

T.C.
İSTANBUL GEDİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



**KESİCİ TAKIM TASARIMINDA OPTİMİZASYON VE
SÜRDÜRÜLEBİLİR ÜRETİMDE VERİMLİLİK**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Seyfullah SAVAŞ

Mühendislik Yönetimi Anabilim Dalı

Mühendislik Yönetimi Tezli Yüksek Lisans Programı

**AĞUSTOS 2024
İSTANBUL**

T.C.
İSTANBUL GEDİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



**KESİCİ TAKIM TASARIMINDA OPTİMİZASYON VE
SÜRDÜRÜLEBİLİR ÜRETİMDE VERİMLİLİK**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Seyfullah SAVAŞ
(221221003)**

Mühendislik Yönetimi Anabilim Dalı

Mühendislik Yönetimi Tezli Yüksek Lisans Programı

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Tuğbay Burçin GÜMÜŞ

İstanbul 2024



T.C.
İSTANBUL GEDİK ÜNİVERSİTESİ
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürlüğü

Jüri Tez Onay Formu

08.08.2024

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ

Bu çalışma 08.08.2024 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Mühendislik Yönetimi Anabilim Dalı, Mühendislik Yönetimi (Tezli Yüksek Lisans) Programı Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

TEZ JÜRİSİ

Dr. Öğr. Üyesi Tuğbay Burçin GÜMÜŞ

Danışman

İstanbul Gedik Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Ozan ATEŞ

Üye (İmza)

İstanbul Gedik Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Mert TOLON

Üye (İmza)

Maltepe Üniversitesi

YEMİN METNİ

Yüksek Lisans tezi olarak sunduğum “Kesici Takım Tasarımında Optimizasyon ve Sürdürülebilir Üretimde Verimlilik” adlı çalışmanın, tezin proje safhasından sonuçlanmasına kadarki bütün süreçlerde bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurulmaksızın yazıldığını ve yararlandığım eserlerin Bibliyografya ’da gösterilenlerden oluştuğunu, bunlara atıf yapılarak yararlanılmış olduğunu belirtir ve onurumla beyan ederim (01/08/2024).

Seyfullah SAVAŞ

ÖNSÖZ

Çalışmada, CNC torna tezgahında üretim öncesi ve sonrası süreçler karşılaştırılmış, yaşanan sorunları çözmek için sabırla denemeler yapılmış ve doğru verilere ulaşılmıştır. Bu süreçte, sürdürülebilirlik ve üretim verimliliğini artırmak amacıyla belirli aşamalar izlenmiş, elde edilen veriler analiz edilerek optimize edilmiş üretim süreçleri tanımlanmış ve bu süreçlerin işletme performansına etkileri değerlendirilmiştir. Çalışmada yardımlarını esirgemeyen tez danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Tuğbay Burçin GÜMÜŞ' e teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Çalışma esnasında sabırla uygulama yaparak istediğimiz verilere ulaşana kadar yardımcı olan şirket yöneticimize ve çalışma arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Tezi yazmam sırasında bana sabır ve desteklerini esirgemeyen hayat arkadaşım ve biricik kızımaya sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Ağustos 2024

Seyfullah SAVAŞ

İÇİNDEKİLER

Sayfa No:

ÖNSÖZ.....	iv
İÇİNDEKİLER	v
KISALTMALAR	vii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	viii
ŞEKİL LİSTESİ.....	ix
ÖZET.....	x
ABSTRACT	xi
1. GİRİŞ	1
2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE VE LİTERATÜR TARAMASI.....	3
2.1 Sürdürülebilir Üretim	3
2.1.1 Sürdürülebilirlik kavramı	3
2.1.2 Sürdürülebilir üretim kavramı.....	5
2.1.3 Sürdürülebilir üretimin ilkeleri	6
2.1.4 Sürdürülebilir üretimin faydaları	7
2.1.5 Sürdürülebilir üretimin önündeki engeller	9
2.1.6 Sürdürülebilir üretim göstergeleri	11
2.1.6.1 Çevresel göstergeler	11
2.1.6.2 Ekonomik göstergeler	12
2.1.6.3 Sosyal göstergeler	12
2.1.7 Sürdürülebilir üretimin boyutları	13
2.1.7.1 Çevresel boyut.....	13
2.1.7.2 Ekonomik boyut	14
2.1.7.3 Sosyal boyut	14
2.2 İş Süreçlerinde Verimlilik	15
2.2.1 Süreç değerlendirme	15
2.2.2 Süreç iyileştirme	16
2.2.3 Süreç iyileştirmenin önemi ve faydaları	17

2.2.4 Süreç iyileştirmede karşılaşılan sorunlar	19
2.2.5 Süreç iyileştirme metodolojisi	20
2.2.5.1 Hazırlık.....	21
2.2.5.2 Mevcut durumun değerlendirilmesi	21
2.2.5.3 Sürecin çözümlenmesi	21
2.2.5.4 İyileştirmenin uygulanması	21
2.2.6 Verimlilik	22
3. GEREÇ ve YÖNTEM.....	25
3.1 Araştırmanın Amacı	25
3.2 Araştırma Sorusu.....	25
3.3 Araştırma Yöntemi.....	25
3.4 Kullanılan Ekipman ve Malzemeler.....	26
3.4.1 Torna tezgahı.....	26
3.4.2 Kesme takımı	27
3.4.3 İş parçası	31
3.5 Verilerin Toplanması ve Analizi.....	32
3.6 Araştırmanın Sınırlılıkları	33
4. BULGULAR.....	34
4.1 İlerleme Hızına Yönelik Bulgular	35
4.2 Kesme Hızına Yönelik Bulgular	37
4.3 Talaş Kaldırma Hızına Yönelik Bulgular	39
4.4 Çevrim Süresine Yönelik Bulgular	41
4.5 İşleme Süresine Yönelik Bulgular	42
4.6 Üretim Hızına Yönelik Bulgular	44
4.7 Verimlilik Artışına Yönelik Bulgular	46
5. TARTIŞMA VE SONUÇ.....	48
KAYNAKLAR	53
ÖZGEÇMİŞ.....	59

KISALTMALAR

AISI	: Amerikan Demir ve Çelik Enstitüsü
Ap	: Kesme derinliği (mm)
CNC	: Bilgisayarlı Sayısal Kontrol
D	: İş parçası çapı (mm)
F	: İlerleme miktarı (mm/dev)
IOT	: Internet of Things
N	: Devir hızı (dev/dak)
Q	: Talaş kaldırma hızı (mm ³ /dk)
Vc	: Kesme hızı (m/dk)
Vf	: İlerleme hızı (mm/dk)

ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa No:
Çizelge 3.1: Torna Tezgahı Teknik Özellikleri.....	26
Çizelge 3.2: İyileştirme Öncesi Kullanılan Kesme Ucu Ölçüm Raporu.....	29
Çizelge 3.3: İyileştirme Sonrası Kullanılan Kesme Ucu Ölçüm Raporu.....	30
Çizelge 4.1: Analizde Kullanılan Sabit Değerler ve Torna Tezgahı Parametreleri ..	34



ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa No:
Şekil 2.1: Sürdürülebilirliğin Boyutları.....	4
Şekil 3.1: Tongtai TCS-2500L Torna Tezgahı	26
Şekil 3.2: İyileştirme Öncesi Kullanılan Kesme Ucu	28
Şekil 3.3: İyileştirme Sonrası Kullanılan Kesme Ucu	28
Şekil 3.4: Yeni Kesme Ucuna Ait Teknik Çizim.....	31
Şekil 4.1: İlerleme Hızındaki Değişim.....	37
Şekil 4.2: Kesme Hızındaki Değişim	39
Şekil 4.3: Talaş Kaldırma Hızındaki Değişim	41
Şekil 4.4: Çevrim Süresindeki Değişim	42
Şekil 4.5: İşlem Süresindeki Değişim	44
Şekil 4.6: Üretim Hızındaki Değişim.....	46
Şekil 4.7: Verimlilikteki Değişim	47

