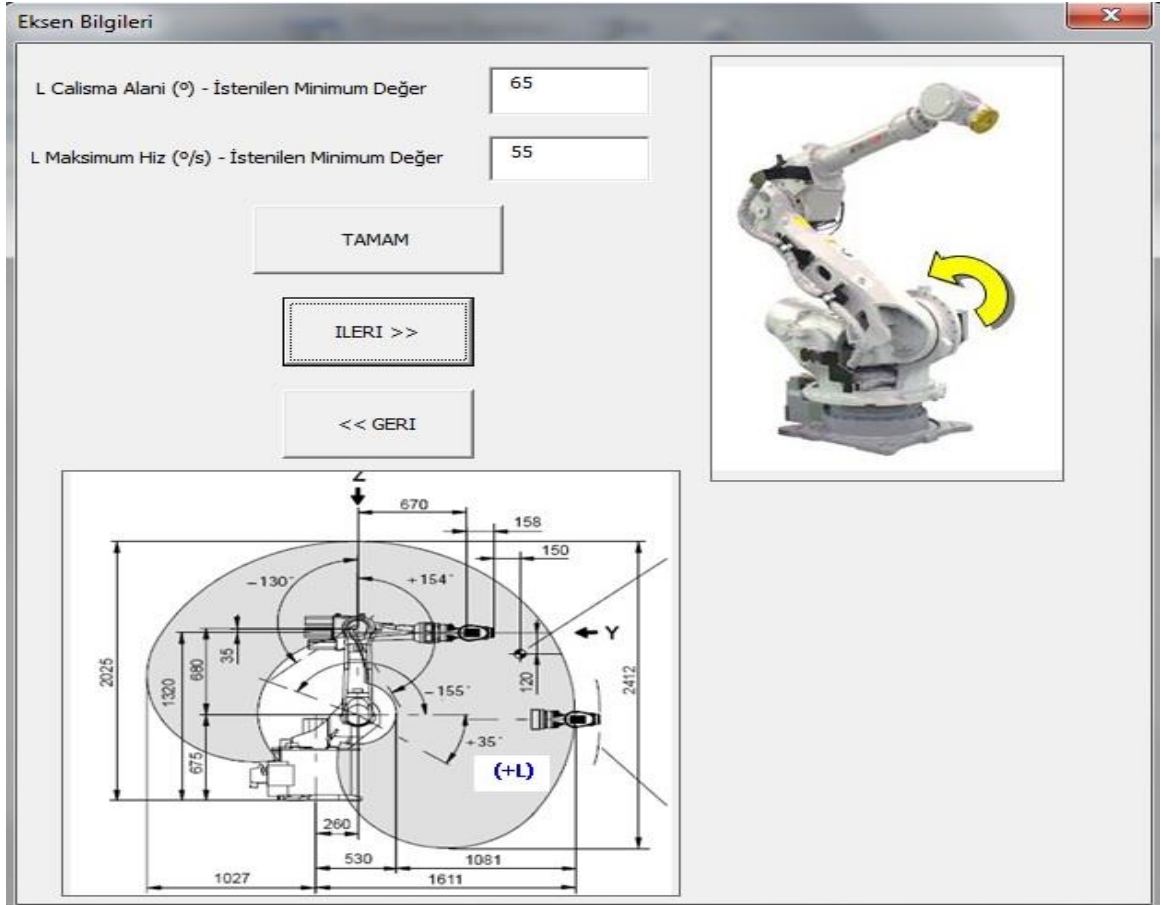
Şekil 7 – Karar Destek Sistemi – Soru 4

Eksenler ile İlgili Sorular

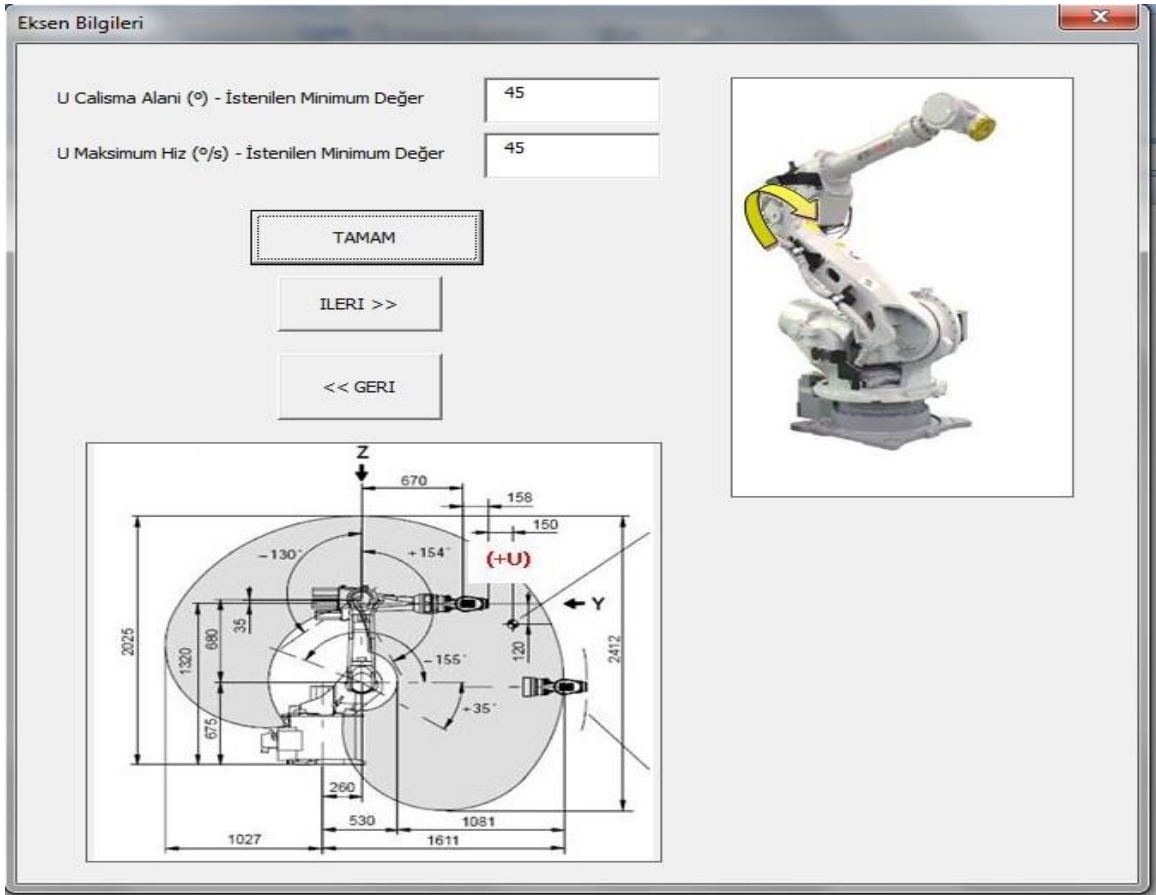
Eksenler ile ilgili sorular Şekil – 8’ den Şekil 13’e kadar 6 eksen ile ilgili istenen değerlerin sorgulandığı ekranlar kullanılarak karar vericiye yönlendirilmektedir. Şekillerde görülen kısımlara girilen değerlerin üstünde bulunan endüstriyel robotlar veri tabanından çağırılmaktadır.



