

## DÖKÜM SÜRECİNDE ANAHTAR PERFORMANS GÖSTERGELERİNİN BULANIK MOORA YÖNTEMİ İLE SIRALANMASI

Onur ÖZVERİ\*, Zeynep ÇALIŞKAN\*\*, Emre Bilgin SARI\*\*\*

### ÖZ

Anahtar performans göstergeleri iş performansının ölçülmesinde ve izlenmesinde kullanılan önemli parametrelerdir. İşletmelerde iş süreçlerinin denetlenmesi ve iyileştirilmesi bu göstergeler aracılığı ile yapılmaktadır. Ancak işletmelerin kullandığı anahtar performans göstergelerinin bu süreçlerin yönetilmesi için uygun araçlar olup olmadığı veya daha uygun anahtar performans göstergeleri kullanılıp kullanılmayacağı sorusu her zaman yanıtlanamamaktadır. Bu çalışmada su armatürü üretimi yapan bir işletmenin döküm süreci analiz edilmiştir. Döküm sürecinde kullanılan mevcut göstergelerin zenginleştirilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla, mevcut durumda kullanılan anahtar performans göstergelerinin yanı sıra literatür taraması ve beyin fırtınası sonucunda ortaya çıkan yeni alternatiflerden oluşan bir kümeden seçim yapılmıştır. Çok kriterli karar verme probleminde dönüşen bu problemin çözümünde uzmanlardan alınan dilsel ifadeler bulanık sayılarla ifade edilmiştir. En iyi en kötü yöntemi ile ağırlıklandırılan değerlendirme kriterleri ile MOORA yöntemi kullanılarak anahtar performans göstergeleri sıralaması elde edilmiştir. Sonuç olarak takip edilmesi durumunda işletmeye bir katma değer sunmayan mevcut KPI'lar çıkarılmıştır ve süreç performansına etkisi düşük olan KPI'lar alt sıralara gerilemiştir. Bu çalışma ile işletmede kullanılan KPI'ların işletme performansı açısından önemi ortaya konmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** *Anahtar Performans Göstergeleri, Çok Kriterli Karar Verme, En İyi En Kötü Yöntemi, MOORA, Döküm Süreci Analizi.*

**JEL Kodları:** C60, L61, M11

## DETERMINING THE KEY PERFORMANCE INDICATORS OF CASTING PROCESS VIA FUZZY MOORA METHOD

### ABSTRACT

Key performance indicators are important parameters used in measuring and monitoring business performance. Controlling and improving business processes in businesses are carried out through these indicators. However, the question of whether key performance indicators used by businesses are suitable tools for managing these processes or whether more appropriate key performance indicators can be used is not always answered. In this study, the casting process of an enterprise was analyzed. It is aimed to enrich the existing key performance indicators used in the casting process. For this purpose, a selection was made from a set of new alternatives emerging as a result of literature review and brainstorming, as well as key performance indicators currently used. In the solution of this problem, which turns into a multi-criteria decision making problem, linguistic expressions taken from experts are expressed with fuzzy numbers. Using the MOORA method with the evaluation criteria weighted with the best and the worst method, the ranking of key performance indicators was obtained. As a result, the existing KPIs that do not offer added value to the business, have been removed and the KPIs that have a low impact on

\* Dokuz Eylül Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü, İzmir, e-posta: onur.ozveri@deu.edu.tr, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9203-9179>

\*\* Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Doktora Programı, İzmir, e-posta: z\_cesur@hotmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7572-5650>

\*\*\* Dokuz Eylül Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü, İzmir, e-posta: emre.bilgin@deu.edu.tr, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5110-1918>

## Döküm Sürecinde Anahtar Performans Göstergelerinin Bulanık Moora Yöntemi ile Sıralanması

process performance have dropped to the lower ranks. With this study, the importance of KPIs used in the enterprise in terms of operating performance has been revealed.

**Keywords:** *Key Performance Indicators, Multi Criteria Decision Making, Best-Worst Method, MOORA, Casting Process.*

**JEL Codes:** *C60, L61, M11*

## GİRİŞ

Bir ürün ya da hizmetin ortaya çıkması için girdilerin bir süreç tarafından dönüştürülmesi gerekmektedir. Bu sebeple amacı mal veya hizmet üretmek olan işletmelerin ana gerekliliklerinden biri de bu süreçleri en iyi şekilde yönetmektir. İşletmelerin süreçlerini tam ve doğru bir şekilde tanımlamaları aracılığıyla bu süreçleri yönetmeleri, elde etmek istedikleri çıktılarının nitelik ve niceliklerini daha üst noktalara taşıyacaktır. Çıktı miktarı ve kalitesindeki artış ise işletmenin pazar payı ve rekabet avantajında artış anlamına gelmektedir. Bu sebeple işletmeler süreçlerini yönetme ihtiyacı duymaktadır.

İyi bir süreç yönetimi için ise sürecin tam ve doğru bir şekilde tanımlanması ve süreç gerekliliklerinin iyi bilinmesi gerekmektedir. Bu gereklilikler belirlendikten sonra ise sürdürülebilir bir başarı için ölçülmeli ve takip edilmelidir. Süreç performansı bu şekilde ölçülebilir, iyileştirilebilir ve yönetilebilir hale gelecektir. Süreç performansının ölçülmesi, takip edilmesi ve iyileştirilmesini sağlayan göstergeler, anahtar performans göstergeleri (Key Performance Indicators / KPI) adını almaktadır. Anahtar performans göstergeleri, süreçlerin daha iyi noktalara ulaşması için kritik rol oynayan işlemlere dair matematiksel ifadelerdir. Örneğin bir talaşlı imalat sürecinde işlem süresi KPI olarak belirlenebilir. İşlem süresinin KPI olarak belirlenmesi ve takip edilmesi, parçanın daha kısa sürelerde işlenmesini sağlamak için çalışmalar yürütülmesi sonucunu doğurur. Bu da süreç performansının artırılması anlamına gelmektedir. Fakat talaşlı imalat süresi için herhangi bir KPI belirlenmediği durumda, üretim her seferinde farklı sürelerde gerçekleşebilir, ya da üretim esnasında anında düzeltilebilecek süre sapmaları fark edilmeyeceği için daha büyük süre farklarının oluşması ortaya çıkabilir. Bir başka örnek olarak montaj hattında operatör doluluk yüzdeleri verilebilir. Montaj hattında çalışan operatörlerin doluluk yüzdelerinin KPI olarak belirlenmesi, hattın daha dengeli çalışması için faaliyetler yürütülmesine olanak sağlamaktadır. Bu KPI'nin belirlenmemesi, hattın performansının bilinmemesine, operatörlerin iş yüklerinin dengesiz olmasının gözden kaçmasına, yeni bir operasyon ekleneceğinde hangi istasyona ekleneceğinin bilinmemesine yol açabilir. Bu doğrultuda KPI'ların belirlenmesi sürecin daha iyi yönetilmesine ve performansının artırılmasına yol açar denilebilir.

KPI'ların belirlenmesi süreç performansının artırılması için tek başına yeterli değildir. Aynı zamanda KPI'ların doğru noktalarda ve doğru veriler ile belirlenmesi gerekmektedir. Örneğin işletme dışından temin edilen endirekt malzemelerin üretilen malzeme başına düşen maddi değeri KPI olarak belirlendiğinde, aylara ve yıllara bağlı olarak değişiminin yorumlanması satın alma süreci performansını ifade etmemektedir. Çünkü alım yapılan malzemelerin tüketim miktarında tasarruf yapılsa dahi, malzemelerin maddi değerleri enflasyon, döviz kuru gibi dış etkenlerden etkilenecek artmış olabilir. Bu sebeple süreç performansı hatalı yorumlanabilir. KPI'ların hatalı belirlenmesi, işletmeye

hem KPI için veri toplama ve işleme konusunda işçilik ve zaman kaybı yaratır, hem de hatalı sonuçların yorumlanması ile yanlış kararlar alınmasına yol açabilir. Bu sebeple KPI belirleme çalışmaları yürütülmektedir.

Kaganski ve diğerleri (2013) yapmış oldukları çalışmada KPI kullanımı olmayan bir işletme için literatür taraması yapmış ve eriştikleri KPI'ları takip edebilmek için işletme içine sensörler yerleştirmiş ve süreci otomatikleştirmişlerdir (Kaganski, Snatkin, Paavel & Karjust, 2013, s. 75). Petkoska (2016) araştırmasında KPI'ların çeşitliliğine ve KPI seçmek için tek bir yolun olmadığına değinmiş, sonrasında literatür taraması neticesinde elde ettiği KPI'lar ve seçim kriterleri ile bir KPI-Amaç ilişki çerçevesi hazırlamıştır (Petkoska, 2016, s. 805). Yonsel ve Vural (2017), seçilmiş KPI'ları bir karar verme aracı olarak kullanmış, farklı balast suyu arıtımı sistemlerinin detaylı ve doğru seçimi sağlamıştır (Vural & Yonsel, 2017, s. 81).

İşletmenin amaçlarına uygun KPI'lara karar verilmesi, doğru KPI'ların etkin bir şekilde belirlenmesini gerektirmekte ve bu belirleme işlemi KPI'ların kullanım kolaylığı, çeşitlilik, hesaplanabilirlik, hedeflere uygunluk, ölçülebilirlik gibi yönlerden kriterlerce değerlendirilmesi ihtiyacı doğurmaktadır (Shahin & Mahbod, 2007, s. 228; Carlucci, 2010, s. 68 – 69). Elde edilen KPI kümesi içinden kriterlerce sıralama yapılması durumu bir Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) problemi olarak anlaşılmakta ve ÇKKV çözüm metodolojisi gerektirmektedir. MOORA – Önem katsayısı yöntemi, çok amaçlı optimizasyon yöntemi olan MOORA yönteminin özel bir türü olmakla birlikte kriter ağırlıklarının farklı olduğu problemler için uygun görülmektedir (Özbek, 2017, s. 183). Kriter ağırlıklarının farklı olduğu durumlar ise kriter ağırlıklandırma için bir yöntem ihtiyacı duyulmaktadır. En İyi En Kötü yöntemi kriterlerin karşılaştırılmalı analizi ile birbirlerine karşı üstünlüklerini değerlendiren ve kriter ağırlıklarını belirleyen lineer bir yöntem olarak kullanılmaktadır. Döküm süreci anahtar performans göstergelerinin revizyonu süresince kullanılan bu metodoloji ile etkin ve kullanıma uygun bir KPI kümesi oluşturulmaktadır. Bu çalışma, döküm sürecini analiz eden ve kullanılan KPI'ları açıklayan bir çalışma olarak, literatürde özgün bir değere sahiptir. Çalışmanın geliştirilmesi, uygulamaya yönelik olup, sektör uygulayıcıları tarafından da ilgi duyulacağı ve yol gösterici olacağı düşünülmektedir.