KESİCİ TAKIM TASARIMINDA OPTİMİZASYON VE SÜRDÜRÜLEBİLİR ÜRETİMDE VERİMLİLİK

ÖZET

Bu çalışmanın amacı, torna tezgahında yapılan iyileştirmelerin verimlilik üzerindeki etkisini incelemektir. İyileştirme çalışmaları, kesici takımın ucunun yeniden tasarlanmasını ve üretilmesini içermektedir. Çalışma, yeni tasarlanan kesici ucun torna tezgahının performansını ve üretim verimliliğini nasıl etkilediğini değerlendirmeyi hedeflemektedir. Çalışmanın yöntemi, deneysel bir yaklaşım içermektedir. Torna tezgahından devir hızı, kesme derinliği, ilerleme miktarı ve paso verileri toplanmıştır. Toplanan veriler kullanılarak, çeşitli performans ve verimlilik göstergeleri (ilerleme hızı, kesme hızı, talaş kaldırma hızı, üretim hızı, çevrim süresi, verimlilik artışı) hesaplanmıştır. İyileştirme öncesi ve sonrası üretim verileri karşılaştırılarak, verimlilikteki artış sayısal ve grafik olarak gösterilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, iyileştirme sonrasında iyileştirme öncesine kıyasla; ilerleme hızında %25'lik bir artış, kesme hızında %70'lik bir azalma, talaş kaldırma hızında %53'lük bir düşüş, çevrim süresinde (dakikada üretilen parça miktarı) %25'lik bir artış, işleme süresinde %20'lik bir azalma, üretim hızında %36,4'lük bir artış sağlanmıştır. Ayrıca, iyileştirme sonrasında iyileştirme öncesine göre torna tezgahının verimliliğinde %34,1 oranında artış sağlandığı belirlenmiştir. Bu sonuçlar, yapılan iyileştirmelerin torna tezgahının performansı ve verimliliği üzerinde önemli bir olumlu etkisi olduğunu göstermektedir. Bu olumlu sonuçlar, kesici ucun geometrik tasarımının optimize edilmesi ve takım tutucu sisteminin iyileştirilmesi ile açıklanabilmektedir. Yeni tasarlanan kesici uç, daha etkin bir talaş kaldırma süreci sağlayarak, birim zamanda daha fazla malzeme kaldırılmasına olanak tanımıştır. Sonuç olarak, bu çalışma, torna tezgahında kesici takım tasarımının optimize edilmesi ve üretim süreçlerinin iyileştirilmesi yoluyla verimliliğin artırılabilirliğini ortaya koymaktadır.

Anahtar Kelimeler: *Sürdürülebilir üretim, verimlilik, torna tezgâhı.*

OPTIMIZATION IN CUTTING TOOL DESIGN AND EFFICIENCY IN SUSTAINABLE PRODUCTION

ABSTRACT

This study aims to investigate the effect of improvements made to a lathe on productivity. The improvements include the redesign and production of the insert of the cutting tool. The study aims to evaluate how the newly designed insert affects the performance and production efficiency of the lathe. The methodology of the study involves an experimental approach. Speed, depth of cut, feed rate and pass data were collected from the lathe. Various performance and productivity indicators (feed rate, cutting speed, metal removal rate, production rate, cycle time, productivity increase) were calculated using the collected data. Production data before and after the improvement were compared and the increase in productivity was shown numerically and graphically. According to the results obtained, compared to the pre-improvement period, there was a 25% increase in feed rate, a 70% decrease in cutting speed, a 53% decrease in metal removal rate, a 25% increase in cycle time (number of parts produced per minute), a 20% decrease in machining time, and a 36.4% increase in production rate. In addition, it was determined that there was a 34.1% increase in the productivity of the lathe after the improvement compared to before the improvement. These results show that the improvements have had a significant positive impact on the performance and productivity of the lathe. These positive results can be explained by optimizing the geometrical design of the insert and improving the toolholder system. The newly designed insert provided a more efficient chip removal process, allowing more material to be removed per unit time. In conclusion, this study shows that productivity can be increased by optimizing the cutting tool design and improving the manufacturing processes on the lathe.

Keywords: *Sustainable production, productivity, lathe.*

1. GİRİŞ

Bu çalışmada ele alınan temel kavramlar arasında sürdürülebilir üretim, verimlilik ve iş süreçlerinde iyileştirme yer almaktadır. Sürdürülebilir üretim, çevresel koruma, ekonomik gelişme ve sosyal adalet arasında denge kurmayı amaçlayan bir üretim yaklaşımıdır. Bu kavram, doğal kaynakların etkin kullanımı, atıkların azaltılması ve çevresel etkilerin minimize edilmesi gibi unsurları içermektedir. Verimlilik ise belirli bir zaman diliminde elde edilen çıktı miktarının, kullanılan girdi miktarına oranıdır ve işletmelerin rekabet gücünü artırmada kritik bir rol oynamaktadır. İş süreçlerinde iyileştirme ise mevcut süreçlerin analiz edilerek daha etkin ve verimli hale getirilmesi sürecidir. Bu iyileştirmeler, genellikle süreçlerin yeniden tasarımı, teknolojik yeniliklerin kullanımı ve çalışanların eğitimine yönelik adımları içermektedir.

Sanayi devrimiyle birlikte hız kazanan teknolojik ve bilimsel ilerlemeler, üretim süreçlerinde önemli değişikliklere yol açmıştır. Bu ilerlemeler, toplumsal refah düzeyini artırırken, çevresel tahribat ve doğal kaynakların aşırı tüketimi gibi ciddi sorunları da beraberinde getirmiştir. Özellikle torna tezgahları gibi temel üretim araçlarının verimliliğinin artırılması, hem ekonomik büyüme hem de çevresel koruma açısından büyük önem taşımaktadır. Torna tezgahlarının iyileştirilmesi, üretim süreçlerinde daha az enerji ve malzeme kullanımıyla daha yüksek verimlilik elde edilmesini sağlamaktadır. Bu bağlamda, iyileştirme süreçleri, torna tezgahlarının performansını optimize ederek hem maliyetleri düşürmeyi hem de çevresel etkileri minimize etmeyi hedefleyen bir sürdürülebilir üretim yaklaşımı olarak öne çıkmaktadır. Sürdürülebilir üretim yöntemleri, torna tezgahlarının verimliliğini artırmakla kalmayıp, uzun vadede çevresel ve sosyal faydalar da sağlamaktadır. Bu nedenle, torna tezgahlarının iyileştirilmesi ve iş süreçlerinde verimlilik konuları, günümüz dünyasında büyük önem taşımaktadır.

Bu çalışmada, torna tezgahı üzerinde gerçekleştirilen iyileştirme çalışmalarının üretim verimliliği üzerindeki etkisi araştırılmaktadır. İyileştirme çalışmaları kapsamında, kesici takımın kesici ucunun yeniden tasarlanması ve

üretimi gerçekleştirilmektedir. Çalışmada; yeni tasarlanan kesici ucun, torna tezgahının performansını ve üretim verimliliğini ne ölçüde etkilediği incelenmektedir. Ayrıca, iyileştirme çalışmaları öncesi ve sonrası üretim verileri karşılaştırılarak, verimlilikteki artışın sayısal olarak ortaya konulması amaçlanmaktadır.

Çalışma beş bölümden oluşmaktadır. Giriş bölümünü takip eden ikinci bölümde, sürdürülebilir üretim ve iş süreçlerinde verimlilik konularına ilişkin literatür taraması yapılmakta ve kavramsal çerçeve oluşturulmaktadır. Sürdürülebilir üretimin ilkeleri, faydaları, önündeki engeller ve göstergeleri detaylı bir şekilde incelenmektedir. Ayrıca, süreç değerlendirmesi, iyileştirme teknikleri ve metodolojileri gibi konulara da yer verilmektedir.

Çalışmanın üçüncü bölümünde, araştırmanın amacı, yöntemi ve kullanılan ekipman ve malzemeler tanıtılmaktadır. Torna tezgahı, kesme takımı ve iş parçası gibi kullanılan araçlar detaylandırılmaktadır. Ayrıca, verilerin toplanması ve analizi süreçleri açıklanmaktadır.

Çalışmanın dördüncü bölümünde, iyileştirme çalışmalarının sonuçları ve elde edilen bulgular sunulmaktadır. İlerleme hızı, kesme hızı, talaş kaldırma hızı, çevrim süresi, üretim hızı ve verimlilik artışı gibi parametreler üzerinden değerlendirmeler yapılmaktadır.

Çalışmanın beşinci ve son bölümünde, elde edilen bulguların analizi yapılmakta, sonuçlar tartışılmakta ve öneriler sunulmaktadır.

2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE VE LİTERATÜR TARAMASI

Sanayi devrimiyle başlayan hızlı teknolojik ve bilimsel ilerlemeler, insanlık tarihinde yeni bir çağın kapılarını aralamıştır. Bu ilerlemeler, toplumların yaşam kalitesini önemli ölçüde iyileştirmiş, ekonomik büyüme ve refah seviyelerini artırmıştır. Ancak bu ilerlemenin ardında, çevresel tahribat ve doğal kaynakların aşırı tüketimi gibi ciddi maliyetler yatmaktadır. Endüstriyel faaliyetlerin yol açtığı çevresel etkiler, sürdürülebilirlik kavramının doğuşuna zemin hazırlamış ve bu kavramın iş dünyası için stratejik bir öneme sahip olmasına neden olmuştur. Sürdürülebilir üretim yöntemleri, ekonomik gelişmeyi çevresel koruma ve sosyal adaletle uyumlu hale getirme çabası içinde giderek daha fazla öne çıkmaktadır (Akkoyun, 2016).

Çalışmanın bu bölümünde öncelikle, sürdürülebilirlik ve sürdürülebilir üretimin kavramsal çerçevesi incelenmektedir. Sürdürülebilir üretimin temel ilkeleri, faydaları, önündeki engeller, göstergeleri ve boyutları ele alınmaktadır. Bölümün devamında ise iş süreçlerinde verimlilik konusuna odaklanılmaktadır. Süreç değerlendirmesi, iyileştirme teknikleri ve metodolojileri gibi temel konular incelenmekte, süreç iyileştirmenin önemine ve yararlarına değinilmektedir. Ayrıca, süreç iyileştirmede karşılaşılan zorluklar ve bu zorlukların üstesinden gelmek için gerekli adımlar ele alınmaktadır.