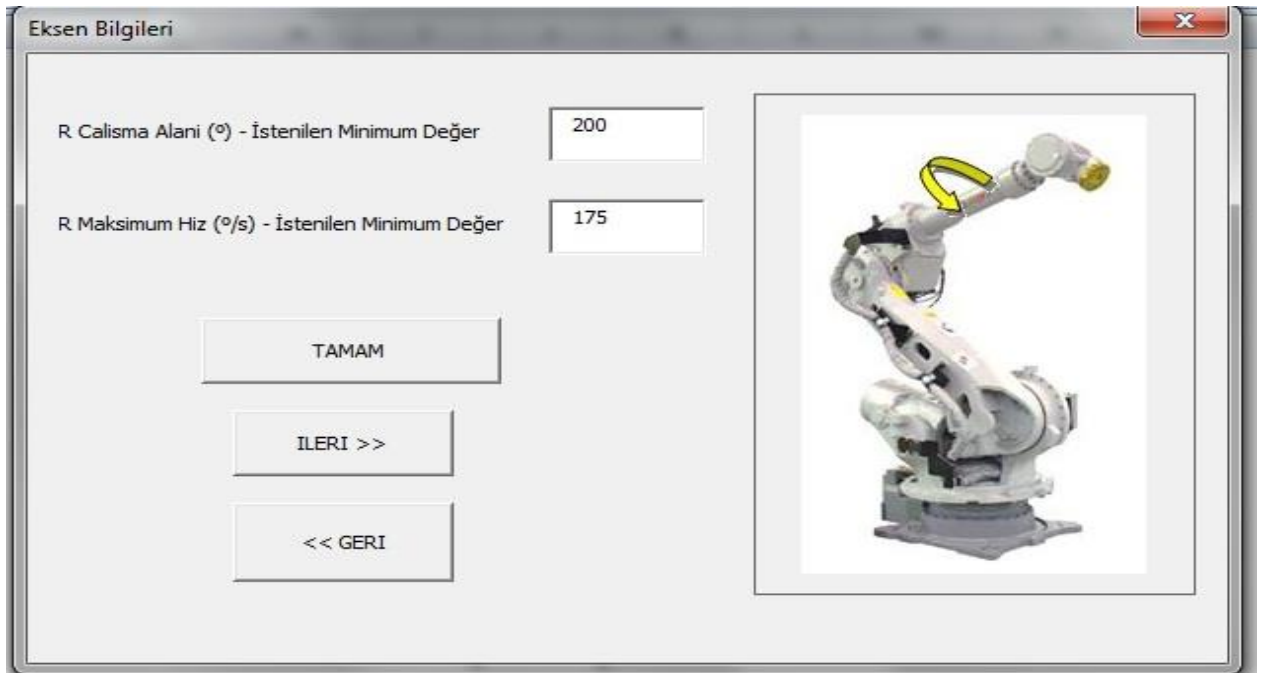
Şekil 8 – Karar Destek Sistemi – Soru 5



Şekil 9 – Karar Destek Sistemi – Soru 6



Şekil 10 – Karar Destek Sistemi – Soru 7



Şekil 11 – Karar Destek Sistemi – Soru 8

UserForm9


B Çalışma Alanı (°) - İstenilen Minimum Değer

B Maksimum Hiz (°/s) - İstenilen Minimum Değer

TAMAM

ILERI >>

<< GERI



Şekil 12 – Karar Destek Sistemi – Soru 9

Eksen Bilgileri


T Çalışma Alanı (°) - İstenilen Minimum Değer

T Maksimum Hiz (°/s) - İstenilen Minimum Değer

TAMAM

<< GERI

BITIR



Şekil 13 – Karar Destek Sistemi – Soru 10

Fiyat

Bu bölümde kullanıcının endüstriyel robot için ayırmış olduğu bütçe sorulmaktadır. Şekil – 14’de gösterilen soru formuna girilen değerlerin altında fiyatı bulunan robotlar kullanıcıya sunulur.