Bu çalışmada su armatürü üretimi yapan bir işletmenin döküm süreci analiz edilmiş ve bu süreçte kullanılan KPI'ların incelenmesi amaçlanmıştır. Mevcut kullanılan KPI'lar literatür taraması ve beyin fırtınası sonucunda çıkan yeni alternatifler ile zenginleştirilmiştir. Daha sonra KPI seçiminde önemli olan işletmeye özgü kriterler belirlenmiş ve her KPI için bu kriterlere göre uzman görüşü alınmıştır. Uzmanlardan alınan dilsel ifadeler bulanık sayılar yardımı ile sayısallaştırılmıştır. Elde edilen karar matrisinde her seçim kriteri En İyi En Kötü yöntemi ile ağırlıklandırılmıştır. Ağırlıklandırılmış karar matrisinde yer alan KPI'lar MOORA yöntemi kullanılarak sıralanmıştır. Bu sayede mevcut işletme KPI'ları değerlendirilmiş ve performans yönetimine daha uygun KPI'lar ile yenilenmiştir.

## PERFORMANS YÖNETİMİ VE ANAHTAR PERFORMANS GÖSTERGELERİ

İşletmelerde performans ve performans yönetimi kavramı ilk olarak Frederick W. Taylor tarafından “Bilimsel Yönetimin İlkeleri” adlı kitabında ortaya konmuştur (Taylor, 2013, s. 22). Frederick Taylor yaptığı çalışmada 1776’da Adam Smith’in yapmış olduğu iş analizini geliştirip, performans kavramını en üste taşıyacak şekilde işi incelemiştir. Taylor, çalışmasını genel verimlilik artışı ve maliyetleri düşürme üzerine geliştirmiştir. Performans yönetiminin sistematik ve biçimsel açıdan ilk uygulaması ise 1900’lerin başında ABD’li kamu kurumları tarafından gerçekleştirilmiştir. Daha sonra Birinci Dünya Savaşı’nın ardından kişilik özelliklerine dayalı yeni performans değerlendirme teknikleri geliştirilmiş ve 1950’lerden sonra ABD’li firmalar tarafından yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. 1950-1960 yılları arasında basit yapıda performans değerlendirme önce ABD, sonra İngiltere’de uygulanmıştır. 1960-1970 yılları arasında ise hedeflere yönelik yönetim ve eş zamanlı olarak davranış değerlendirme ölçümlerine başlanmıştır. 1970’li yıllarda sonuç odaklı performans değerlendirme sistemleri ortaya çıkmış ve günümüzde hala kullanılmaktadır (Uysal, 2015, s. 35).

Bir iş tanımı olarak performans; iş yapma biçimi ya da iş yapma kalitesidir (B.W. Associates’dan aktaran Amaratunga, Baldry & Sarshar, 2000, s. 66). İşletme yönetimi çerçevesinden bakıldığında ise performans; belirlenen hedef ile gerçekleşen sonucun kıyaslanmasıdır (Karatop vd., 2017, s. 20). Bu tanımlar doğrultusunda işletmenin gelmek istediği noktaya ne oranda yaklaştığının ifadesine performans denir. Performans değerlendirme ise çalışanın yaptığı işte gösterdiği performansın sistematik bir değerlendirmesidir (Uysal, 2015, s. 34).

İşletmeler sürekliliklerini sağlayabilmek için kuruluş amaçları doğrultusunda hedefler belirlemeli ve faaliyetlerini bu hedefler doğrultusunda planlamalıdır. Bu hedeflerin gerçekleşme yüzdeleri performans değerini göstermektedir. Bu doğrultuda kuruluşun hedeflerine ulaşabilmesi ve kuruluş amacına hizmet edebilmesi için iyi bir performans yönetimine ihtiyacı bulunmaktadır. İyi bir performans yönetimi için ise işletmenin dinamiklerine uygun şekilde bir metodoloji geliştirilmesi gerekmektedir.

Performans değerlendirme uygulamaları günümüzde geçmiş dönemlere oranla artış göstermektedir. Bunun başlıca sebebi işletmenin daha önce de bahsedilen hedeflerine ulaşma sürecinin, geçmiş dönemlere göre zorluğunun artmış olmasıdır. Neely’e (1999) göre son dönemlerde performans ölçümlerindeki artışın yedi sebebi bulunmaktadır. Bunlar; işçilik maliyetlerinin genel maliyetteki payının değişmesi, rekabetteki artış, performans iyileştirmeye yönelik tekniklerin artması, performans yönetimi ile ilgili ulusal ve uluslararası ödüllendirmeler, organizasyon içerisinde performans yönetimi uygulayan bölümlerin artması, talepte yaşanan değişikliklere ayak uydurma zorunluluğu ve artan teknolojik imkanlarla daha ayrıntılı veri toplama ve ölçme imkanlarıdır (Neely, 1999, s. 210).

Performans yönetiminde işletmenin tüm süreçleri için kuruluş amacı doğrultusunda hedefler belirlenmeli ve topyekün bir motivasyon ile başarıya odaklanılmalıdır. Bu da işletmenin performansını yönetme amacıyla hedeflerinin sayısal olarak takip edilmesi ile mümkündür. Bu amaç doğrultusunda işletmenin süreçleri için KPI’lar belirlenmelidir.

Anahtar performans göstergeleri, kurumun hedef ve stratejileri ile uyumlu olarak belirlenen ve sayısal birtakım hedeflere ulaşma derecesini ölçen göstergelerdir (Chan & Chan, 2004, s. 204). KPI'lar aynı zamanda, faaliyet sonuçlarının çeşitli kriterler ile ölçülmesi, değerlendirilmesi ve yorumlanması amacıyla kullanılan göstergeler olarak da tanımlanmaktadır (Öktem, 2019, s. 250). Bu tanımlar doğrultusunda KPI'lar; işletmelerin kuruluş amaçlarına hizmet etme oranlarını ifade eden sayısal değerlerdir.

KPI'lar, işletmenin hedeflerine ulaşmada kritik rol üstlenen noktalara odaklanmalıdır. Bunun yanı sıra takip ve kontrolünün kolay olması gerektiği için sınırlı sayıda olmalıdır ve veri toplama işlemleri kolayca yapılabilecek şekilde seçilmelidir. KPI'lar işletme içerisinde bulunan herkes tarafından kolayca anlaşılabilir ve sahiplenilebilir olmalıdır, belirli aralıklar ile güncellenmeli ve yenilenmelidir (Karatop ve diğerleri, 2017, s. 22). İşletme hedefleri doğrultusunda KPI'ları iki grupta değerlendirmek mümkündür. Birinci grup karlılık, verimlilik, borsa karlılığı gibi işletmenin doğrudan hedefi sayılabilecek göstergelerdir. İkinci grup ise; bu hedefleri dolaylı yoldan etkileyebilecek kalite, yenilik, işletmenin finansal yapısı gibi göstergelerdir (Bayyurt, 2007, s. 581). Bu çalışmada hem işletmenin doğrudan amaçlarına yönelik KPI'lar, hem de dolaylı etkisi olan KPI'lar incelenecektir.

KPI'ların amaçlarına hizmet edebilmeleri için belirli bir sistematik gözetilerek belirlenmeleri gerekmektedir. Tek boyuttan incelenerek belirlenen KPI'lar yorumlandığında bütün resmi tam yansıtmıyor olabilir. Örneğin sadece üretim adedi KPI olarak belirlenirse, işletmenin pazarda sahip olduğu kalite algısını olumsuz yönde etkileyecek ürünler ortaya çıkabilir. Başka bir alternatifte sadece ıskarta adedi KPI olarak belirlenirse, üretim adedi birim maliyetin çok yükselmesine sebep olacak miktarlara düşebilir. Bu sebeple KPI belirlenirken çok boyutlu değerlendirme yapılmalıdır.

Kaplan ve Norton'a (1992) göre KPI belirlenirken 4 farklı yönden inceleme ve değerlendirme yapılmalıdır. Bunlar; finansal, süreç, müşteri ve yenilik-öğrenme yönleridir (Kaplan, vd., 1992, s. 76). Bunlara ek olarak yasal zorunluluklar da eklenebilir. Örneğin; ülkemizde 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği kanunu Madde 5'te işveren için risklerden korunma ilkelerine değinmiştir. Süreçler için bu ilkeler doğrultusunda KPI'ların belirlenmesi bu ilkelerin gereklerinin ölçülebilir hale gelmesinden dolayı işletme performansının İSG yasal zorunlulukları perspektifinden artmasını sağlayacaktır.

Anahtar performans göstergelerinin, doğrudan işletme amaçlarını destekler şekilde belirlenmesi gerekmektedir. Bu göstergeler, işletme faaliyetlerinde en ayrıntılı süreçler için bile belirlenseler dahi işletme performansı üzerinde etkileri bulunmaktadır. Bu sebeple işletmenin dışından içine doğru bir analiz yapılması gerekmektedir. Öncelikle müşteri perspektifi incelenmeli, sonrasında müşteri beklentisini karşılayacak kalite için kritik olan noktalar ve sağlanması gereken kıstaslar belirlenmelidir. İşletmenin misyonu, vizyonu ve hedefleri belirlenerek bu hedeflere ulaşılması için kritik performans göstergelerinin belirlenmesi gereklidir.