2.1 Sürdürülebilir Üretim

2.1.1 Sürdürülebilirlik kavramı

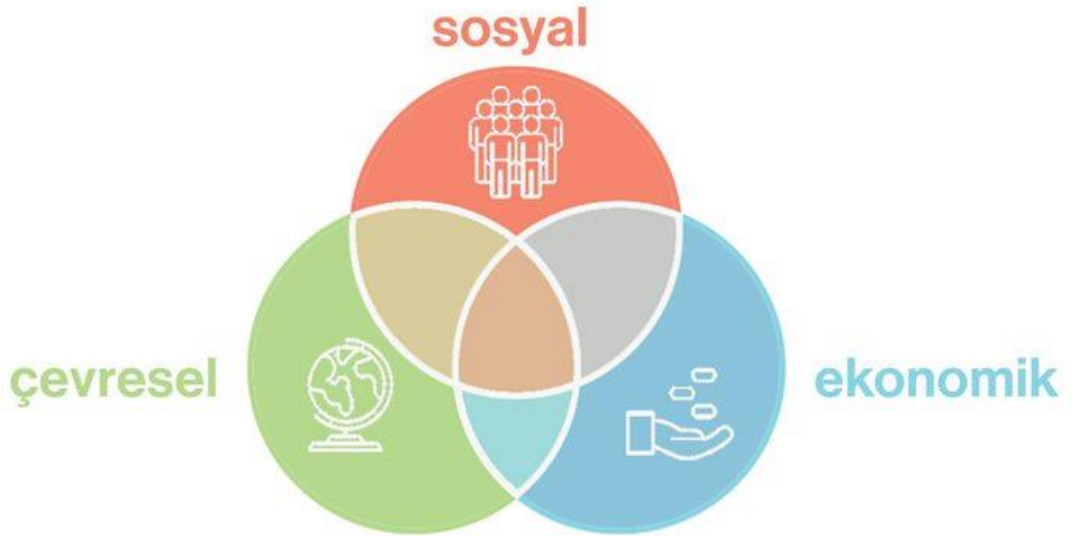
Endüstriyel gelişmelerin hız kazanması ve artan tüketim eğilimleriyle birlikte doğal kaynakların azalması, sürdürülebilirlik ilkesinin önemini artırmaktadır. Stockholm Konferansı'nda, 16 Haziran 1972 tarihinde, dünya çapında kaynakların hızla azaldığı ve bu duruma karşı önlemler alınmazsa ciddi problemlerin ortaya çıkacağı ilk kez sayısal verilerle ortaya konulmuştur. Bu toplantıda, farklı ekonomik ve gelişim seviyelerine sahip birçok ülkenin çevre konusundaki ilk global

değerlendirmesi, "Birleşmiş Milletler İnsan Çevresi Bildirgesi"nin kabulüyle birlikte yapılmıştır (Asar, 2022).

Sürdürülebilirlikle ilgili literatürde en yaygın tanım, 1987 yılında Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Komisyonu'nun hazırladığı ve "Ortak Geleceğimiz" isimli Brundtland Raporu'nda yer almaktadır. Raporun tanımına göre, sürdürülebilirlik; gelecek nesillerin ihtiyaçlarını karşılama kapasitelerini tehlikeye atmadan, mevcut neslin gereksinimlerini karşılayabilme prensibine dayanmaktadır. Bu anlayışla, doğal dünya ile toplum arasında denge sağlanarak, mevcut ve gelecek nesiller arasında bir köprü oluşturulmaktadır.

Sürdürülebilirliğin esas amacı, kaynak tüketişini, çevresel tahribatı ve sosyal dengesizlikleri minimize ederken, sürdürülebilir gelişmeyi teşvik etmek ve yaşam kalitesini artırarak daimi ve güvenilir geçim kaynaklarını temin etmektir (Niekerk, 2020).

Enerji, ekonomi ve çevre üçgeninin ortasında konumlanan sürdürülebilirlik meselesi, sosyal bilimlerden fen bilimlerine, yerel ve global düzeydeki çevre örgütlerine kadar geniş bir alanda incelenmektedir (Yeni, 2014). Ruggerio (2021), sürdürülebilirliği, ekosistemlerin işlevsel çeşitlilik, üretkenlik, toprak verimliliği ve biyokimyasal döngüler boyunca korunması gereken bir çevresel model olarak tanımlamaktadır.



Şekil 2.1: Sürdürülebilirliğin Boyutları

Kaynak: Gedik, Y. (2020). Sosyal, ekonomik ve çevresel boyutlarla sürdürülebilirlik ve sürdürülebilir kalkınma. *Uluslararası Ekonomi Siyaset İnsan ve Toplum Bilimleri Dergisi*, 3(3), 196-215.

Rajesh (2020) ise sürdürülebilirliğin çevresel ve sosyal boyutlarını vurgulamakta, kaynakların yenilenmesi ve atıkların azaltılması yoluyla sosyal refahın artırılabilirliğini belirtmektedir. Sheht vd. (2011) tarafından vurgulandığı üzere, sürdürülebilirlik eylemlerinin başarısı için yöneticiler, kurumsal sosyal sorumluluk alanındaki yenilikçiler ve medya gibi çeşitli paydaşların yanı sıra müşteriler de önemli roller üstlenmektedir. Müşterilerin çevresel, sosyal ve ekonomik sürdürülebilirlik konusundaki tutumları, işletme ile tüketici arasındaki bağlılığı pekiştirmekte ve bilinçli tüketim için gerekli ortamı oluşturmaktadır.

2.1.2 Sürdürülebilir üretim kavramı

1992 yılında Birleşmiş Milletler'in Çevre ve Kalkınma Konferansı'nda ilk kez ele alınan sürdürülebilir üretim kavramı, sanayileşmiş bölgelerdeki yenilenemeyen kaynakların tüketimi ve bu süreçlerin çevresel problemlerin temel kaynağı olduğu vurgusu ile öne çıkmıştır. Bu bağlamda sürdürülebilir üretim, doğal kaynakların kullanımı, üretim miktarı ve atık oluşumu gibi alanlarda dikkatli bir yönetimi gerektirmektedir. Söz konusu üretim sistemleri, yenilenebilir enerjiyi tercih etmek, emisyonları ve kirliliği azaltmak gibi avantajlar sunmaktadır. Bunun sonucunda, çevresel faydaların yanı sıra maliyet etkinliği, ürün kalitesinde iyileşme ve daha sağlıklı çalışma koşulları gibi ek yararlar sağlanmaktadır. Bu yüzden sürdürülebilir üretim, günümüz sanayi sektörlerinin hedefleri arasında yer almaya devam etmektedir (Syaifullah vd., 2022).

Lowell Sürdürülebilir Üretim Merkezi tarafından yapılan tanıma göre, sürdürülebilir üretim çevreye zarar vermeyen, enerji ve doğal kaynakların korunmasını sağlayan, ekonomik açıdan uygulanabilir ve çalışanlar için güvenli ve sağlıklı iş süreçleriyle mal ve hizmet üretimidir (Martínez vd., 2022). Geniş anlamda sürdürülebilir üretim, çevresel etkileri minimize ederken verimliliği maksimize ederek ürün ve hizmetlerin üretilmesini kapsamaktadır. Dar anlamıyla ise, yenilenebilir materyallerin ve daha temiz enerji sistemlerinin kullanımıyla sürdürülebilir ürün ve hizmetlerin oluşturulmasını ifade etmektedir (Kota vd., 2021).

Sanayi Devrimi'nin 18. yüzyıl başlarında gerçekleşmesiyle birlikte üretim sistemlerinde radikal dönüşümler yaşanmıştır. Bu dönemde makineleşme ve seri üretimin artışı, zaman içinde doğal kaynakların aşırı kullanımına ve tükenmesine neden olmuştur. 1990'lar boyunca, üretimdeki atıkları azaltmayı hedefleyen yalın

üretim teknikleri ortaya çıkmış, bunu takiben teknoloji, çevresel duyarlılıkla bütünleştirilerek yeşil üretim ve nihayet sürdürülebilir üretim sistemleri geliştirilmiştir.

Günümüzde işletmeler, modern teknolojinin yardımıyla üretim süreçlerini daha verimli yönetebilmek için yenilikçi yöntemler araştırmaktadır. Sürdürülebilirlik 4.0 kavramı, toplumsal refahın artırılmasına katkıda bulunarak sürdürülebilir gelişimi hızlandırmada büyük bir potansiyel taşımaktadır. Nesnelerin interneti, 3D baskı ve akıllı dijital çözümler gibi Endüstri 4.0'ın temel taşı olan teknolojilerle donatılmış bu yaklaşım, atık miktarını düşürme, geri dönüşümü teşvik etme ve doğal kaynak kullanımını asgariye indirerek çevresel etkileri azaltma hedeflerini benimsemektedir. Sürdürülebilirlik 4.0'ın etkili bir şekilde uygulanabilmesi için, ürün tasarımından üretim ekipmanlarına, iş süreçlerinden tedarik zincirine ve yeniliğe kadar geniş bir yelpazede faktörlerden yararlanılması gerekmektedir. Örneğin, 3D baskı teknolojileri kullanılarak enerji tüketimi düşürülerek daha etkin üretim yapılabilmektedir (Javaid vd., 2022).