3.2. TOPSIS’le Robot Seçimi

Kullanıcıya önceki bölümde belirtilen sorular sorulduktan sonra elde edilen robotlar arasından tercih yapabilmek adına çok kriterli karar verme yöntemlerinden TOPSIS uygulanarak robotların

sıralaması elde edilir. TOPSIS, Hwang ve Yoon tarafından 1980 yılında geliştirilmiştir. Literatürde TOPSIS yönetimi kullanılarak birçok karar verme işlemi gerçekleştirilmiştir. Örneğin; robotların performanslarına göre sıralanması için Agrawal [24], Parkan ve Wu [25] kullanmışlardır. Bunun yanı sıra Chen [26] bir insan kaynakları birimine sistem mühendisi seçiminde, Tsaur [27], havayolu şirketlerinin servis kalitelerinin karşılaştırılmasında, Jee ve Kong [28] ise malzeme seçiminde TOPSIS’i kullanmışlardır. TOPSIS’in uygulanma şekli adım adım aşağıda gösterilmiştir:

İdeal ve Negatif İdeal çözüme uzaklıklar aşağıda verilen S_i^+ ve S_i^- formülleri ile bulunur.

$$S_i^+ = \left[\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^+)^2 \right]^{1/2} ; S_i^- = \left[\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2 \right]^{1/2} \quad (8)$$

Burada;

S_i^+ , i. alternatiflerin ideal çözüme uzaklıklarını

S_i^- , i. alternatiflerin negatif ideal çözüme uzaklıklarını göstermektedir.

ADIM 7 :Bağıl Uzaklıkların (C_i) Hesaplanması aşağıdaki formülle gerçekleştirilir:

$$C_i = \frac{S_i^-}{(S_i^- + S_i^+)} \quad 0 < C_i < 1 \quad (9)$$

Burada, C_i bağıl mesafedir. Daha sonra C_i değerlerine göre büyükten küçüğe doğru sıralama yapılabilir.

3.2.1 Karar Destek Sistemine TOPSIS Yönteminin Entegrasyonu

Bu bölümde eleme sonrası elde edilen robotların kendi aralarında sıralanmalarında birbirinden bağımsız olan en temel 4 kriter İç v.d [20] nin çalışması referans alınarak belirlenmiş olup, bu kriterler doğrultusunda sıralama yapılmaktadır. İç v.d [20] çalışmalarında robot seçiminde kullanılabilecek kriterler arasındaki korelasyonu belirledikten sonra, sadece bağımsız olan (diğer kriterlerle korelasyonu olmayan) kriterleri ve aralarında korelasyon olan kriterlerden sadece birini seçerek bir kriter seti önermişlerdir. Bu amaçla öncelikle Şekil 15'deki ekranla kullanıcıdan bu 4 kriteri 1-10 arasında puanlaması talep edilmektedir. Ardından "SIRALA" butonuna basıldığında robotların sıralaması ekranda görüntülenmektedir.

Şekil 15 – Karar Destek Sistemi – TOPSIS

4. ÖRNEK UYGULAMA

Bu çalışmada uygulama olarak Şekil 16'da belirtilen ABB IRB4600 robotunu satın almış olan bir firmanın seçim kararı analiz edilecektir. Firma bu robotu kendi deneyimleri sonucu satın alma kararı almıştır.



Şekil 16 – ABB IRB 4600 robotu

Firma yetkilisinden, ihtiyaç duydukları robota ilişkin bilgileri oluşturulan KDS'deki yönlendirici soruları cevaplayarak girmesi istenmiştir (Şekil 17). Sorulara verilen cevaplara göre ön eleme sonuçları Şekil 17'dedir.

Ardından Şekil 18'deki gibi robotlar TOPSIS yöntemine aktarılmış ve kriter ağırlıkları kullanıcı tarafından girildikten sonra Şekil 19'daki sıralama elde edilmiştir.

TOPSIS sonucu elde edilen sıralamaya göre, Firmanın elinde bulunan ABB Marka IRB 4600 – 60 model endüstriyel robot 6. sırada yer almaktadır. Bunun başlıca nedenleri, seçilen diğer robotların Maksimum Yükleme Kapasitelerinin ve Uzanma Mesafesinin, ABB IRB 4600 – 60 robotundan genel olarak oldukça büyük olmasından kaynaklanmaktadır. Bu sıralamaya göre firmanın elinde bulunan ABB Marka IRB 4600 – 60 endüstriyel robotun yerine, Kuka KR360 L240-2 modeli ya da Motoman ES200D/ ES200-N modelleri önerilebilir. Geliştirilen KDS, firmanın satın aldığı model robotu önerebilmiş, aynı zamanda firma isteklerini daha iyi düzeyde karşılayabilecek alternatifleri de sunabilmiştir.