## **BULANIK ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME**

Çok kriterli karar verme bir dizi alternatif arasından en uygun alternatifi seçmek, alternatifleri amaç doğrultusunda sıralamak ve sınıflandırmak amaçları ile kullanılmaktadır. Alternatifler ve seçim kriterleri bu işlemlerin yapılabilmesi için belirleyici

## Döküm Sürecinde Anahtar Performans Göstergelerinin Bulanık Moora Yöntemi ile Sıralanması

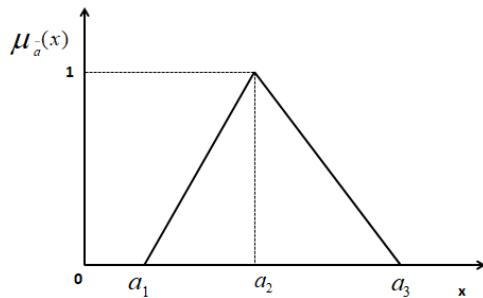
rol üstlenmektedir. Ancak olağan hayatta her zaman alternatifler arasında kıyaslama yapmak için kesin çizgiler bulunmamaktadır. Bu durumda bulanık karar verme kullanılmaktadır. Bulanık karar verme ile alternatiflerin değerlendirilmesi sözel ifadeler ile gerçekleştirilmektedir. Bu çalışmada da bulanık karar vermeden yararlanılmaktadır. Bulanık karar verme ile sözel ifadeler ile karşılaştırılan alternatifler MOORA önem katsayısı yöntemi ile sıralanmaktadır. Değerlendirme kriterlerinin ağırlıklandırılması amacı ile En İyi En Kötü Yöntemi (Best-Worst Method / BWM) kullanılmıştır.

### Bulanık Karar Verme

Bulanık küme teorisi ilk olarak Zadeh (1965) tarafından geliştirilen ve kesin sayılar ile ifade etmekte zorluk çekilen karmaşık ve belirsiz sistemleri matematiksel olarak ifade edebilen bir araçtır (Yadav, Singh, Goel & Itabashi-Campbell, 2003, s. 660). Bulanık küme teorisinin deterministik modellere göre üstünlükleri, tutarlı sonuçların elde edilebilmesi için hem nicel hem de nitel verileri birlikte kullanması, hata türlerini dilsel değişkenler kullanarak doğrudan yorumlaması olarak sıralanabilir. Ayrıca bulanık mantıkta belirsizlik durumu söz konusu olduğundan bir sistemi etkileyen pek çok etkeni göz önüne alması da bu yöntemin tercih edilmesini sağlamaktadır (Sharma, Kumar & Kumar, 2005, s. 997; Liu, 2016, s. 17).

Bulanık küme, kesin sınırları olmayan, kademeli geçişleri öngören ve belirli üyelik derecelerine sahip olan elemanların oluşturduğu bir kümedir (Hu, Wu & Cai, 2009, s. 708). Bu kümenin elemanlarının üyeliklerinin belirlenmesinde “üyedir” veya “üye değildir” gibi kesin ifadelerden ziyade üyelik fonksiyonları kullanılarak belirli üyelik dereceleri belirlenir (Zadeh, 1975, s. 239). Üyelik fonksiyonlarının tanımlanmasında ise sayıların komşuluğu (yakınlığı) yaklaşımından yararlanılmaktadır. Üyelik fonksiyonları genellikle bu komşuluğun durumuna göre kullanılsa da farklı türleri olmakla birlikte hesaplama kolaylıklarından dolayı en fazla kullanılanlar genellikle üçgen üyelik fonksiyonları ve yamuk üyelik fonksiyonları tercih edilmektedir (Sanayei, Mousavi & Yazdankhah, 2010, s. 26). Bu çalışmada da üçgen üyelik fonksiyonu kullanılmaktadır.

Üçgen üyelik fonksiyonu  $a_1$ ,  $a_2$  ve  $a_3$  olmak üzere üç parametre ile tanımlanır. Burada  $a_1$  ve  $a_3$  sırasıyla bulanık sayısının alt ve üst sınır değerlerini,  $a_2$  ise orta değerini ifade etmektedir (Salehi & Tavakkoli-Moghaddam, 2008, s. 87). Üçgen üyelik fonksiyonu denklem 1’de tanımlanmıştır.



$$\mu_a(x) = \begin{cases} \frac{x-a_1}{a_2-a_1}, & a_1 \leq x \leq a_2 \\ \frac{a_3-x}{a_3-a_2}, & a_2 \leq x \leq a_3 \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (1)$$

Bulanık mantık yaklaşımının bir diğer önemli özelliği ise nicel değerler ile ifade edilmesi zor durumlara anlam verilmesine imkân tanınmasıdır. Dilsel değişken kavramı,

geleneksel nicel ifadeler tarafından makul şekilde tanımlanamayacak kadar karmaşık veya çok tanımlanmamış durumlarla başa çıkmada çok yararlıdır (Liu, vd., 2015: 581). Dilbilimsel bir değişken, değerleri doğal veya yapay bir dilde kelimeler veya cümleler olan bir değişkendir. Bu dilsel değerler, bulanık sayılarla da ifade edilebilir. Bu yazıda, risk faktörlerinin bulanık göreceli ağırlıkları ve her bir risk faktörüne bağlı olarak başarısızlık modlarının bulanık dereceleri dilsel değişkenler olarak kabul edilmiştir.

Bulanık mantık yaklaşımının en önemli adımlarından birisi de durulaştırma işlemidir. Durulaştırma işlemi bulanık olmayan performans değerini (BNP / best nonfuzzy performance value) elde etmek için yapılmaktadır. Maximallerin ortalaması (mean of maximal / MOM), merkez alan (center of area / COA), ve kesme (a-cut) gibi yöntemler BNP'nin hesaplanmasında başvurulan yöntemlerdir. COA yöntemi. BNP'nin bulunması için en basit ve pratik yöntem olarak görülmektedir ve hesaplaması 2 numaralı denklem ile yapılmaktadır (Alcan, Balin & Başlıgil, 2013, s. 628).

$$\bar{x}_0(\tilde{a}) = a_1 + [(a_3 - a_1) + (a_2 - a_1)] / 3 \quad (2)$$

Durulaştırma işlemi ardından, bulanık olmayan karar matrisi elde edilmektedir.

### En İyi En Kötü Yöntemi (BWM)

Çok kriterli karar verme yöntemlerinin uygulanması sırasında kriterler ve alt kriterler önem kazanmaktadır. Bu kriterler her zaman eşit ağırlığa sahip değildir. Kriter ağırlıklarının belirlenmesi için çeşitli ağırlıklandırma yöntemleri kullanılmaktadır. En İyi En Kötü Yöntemi (Best–Worst Method /BWM) en iyi kriteri diğer kriterlerle ve diğer tüm kriterleri en kötü kriterle karşılaştıran karşılaştırmaya dayalı bir çok kriterli karar verme yöntemidir. Rezaei (2015), BWM yönteminin uygulama adımlarını aşağıdaki gibi sıralamıştır:

**Adım 1:** Kriterlere karar verilmesi ( $c_1, c_2, \dots, c_n$ )

**Adım 2:** En iyi – en kötü kriterlerin belirlenmesi / en çok istenen - en önemli görülen ve en az istenen - en az önemli kriterler olabilir.

**Adım 3:** En iyi tercihin diğerlerine 1-9 aralığında oranlanması aşamasıdır. En iyi tercihin diğer tüm kriterlere göre tercihi belirlenir. Bu adım sonunda en iyi tercihin en kötü tercihe doğru ilerlediği bir vektör elde edilmektedir.  $A_B$  diğerlerine göre iyiyi göstermektedir.

$$A_B = (a_{B1}, a_{B2}, \dots, a_{Bn}) \quad (3)$$

$A_B$  vektöründeki her bir  $a_{Bj}$  en önemli kriter ile j. kriter arasındaki karşılaştırma puanını ifade etmektedir. Burada  $a_{BB} = 1$ 'dir. Çünkü burada en önemli kriter kendisiyle karşılaştırılmaktadır.

**Adım 4:** Tüm kriterlerin en kötü kriter üzerindeki tercihi belirlenmesi aşamasıdır. 1-9 aralığında yapılan bu tercihlerde, diğer kriterler üzerinde en kötünün vektörü elde edilmektedir.  $A_w$ , diğerlerine göre en kötüyü göstermektedir.

$$A_w = (a_{w1}, a_{w2}, \dots, a_{wn}) \quad (4)$$

## Döküm Sürecinde Anahtar Performans Göstergelerinin Bulanık Moora Yöntemi ile Sıralanması

$A_w$  vektöründeki her bir  $a_{wj}$  en önemli kriter ile  $j$ . kriter arasındaki karşılaştırma puanını ifade etmektedir. Benzer şekilde burada  $a_{ww}=1$ 'dir. Çünkü burada en önemsiz kriter kendisiyle karşılaştırılmaktadır.

**Adım 5:** Her bir kriter uygun ağırlığın belirlenmesi aşamasıdır. Bu adımda amaç, maksimum mutlak farklar sağlayacak şekilde kriterlerin optimal ağırlıklarını belirlemektir.

Kriterler için en uygun ağırlık, her bir  $w_B / w_j$  ve  $w_j / w_w$  çifti için sırasıyla  $w_B / w_j = a_{Bj}$  ve  $w_j / w_w = a_{jw}$ 'dir. Maksimum mutlak farkların minimize edildiği

$\{|w_B - a_{Bj}w_j|, |w_j - a_{jw}w_w|\}$  bir  $j$  değerleri bulunmalıdır ki bu aşağıdaki min – max modeline çevrilmiştir.

$$\text{Amaç fonksiyonu; } \min \max_j \{|w_B - a_{Bj}w_j|, |w_j - a_{jw}w_w|\} \quad (5)$$

$$\text{Kısıtlar; } \sum_j w_j = 1 \quad \text{ve } w_j \geq 0 \quad \forall(j) \quad (6)$$

Problemi doğrusal programlama denkleminde dönüştürüldüğünde;

$$\text{Amaç fonksiyonu; } \min \xi^L$$

Kısıtlar;

$$\left| \frac{w_B}{w_j} - a_{Bj} \right| \leq \xi \quad \forall(j) \quad (7)$$

$$\left| \frac{w_j}{w_w} - a_{jw} \right| \leq \xi \quad \forall(j) \quad (8)$$

$$\sum_j w_j = 1 \quad \text{ve } w_j \geq 0 \quad \forall(j) \quad (9)$$

olmaktadır.

Tüm bu modelin tamamlanıp çözülmesiyle birlikte optimum ağırlıklar  $(w_1^*, w_2^*, \dots, w_n^*)$  ve  $\xi$  değeri elde edilmektedir.  $\xi^L$  değeri yapılan analizlerin tutarlılık oranlarını göstermektedir.