2.1.3 Sürdürülebilir üretimin ilkeleri

Sürdürülebilir üretim sürecinin esas amacı; atık oluşumunun önüne geçmek, kaynakların etkin kullanımını sağlamak, çevresel tahribatı minimize etmek, ürün kalitesini yükseltmek ve sürdürülebilir yapıları desteklemek şeklinde belirlenmiştir. Bu bağlamda, Lowell Sürdürülebilir Üretim Merkezi, sürdürülebilirliği dokuz ana ilke çerçevesinde tanımlamıştır. Veleva ve Ellenbecker (2001) tarafından belirtilen bu ilkeler şunlardır:

- Ürünler ve hizmetler, çevresel zarar vermeden yaşam döngüleri boyunca tasarlanmalıdır.
- Atıklar ile ekolojik açıdan uyumsuz materyaller sürekli olarak azalacak, yok edilecek ya da geri dönüştürülecek şekilde yönetilmelidir.
- İnsan sağlığına ve çevreye potansiyel risk taşıyan kimyasal maddelerin kullanımı mümkün olduğunca elimine edilmelidir.
- Enerji ve malzeme kullanımı korunmalı, seçilen enerji ve malzemeler belirlenen sürdürülebilirlik hedefleri doğrultusunda olmalıdır.
- İş yerleri, kimyasal, fiziksel ve ergonomik riskleri minimize edecek veya

tamamen ortadan kaldıracak biçimde düzenlenmelidir.

- İş süreçleri, çalışanların verimliliğini ve yaratıcılığını destekleyecek şekilde organize edilmelidir.
- Çalışanların yetkinliklerinin ve kapasitelerinin sürekli geliştirilmesi, güvenliklerinin ve refahlarının sağlanması öncelikli tutulmalıdır.
- Ürün yaşam döngüsünün her evresinde etkilenen topluluklara saygı gösterilerek, bu toplulukların her açıdan gelişimi desteklenmelidir.
- Kurumların uzun vadeli ekonomik canlılıkları güçlendirilmelidir.

Lowell Merkezi'nin belirlediği bu dokuz ilke, üretimi daha verimli kılacak stratejiler geliştirmeye ve özellikle zararlı kimyasallar ile atıkların azaltılmasına yönelik odaklanmaya katkıda bulunmaktadır. İş gücünün refahını artırıcı adımların atılmasını teşvik ederken, bu ilkeler aynı zamanda işletme stratejileri, prosedürler ve kurum kültürünün entegre edilmesiyle sürdürülebilir üretimi detaylandırmaktadır (Gürül vd., 2019).

2.1.4 Sürdürülebilir üretimin faydaları

Günümüzde, doğal kaynakların hızla tükenmesi ve çevresel sorunların küresel düzeyde artması yaşanmaktadır. Sürdürülebilir üretim teknikleri aracılığıyla su ve enerji kullanımında azalma sağlanmakta, doğal kaynakların kullanımı optimize edilmekte, işletmelerin verimliliği artırılmakta ve çevreye verilen zarar asgariye indirilmektedir.

Sürdürülebilir üretim yaklaşımları, maliyetleri düşürerek sanayicilere çevre dostu üretim yapma imkanı sunmakta ve bu sayede üretim süreçlerinin etkinliğini artırmaktadır. İşletmelerin rekabet gücünü artırmanın yanı sıra, toplumsal imajlarına olumlu katkılarda bulunarak sosyal ve ekonomik değer yaratmaktadır (Atak ve Fidan, 2014). Sürdürülebilir üretim uygulamalarının getirdiği avantajlar, toplumsal, ekonomik ve çevresel boyutlar açısından aşağıda belirtilen şekilde ele alınabilmektedir (REC vd., 2017).

Çevresel Yararlar: Doğal varlıkların etkin kullanımı, atıkların azaltılması ve tehlike arz eden maddelerin düşürülmesi, sürdürülebilir üretim tekniklerinin benimsenmesiyle hem insan sağlığına hem de doğaya olan zararlı etkilerin minimize edilmesine katkıda bulunmaktadır. Mevzuatlara uyum sağlama ve gelecekteki

düzenlemelere adapte olma kapasitesi, sürdürülebilir üretim yaklaşımlarını benimseyen kuruluşlara önemli bir üstünlük sağlamaktadır.

Ekonomik Yararlar: Sürdürülebilir üretim tekniklerinin uygulanmasının başlıca faydası, kaynakların daha verimli kullanılmasıdır. Kirliliğin kaynağında azaltılması ve geri dönüşüm faaliyetlerinin artırılması, üretim girdileri olan hammadde, su ve enerjinin daha az tüketilmesiyle doğal kaynakların korunmasına katkı sunmaktadır. Bu durum, suyun, hammaddenin ve enerjinin daha etkin kullanımıyla üretim maliyetlerinin düşürülmesine ve dolayısıyla işletmelerin kar marjlarının yükseltilmesine imkan tanımaktadır.

Sosyal Yararlar: Çevresel standartları içine alan stratejiler, şirketlerin itibarını güçlendirerek rekabetçi bir üstünlük kazandırmaktadır. Şirketlerin çevreye olan duyarlılıkları arttıkça, iş kazalarının önlenmesi ve çalışanların toksik maddelere maruziyetinin azaltılması gibi iyileştirilmiş çalışma şartları sağlanmaktadır. Sürdürülebilir üretim anlayışını benimseyen ve bu yönde adımlar atan, topluma ve çevreye karşı sorumlu kuruluşlarda çalışan bireyler, bu kuruluşların bir parçası olma hissiyle motive olmakta ve işlerine daha fazla özveriyle yaklaşmaktadırlar.

Sürdürülebilir üretim yaklaşımı, iç süreçlerin optimizasyonu, süreç verimliliği konusundaki son gelişmelere adaptasyon ve çalışma şartlarının geliştirilmesi yoluyla işletmelerin gelişimini desteklemektedir. Bu yaklaşım, üretim sürecinin her aşamasını dikkate alan ve belirlenen hedeflerin ötesine geçmeyi amaçlayan bir yönetim politikası gerektirmektedir. İşletmeler, sürdürülebilir üretim stratejisi sayesinde aşağıdaki kazanımlara ulaşabilmektedir (Gürül, 2019):

- Yeniden kullanıma veya geri dönüşüme dayalı değerli yan ürünlerin veya malzemelerin üretimi,
- Atık hacminin düşürülmesi,
- Sera gazı salınım miktarlarının düşürülmesi,
- İş sağlığı ve güvenliği şartlarının geliştirilmesi,
- Maliyetlerin düşürülmesi,
- Bakım ihtiyaçlarının minimize edilmesi,
- Milli ve uluslararası mevzuatlara uygunluk,

- İşgücü ve üretim sürelerinin kısaltılmasıdır.

2.1.5 Sürdürülebilir üretimin önündeki engeller

Sürdürülebilir üretimin hayata geçirilmesi sürecinde, işletmeler bazı zorluklarla yüz yüze gelmektedirler. Bu zorluklar, sürdürülebilirlik göstergelerinin üretim sistemlerinde açık bir şekilde tanımlanmamasından kaynaklanmaktadır. Ekonomik ve temel üretim organizasyonları standartları net olarak ifade edilmekteyken, sosyal faktörler olarak kabul edilen çalışan eğitimi, kültürel etkinliklere katılım ve çevresel faktörler olarak değerlendirilen yenilenebilir enerji kullanımı, yeşil ürünler gibi unsurlar bazı işletmeler tarafından maliyetli bulunmakta ve bu nedenle üretim süreçlerine dahil edilmemektedir.

Ayrıca işletmeler, rekabetin yoğun olduğu pazarlarda maliyetleri düşürme ve kaliteyi artırma baskısı altında sürekli bir iyileştirme çabası içerisindeyler. Bu durum, düşük kar marjları sebebiyle sürdürülebilir üretime ekonomik açıdan ciddi zararlar verebilmektedir (Bhanot vd., 2016).

Özellikle gelişmekte olan veya az gelişmiş ülkelerde, teknolojik ve ekonomik kısıtlamalar çevre politikalarının uygulanmasını güçleştirmektedir. Sürdürülebilir üretimle ilgili bilgi, kaynak ve motivasyon eksikliği, standartlaşmış kriterlerin ve çevre yasalarının olmaması gibi faktörler, bu tür işletmeler için engeller oluşturmaktadır. İşletmeler, insan kaynakları ve araştırma-geliştirme bölümleri kurarak çalışanların tamamının sürdürülebilir üretim konusunda bilinçlenmesini sağlamalıdır.