| | |
|--|--------------------------------------|
| Robot Tipini Seçiniz | : Kaynak |
| Bağlanma Şekli | : Cevap yok (herhangi biri olabilir) |
| İstedığınız Minimum Yükleme Kapasitesi (kg) | : 46 |
| İstedığınız Maksimum Tekrar Hassasiyeti (mm*100) | : 75 |
| İstedığınız Minimum Uzanma Mesafesi (mm) | : 1750 |
| İstedğiniz Maksimum Ağırlık (kg) | : Cevap yok |
| S Çalışma Alanı (°) | : 175 |
| S Maksimum Hız (°/s) | :70 |
| L Çalışma Alanı (°) | :75 |
| L Maksimum Hız (°/s) | :60 |
| U Çalışma Alanı (°) | :50 |
| U Maksimum Hız (°/s) | :60 |
| R Çalışma Alanı (°) | :270 |
| R Maksimum Hız (°/s) | : 60 |
| B Çalışma Alanı (°) | :100 |
| B Maksimum Hız (°/s) | : 75 |
| T Çalışma Alanı (°) | :270 |
| T Maksimum Hız (°/s) | :135 |
| Robot için Verebileceğiniz Maksimum Fiyat (\$) | :130000 |



| 1 | Numara | Marka | Model | Uygulaması | Bağlanması | Maksimum Yük | Tekrar Hassasiyeti | Uzanma Mesafesi | Ağırlık | Giriş Gücü | S Çalışma Alanı |
|----|--------|---------|---------------|------------|----------------|--------------|--------------------|-----------------|---------|------------|-----------------|
| 2 | 5 | MOTOMAN | ES200-N | WELDING | INVERTED | 200 | 20 | 2651 | 1230 | 7,5 | 180 |
| 3 | 69 | KUKA | KR360L280 - 2 | WELDING | INVERTED | 280 | 15 | 3076 | 2375 | 10 | 185 |
| 4 | 78 | MOTOMAN | ES165D | WELDING | INVERTED | 165 | 20 | 3372 | 1100 | 5 | 180 |
| 5 | 79 | MOTOMAN | ES200D | WELDING | INVERTED | 200 | 20 | 3372 | 1130 | 5 | 180 |
| 6 | 80 | MOTOMAN | MS80 | WELDING | INVERTED | 80 | 7 | 3397 | 550 | 4 | 180 |
| 7 | 84 | ABB | IRB 4600-60 | WELDING | FLOOR | 60 | 60 | 2050 | 435 | 6 | 180 |
| 8 | 89 | ABB | IRB 4600-60 | WELDING | SHELF INVERTED | 60 | 60 | 2050 | 435 | 6 | 180 |
| 9 | | | | | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | | | | | |
| 11 | | | | | | | | | | | |

Şekil 17 – Yönlendirici sorulardan elde edilen robotlar

Uygulamanın devamında bu sefer kriter ağırlıkları değiştirilerek sıralama gerçekleştirilmiştir. Yükleme Kapasitesi, 2; Tekrarlama Hassasiyeti, 3; Uzanma Mesafesi, 1; ve L Maksimum Hız, 8 olarak alınıp sıralama yapıldığında Şekil 20’de görüldüğü gibi bu sefer ABB IRB 4600 – 60 robotunun ilk sırada yer aldığı görülmektedir. Bu durum, sıralama sonuçlarının kriter ağırlıklarına duyarlı olduğunu göstermektedir. Burada KDS’nin kullanımında kriter ağırlıklarının işin özellikleri iyi analiz edildikten sonra belirlenmesinin çok önemli olduğu sonucu çıkmaktadır.

5. SONUÇ

Bu çalışmada endüstriyel robot seçimi için bir Karar Destek Sistemi (KDS) oluşturulmuştur. KDS’de çok kriterli karar verme yöntemlerinden

TOPSIS’i kullanarak, veri tabanından seçilen robotlar arasında bir sıralama elde edilmiştir.

Geliştirilen program, gerçek hayattan bir firmada denenmiştir. Yapılan deneme sonucu firmanın elinde bulunan robotun yanında 6 adet robot daha firmaya önerilebilmiştir. Geliştirilen KDS’de kriter ağırlıklarının değişmesi sıralama sonuçlarını değiştirmektedir. Her ne kadar kriter ağırlıkları sıralama sonuçlarında etkili olsa da, TOPSIS yönteminden önceki adımda işe uygun robotların kullanıcıya sunulabilmesi de yöntemin önemli avantajlarından biridir. TOPSIS yönteminin eleme sorularının ardından veri tabanından süzülen robot sayısının fazla olduğu durumlarda bir sıralama elde etme işleminde oldukça kullanışlı olacağı düşünülmektedir.

| | V | W | X | Y | Z | AA | AB | AC | AD | AE |
|----|----------------|-----------------|----------------|--------|---|----|----|----|----|----|
| ni | B Maksimum Hız | T Çalışma Alanı | T Maksimum Hız | Fiyat | | | | | | |
| | 110 | 360 | 240 | 107500 | | | | | | |
| | 112 | 350 | 157 | 128000 | | | | | | |
| | 150 | 360 | 240 | 112000 | | | | | | |
| | 120 | 360 | 190 | 80000 | | | | | | |
| | 230 | 360 | 350 | 128000 | | | | | | |
| | 250 | 400 | 360 | 77500 | | | | | | |
| | 250 | 400 | 360 | 77500 | | | | | | |

Temizle

Ana Menu

TOPSIS

UserForm11

Lütfen kriterlere önem derecesine göre 1 ile 10 arasında bir değer veriniz.