## MOORA Önem Katsayısı Yöntemi ile Sıralama

Bir çok kriterli karar verme tekniği olan MOORA (Multi-Objective Optimization on the basis of Ratio Analysis), ilk olarak 2006 yılında Brauers ve Zavadskas tarafından ortaya atılmıştır. Farklı öngörülerin gruplandırılması amacıyla kullanılan oran temelli bir yaklaşımdır (Brauers & Zavadskas, 2006, s. 446). Tüm karar seçeneklerinin ve tüm ölçütlerin dikkate ve değerlendirilmeye eş zamanlı ve bütüncül bir şekilde alındığı MOORA yönteminin MOORA-Oran, MOORA-Referans Noktası, MOORA-Önem Katsayısı, MOORA-Tam Çarpım Formu ve MULTIMOORA adında farklı versiyonları mevcuttur (Özbek, 2017, s. 183). Bu çalışmada seçim kriterleri eşit ağırlıklara sahip olmadığı için MOORA-Önem Katsayısı yönteminden yararlanılmıştır.

MOORA-Önem Katsayısı yöntemi uygulanırken aşağıdaki adımlar izlenir (Özbek, 2017, s. 183).



**Adım 1:** Başlangıç matrisi oluşturulur. Başlangıç matrisinde satırda seçenekler, sütunlarda ise bu seçeneklere ait kriterler yer alır.  $x_{ij}$  sembolü  $i$ . seçeneğin,  $j$ . ölçüte göre performans değerini ifade eder.

**Adım 2:** İlk adımda oluşturulan karar matrisi normalize edilir. Bu normalize etme işleminde karar matrisindeki her kesişim noktası için değerini maksimize ya da minimize edilmesi durumu incelenmeksizin denklem 10 uygulanır.

$$x_{ij}^* = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}} \quad (10)$$

**Adım 3:** Karar seçeneklerinin performansı hesaplanır. Bu hesaplamada normalize edilmiş ve  $w_{ij}$  ağırlık katsayısı ile çarpılmış değerler kullanılır. Her bir alternatif için maksimize yönlü kriterlerin ağırlıklı değerleri toplamından, minimize yönlü kriterlerin ağırlıklı değerleri toplamı çıkartılır.  $g$  maksimize edilecek,  $(n-g)$  minimize edilecek kriterlerin sayısını ifade eder.

$$y_i^* = \sum_{j=1}^g w_j x_{ij}^* - \sum_{j=g+1}^n w_j x_{ij}^* \quad (11)$$

**Adım 4:** Elde edilen  $y_i$  değerleri büyükten küçüğe doğru sıralanır. Bu sıralamaya göre birinci sıradaki alternatif en uygun seçenektir.

## UYGULAMA

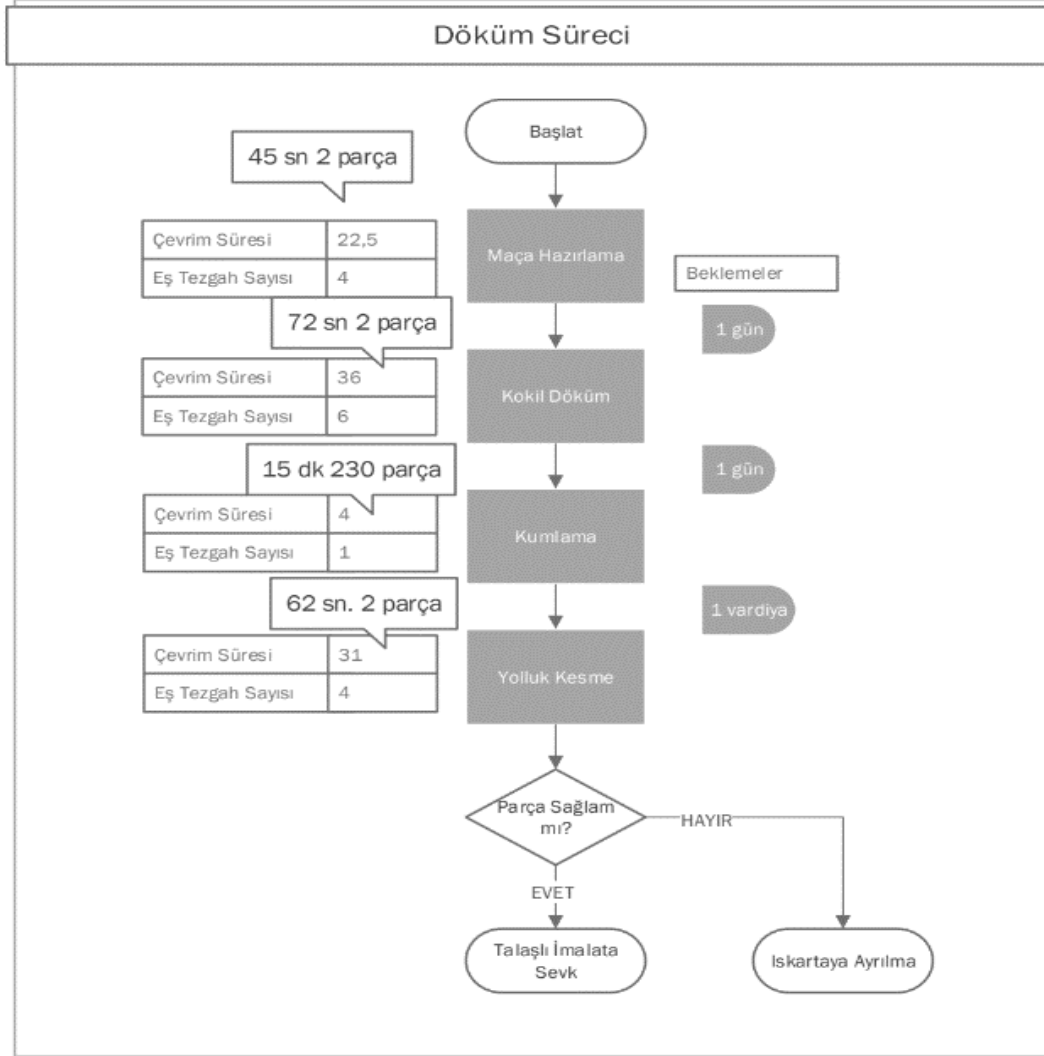
Döküm sürecinde kullanılacak anahtar performans kriterlerinin yenilenmesi uygulaması sıhhi tesisat armatürleri üretimi yapan bir işletmede gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma kapsamında öncelikle işletmenin mevcut KPI'ları incelenmiş, daha sonra yeni KPI önerileri eklenerek, bu seçenekler arasında bir sıralama yapılmıştır. Uygulamada izlenecek yol Şekil 1'de ifade edilmiştir.



Şekil 1: Uygulama Adımları

## Döküm Sürecinde Anahtar Performans Göstergelerinin Bulanık Moora Yöntemi ile Sıralanması

Uygulama için seçilmiş döküm sürecine ait iş akışına Şekil 2’de yer verilmiştir.



**Şekil 2: Döküm Süreci İş Akış Şeması**

Armatür üretimi madeni eriyik hale getirmek ile başlayan, şekillenmiş madeni diğer bileşenleri ile bir araya koyup paketlenmesi ile son bulan bir süreçtir. Bu sürecin ilk adımı eriyik madene döküm yöntemi ile ham şeklinin verilmesidir. Bu adımın gerçekleşmesi için ilk olarak parçanın iç boşluklarını oluşturabilmek için kum maça hazırlanır. Daha sonra kum, maça döküm kalıbının içerisine konur ve kalıp içerisine eriyik metal doldurulur. Metalin donması ile kalıp açılır ve parça kalıptan alınır. Sonrasında dökümden çıkmış ve soğumuş parçanın kumlama işlemi ile içerisindeki maça kırılarak çıkartılır. Son olarak döküm işlemi gereği parçaya birleşik durumda kalan yolluk, çıkıcı gibi hurdalar parça üzerinden kesilir ve parça bir sonraki sürece gönderilmek üzere hazır hale gelir. Döküm işlemi sonrasında parça talaşlı imalata gider ve delikleri delinir, dişleri açılır. Sonrasında yüzey parlatma ve yüzey kaplama işlemlerine uğrar ve montaj işlemi için hazır hale gelir. Şekil 1’de uygulamanın yapılacağı döküm sürecine dair iş akış şemasına ve şema üzerinde proses bilgilerine yer verilmiştir.

Armatür üretiminde döküm süreci parçanın ilk şeklini alması ve olası bir hatada en yüksek maliyetin doğmasına sebep olduğu için önemli bir yer kaplar. Döküm işlemi esnasında oluşan bir hata ağırlıklı olarak yüzey parlatma ve montaj üretimi esnasında fark edilir. Bu durumda arada geçen tüm süreçlerin maliyetleri parça üzerinde birikmiş olur. Bu da hammaddenin iskarta olmasına, enerji sarfiyatının oluşmasına, tezgâh etkinliklerinin düşmesine, işçilik sarfiyatının oluşmasına yol açar. Pek çok boyuttan incelendiğinde döküm sürecinin yüksek performans ile çalışmasının işletme verimliliğine katkısı büyüktür. Bu sebeple işletme performansının artırılması için döküm süreci performansının iyileştirilmesi gerekmektedir. Süreç performansının iyileştirilmesi için öncelikle hangi performans kriterlerinin ölçülüp takip edilmesi gerektiğine karar verilmeli, daha sonra bu ölçülecek kriterler üzerinden süreç iyileştirmesi gerçekleştirilmelidir. KPI'ların hatalı belirlenmesi; işletme verimliliğine etki etmeyecek veri toplama, analiz etme, değerlendirme gibi faaliyetler için harcanacak işçilik ve zamanın israf olması anlamına gelmektedir. Bu gerekçe ile yola çıkarak işletmenin mevcut KPI'ları incelenmiş ve yenilenmesi gerekliliği ortaya çıkmıştır.

Bu çalışma kapsamında armatür üretimi yapan bir işletmede döküm süreci performansının artırılması amacı ile ilk olarak işletmenin mevcut KPI'ları incelenmiştir. Aşağıda yer verilen Tablo 1'de işletmenin mevcut KPI'ları gösterilmiştir.