Gürül (2019), sürdürülebilir üretimi etkileyen engelleri üç temel kategori altında toplamaktadır:

Mali durum: İşletmelerin sürdürülebilirlik yönünden gelişimini kısıtlayan finansal kaynak eksikliği önemli bir faktördür. Sıkça, şirketlere sürdürülebilirlik girişimlerini hayata geçirebilmeleri adına pahalı standartlar önerilmektedir. Ancak, maliyetleri düşürme çabası içinde düşük kaliteli alternatiflerin seçilmesi, zaman ve finansal kaynak israfına ve sistemsel problemlere sebebiyet verebilmektedir. Öte yandan, çevre dostu projeler gibi yeşil girişimler için yeterli fon ve kredilerin bulunmaması ve sürdürülebilir teknolojilerin ilk etapta yüksek maliyete sahip olması ekonomik zorlukları beraberinde getirmektedir.

Teknolojik altyapı: Bilgi ağlarının yetersizliği, sürdürülebilir üretim için bir engel olarak karşımıza çıkmaktadır. Mevcut teknolojiler kullanılarak yapılan uygulamalar, piyasa trendleri ve tedarik zinciri boyunca etkin bir bilgi akışının sağlanmasında güçlükler yaşanmaktadır.

Davranışsal faktörler: Toplumun genel bakış açısından, sürdürülebilir üretim ve tüketim alışkanlıklarının benimsenmesi konusunda paydaşların yeterince motive olmadığı görülmektedir. Bu durum, eğitilmiş personel eksikliği ile daha da karmaşık bir hale gelmektedir. Sürdürülebilir üretim ve ilgili teknolojilere dair bilgilerin değerlendirilmesi, adaptasyonu, geliştirilmesi ve yaygınlaştırılması için gereken insan kaynağı yetersiz kalmaktadır. Bu bağlamda, sürdürülebilir üretim konusunda bilgi verecek eğitmen sayısı da oldukça sınırlıdır (Gürül, 2019).

Özgüner (2022), sürdürülebilir üretimi engelleyen faktörleri sekiz ayrı kategori altında toplamıştır:

1. Yasal zeminin yetersizliği: Mevcut yasaların sürdürülebilir üretim konusunda eksik olması, işletmeler üzerindeki yasal baskının yeterli düzeyde hissedilmemesine yol açmaktadır.

2. Atık yönetimindeki eksiklikler: Üretim süreçleri sırasında ortaya çıkan atıkların bertaraf edilmesi ve çevre dostu ambalajların maliyetleri, atık yönetim sisteminin pahalılığı ile birleşerek ciddi bir engel oluşturmaktadır (Malek ve Desai, 2019).

3. Teknik bilginin sınırlı olması: İşletmelerin sürdürülebilirlik ile ilgili bilgi ve teknoloji eksikliği, yeniden kullanım ve geri dönüşüm süreçlerinin entegrasyonunu karmaşık hale getirmektedir. Bu engeller, sivil toplum kuruluşları ve diğer kurumlarla işbirliği yaparak aşılabılır (Malek ve Desai, 2019).

4. Paydaş farkındalığının düşük olması: Yöneticiler, çalışanlar, tasarımcılar, girişimciler ve tüketiciler dahil tüm paydaşların sosyal ve çevresel sorumluluk konularında yetersiz bilince sahip olmalarıdır.

5. Yönetimdeki eksiklikler: Sürdürülebilir üretimin uygulanması için gereken finansmanın yöneticiler tarafından sağlanmamasıdır.

6. Finansal engeller: Özellikle gelişmekte olan ülkelerde temiz teknolojiye yatırım için yeterli fonun bulunmaması, laboratuvar ve kontrol ekipmanlarındaki

eksiklikler ve enerji tasarrufu için gerekli yüksek maliyetler finansal zorluklar olarak öne çıkmaktadır (Bhandari vd., 2019).

7. Proaktif stratejilerin eksikliği: Projelerin başlangıç aşamasındaki hazırlık noksanlığı ve etkili bir iş modelinin geliştirilememesi sorunlarıdır.

8. Eğitimli personel eksikliği: Çalışanların sürdürülebilir üretim konusunda kurumsal bilinçten yoksun olmaları, bu alanda karşılaşılan önemli bir engeldir.

2.1.6 Sürdürülebilir üretim göstergeleri

Sürdürülebilir üretim, hem çevresel hem ekonomik hem de sosyal boyutları içeren geniş bir kavram olarak tanımlanmaktadır. Bu bağlamda, sürdürülebilir üretim göstergeleri, üretim sistemlerinin sürdürülebilirlik performansını ölçmek ve izlemek için kullanılan önemli araçlar arasında yer almaktadır. Bu göstergeler, üretim süreçlerinin çevresel, ekonomik ve sosyal etkilerini değerlendirmekte ve iyileştirme alanlarını belirlemekte kullanılmaktadır (Veleva ve Ellenbecker, 2001).

2.1.6.1 Çevresel göstergeler

Çevresel göstergeler, doğal kaynakların kullanımı, enerji tüketimi, malzeme kullanımı, atık ve emisyon yönetimi gibi konuları kapsamaktadır. Bu göstergeler, üretim süreçlerinin çevresel etkilerini ölçmekte ve azaltmak için stratejiler geliştirmekte kullanılmaktadır.

- Doğal Kaynaklar: Doğal kaynakların sürdürülebilir kullanımı, üretim süreçlerinin çevresel sürdürülebilirliği açısından kritik öneme sahiptir. Örneğin, arazi kullanımı ve su tüketimi gibi göstergeler, üretim süreçlerinin doğal kaynaklar üzerindeki etkisini değerlendirmektedir (Veleva ve Ellenbecker, 2001).
- Enerji: Yenilenebilir enerji kullanımı ve enerji verimliliği, sürdürülebilir üretim için önemli göstergeler arasında yer almaktadır. Enerji kayıplarının azaltılması, enerji kullanımının optimize edilmesi ile sağlanmaktadır (Krajnc ve Glavic, 2004).
- Malzeme Kullanımı: Malzeme kullanım oranları, hurda oranı ve paketleme malzemesi kullanımı gibi göstergeler, üretim süreçlerinin malzeme verimliliğini ölçmektedir (Azapagic, 2003).

- Atık ve Emisyonlar: Katı atık miktarı, tehlikeli atıkların ağırlığı ve CO2 emisyonları gibi göstergeler, üretim süreçlerinin çevresel etkilerini değerlendirmektedir (Hussey vd., 2001).

2.1.6.2 Ekonomik göstergeler

Ekonomik göstergeler, finansal performans, operasyon yönetimi ve paydaş ilişkileri gibi konuları içermektedir. Bu göstergeler, işletmelerin ekonomik sürdürülebilirliğini sağlamaya yönelik stratejiler geliştirmelerine yardımcı olmaktadır.

- İşletme ve Finans: Kâr, kârlılık ve diğer finansal göstergeler, sürdürülebilirlik performansının ekonomik boyutunu değerlendirmektedir (Kaplan ve Norton, 2005).
- Çalışanlar: Çalışan başına katma değer (verimlilik) ve istihdam maliyetleri gibi göstergeler, işletmelerin ekonomik sürdürülebilirliğini artırmak için kullanılmaktadır (Hudson vd., 2001).
- Müşteri: Müşteri şikayet oranı ve yeni müşteri sayısı gibi göstergeler, işletmelerin müşteri memnuniyetini ve pazar payını değerlendirmektedir (Michaelis, 2003).
- Üretim Operasyonu: Toplam Ekipman Verimliliği (OEE) ve üretkenlik gibi göstergeler, üretim süreçlerinin verimliliğini ölçmektedir (Corrales vd., 2020).

2.1.6.3 Sosyal göstergeler

Sosyal göstergeler, iş sağlığı ve güvenliği, eğitim ve eğitim, işçi-işveren ilişkileri ve eşit fırsatlar gibi konuları kapsamaktadır. Bu göstergeler, işletmelerin sosyal sürdürülebilirliğini sağlamaya yönelik stratejiler geliştirmelerine yardımcı olmaktadır.

- Sağlık ve Güvenlik: İş kazaları sayısı ve iş kaynaklı hastalıklar nedeniyle devamsızlık gibi göstergeler, iş sağlığı ve güvenliği performansını değerlendirmektedir (Taibi vd., 2021).

- Eğitim ve Eğitim: Çalışan başına eğitim saatleri ve iyileştirme gruplarına katılım oranı gibi göstergeler, işletmelerin eğitim ve gelişim faaliyetlerini değerlendirmektedir (Labuschagne vd., 2003).
- Çeşitlilik ve Eşit Fırsatlar: Kadın-erkek oranları ve çapraz fonksiyonel ekipler gibi göstergeler, işletmelerin çeşitlilik ve eşit fırsatlar konusundaki performansını değerlendirmektedir (Abiew vd., 2022).