Maksimum Yük

Tekrar Hassasiyeti

Uzanma Mesafesi

L Maksimum Hiz

Şekil 18. TOPSIS yöntemi uygulaması

| | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J |
|---|-------------|------|--------|---------|---------------|------------|----------------|--------------|--------------------|-----------------|
| 1 | Siralama | Puan | Numara | Marka | Model | Uygulaması | Baglanmasi | Maksimum Yük | Tekrar Hassasiyeti | Uzanma Mesafesi |
| 2 | | | | | | | | | | |
| 3 | 0.674705951 | 3 | 5 | MOTOMAN | ES200-N | WELDING | INVERTED | 200 | 20 | 2651 |
| 4 | 0.810139884 | 1 | 69 | KUKA | KR360L280 - 2 | WELDING | INVERTED | 280 | 15 | 3076 |
| 5 | 0.664432407 | 4 | 78 | MOTOMAN | ES165D | WELDING | INVERTED | 165 | 20 | 3372 |
| 6 | 0.699533418 | 2 | 79 | MOTOMAN | ES200D | WELDING | INVERTED | 200 | 20 | 3372 |
| 7 | 0.647500945 | 5 | 80 | MOTOMAN | MS80 | WELDING | INVERTED | 80 | 7 | 3397 |
| 8 | 0.141628202 | 6 | 84 | ABB | IRB 4600-60 | WELDING | FLOOR | 60 | 60 | 2050 |
| 9 | 0.141628202 | 6 | 89 | ABB | IRB 4600-60 | WELDING | SHELF INVERTED | 60 | 60 | 2050 |

Şekil 19. Robot sıralamalarının elde edilmesi

| | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J |
|---|-------------|------|--------|---------|---------------|------------|----------------|--------------|--------------------|-----------------|
| 1 | Siralama | Puan | Numara | Marka | Model | Uygulaması | Baglanmasi | Maksimum Yük | Tekrar Hassasiyeti | Uzanma Mesafesi |
| 2 | | | | | | | | | | |
| 3 | 0.268577122 | 7 | 5 | MOTOMAN | ES200-N | WELDING | INVERTED | 200 | 20 | 2651 |
| 4 | 0.366751127 | 5 | 69 | KUKA | KR360L280 - 2 | WELDING | INVERTED | 280 | 15 | 3076 |
| 5 | 0.384089684 | 4 | 78 | MOTOMAN | ES165D | WELDING | INVERTED | 165 | 20 | 3372 |
| 6 | 0.313098252 | 6 | 79 | MOTOMAN | ES200D | WELDING | INVERTED | 200 | 20 | 3372 |
| 7 | 0.553661719 | 3 | 80 | MOTOMAN | MS80 | WELDING | INVERTED | 80 | 7 | 3397 |
| 8 | 0.627544977 | 1 | 84 | ABB | IRB 4600-60 | WELDING | FLOOR | 60 | 60 | 2050 |
| 9 | 0.627544977 | 1 | 89 | ABB | IRB 4600-60 | WELDING | SHELF INVERTED | 60 | 60 | 2050 |

Şekil 20. Ağırlıklar değiştirilerek robotların yeniden sıralanması

İleriki dönemlerde yapılacak çalışmalarda imalat sistemlerinin otomasyona dönüştürülmesinde üretim tipine uygun robotların belirlenebilmesi için KDS'ye yeni bir modül eklenebilir. Bu modülde geliştirilecek sorularla mevcut üretim sisteminin ihtiyaçları ve gelecek hedeflerine yönelik uygun robotların seçim işlemi de gerçekleştirilebilir. Gelecekte teknolojik gelişimlere paralel olarak yeni robotların veri tabanına kolaylıkla girilebilmesi; geliştirilen karar destek sisteminin uzun yıllar kullanılabilme özelliği açısından önemli avantajlarından birisidir.

A DECISION SUPPORT SYSTEM FOR INDUSTRIAL ROBOT SELECTION

In this study, a decision support system is developed for industrial robot selection problem. A database has been developed considering 193 industrial robot types on the market. The decision support system asks the user about their requirements needed from robots and selects the suitable robots from the database. To find the best robot, selected robots are ranked by using TOPSIS which is commonly used in multi criteria decision making problems. The developed decision support system has

been implemented on a real life robot selection algorithm.

Keywords: Industrial robot, robot selection, multi criteria decision making, TOPSIS.