**Tablo 1: Mevcut KPI'lar**

No	KPI	Birimi	Takip Periyodu
1.	Iskarta Oranı (Adetsel)	%	Ay
2.	Üretim miktarı	Adet/Adamsaat	Ay
3.	Üretim miktarı	Kg/Adamsaat	Ay
4.	Toplam Ekipman Etkinliği (OEE)	%	Ay
5.	Tezgâh Ayar Sürelerini kısaltmak	saat	Ay
6.	Kaizen uygulamaları ile mamül maliyetlerine katkıda bulunmak (TL)	TL	3 Ay
7.	Sarf Malzemeler Rasyosu	(tl/adet)	Ay
8.	Elektrik enerjisi tüketimi rasyosu	(tl/adet)	Ay
9.	Doğalgaz enerjisi tüketimi rasyosu	(tl/adet)	Ay
10.	Kaza Tekrarlanma Oranı	İş kazası sayısı/Toplam çalışma saati)*1.000.000	Ay
11.	ISO 9000 Farkındalık eğitimi	adam/saat	Yıl
12.	Risk değerlendirme sonucu Kabul Edilebilir Risk puanının Azaltılması	%	Yıl
13.	Kaza Ağırlık Oranı	İş kazasından dolayı kayıp gün /Toplam çalışma saati)*1.000.000	Ay
14.	Çevre Farkındalık eğitimi	adam/saat	Yıl
15.	İhlal Bildirimlerinin tekrarlanma oranının	%	Ay

## Döküm Sürecinde Anahtar Performans Göstergelerinin Bulanık Moora Yöntemi ile Sıralanması

Mevcut KPI'ların zenginleştirilmesi için öncelikle literatür taraması yapılmış ve literatür taraması sonucunda döküm süreci olan işletmelerde hangi KPI'lar kullanılmış tespit edilmiştir. Aşağıda Tablo 2'de literatür taraması sonucu elde edilen KPI'lara yer verilmiştir.

**Tablo 2: Literatür Taraması Sonucu Bulunan KPI'lar**

No.	KPI	Kaynak
1.	OEE	You, Zhao & You, 2017, s. 257
2.	Ayar Süresi	You, Zhao & You, 2017, s. 257
3.	Bir Parçaya Ait Kalıp Sayısı	You, Zhao & You, 2017, s. 257
4.	Çalışan Tezgâh Sayısı	You, Zhao & You, 2017, s. 257
5.	Proses Verimliliği (Satılan Metal kg./Eritilen Metal kg.)	Gopal & Ramesh, 2014, s. 31
6.	Üretim Etkinliği (Dolum Süresi/ Üretim Süresi)	Gopal & Ramesh, 2014, s. 31
7.	Kapasite Kullanım Oranı	Gopal & Ramesh, 2014, s. 31 Liao & Hsiao, 2013, s. 706
8.	Enerji Tüketim Miktarı	Gopal & Ramesh, 2014, s. 31
9.	Kum Tüketimi	Gopal & Ramesh, 2014, s. 31
10.	İşgücü Etkinliği (Adam*Saat/Ton)	Gopal & Ramesh, 2014, s. 31
11.	Iskarta Oranı	Liao & Hsiao, 2013, s. 706
12.	Dış Kaynak Kullanım Oran	Liao & Hsiao, 2013, s. 706
13.	Mühendislik Bilgisi Kullanım Verimi	Liao & Hsiao, 2013, s. 706

Mevcut KPI'ların zenginleştirilmesi amacıyla son olarak işletme sorumluları ile beyin fırtınası uygulaması yapılmıştır. Beyin fırtınası esnasında alternatifler müşteri, finans, süreç, yenilik öğrenme ve yasal zorunluluklar çerçevelerinde türetilmiştir. Tablo 3'te beyin fırtınası neticesinde ortaya çıkan yeni KPI'lara yer verilmiştir.

**Tablo 3: Beyin Fırtınası Sonucu Belirlenen KPI'lar**

Boyutlar	No	KPI'lar
Müşteri	1.	Kalıp Büyüme Oranı
	2.	Sipariş Terminine Uyum
Finans	3.	Sarf Malzeme Rasyosu
	4.	Doğalgaz Rasyosu
	5.	Elektrik Rasyosu
	6.	Hurda Oranı (Parça Ağırlığı/Salkım Ağırlığı)
	7.	Cidar (Et Kalınlığı)
Süreç	8.	Üretim miktarı-(Adet/Adamsaat)
	9.	Üretim miktarı-(Kg/Adamsaat)
	10.	Iskarta Oranı
	11.	OEE
	12.	Ayar Süresi
	13.	MTBF
	14.	MTTR
	15.	FR

Onur Özveri, Zeynep Çalışkan ve Emre Bilgin Sarı

	16.	FFR
	17.	Çevrim Süresine Uyum
Yenilik Öğrenme	18.	Kaizen Miktarı(Ad.+TL)
	19.	Operatör Mesleki Yeterlilik Performansı
Yasal Zorunluluklar / Standart Gereklilikleri	20.	Çevresel Atık Miktarı
	21.	İş Kazası Tekrarlanma Oranı
	21.	İş Kazasız Geçen Gün Sayısı
	22.	Düzeltilici Faaliyet Sayısı
	23.	Bilgi Güvenliği İhlal Sayısı

Yapılan araştırmalar ve beyin fırtınası sonucunda elde edilen KPI alternatifleri ile mevcut KPI'lar bir araya getirildiğinde 32 adet KPI alternatifi ortaya çıkmıştır. Ortaya çıkan bu KPI alternatifleri için işletme verimliliğine katkısı en büyük olandan en küçük olana doğru bir sıralama yapılacaktır. Bu sıralama işlemi öncesinde kullanılacak KPI'lar için önemli olan kriterler belirlenmiştir. Bu kriterler verinin sahadan kolay ölçülebilir ve elde edilebilir olması, elde edilen verilerin güvenilir olması, elde edilen ham verinin kolayca hesaplanarak veriye dönüştürülebilir olması, veriye ulaşım hızı, şirket hedefleri ile uyumlu olması ve son olarak ortaya çıkan hesaplanmış KPI'ların başka parametreler tarafından etkilenip etkilenmiyor olması şeklinde altı adet olarak belirlenmiştir. Sonrasında KPI'ların bu altı kriter için değerlendirilmesi amacıyla üç uzmana başvurulmuştur. Görüşüne başvuru alan uzmanlar işletmenin imalat müdürü, döküm süreci sahibi ve süreç geliştirme bölümü yöneticisidir. Uzmanların görüşleri arasında yargısal farklılıkların ortadan kalması amacıyla bulanık sayılar yöntemine başvurulmuştur. Bu sebeple görüş alma işlemi öncesinde farklı bir uzman ile pilot çalışma yapılmış ve her bir kriter için sözel yargılar elde edilmiştir.

Tüm kriterler için 5'li ölçek kullanılmış ve en çok istenen yargılar en başa, en az istenen yargılar ise en sonra gelecek şekilde sıralama yapılmıştır. Uygulamanın 1. adımında üç uzman ile 32 KPI 6 kriter için bulanık sayılarda kullanılacak yargısal ifadeler ile değerlendirilmiştir. Pilot uygulamada, görüşülen uzmanlara kriterlerinin ölçülebilir olmasına yönelik sorular sorulduğunda zor – kolay – çok kolay gibi; KPI'ların sağladığı verilerin doğruluğu kriteri için güvenilir – güvenilemez gibi cevaplar alınmış bu sözel yargılar her bir kriter için sözel yarıların oluşturulmasında kullanılmıştır. Her bir kriter için en çok istenen yargılar en başa, en az istenen yargılar ise en sonra gelecek şekilde sıralama yapılmıştır ve 2. adımda uzman görüşlerine karşılık gelecek bulanık sayılar saptanmıştır. Tablo 4'te belirlenen kriterler için görüş bildirirken kullanılacak sözel yargılara ve bu sözel yargıların karşılığı olan bulanık sayılara yer verilmiştir (Zadeh, 1996, s. 239).

Döküm Sürecinde Anahtar Performans Göstergelerinin Bulanık Moora Yöntemi ile Sıralanması

**Tablo 4: KPI Kriterleri, Sözel Yargıları ve Bulanık Sayılar**

Kriter	Kriter Kodu	Sözel Yargılar	Bulanık Sayılar
Ölçülebilir Olması	KR-1	Çok Zor	(0,1,3)
		Zor	(1,3,5)
		Orta	(3,5,7)
		Kolay	(5,7,9)
		Çok Kolay	(7,9,10)
Veri Doğruluğu	KR-2	Güvenilmez	(0,1,3)
		Nadiren Güvenilir	(1,3,5)
		Orta	(3,5,7)
		Genellikle Güvenilir	(5,7,9)
		Her Zaman Güvenilir	(7,9,10)
Hesaplama Kolaylığı	KR-3	Hesaplanamayacak Kadar Zor	(0,1,3)
		Zor	(1,3,5)
		Orta	(3,5,7)
		Kolay	(5,7,9)
		Çok Kolay	(7,9,10)
Veriye Ulaşım Hızı	KR-4	Ulaşılamayacak Kadar Yavaş	(0,1,3)
		Yavaş	(1,3,5)
		Orta	(3,5,7)
		Hızlı	(5,7,9)
		Çok Hızlı	(7,9,10)
Şirket Hedefleri ile Uyumu	KR-5	Hiç Etkilemez	(0,1,3)
		Direkt Etkilemez	(1,3,5)
		Uyumlu	(3,5,7)
		Alakalı Ama Doğrudan Etkilemez	(5,7,9)
		Direkt Etkiler	(7,9,10)
Başka Girdiler Tarafından Etkilenir mi	KR-6	Kesinlikle Evet	(0,1,3)
		Evet	(1,3,5)
		Nadiren	(3,5,7)
		Hayır	(5,7,9)
		Kesinlikle Hayır	(7,9,10)

Adım 3'te bulanık hesaplama kullanılarak üç karar vericinin belirttiği görüşler tek bir görüşe çevrilmiştir. Bu işlemde örneğin KPI-1'in ölçülebilirlik kriteri için üç karar vericiye ait 3'lü bulanık sayılardan birinci sayıların en küçüğü, ikinci sayıların ortalaması ve üçüncü sayıların en büyüğü alınarak her kriter için yeni 3 adet sayı elde edilmiştir. Böylelikle üç karar verici için bulunan 9 sayı 3'e düşmüştür.