2.1.7 Sürdürülebilir üretimin boyutları

Sürdürülebilir üretim, günümüzün üretim organizasyonlarının karşı karşıya kaldığı önemli bir strateji olarak öne çıkmaktadır. Bu strateji, doğal kaynakların tükenmesi, ekonomik durgunluk, insanların daha yüksek yaşam kalitesi arayışı ve daha sıkı düzenlemeler gibi bir dizi artan zorlukla başa çıkmayı amaçlamaktadır (Eslami vd., 2018). Sürdürülebilir üretim, çevresel etkileri en aza indiren, enerji ve kaynak verimliliğini artıran, minimum atık üreten, operasyonel personelin sağlığını koruyan ve/veya iyileştiren, ürün ve süreç kalitesini koruyan ve genel yaşam döngüsü maliyet faydaları sağlayan ürün, süreç ve sistem seviyelerinde gösterilmelidir (Jawahir, Badurdeen ve Rouch, 2014).

2.1.7.1 Çevresel boyut

Çevresel boyut, sürdürülebilirliğin en çok odaklanılan ve üzerine en çok araştırma yapılan boyutlarından biridir. Üretim süreçlerinin çevresel etkilerini ölçmek ve yönetmek için enerji, malzeme, su ve diğer kaynakların kullanımı gibi çeşitli alt boyutlar dikkate alınmaktadır (Mani vd., 2016). Çevresel boyut, emisyonlar, kirlilik, kaynak tüketimi ve biyolojik çeşitlilik gibi ana kategorilerde ele alınmaktadır. Örneğin, üretim süreçlerinden kaynaklanan emisyonlar, atık enerji ve atık su gibi yan ürünler içermektedir. Kirlilik, üretim süreçleri veya organizasyonlar tarafından çevreye salınan zararlı maddeleri ifade etmektedir. Kaynaklar, hammadde, tüketim araçları, enerji ve ambalaj malzemeleri gibi üretim süreçlerinde kullanılan tüm girdileri kapsamaktadır (Joung vd., 2013).

Sürdürülebilir üretim, çevresel etkileri en aza indirmek amacıyla enerji tüketimini ve verimliliğini artırmayı hedeflemektedir. Örneğin, enerji tüketimi ve emisyonlar, sürdürülebilirliğin önemli göstergeleri olarak kabul edilmektedir. Enerji

verimliliği ve emisyon azaltma stratejileri, sürdürülebilir üretim uygulamalarının temel unsurları arasında yer almaktadır (Smith ve Ball, 2012).

2.1.7.2 Ekonomik boyut

Çevresel boyut, sürdürülebilirliğin en çok odaklanılan ve üzerine en çok araştırma yapılan boyutlarından biridir. Üretim süreçlerinin çevresel etkilerini ölçmek ve yönetmek için enerji, malzeme, su ve diğer kaynakların kullanımı gibi çeşitli alt boyutlar dikkate alınmaktadır (Mani vd., 2016). Çevresel boyut, emisyonlar, kirlilik, kaynak tüketimi ve biyolojik çeşitlilik gibi ana kategorilerde ele alınmaktadır. Örneğin, üretim süreçlerinden kaynaklanan emisyonlar, atık enerji ve atık su gibi yan ürünler içermektedir. Kirlilik, üretim süreçleri veya organizasyonlar tarafından çevreye salınan zararlı maddeleri ifade etmektedir. Kaynaklar, hammadde, tüketim araçları, enerji ve ambalaj malzemeleri gibi üretim süreçlerinde kullanılan tüm girdileri kapsamaktadır (Joung vd., 2013).

Sürdürülebilir üretim, çevresel etkileri en aza indirmek amacıyla enerji tüketimini ve verimliliğini artırmayı hedeflemektedir. Örneğin, enerji tüketimi ve emisyonlar, sürdürülebilirliğin önemli göstergeleri olarak kabul edilmektedir. Enerji verimliliği ve emisyon azaltma stratejileri, sürdürülebilir üretim uygulamalarının temel unsurları arasında yer almaktadır (Smith ve Ball, 2012).

2.1.7.3 Sosyal boyut

Sosyal boyut, sürdürülebilirliğin en karmaşık ve ölçülmesi en zor boyutlarından biridir. Sosyal sürdürülebilirlik, çalışanların, müşterilerin ve toplumun refahını ölçmeyi amaçlamaktadır. Bu boyut, çalışanların sağlığı ve güvenliği, müşteri memnuniyeti, topluluk ilişkileri ve sosyal politika uyumu gibi alt boyutlarla değerlendirilmektedir (Huang ve Badurdeen, 2017).

Sosyal sürdürülebilirlik, üretim organizasyonlarının topluma ve çalışanlarına karşı sorumluluklarını yerine getirmeyi hedeflemektedir. Çalışanların sağlığı ve güvenliği, sosyal sürdürülebilirliğin önemli bir göstergesi olarak kabul edilmektedir. Ayrıca, müşteri memnuniyeti ve topluluk ilişkileri de sosyal sürdürülebilirlik stratejilerinin temel unsurları arasında yer almaktadır (Krajnc ve Glavič, 2005).

2.2 İş Süreçlerinde Verimlilik

2.2.1 Süreç Değerlendirme

Süreç değerlendirme, işletmelerin mevcut süreçlerinin performansını analiz etmek ve iyileştirme alanlarını belirlemek amacıyla gerçekleştirilen sistematik bir yaklaşımdır. Bu değerlendirme, işletmelerin verimliliğini artırmak ve rekabet avantajı sağlamak için önemli bir rol oynamaktadır (Çağlıyan, 2022).

Süreç değerlendirme, genellikle dört ana aşamadan oluşmaktadır: süreçlerin tanımlanması, veri toplama, analiz ve raporlama. İlk aşama olan süreçlerin tanımlanması, işletmenin tüm süreçlerinin ayrıntılı bir şekilde dökümanite edilmesini içermektedir. Bu aşamada, süreçlerin başlangıç ve bitiş noktaları, süreç sahipleri ve süreç adımları belirlenmektedir (McGill vd., 2020).

Veri toplama aşamasında, süreç performansını ölçmek için gerekli olan veriler toplanmaktadır. Bu veriler, genellikle süreç zamanları, maliyetler, hata oranları ve müşteri memnuniyeti gibi metrikleri içermektedir. Veri toplama yöntemleri arasında gözlem, anketler, mülakatlar ve mevcut kayıtların incelenmesi bulunmaktadır (Bağ vd., 2020).

Analiz aşamasında, toplanan veriler kullanılarak süreçlerin performansı değerlendirilmektedir. Bu değerlendirme, süreçlerin etkinliği ve verimliliği hakkında bilgi sağlamaktadır. Analiz sırasında, süreçlerin güçlü yönleri ve iyileştirme gerektiren alanları belirlenmektedir. Ayrıca, süreçlerin performansını etkileyen faktörler de incelenmektedir (Rahman vd., 2020).

Son aşama olan raporlama, süreç değerlendirme sonuçlarının ilgili paydaşlarla paylaşılmasını içermektedir. Bu raporlar, işletme yöneticilerine süreçlerin mevcut durumu hakkında bilgi vermekte ve iyileştirme önerileri sunmaktadır. Raporlama, aynı zamanda süreç performansının izlenmesi ve sürekli iyileştirme çabalarının desteklenmesi için de önemlidir (Çağlıyan, 2022).

Süreç değerlendirme, işletmelerin verimliliklerini artırmak ve rekabet avantajı sağlamak için önemli bir araçtır. Bu değerlendirme, işletmelerin mevcut süreçlerini daha iyi anlamalarına ve iyileştirme fırsatlarını belirlemelerine yardımcı olmaktadır. Ayrıca, süreç değerlendirme, işletmelerin stratejik hedeflerine ulaşmalarına katkıda bulunmaktadır (McGill vd., 2020).

2.2.2 Süreç iyileştirme

Süreç iyileştirme, organizasyonların mevcut iş süreçlerini analiz ederek daha verimli, etkili ve müşteri odaklı hale getirme çabalarını içermektedir. Bu süreç, mevcut iş akışlarının detaylı bir şekilde incelenmesi ve iyileştirilmesi gereken alanların belirlenmesi ile başlamaktadır. Süreç iyileştirme, organizasyonların rekabet avantajı elde etmeleri ve sürdürülebilir büyümeyi sağlamaları açısından kritik bir öneme sahiptir (Bag vd., 2020).

Süreç iyileştirme çalışmalarında ilk adım, mevcut süreçlerin performansının değerlendirilmesi ve iyileştirme fırsatlarının belirlenmesidir. Bu değerlendirme, genellikle veri toplama, analiz ve ölçümleme teknikleri kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Süreçlerin performansı, belirlenen anahtar performans göstergeleri (KPI'lar) ile ölçülmekte ve bu göstergeler üzerinden iyileştirme alanları tespit edilmektedir (McGill vd., 2020).

Süreç iyileştirme, genellikle birkaç temel adımdan oluşmaktadır. Bu adımlar, süreçlerin mevcut durumunun analizi, iyileştirme hedeflerinin belirlenmesi, iyileştirme stratejilerinin geliştirilmesi ve uygulama sürecini içermektedir. Bu bağlamda, süreç iyileştirme metodolojileri, organizasyonların ihtiyaçlarına göre özelleştirilebilmektedir. Six Sigma ve Lean gibi metodolojiler, süreç iyileştirme çalışmalarında yaygın olarak kullanılmaktadır (George, 2002).