KAYNAKÇA

1. Durmuşoğlu, Semra., Köker, M. Sefa., "Türkiye'de Endüstriyel Robot kullanımı", http://www.bilimbilmek.com/sayfa/Semra_Durmusoglu-Turkiyede_Endustriyel_Robot_Kullanimi.html, Temmuz 2007.
2. Khouja, M., and Offodile, O.F., The industrial robot selection problem: literature review and directions for future research, *IIE Transactions*, 26(4) (1994)50-61.
3. Goh, C.-H., Analytic Hierarchy Process for robot selection, *Journal of Manufacturing Systems*, 16(1997) 5, 381-386.
4. Braglia, M. and Petroni, A., Evaluating and selecting investments in industrial robots, *International Journal of Production Research*, 37(1999) 18, 4157- 4178.
5. Parkan, C., and Wu., M-L., Decision -making and performance measurement models with application to robot selection, *Computers and Industrial Engineering*, 36(1999) 503-523.
6. Layek, A.M., and Lars, J.R., Algorithm based decision support system for the concerted selection of equipment in machining/assembly cells, *International Journal of Production Research*, 38 (2000) 2, 323- 339.
7. Khouja, M., Booth, D. E., Suh, M., and Mahaney Jr, J. K. Statistical procedures for task assignment and robot selection in assembly cells, *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 13 (2000) 2, 95-106.
8. Chu, T-C., and Lin, Y.-C., A fuzzy topsis method for robot selection, *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 21(2003) 284–290.
9. Bhangale, P.P., Agrawal, V.P., and Saha, S.K., Attribute based specification, comparison and selection of a robot, *Mechanism and Machine Theory*, 39(2004) 1345–1366.
10. Kapoor V., and Tak, S.S. Fuzzy application to the Analytic Hierarchy Process for robot selection, *Fuzzy Optimization And Decision Making*, 4(2005) 209–234.
11. Rao, R. V., Padmanabhan, K.K., Selection, identification and comparison of industrial robots using digraph and matrix methods, *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 22(2006), 373–383.
12. Karsak, E. E., Robot selection using an integrated approach based on quality function deployment and fuzzy regression, *International Journal of Production Research*, 46 (2008)3, 723–738.
13. Chatterjee P., Athawale, V. M., and Chakraborty, S., Selection of industrial robot s using compromise ranking and outranking methods, *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 26(2010), 483–489.
14. Koulouriotis, D.E., Ketipi, M.K., A fuzzy digraph method for robot evaluation and selection, *Expert Systems with Applications*, 38(2011) 11901–11910.
15. Devi, K. Extension of VIKOR method in intuitionistic fuzzy environment for robot selection, *Expert Systems with Applications*, 38(2011) 14163–14168.
16. Tao, L., Chen, Y., Liu, X., Wang, X., An integrated multiple criteria decision making model applying axiomatic fuzzy set theory, *Applied Mathematical Modelling*, 36(2012) 5046–5058.
17. Karsak, E. E., Sener, Z., Dursun, M., Robot selection using a fuzzy regression-based decision-making approach. *International Journal of Production Research*, 50(2012)23, 6826-6834.
18. Vahdani, B., Tavakkoli-Moghaddam, R., Mousavi, S. M., Ghodrathnama, A., Soft computing based on new interval-valued fuzzy modified multi-criteria decision-making method. *Applied Soft Computing*, 13(2013) 165–172.
19. Ghorabace, M.K., Developing an MCDM method for robot selection with interval type-2 fuzzy sets, *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing* 37 (2016) 221–232
20. Ic Y.T., Yurdakul, M., Dengiz, B., Development of a decision support system for robot selection, *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing* 29 (2013) 142–157.
21. Y,-X, You, J-X., Zhao, X., Liu, H-C., An integrated linguistic MCDM approach for robot evaluation and selection with incomplete weight information, *International Journal of Production Research*, 54(2016)18, 5452-5467.
22. Kumar, D., Datta, S., Mahapatra, S.S., Application of TODIM (Tomada de Decisión Inerativa Multicriterio) for industrial robot selection, *Benchmarking: An International Journal*, 23(2016)7, 1818-1833.
23. Breaza, R.E., Bologa, O., Racza, S.G., Selecting industrial robots for milling applications using AHP, *Procedia Computer Science*, 122 (2017) 346–353.
24. Agrawal, V.P., Kohli V., and Gupta S., Computer aided robot selection: the multi-

- attribute decision making approach, *International Journal of Production Research*, 29(1991)1629-1644.
25. Parkan Ç., Ming-Lu W., Decision -making and performance measurement models with application to robot selection, *Computers and Industrial Eng.*, 36(1999)503-523.
26. Chen, C.T., Extensions of the TOPSIS for group decision-making under fuzzy environment, *Fuzzy Sets and Systems*, 114(2000)1-9.
27. Tsaur,S., H., Chang T.Y., Yen C.H. The evaluation of airline service quality by fuzzy MCDM, *Tourism Management*, 23(2002)107-115.
28. Jee D.H., Kong K.J., A method for optimal material selection aided with decision making theory, *Materials and Design*, 21(2000)199-206.

YAYIN İLKELERİ

Amaç

1. Makina tasarım ve imalatı alanında yerli teknoloji üretimine yönelik kuramsal ve uygulamalı çalışmalarını duyurmak.
2. Bu alanda çalışan kişi ve kuruluşlar arasında bilgi alışverişini sağlamak.
3. Yayımlanan çalışmalar üzerinde teknik tartışma ortamı yaratmak.
4. Üniversite – endüstri arasındaki yakınlaşma ve işbirliğinin geliştirilmesine katkıda bulunmak.
5. Türkçe teknik bilgi birikimini arttırmak.

Kapsam

- (a) Dergi amaçları doğrultusunda aşağıda belirtilen konularda veya bunlara yakın konulardaki yazıları yayımlar;

Makina Tasarımı, Mekanik Sistemlerin Tasarımı ve Analizi, Makina Teorisi ve Mekanizma Tekniği, Makina Elemanları, İmalat Yöntemleri, Bilgisayar Yardımı ile tasarım ve İmalat, Robotik ve Esnek İmalat Yöntemleri, Akışkanlar Mekaniği, Malzeme Seçimi ve Malzeme Sorunları, Kalite Kontrolü, Fabrika Organizasyonu ve Üretim Planlaması, Bakım ve Onarım, Derginin amacına uygun diğer konular.

- (b) Dergide yayımlanacak makaleler, bir yeniliği, ilerlemeyi, gelişmeyi, araştırma ya da uygulama sonuçlarını içermek üzere araştırma makaleleri, uygulama makaleleri, derleme makaleleri, çeviri makaleleri ve kısa makaleler olabilir.
- (c) Dergide üyelerimize faydalı olabilecek imalat ve teknoloji ile ilgili araştırma ve çalışmaların sunulduğu veya firma ve kuruluşların tanıtıldığı yazılar yayımlanabilir.

- (d) Derginin kapsamına giren konularda düzenlenen yurtiçi ve yurtdışı konferans, seminer, vb. etkinliklere ve ayrıca bu konulardaki kitap, dergi vb. yayınlara ait duyurular yer alır.

Makalelerin Değerlendirilmesi

Makina Tasarım ve İmalat Dergisi, yayın kalitesi olarak belirli bir düzeyin üstünde kalmayı amaçlamıştır. Türkiye koşullarını da gözönüne alarak, bu kalite düzeyinin sürdürülmesi için gerekli tüm çaba ve titizlik gösterilecektir. Dergi'ye gelen her makale kesinlikle incelemeden geçirilecek ve bu amaçla mümkün olduğu kadar Türkiye çapında ya da yurtdışında konunun uzmanı hakemler tarafından değerlendirilmesine özen gösterilecektir. İnceleme ve değerlendirme sonuçları hakkında makale yazarlarına bilgi verilecektir.