Adım 4'te adım 3'te elde edilen sayısallaştırılmış sonuçlar bulanık mantık formunda üretilerek bir karar matrisi oluşturulmuştur. Tablo 5 ile bulanık karar matrisi gösterilmektedir.

Tablo 5: Bulanık Karar Matrisi

	KR-1			KR-2			KR-3			KR-4			KR-5			KR-6		
	Min	1/3	Max	Min	1/3	Max	Min	1/3	Max	Min	1/3	Max	Min	1/3	Max	Min	1/3	Max
KPI-1	1,0	3,0	5,0	3,0	6,3	9,0	5,0	7,7	10,0	1,0	4,3	7,0	3,0	6,3	9,0	3,0	6,3	9,0
KPI-2	5,0	7,7	10,0	3,0	6,3	9,0	7,0	9,0	10,0	5,0	8,3	10,0	3,0	6,3	9,0	1,0	4,3	9,0
KPI-3	0,0	2,3	7,0	0,0	3,0	7,0	0,0	3,7	10,0	1,0	4,3	9,0	5,0	8,3	10,0	5,0	8,3	10,0
KPI-4	5,0	8,3	10,0	5,0	7,0	9,0	3,0	6,3	9,0	3,0	5,7	9,0	5,0	8,3	10,0	5,0	8,3	10,0
KPI-5	5,0	7,7	10,0	1,0	6,3	10,0	3,0	6,3	9,0	3,0	5,7	9,0	5,0	8,3	10,0	5,0	8,3	10,0
KPI-6	5,0	7,7	10,0	1,0	6,3	10,0	3,0	6,3	9,0	3,0	5,7	9,0	5,0	8,3	10,0	5,0	8,3	10,0
KPI-7	1,0	7,0	10,0	3,0	6,3	9,0	1,0	5,0	9,0	3,0	5,0	7,0	5,0	7,7	10,0	3,0	6,3	9,0
KPI-8	0,0	3,7	9,0	1,0	5,7	9,0	1,0	5,7	9,0	3,0	5,7	9,0	5,0	7,0	9,0	3,0	6,3	9,0
KPI-9	5,0	8,3	10,0	5,0	8,3	10,0	3,0	6,3	9,0	5,0	7,0	9,0	5,0	7,7	10,0	5,0	7,0	9,0
KPI-10	5,0	8,3	10,0	5,0	8,3	10,0	3,0	6,3	9,0	5,0	7,0	9,0	5,0	7,7	10,0	5,0	7,0	9,0
KPI-11	5,0	8,3	10,0	3,0	5,7	9,0	5,0	7,7	10,0	5,0	7,0	9,0	7,0	9,0	10,0	5,0	7,0	9,0
KPI-12	7,0	9,0	10,0	5,0	7,0	9,0	7,0	9,0	10,0	5,0	8,3	10,0	3,0	7,7	10,0	5,0	7,0	9,0
KPI-13	5,0	8,3	10,0	5,0	7,0	9,0	5,0	8,3	10,0	5,0	8,3	10,0	3,0	5,7	9,0	3,0	6,3	9,0
KPI-14	7,0	9,0	10,0	5,0	7,0	9,0	7,0	9,0	10,0	5,0	8,3	10,0	5,0	7,0	9,0	3,0	6,3	9,0
KPI-15	7,0	9,0	10,0	5,0	7,0	9,0	7,0	9,0	10,0	5,0	8,3	10,0	5,0	7,0	9,0	3,0	6,3	9,0
KPI-16	7,0	9,0	10,0	5,0	7,0	9,0	7,0	9,0	10,0	5,0	8,3	10,0	5,0	7,0	9,0	3,0	6,3	9,0
KPI-17	7,0	9,0	10,0	5,0	7,0	9,0	7,0	9,0	10,0	5,0	8,3	10,0	5,0	7,0	9,0	3,0	6,3	9,0
KPI-18	3,0	7,7	10,0	3,0	7,0	10,0	3,0	6,3	9,0	5,0	7,0	9,0	5,0	7,0	9,0	3,0	6,3	9,0
KPI-19	1,0	5,7	9,0	3,0	6,3	9,0	1,0	4,3	9,0	1,0	5,0	9,0	7,0	9,0	10,0	3,0	6,3	9,0
KPI-20	0,0	2,3	5,0	1,0	5,7	9,0	0,0	3,0	7,0	0,0	2,3	5,0	5,0	8,3	10,0	1,0	4,3	9,0
KPI-21	1,0	7,0	10,0	3,0	7,7	10,0	1,0	5,7	9,0	3,0	5,0	7,0	3,0	7,0	10,0	3,0	6,3	9,0
KPI-22	7,0	9,0	10,0	7,0	9,0	10,0	5,0	7,7	10,0	1,0	6,3	10,0	3,0	7,0	10,0	5,0	7,0	9,0
KPI-23	7,0	9,0	10,0	7,0	9,0	10,0	5,0	7,7	10,0	1,0	6,3	10,0	3,0	7,0	10,0	5,0	7,0	9,0
KPI-24	7,0	9,0	10,0	7,0	9,0	10,0	5,0	8,3	10,0	3,0	6,3	10,0	3,0	5,7	9,0	0,0	3,7	7,0
KPI-25	7,0	9,0	10,0	7,0	9,0	10,0	7,0	9,0	10,0	3,0	5,7	9,0	1,0	4,3	7,0	0,0	2,3	7,0
KPI-26	3,0	5,7	9,0	3,0	7,0	10,0	3,0	5,7	9,0	1,0	3,7	7,0	0,0	2,3	5,0	0,0	1,0	3,0
KPI-27	5,0	8,3	10,0	7,0	9,0	10,0	5,0	8,3	10,0	5,0	7,7	10,0	0,0	3,0	7,0	3,0	7,7	10,0
KPI-28	0,0	2,3	5,0	1,0	5,7	9,0	1,0	5,7	9,0	1,0	4,3	9,0	5,0	7,0	9,0	5,0	7,7	10,0
KPI-29	5,0	8,3	10,0	5,0	7,7	10,0	5,0	8,3	10,0	5,0	8,3	10,0	5,0	7,0	9,0	5,0	7,0	9,0
KPI-30	5,0	8,3	10,0	5,0	7,7	10,0	5,0	7,0	9,0	5,0	7,0	9,0	3,0	5,0	7,0	5,0	7,0	9,0
KPI-31	7,0	9,0	10,0	7,0	9,0	10,0	5,0	8,3	10,0	5,0	7,0	9,0	3,0	6,3	10,0	5,0	7,0	9,0
KPI-32	0,0	1,0	3,0	1,0	4,3	7,0	0,0	2,3	7,0	0,0	2,3	7,0	3,0	7,7	10,0	5,0	7,7	10,0

Adım 5'te KPI seçme kriterlerinin ağırlıkları belirlenir. Bunun için en iyi-en kötü ağırlıklandırma yöntemi kullanılmıştır. En iyi ve en kötü kriter seçiminde yine uzman görüşüne başvurulmuştur. Süreç iyileştirme yöneticisi tarafından belirtilen görüşlere göre KPI seçiminde en iyi olarak nitelendirilen en önemli kriter ölçülebilirlik, en kötü diye nitelendirilen önem düzeyi en düşük kriter şirket hedefleri ile uyumdur. En iyi en kötü yöntemine göre kriter ağırlıklarına Tablo 6'da yer verilmiştir.

**Döküm Sürecinde Anahtar Performans Göstergelerinin Bulanık Moora Yöntemi ile Sıralanması**

**Tablo 6: Kriter Ağırlıkları**

Kriterler	KR-1	KR-2	KR-3	KR-4	KR-5	KR-6
Ağırlıkları( $w_i$ )	0,245	0,394	0,164	0,098	0,037	0,061

Adım 6'da öncelikle Tablo 5'te verilen Bulanık Karar Matrisi, Durulaştırılmış karar matrisine dönüştürülmüş ve Tablo 7 oluşturulmuştur.

**Tablo 7: Durulaştırılmış Karar Matrisi Değerleri**

	KR-1	KR-2	KR-3	KR-4	KR-5	KR-6		KR-1	KR-2	KR-3	KR-4	KR-5	KR-6
KPI-1	3,0	6,1	7,6	4,1	6,1	6,1	KPI-17	8,7	7,0	8,7	7,8	7,0	6,1
KPI-2	7,6	6,1	8,7	7,8	6,1	4,8	KPI-18	6,9	6,7	6,1	7,0	7,0	6,1
KPI-3	3,1	3,3	4,6	4,8	7,8	7,8	KPI-19	5,2	6,1	4,8	5,0	8,7	6,1
KPI-4	7,8	7,0	6,1	5,9	7,8	7,8	KPI-20	2,4	5,2	3,3	2,4	7,8	4,8
KPI-5	7,6	5,8	6,1	5,9	7,8	7,8	KPI-21	6,0	6,9	5,2	5,0	6,7	6,1
KPI-6	7,6	5,8	6,1	5,9	7,8	7,8	KPI-22	8,7	8,7	7,6	5,8	6,7	7,0
KPI-7	6,0	6,1	5,0	5,0	7,6	6,1	KPI-23	8,7	8,7	7,6	5,8	6,7	7,0
KPI-8	4,2	5,2	5,2	5,9	7,0	6,1	KPI-24	8,7	8,7	7,8	6,4	5,9	3,6
KPI-9	7,8	7,8	6,1	7,0	7,6	7,0	KPI-25	8,7	8,7	8,7	5,9	4,1	3,1
KPI-10	7,8	7,8	6,1	7,0	7,6	7,0	KPI-26	5,9	6,7	5,9	3,9	2,4	1,3
KPI-11	7,8	5,9	7,6	7,0	8,7	7,0	KPI-27	7,8	8,7	7,8	7,6	3,3	6,9
KPI-12	8,7	7,0	8,7	7,8	6,9	7,0	KPI-28	2,4	5,2	5,2	4,8	7,0	7,6
KPI-13	7,8	7,0	7,8	7,8	5,9	6,1	KPI-29	7,8	7,6	7,8	7,8	7,0	7,0
KPI-14	8,7	7,0	8,7	7,8	7,0	6,1	KPI-30	7,8	7,6	7,0	7,0	5,0	7,0
KPI-15	8,7	7,0	8,7	7,8	7,0	6,1	KPI-31	8,7	8,7	7,8	7,0	6,4	7,0
KPI-16	8,7	7,0	8,7	7,8	7,0	6,1	KPI-32	1,3	4,1	3,1	3,1	6,9	7,6

Durulaştırılmış karar matrisi denklem 10 kullanılarak normalize karar matrisine dönüştürülmüştür ve Tablo 8'de gösterilmiştir.