Süreç iyileştirme çalışmalarının başarılı olabilmesi için, organizasyon genelinde bir kültür değişiminin sağlanması gerekmektedir. Çalışanların süreç iyileştirme çalışmalarına aktif olarak katılımı ve iyileştirme çabalarının sürekli hale getirilmesi, başarı için kritik faktörler arasında yer almaktadır (Çağlıyan, 2022). Ayrıca, üst yönetimin desteği ve liderliği, süreç iyileştirme çalışmalarının başarısını doğrudan etkilemektedir (Ali vd., 2021).

Süreç iyileştirme çalışmaları, organizasyonların maliyetlerini azaltmalarına, kaliteyi artırmalarına ve müşteri memnuniyetini yükseltmelerine yardımcı olmaktadır. Örneğin, bir üretim hattında yapılan süreç iyileştirme çalışmaları sonucunda, üretim süresinin kısaldığı ve hata oranlarının azaldığı gözlemlenmektedir (Alzoubi vd., 2022). Benzer şekilde, hizmet sektöründe yapılan süreç iyileştirme çalışmaları, müşteri hizmetlerinin hızlanmasına ve müşteri memnuniyetinin artmasına katkıda bulunmaktadır (Supriyanto vd., 2021).

2.2.3 Süreç iyileştirmenin önemi ve faydaları

Günümüzün dinamik ve rekabetçi iş dünyasında, organizasyonlar sürekli olarak değişen müşteri taleplerine uyum sağlamak, operasyonel mükemmelliği yakalamak ve sürdürülebilir başarıyı elde etmek için yenilikçi yöntemler aramaktadır. Bu bağlamda, süreç iyileştirme, organizasyonların verimliliklerini, etkililiklerini ve rekabet güçlerini artırmalarını sağlayan önemli bir yönetim stratejisi olarak öne çıkmaktadır (Bag vd., 2020).

Süreç iyileştirme, bir organizasyonun ürünlerini veya hizmetlerini müşterilerine ulaştırmak için kullandığı süreçlerin analiz edilmesi, yeniden tasarlanması ve optimize edilmesi sürecidir. Bu süreç, mevcut süreçlerin performansını değerlendirmeyi, darboğazları ve verimsizlikleri belirlemeyi ve iyileştirme fırsatlarını ortaya çıkarmayı içermektedir (McGill vd., 2020).

Süreç iyileştirme; organizasyonların rekabet gücünü artırmak, maliyetlerini azaltmak, kaliteyi yükseltmek ve müşteri memnuniyetini artırmak gibi birçok kritik faktörü kapsamı nedeniyle önem taşımaktadır. Süreç iyileştirme çalışmaları, organizasyonların sürdürülebilir başarıya ulaşmalarında ve piyasa lideri konumlarını korumalarında vazgeçilmez bir araç olarak görülmektedir (Çağlıyan, 2022).

Süreç iyileştirmenin organizasyonlara sağladığı yararları aşağıdaki gibi sıralamak mümkündür.

- **Maliyetlerin Azaltılması:** Süreç iyileştirme çalışmaları, organizasyonların operasyonel maliyetlerini önemli ölçüde azaltmalarını sağlamaktadır. Verimsiz süreçlerin ortadan kaldırılması ve kaynakların daha etkin kullanılması, maliyet tasarrufu sağlamaktadır (Bag vd., 2020). Örneğin, üretim süreçlerinde yapılan iyileştirmeler, gereksiz adımların ve atıkların azaltılmasına katkıda bulunmakta ve bu sayede maliyetler düşmektedir (Alzoubi vd., 2022).
- **Verimliliğin Artırılması:** Süreç iyileştirme, iş süreçlerinin daha hızlı ve daha etkili bir şekilde gerçekleştirilmesini sağlamaktadır. İyileştirilmiş süreçler, iş akışını hızlandırmakta ve çalışanların zamanını daha verimli kullanmalarına olanak tanımaktadır (McGill vd., 2020). Bu durum, organizasyonların daha kısa sürede daha fazla iş yapabilmelerini ve böylece verimliliklerini artırmalarını mümkün kılmaktadır (George, 2002).

- Kalitenin Yükseltilmesi: Süreç iyileştirme çalışmaları, ürün ve hizmet kalitesinin artırılmasına doğrudan katkı sağlamaktadır. İyileştirilmiş süreçler, hata oranlarını azaltmakta ve kalite standartlarının yükseltilmesine olanak tanımaktadır (Ali vd., 2021). Bu durum, müşteri beklentilerinin daha iyi karşılanmasını ve müşteri memnuniyetinin artmasını sağlamaktadır (Supriyanto vd., 2021).
- Müşteri Memnuniyetinin Artırılması: Süreç iyileştirme, müşteri odaklı bir yaklaşım benimseyerek müşteri memnuniyetini artırmaktadır. İyileştirilmiş süreçler, müşterilere daha hızlı ve daha kaliteli hizmet sunulmasını sağlamakta ve müşteri deneyimini olumlu yönde etkilemektedir (Çağlıyan, 2022). Bu durum, müşteri sadakatini artırmakta ve organizasyonların uzun vadeli başarısını desteklemektedir (Bag vd., 2020).
- Çalışan Memnuniyetinin Artırılması: Süreç iyileştirme çalışmaları, çalışanların iş süreçlerine aktif katılımını teşvik etmekte ve onların iş memnuniyetini artırmaktadır. İyileştirilmiş süreçler, çalışanların iş yükünü azaltmakta ve onların daha anlamlı ve değerli işler yapmalarına olanak tanımaktadır (George, 2002). Bu durum, çalışanların motivasyonunu artırmakta ve organizasyon içindeki genel iş atmosferini iyileştirmektedir (McGill vd., 2020).
- Rekabet Gücünün Artırılması: Süreç iyileştirme, organizasyonların piyasa koşullarına daha hızlı uyum sağlamalarına ve rekabet avantajı elde etmelerine yardımcı olmaktadır. İyileştirilmiş süreçler, organizasyonların daha esnek ve dinamik olmalarını sağlamakta ve değişen piyasa koşullarına hızlı bir şekilde yanıt verebilmelerine olanak tanımaktadır (Alzoubi vd., 2022). Bu durum, organizasyonların rekabet gücünü artırmakta ve piyasa lideri konumlarını korumalarını sağlamaktadır (Bag vd., 2020).
- İnovasyonun Teşvik Edilmesi: Süreç iyileştirme çalışmaları, organizasyonların yenilikçi çözümler geliştirmelerine ve sürekli olarak iyileşme çabalarını sürdürmelerine olanak tanımaktadır. İyileştirilmiş süreçler, organizasyonların inovasyon kapasitelerini artırmakta ve yeni ürün ve hizmetlerin geliştirilmesine katkıda bulunmaktadır (McGill vd., 2020). Bu

durum, organizasyonların uzun vadeli başarılarını ve sürdürülebilir büyümelerini desteklemektedir (Supriyanto vd., 2021).

2.2.4 Süreç iyileştirmede karşılaşılan sorunlar

Süreç iyileştirme, organizasyonların verimliliklerini artırmak ve rekabet avantajı elde etmek amacıyla gerçekleştirdikleri önemli bir faaliyet olmasına rağmen, bu süreçte çeşitli sorunlarla karşılaşmaktadır. Süreç iyileştirme çalışmaları, planlama aşamasından uygulama ve değerlendirme aşamasına kadar birçok farklı sorunla karşı karşıya kalmaktadır. Aşağıda, süreç iyileştirme çalışmalarında karşılaşılan başlıca sorunlar ele alınmaktadır.

- **Kültürel Direnç:** Süreç iyileştirme çalışmalarında en sık karşılaşılan sorunlardan biri, organizasyon içindeki kültürel direnci aşmaktır. Çalışanlar, alışık oldukları iş yapma biçimlerini değiştirmek konusunda isteksiz olabilmektedir. Bu durum, süreç iyileştirme çalışmalarının başarısını olumsuz yönde etkilemektedir (Bağ vd., 2020). Kültürel direnç, değişim yönetimi stratejilerinin etkin bir şekilde uygulanmasını gerektirmektedir (Dempsey vd., 2021).
- **Yetersiz Yönetim Desteği:** Süreç iyileştirme çalışmalarının başarılı olabilmesi için üst yönetimin desteği ve liderliği büyük önem taşımaktadır. Ancak, bazı durumlarda üst yönetim, süreç iyileştirme çalışmalarına yeterli önemi vermemekte veya gerekli kaynakları sağlamamaktadır. Bu durum, iyileştirme çabalarının başarısız olmasına neden olabilmektedir (Ali vd., 2021).
- **Kaynak Yetersizliği:** Süreç iyileştirme çalışmaları, zaman, insan kaynağı ve finansal kaynaklar gibi çeşitli kaynakların etkin bir şekilde kullanılmasını gerektirmektedir. Ancak, bazı organizasyonlar, süreç iyileştirme çalışmalarına yeterli kaynak ayıramamaktadır. Bu durum, iyileştirme projelerinin tamamlanmasını zorlaştırmakta ve beklenen sonuçların elde edilmesini engellemektedir (McGill vd., 2020).
- **Yetersiz Eğitim ve Bilinçlendirme:** Süreç iyileştirme çalışmalarının başarılı olabilmesi için çalışanların yeterli bilgi ve beceriye sahip olmaları gerekmektedir. Ancak, bazı organizasyonlar, çalışanlarını süreç iyileştirme konularında yeterince eğitmemektedir. Bu durum, çalışanların iyileştirme

çalışmalarına etkin bir şekilde katılmalarını engellemekte ve iyileştirme çabalarının başarısını olumsuz yönde etkilemektedir (Çağlıyan, 2022).