YAYIN HAKKI

Dergide yayımlanan makalelerin her türlü yayın hakkı Makina Tasarım ve İmalat Derneği'ne aittir. Dergideki yazılar, yazılı izin almadan başka yerde yayımlanamaz ve çoğaltılamaz.

ÇALIŞMA İLKELERİ

Derginin yasal sahibi, MAKİNA TASARIM VE İMALAT (MATİM) DERNEĞİ'dir.

“Dergi Yayın Kurulu” dergi yönetimi ile ilgili organdır. Dergi Yayın Kurulu, MATİM Derneği Yönetim Kurulu tarafından bir yıl süre ile seçilir. Yayın Kurulu derginin yayın ilkelerine uygun yayımı ile yükümlüdür. Yayın Kurulu faaliyetleri konusunda MATİM Derneği Yönetim Kuruluna bilgi verir ve onayını alır.

Journal of MECHANICAL DESIGN AND PRODUCTION

Journal of Mechanical Design and Production is a periodical, published by the Turkish Mechanical Design and Production Society, Ankara, Turkey. It is one of the society's aims, to publish qualified research and review papers in Turkish. The published papers are strictly refereed to maintain a high scientific and engineering level at international standard.

MAKALE GÖNDERME KOŞULLARI

Makina Tasarım ve İmalat Dergisi'ne yurt içinden ya da yurt dışından isteyen herkes yayımlanmak üzere makale gönderebilir. Gönderilen makalelerin dergi temel amaçlarına uygun ve dergi kapsamı içinde olması ve aşağıdaki makale kabul ilkelerini sağlaması gerekmektedir. Dergi Yayın Kuruluna gelen her makale en az iki hakem tarafından değerlendirilir ve sonuç olumlu ya da olumsuz olsa da, yazarına bildirilir.

Makina Tasarım ve İmalat Dergisinde aşağıdaki makaleler yayımlanabilir.

- Araştırma Makaleleri.
- Uygulama Makaleleri.
- Derleme Makaleleri: Belirli bir konu üzerinde bilimsel ve teknolojik son gelişmeleri zengin bir kaynakçaya dayanarak aktaran ve bunların değerlendirmesini yapacak nitelikte olmalıdır.
- Çeviri Makaleler: Yerli teknoloji ve bilgi birikimine önemli bir katkıda bulunacak nitelikte olmalıdır.
- Kısa Makaleler: Yapılan bir çalışmayı zaman geçirmeden duyuran veya bu dergide yayımlanan bir makaleyi tartışan yazılardır.
- Diğer: Yukarıda tanımlanan içerikte olmayan, ancak üyelerimize faydalı olabilecek, imalat ve teknoloji ile ilgili çalışma ve araştırmaların sunulduğu, firma ve kuruluşların teknik özelliklerinin tanıtıldığı yazılardır.

Örnek makale <http://matim.org.tr/> sitesinde verilmiştir. Yazarlar, makalelerini TÜBİTAK ULAKBİM tarafından yürütülen <http://dergipark.gov.tr/matim> sitesine yüklemelidirler. Bir sorun ile karşılaşılırsa İlhan Konukseven (konuk@metu.edu.tr) veya Bilgin Kaftanoğlu (bilgin.kaftanoğlu@atilim.edu.tr) ile iletişim kurabilirler. Yazarlar, yayımlanma kabulünü takiben makalenin en son halini elektronik olarak aynı şekilde yüklemelidirler. Kelime-işlemci olarak Windows işletim sisteminde çalışan MS Word program paketi kullanılmalıdır.

MAKALE KABUL İLKELERİ

Makaleler içerik ve şekil olarak aşağıda belirtilen biçimde hazırlanmalıdır.

Yazım Dili

Kullanılan dilin olabildiğince basit, anlaşılır ve kesin olmasına özen gösterilmelidir. İleri düzeyde teknik ya da alışılmamış kavramlar kullanmak gerektiğinde, bunlar uygun bir şekilde tanımlanmalı ve yeterince açıklanmalıdır.

Makalenin Yapısı

Makaleler, aşağıda verilen yapıda olacak şekilde hazırlanmalıdır.

- Makalenin adı
- Yazar(lar) ad(lar)ı, ünvanları, bağlı olduğu kuruluş ve kuruluşun bulunduğu il.
- Özet ve anahtar kelimeler
- Makalenin ana kısmı
- Teşekkür (gerekli ise)
- İngilizce başlık, özet ve anahtar kelimeler
- Kaynakça
- Ek(ler) varsa

Makalenin adı, olabildiğince kısa, gereksiz ayrıntıdan arınmış olmalı, ancak gerekli anahtar sözcükleri içermelidir.

Yazarların ad ve soyadları, ünvanları, bağlı olduğu kuruluş ve bulunduğ il verilmelidir. Ayrıntılı görev ve adres ise ayrı bir kağıtta ve yazarların kısa özgeçmişleri ile birlikte belirtilmelidir.

Özette sadece sonuçlar değil makalenin tümü çok kısa ve öz şekilde açıklanmalıdır. Özet, makalenin konusu, kapsamı ve sonuçları hakkında fikir verebilmeli, ilgili anahtar sözcük ve deyimleri içermelidir. 100 kelimeyi geçmeyen Türkçe özetin ve anahtar sözcüklerin İngilizcesi de konulmalı ve makale başlığının İngilizcesi de mutlaka yazılmalıdır. Bu konuda istenirse dergi Yayın Kurulu yardımcı olabilir.