**Tablo 8: Normalize Karar Matrisi**

	KR-1	KR-2	KR-3	KR-4	KR-5	KR-6		KR-1	KR-2	KR-3	KR-4	KR-5	KR-6
KPI-1	0,07	0,16	0,19	0,11	0,16	0,17	KPI-17	0,21	0,18	0,22	0,22	0,18	0,17
KPI-2	0,19	0,16	0,22	0,22	0,16	0,13	KPI-18	0,17	0,17	0,16	0,20	0,18	0,17
KPI-3	0,08	0,09	0,12	0,13	0,20	0,21	KPI-19	0,13	0,16	0,12	0,14	0,22	0,17
KPI-4	0,19	0,18	0,16	0,16	0,20	0,21	KPI-20	0,06	0,13	0,09	0,07	0,20	0,13
KPI-5	0,19	0,15	0,16	0,16	0,20	0,21	KPI-21	0,15	0,18	0,13	0,14	0,17	0,17
KPI-6	0,19	0,15	0,16	0,16	0,20	0,21	KPI-22	0,21	0,22	0,19	0,16	0,17	0,19
KPI-7	0,15	0,16	0,13	0,14	0,20	0,17	KPI-23	0,21	0,22	0,19	0,16	0,17	0,19
KPI-8	0,10	0,13	0,13	0,16	0,18	0,17	KPI-24	0,21	0,22	0,20	0,18	0,15	0,10
KPI-9	0,19	0,20	0,16	0,20	0,20	0,19	KPI-25	0,21	0,22	0,22	0,16	0,11	0,09
KPI-10	0,19	0,20	0,16	0,20	0,20	0,19	KPI-26	0,15	0,17	0,15	0,11	0,06	0,04
KPI-11	0,19	0,15	0,19	0,20	0,22	0,19	KPI-27	0,19	0,22	0,20	0,21	0,09	0,19
KPI-12	0,21	0,18	0,22	0,22	0,18	0,19	KPI-28	0,06	0,13	0,13	0,13	0,18	0,21
KPI-13	0,19	0,18	0,20	0,22	0,15	0,17	KPI-29	0,19	0,19	0,20	0,22	0,18	0,19
KPI-14	0,21	0,18	0,22	0,22	0,18	0,17	KPI-30	0,19	0,19	0,18	0,20	0,13	0,19
KPI-15	0,21	0,18	0,22	0,22	0,18	0,17	KPI-31	0,21	0,22	0,20	0,20	0,17	0,19
KPI-16	0,21	0,18	0,22	0,22	0,18	0,17	KPI-32	0,03	0,11	0,08	0,09	0,18	0,21



Adım 7’de normalize karar matrisinde bulunan değerler ait oldukları kriterlerin ağırlıkları ile çarpılarak ağırlıklandırılmış normalize karar matrisi elde edilmiştir.

**Tablo 9: Ağırlıklandırılmış Normalize Karar Matrisi Değerleri**

	KR-1	KR-2	KR-3	KR-4	KR-5	KR-6		KR-1	KR-2	KR-3	KR-4	KR-5	KR-6
KPI-1	0,018	0,062	0,032	0,011	0,006	0,010	KPI-17	0,053	0,071	0,036	0,021	0,007	0,010
KPI-2	0,046	0,062	0,036	0,021	0,006	0,008	KPI-18	0,042	0,067	0,026	0,019	0,007	0,010
KPI-3	0,019	0,034	0,019	0,013	0,007	0,013	KPI-19	0,032	0,062	0,020	0,014	0,008	0,010
KPI-4	0,047	0,071	0,026	0,016	0,007	0,013	KPI-20	0,015	0,053	0,014	0,007	0,007	0,008
KPI-5	0,046	0,058	0,026	0,016	0,007	0,013	KPI-21	0,036	0,070	0,022	0,014	0,006	0,010
KPI-6	0,046	0,058	0,026	0,016	0,007	0,013	KPI-22	0,053	0,087	0,032	0,016	0,006	0,012
KPI-7	0,036	0,062	0,021	0,014	0,007	0,010	KPI-23	0,053	0,087	0,032	0,016	0,006	0,012
KPI-8	0,026	0,053	0,022	0,016	0,007	0,010	KPI-24	0,053	0,087	0,032	0,018	0,006	0,006
KPI-9	0,047	0,078	0,026	0,019	0,007	0,012	KPI-25	0,053	0,087	0,036	0,016	0,004	0,005
KPI-10	0,047	0,078	0,026	0,019	0,007	0,012	KPI-26	0,036	0,067	0,025	0,011	0,002	0,002
KPI-11	0,047	0,059	0,032	0,019	0,008	0,012	KPI-27	0,047	0,087	0,032	0,021	0,003	0,012
KPI-12	0,053	0,071	0,036	0,021	0,007	0,012	KPI-28	0,015	0,053	0,022	0,013	0,007	0,013
KPI-13	0,047	0,071	0,032	0,021	0,006	0,010	KPI-29	0,047	0,076	0,032	0,021	0,007	0,012
KPI-14	0,053	0,071	0,036	0,021	0,007	0,010	KPI-30	0,047	0,076	0,029	0,019	0,005	0,012
KPI-15	0,053	0,071	0,036	0,021	0,007	0,010	KPI-31	0,053	0,087	0,032	0,019	0,006	0,012
KPI-16	0,053	0,071	0,036	0,021	0,007	0,010	KPI-32	0,008	0,041	0,013	0,009	0,007	0,013

Adım 8’de tüm KPI’lar için kriterlere ait ağırlıklandırılmış normalize değerler toplanır. Elde edilen bu değerlerin büyükten küçüğe sıralanması ile de belirlenen KPI’ların önem sırası ortaya çıkmış olur. Tablo 10’da KPI sıralamasına yer verilmiştir.

**Tablo 10: KPI Önem Sıralaması**

No	KPI Kodu	KPI Tanımı	y <sub>i</sub>
1	KPI-31	Dış Kaynak Kullanım Oran	0,210
2	KPI-23	İş Kazasız Geçen Gün Sayısı	0,206
3	KPI-22	İş Kazası Tekrarlanma Oranı	0,206
4	KPI-27	Çalışan Tezgâh Sayısı	0,203
5	KPI-24	Düzeltilici Faaliyet Sayısı	0,202
6	KPI-25	Bilgi Güvenliği İhlal Sayısı	0,202
7	KPI-12	OEE	0,199
8	KPI-17	FFR (Duruş Sayısı /Çalışılabilir Süre)	0,198
9	KPI-16	FR (Duruş Süresi/Çalışılabilir Süre)	0,198
10	KPI-15	MTTR (Ortalama Duruş Süresi)	0,198
11	KPI-14	MTBF (Çalışılabilir Süre/Duruş Sayısı)	0,198
12	KPI-29	Kapasite Kullanım Oranı	0,196
13	KPI-9	Üretim miktarı-(Adet/Adamsaat)	0,189
14	KPI-10	Üretim miktarı-(Kg/Adamsaat)	0,189
15	KPI-30	Kum Tüketimi (Kum Miktarı/Üretim Adedi)	0,188
16	KPI-13	Ayar Süresi	0,188
17	KPI-4	Sarf Malzeme Rasyosu	0,180
18	KPI-2	Parça Çene Uyumsuz Duruşu	0,179

### Döküm Sürecinde Anahtar Performans Göstergelerinin Bulanık Moora Yöntemi ile Sıralanması

19	KPI-11	Iskarta Oranı	0,177
20	KPI-18	Çevrim Süresine Uyum	0,171
21	KPI-6	Elektrik Rasyosu	0,166
22	KPI-5	Doğalgaz Rasyosu	0,166
23	KPI-21	Çevresel Atık Miktarı (Atık/Parça Adedi)	0,158
24	KPI-7	Hurda Oranı (Parça Ağırlığı/Salkım Ağırlığı) Proses Verimliliği (Satılan Metal kg./Eritilen Metal kg.)	0,150
25	KPI-19	Kaizen Miktarı (Ad.+TL)	0,146
26	KPI-26	Bir Parçaya Ait Kalıp Sayısı	0,143
27	KPI-1	Kalıp Büyüme Oranı	0,139
28	KPI-8	Cidar (Et Kalınlığı)	0,133
29	KPI-28	Üretim Etkinliği (Dolum Süresi/ Üretim Süresi)	0,122
30	KPI-3	Sipariş Terminine Uyum	0,105
31	KPI-20	Operatör Mesleki Yeterlilik Performansı	0,104
32	KPI-32	Mühendislik Bilgisi Kullanım Oranı	0,090

Uygulamanın yapılmış olduğu işletme yasal zorunlukları, standartlara uyumu ve insana verilen değeri ön plana çıkartan bir felsefeye sahiptir. Bu felsefe doğrultusunda bu kriterlere vizyon ve misyonunda yer vermiştir. Elde edilen çıktılarda yasal zorunluluklar kapsamında belirlenen insana değeri de ifade eden iş güvenliği kriterleri ve ISO standartlarına uyumun ölçülmesi için belirlenen KPI'lar en üst önem derecesine sahip olarak bu felsefeyi kanıtlar niteliktedir. Peşi sıra gelen toplam üretken bakım KPI'ları işletmenin 2012'den bu yana kurmakta ve yaygınlaştırmakta olduğu bir sistemin, bir dönüşümün etkisidir. Bu KPI'lar mevcut durumda bulunmamaktadır ve bu çalışma kapsamında eklenmiştir. İşletmenin bu yönde gelişmek ve standartlaşmak yönündeki ivmesi dolayısıyla bu KPI'lar üst sıralarda yer almaktadır. Bunları takiben mevcut durumda da kullanılan üretim miktarı KPI'ları yer alır. Bu KPI'lar işletmenin yıllardır kullanılan iş hacmi takip KPI'larıdır. Verimliliği arttırmadan ziyade iş hacmi ve operatör sayısının etkileşimini görmek için kullanılır. Bu sebeple orta ve üste yakın önem düzeyinde çıkmıştır. Belirlenen KPI'lar içerisinde son 5 sırada yer alanlar ölçümü çok zor, değerlendirilmesi ve elde edilen veriye güvenilmesi çok zor olan KPI'lardır. Bu sebeple son sıralarda yer almışlardır. Karar vericiler ile yapılan görüşmelerde bu son 5 KPI'ın kullanılmamasına karar verilmiştir.