Makalenin ana kısmında makalenin amacından söz edildikten sonra bir mantık zinciri içinde sorun tanıtılmalı, çözüm yolları ve diğer bilgiler verilerek sonuçlar ve bunların değerlendirilmesi sunulmalıdır.

Teşekkür kısmında gerekiyorsa kişi, kuruluş ya da firmalara teşekkür edilebilir. Özellikle firma adlarının bu bölümünün dışında başka bir yerde verilmemesine özen gösterilmelidir.

Başlıklar

Gerek makalenin yapısını belirlemek, gerekse uzun bölümlerde düzenli bir bilgi aktarımı sağlamak için üç tür başlık kullanılabilir:

- Ana Başlıklar,
- Ara Başlıklar,
- Alt Başlıklar.

Ana Başlıklar: Bunlar, sıra ile, özet, makalenin ana kısmının bölümleri, teşekkür (varsa), kaynakça, ekler (varsa)'den oluşmaktadır. Ana başlıklar büyük harflerle yazılmalıdır.

Ara Başlıklar: Yalnız birinci harfleri büyük harfle yazılmalıdır.

Alt Başlıklar: Yalnız birinci harfleri büyük harflerle yazılmalı ve hemen başlık sonunda iki nokta üstüste konularak yazıya aynı satırdan devam edilmelidir.

Matematiksel Bağıntılar

Matematiksel bağıntılar, bilgisayar ile anlaşılır şekilde açık ve seçik olarak yazılmalı, Türkçe alfabenin dışındaki karakterleri sayfanın sol tarafındaki boşlukta ayrıca ne oldukları yazı ile belirtilmelidir. Üst ve alt harf veya rakamlar belirgin bir şekilde yazılmalıdır. Özellikle bilgisayar kullanımında "I" (Ie) harfi ile "1" (bir) sayısının, "O" harfi ile "0" (sıfır) sayısının karıştırılmamasına özen gösterilmelidir. Metin içindeki bağıntılar 1 (bir)'den başlayarak sıra ile numaralandırılmalı ve bu numaralar eşitliğin bulunduğu satırın sağ kenarına parantez "()" içinde verilmelidir.

Şekiller, Çizelgeler ve Resimler

Şekiller, küçültme ve basımda sorun yaratmamak için bilgisayar ile, düzgün ve yeterli çizgi kalınlığında çizilmelidir. Şekiller 1 (bir)'den başlayarak ayrıca numaralandırılmalı ve her şeklin altına alt yazılarıyla birlikte yazılmalıdır. Çizelgeler de şekiller gibi, 1 (bir)'den başlayarak ayrıca numaralandırılmalı ve her çizelgenin üstüne başlığıyla birlikte yazılmalıdır.

Resimler yeterli çözünürlükte sağlanmalıdır. Ayrıca şekiller için verilen kurallara uyulmalıdır. Derginin elektronik ortamda renkli olarak yayınlanacağı dikkate alınmalıdır.

Çizelge başlıklarının sadece ilk kelimesinin baş harfi büyük harfle, diğer harfleri ve kelimeler küçük harfle yazılmalıdır. Çizelge başlıkları, ayrıca bir sayfada da sıra ile verilmelidir.

Dip Notu

Dip notu gereken yerlerde bu bir üs numarası 1 ile belirtilmelidir. Buna karşılık gelen dip notu aynı sayfanın altında ara metinle bir çizgi ile ayrılmış olarak verilmelidir.

Kaynakça

Makale içinde gönderme yapılan (atıfta bulunulan) her türlü basılı yayın makalede söz edildiği sırada ve köşeli parantez [] içinde verilmelidir. Dergilerde yayımlanan makaleler, kitaplar, raporlar, tezler, kongre ve sempozyumlarda sunulan makaleler aşağıdaki örneklerde verilen şekilde yazılmalıdır.

- Dergi Makalesi
1. Richie, G.S., Nonlinear Dynamic Characteristics of Finite Journal Bearings, *ASME, J. of Lub. Technology*, 105 (1983) 3, 375-376. Kitap
 2. Shigley, J.E. ve Mitchell, L.P., *Mechanical Engineering Design*, McGraw-Hill Book Company, New York, 1983. Rapor
 3. Arslan, A.V. ve Novoseletsky, L.A., *Mathematical Model to Predict the Dynamic Vertical Wheel/Rail Forces Associated with Low Rail Joint*, AAR Technical Center, Technical Report, No.R-462, October 1980. Kongre Makalesi
 4. Adalı, E. ve Tunalı, F., Bilgisayar Denetimli Tezgaha Geçiş, *1. Ulusal Makina Tasarım ve İmalat Kongresi Bildiri Kitabı*, 287-293, ODTÜ, 1984.

Makalenin Uzunluğu ve Yazımı

Dergide yayımlanacak makaleler 13 makale sayfasını geçmemelidir. Makaleler bilgisayar ile A4 formatında, iki aralıklı olarak yazılmalı ve sayfa kenarlarında yeteri kadar boşluk bırakılmalıdır.

Kabul edilen makaleler dergi için yapılan dizgi ve şekilsel düzenlemeden sonra kontrol için basımdan önce yazarına gönderilir.

Yayımlansın veya yayımlanmasın gönderilen makaleler yazarına geri gönderilmez. Yazılardaki fikir ve görüşler yazarına, çeviriden doğacak sorumluluk ise çevirene aittir.

YAZIŞMALAR

Belirtilmemesi durumunda konuyla ilgili yazışmalar birinci yazarın adresine gönderilir.

1. Örnek dip notu