Sarf malzeme, doğalgaz, elektrik rasyosu gibi KPI'lar için tutulan TL/Üretim Adedi formülü, maddi tutarın enflasyon, döviz gibi dış etkenlerden etkilenmesi ve uzmanları yanılması sebebiyle (Sarf Malzeme Miktarı/Üretim Adedi) olarak değiştirilmiştir. Yapılan çalışmadan önce bu formül kullanıldığı için seçim kriterlerinde bu KPI'lar düşük değerler almış ve 17, 21 ve 22. sıralara gerilemiştir.

### SONUÇ

İşletmelerin rekabet avantajı yakalama istekleri ve pazar payı artırma çabaları neticesinde süreç yönetimi zorunluluğunu ortaya çıkarmıştır. Fakat bu çalışmalar bilimsel yöntemler kullanılmadan yapıldığında deneme yanılmaya dönüşmekte ve hatalı

sonuçlara yol açmaktadır. Doğru sonuçlara ulaşmak ise zaman ve para kaybı oluşturmaktadır. Bu çalışmanın yapılaş amacı işletmede deneme yanılma ile erilmiş olan KPI'ların bilimsel yöntemler aracılığıyla değerlendirilmesi ve katma değeri düşük olanların elenmesi, yöntemler sonucu elde edilen yeni KPI'ların sürece dahil edilmesidir. Bu sayede KPI takibi ve performans yönetimi daha verimli sonuçlar doğuracaktır.

Bu çalışma neticesinde işletmede kullanılan "eğitim verilmesi" gibi bazı KPI'lar çıkartılmıştır. Çünkü bu KPI'lar takip edilmesi durumunda işletmeye bir katma değer sunmamaktadır. Bu KPI'lar için sadece eğitim verildi, verilmedi şeklinde değer atanır ve eğitimler yasal zorunluluk olduğu için verilmemesi durumu söz konusu değildir. Bu sebeple eğitim süreç sorumluları tarafından takip edilen verinin, döküm süreci sorumlusu tarafından tekrar takip edilmesinin bir faydası yoktur. Bu sebeple yeni KPI'lar içerisinde yer almamıştır. İşletmenin mevcut kullandığı fakat süreç performansına etkisi düşük olan KPI'lar alt sıralara gerilemiştir. Bu çalışma ile işletmede kullanılan KPI'ların işletme performansı açısından önemi de ortaya konmuştur.

Çalışma neticesinde elde edilen KPI'lar süreç sorumluları ile değerlendirildiğinde atölye, fabrika ve tüm işletme çerçevelerinden değerlendirildiğinde mevcutta kullanılan KPI'lardan daha etkin sonuçlara erişildiği kanısı doğmuştur. Çıkan sonuçlar beklentiyi karşılamıştır.

Yapılan çalışmanın uygulamasında beyin fırtınası, bulanık sayılar gibi kendini kanıtlamış yöntemlerin yanı sıra MOORA sıralama yöntemi ile En İyi En Kötü ağırlıklandırma yöntemi bir arada kullanılmıştır. Pek çok yöntemin bir arada kullanılması işletmenin bu yöntemleri içselleştirmesine de olanak sağlamış ve yeni çalışmaların doğması için potansiyel yaratmıştır.

Elde edilmiş veriler ile işletme içerisinde KPI belirleme uygulaması diğer süreçlere de yaygınlaştırılabilir. Bu çalışma sonrasında KPI seçimi tüm süreçlere yaygınlaştırılabilir ve belirlenmiş olan KPI'lar belirli bir süre takip edildikten sonra, şirket hedeflerinde gerçekleşen değişim ve bu değişim ile belirlenen KPI'lar arasındaki ilişki için regresyon, lojistik regresyon gibi konular çalışılması önerilebilir.

## KAYNAKÇA

- Alcan, P., Balin, A. ve Başlıgil, H., (2013). Fuzzy multicriteria selection among cogeneration systems: A real case application. *Energy Build*, 67, 624–634.
- Amaraatunga, D., Baldry ve D. Sarshar, M. (2000). Assessment of facilities management performance - what next?, *Facilities*, 18(1/2), 66-75.
- Bayyurt, N. (2007). İşletmelerde performans değerlendirmenin önemi ve performans göstergeleri arasındaki ilişkiler. *Sosyal Siyaset Konferansları Dergisi*, 53, 577-599.
- Brauers W. K. M. ve Zavadskas E. K. (2006). The MOORA method and its application to privatization in a transition. *Control and Cybernetics*, 35(2), 445-469.
- Carlucci, D. (2010). Evaluating and selecting key performance indicators: an ANP-based model. *Measuring Business Excellence*, 14(2), 66 – 76.
- Chan, A. ve Chan, A. (2004). Key performance indicators for measuring construction success. *Benchmarking: An International Journal*, 11(2), 203-221.

## Döküm Sürecinde Anahtar Performans Göstergelerinin Bulanık Moora Yöntemi ile Sıralanması

- Gopal, E. ve Ramesh, D. (2014). Resource efficiency for sustainability in ferrous foundry - A case of Kolhapur MSME cluster. *Indian Foundry Journal*, 60(2), 30-39.
- Helvacı, M.A. (2002). Performans yönetimi sürecinde performans değerlendirmenin önemi. *Ankara Üniversitesi Eğitim Bilimleri Fakültesi Dergisi*, 35(1-2), 155-169.
- Hu, Y., Wu, S. ve Cai, L. (2009). Fuzzy multicriteria decision making TOPSIS for distribution center location selection. *2009 International Conference on Networks Security, Wireless Communications and Trusted Computing*, 2, 707-710.
- Kaganski, S., Snatkin, A., Paavel, K., ve Karjust, K. (2013). Selecting the right KPIs for SMEs production with the support of PMS and PLM. *International Journal of Research In Social Sciences*, 3(1), 69-76.
- Kaplan, R., ve Norton, D. (1992). The balance scorecard – Measures that drive performance. *Harvard Business Review*, Jan-Feb, 71-79.
- Karatop, B., Cihan, A., ve Söyük, M. (2017). İş analizi tabanlı KPI sisteminin kurumsal öğrenmeye etkileri: İÜ AUZEF uygulaması. *Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 21(1), 19-31.
- Liao, S., ve Hsiao, P., (2013). Mining business knowledge for developing integrated key performance indicators on an optical mould firm. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 26(8), 703-719.
- Liu, H. C. (2016). *FMEA Using Uncertainty Theories and MCDM Methods*. Springer, Singapore.
- Liu, H. C., Liu, L., Liu, N., ve Mao, L. X. (2012). Risk evaluation in failure mode and effects analysis with extended VIKOR method under fuzzy environment. *Expert Systems with Applications*, 39(17), 12926-12934.
- Liu, H. C., You, J. X., You, X. Y., ve Shan, M. M. (2015). A novel approach for failure mode and effects analysis using combination weighting and fuzzy VIKOR method. *Applied Soft Computing*, 28, 579-588.
- Neely, A. (1999). The performance measurement revolution: why now and what next?. *International Journal of Operations & Production Management*, 19(2): 205-228.
- Öktem, B. (2019). Sürdürülebilirlik raporlamasında ölçüm parametreleri KPI'lar (temel performans göstergeleri): Bankacılık sektöründe analiz. *Finansal Araştırmalar ve Çalışmalar Dergisi*, 11(21): 247-263.
- Özbek, A. (2017). *Çok kriterli karar verme yöntemleri ve excel ile problem çözümü kavram-teori-uygulama*. Kırıkkale, Seçkin Yayıncılık
- Petkoska, M. M., (2016). Selecting KPI for SMEs and designing a performance measurement framework. *IBANESS Konferans Serisi – Prilep / Makedonya Bildiri Kitabı* (ss. 800-807), Makedonya. 28-29-30 Ekim 2016.
- Rezaei, J. (2015). Best-worst multi-criteria decision-making method. *Omega*, 53, 49–57.
- Salehi, M. ve Tavakkoli-Moghaddam, R. (2008). Project selection by using a fuzzy TOPSIS technique. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 40, 85-90.
- Sanayei, A., Mousavi, S.F. ve Yazdankhah, A. (2010). Group decision making process for supplier selection with VIKOR under fuzzy environment. *Expert Systems with Applications*, 37(1), 24-30.
- Shahin, A., ve Mahbod, M. A. (2007). Prioritization of key performance

- indicators. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 56 (3), 226-240.
- Sharma, R. K., Kumar, D., ve Kumar, P. (2005). Systematic failure mode effect analysis (FMEA) using fuzzy linguistic modelling. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 22(9), 986-1004.
- Taylor, F. (2013). *Bilimsel Yönetimin İlkeleri*. (8. Baskı). Ankara, Adres Yayınları.
- Uysal, Ş. (2015). Performans yönetimi sisteminin tanımı, tarihçesi, amaç ve temel unsurlarına genel bir bakış. *Electronic Journal of Vocational Collages*, 5(2) 35-37.
- Yadav, O. P., Singh, N., Goel, P. S., ve Itabashi-Campbell, R. (2003). A framework for reliability prediction during product development process incorporating engineering judgements. *Quality Engineering*, 15(4), 649-662.
- Yonsel, F., & Vural, G. (2017). KPI (key performance indicators) application on ballast water treatment system selection. *Brodogradnja: Teorija I Praksa Brodogradnje I Pomorske Tehnike*, 68(3), 67-84.
- You, F., Zhao, X., You, Y. (2017). Production management and optimization in injection molding companies based on MES. *2nd International Conference on Mechatronics, Control and Automation Engineering*, 253-259.
- Zadeh, L.A. (1965). Fuzzy Sets. *Information and Control*, 8, 338-383.
- Zadeh, L.A. (1975). The Concept of Linguistic Variable and Its Application to Approximate Reasoning. *Information Sciences*, 8, 199-249.
- Zadeh, L.A. (1996). Fuzzy logic = computing with words. *IEEE Trans. Fuzzy Systems*, 4, 103-111.