- **Veri Eksikliği ve Analiz Zorlukları:** Süreç iyileştirme çalışmalarında, mevcut süreçlerin performansını değerlendirmek ve iyileştirme alanlarını belirlemek için doğru ve güncel verilere ihtiyaç duyulmaktadır. Ancak, bazı organizasyonlar, veri toplama ve analiz süreçlerinde sorunlar yaşamaktadır. Veri eksikliği veya yanlış veri analizi, iyileştirme çalışmalarının yanlış yönlendirilmesine ve beklenen sonuçların elde edilememesine neden olabilmektedir (George, 2002).
- **İletişim Eksiklikleri:** Süreç iyileştirme çalışmalarında etkili iletişim, başarının anahtarıdır. Ancak, bazı organizasyonlar, süreç iyileştirme çalışmaları sırasında yeterli iletişimi sağlayamamaktadır. İletişim eksiklikleri, çalışanlar arasında bilgi paylaşımını zorlaştırmakta ve iyileştirme çabalarının koordinasyonunu engellemektedir (Bağ vd., 2020).
- **Değişim Yönetimi Zorlukları:** Süreç iyileştirme çalışmalarının başarılı olabilmesi için değişim yönetimi stratejilerinin etkin bir şekilde uygulanması gerekmektedir. Ancak, bazı organizasyonlar, değişim yönetimi süreçlerinde sorunlar yaşamaktadır. Değişim yönetimi zorlukları, çalışanların yeni süreçlere uyum sağlamalarını zorlaştırmakta ve iyileştirme çalışmalarının başarısını olumsuz yönde etkilemektedir (Dempsey vd., 2021).
- **Sürdürülebilirlik Sorunları:** Süreç iyileştirme çalışmalarının sürdürülebilir olması, uzun vadeli başarı için önem taşımaktadır. Ancak, bazı organizasyonlar, iyileştirme çalışmalarının sürdürülebilirliğini sağlamakta sorunlar yaşamaktadır. Süreç iyileştirme çalışmalarının sürekliliği sağlanamadığında, elde edilen kazanımlar kısa vadeli olabilmekte ve organizasyonlar eski, verimsiz süreçlere geri dönebilmektedir (Supriyanto vd., 2021).

2.2.5 Süreç iyileştirme metodolojisi

Süreç iyileştirme, işletmelerin rekabet avantajı sağlamak ve müşteri memnuniyetini artırmak için önem arz eden bir yaklaşımdır (Dumas vd., 2018). Etkili bir süreç iyileştirme metodolojisi, sistematik adımları takip ederek süreçlerin

performansını optimize etmeyi amaçlamaktadır. Bu bölümde, süreç iyileştirme metodolojisinin dört temel aşaması olan hazırlık, mevcut durumun değerlendirilmesi, sürecin çözümlenmesi ve iyileştirmenin uygulanması ele alınmaktadır.

2.2.5.1 Hazırlık

Süreç iyileştirme metodolojisinin ilk adımı olan hazırlık aşaması, iyileştirme projesinin kapsamını, hedeflerini ve ekibini belirlemeyi içermektedir (Andersen, 2007). Bu aşamada, iyileştirme fırsatlarının belirlenmesi, proje planının oluşturulması ve gerekli kaynakların tahsis edilmesi gibi faaliyetler gerçekleştirilmektedir. Ayrıca, süreç iyileştirme ekibinin oluşturulması ve eğitilmesi de hazırlık aşamasında yer almaktadır (Bozkurt, 2003).

2.2.5.2 Mevcut durumun değerlendirilmesi

Süreç iyileştirme metodolojisinin ikinci adımı, mevcut süreçlerin performansını ve verimliliğini değerlendirmeyi amaçlamaktadır (Dumas vd., 2013). Bu aşamada, süreç haritalaması, veri toplama ve analiz gibi teknikler kullanılarak mevcut süreçlerin detaylı bir şekilde incelenmesi gerekmektedir. Süreç performans göstergelerinin belirlenmesi ve ölçülmesi, iyileştirme fırsatlarının tespit edilmesine yardımcı olmaktadır (Altuğ ve Nalbant, 2010).

2.2.5.3 Sürecin çözümlenmesi

Mevcut durumun değerlendirilmesinden sonra, sürecin çözümlenmesi aşaması gelmektedir. Bu aşamada, süreçteki darboğazlar, israf ve değer katmayan faaliyetler tespit edilerek iyileştirme alanları belirlenmektedir (Dumas vd., 2018). Kök neden analizi, değer akışı haritalama ve simülasyon gibi teknikler kullanılarak süreçlerdeki problemlerin kaynağı belirlenmekte ve çözüm önerileri geliştirilmektedir (Bozkurt, 2003).

2.2.5.4 İyileştirmenin uygulanması

Süreç iyileştirme metodolojisinin son adımı, geliştirilen çözümlerin uygulanması ve sonuçların izlenmesidir. Bu aşamada, iyileştirme planı hazırlanmakta, gerekli değişiklikler yapılmakta ve yeni süreçler devreye alınmaktadır (Andersen, 2007). Süreç performansının düzenli olarak ölçülmesi ve raporlanması, iyileştirmelerin etkinliğini değerlendirmek ve gerektiğinde düzeltici önlemler almak

için önemlidir. Ayrıca, sürekli iyileştirme kültürünün benimsenmesi ve çalışanların katılımının sağlanması, iyileştirmelerin kalıcı olmasına katkıda bulunmaktadır (Altuğ ve Nalbant, 2010).

2.2.6 Verimlilik

Verimlilik, organizasyonların kaynaklarını en etkili ve verimli şekilde kullanarak maksimum çıktıyı elde etme yeteneğini ifade etmektedir. İş süreçlerinde verimlilik, hem maliyetlerin azaltılması hem de kalite ve müşteri memnuniyetinin artırılması açısından büyük önem taşımaktadır.

Verimlilik, genellikle belirli bir zaman diliminde üretilen çıktı miktarının, bu çıktıyı üretmek için kullanılan girdi miktarına oranı olarak tanımlanmaktadır (Wiech vd., 2020). Yüksek verimlilik, organizasyonların daha az kaynak kullanarak daha fazla ürün veya hizmet üretmelerini sağlamaktadır. Bu durum, maliyetlerin düşürülmesine, karlılığın artırılmasına ve rekabet avantajının elde edilmesine katkıda bulunmaktadır (Islami vd., 2020).

Verimlilik, sadece maliyet ve rekabet avantajı açısından değil, aynı zamanda sürdürülebilirlik ve çevresel etkiler açısından da büyük bir öneme sahiptir. Daha verimli süreçler, kaynak kullanımını optimize etmekte ve atık miktarını azaltmaktadır. Verimliliğin yükselmesi, çevresel sürdürülebilirliği desteklemekte ve organizasyonların çevre üzerindeki olumsuz etkilerini minimize etmektedir (Khan vd., 2020).

Verimliliğin doğru bir şekilde ölçülmesi, organizasyonların performansını değerlendirmeleri ve iyileştirme alanlarını belirlemeleri açısından önem taşımaktadır. Verimlilik ölçümleri, genellikle üretkenlik oranları, maliyet etkinliği, zaman yönetimi ve kalite göstergeleri gibi çeşitli metrikler kullanılarak gerçekleştirilmektedir (Piran vd., 2020).

Üretkenlik oranları, belirli bir zaman diliminde üretilen çıktı miktarının, bu çıktıyı üretmek için kullanılan girdi miktarına oranını ifade etmektedir. Bu oranlar, iş gücü verimliliği, makine verimliliği ve enerji verimliliği gibi farklı kategorilerde ölçülebilmektedir (Yu vd., 2024).

Maliyet etkinliği, belirli bir çıktı miktarının üretilmesi için harcanan maliyetin minimize edilmesini ifade etmektedir. Bu ölçüm, maliyetlerin kontrol altına alınması ve karlılığın artırılması açısından büyük bir öneme sahiptir (Gharaibeh vd., 2022).

Zaman yönetimi, iş süreçlerinin tamamlanma süresinin optimize edilmesini ve iş akışının hızlandırılmasını kapsamaktadır. Zaman yönetimi göstergeleri, süreçlerin verimliliğini artırmak ve müşteri memnuniyetini sağlamak açısından önemli bir rol oynamaktadır (Callula vd., 2024).

Kalite göstergeleri, üretilen ürün veya hizmetlerin kalitesinin değerlendirilmesini ve müşteri beklentilerini karşılama düzeyini ölçmektedir. Yüksek kalite, müşteri memnuniyetini artırmakta ve organizasyonların uzun vadeli başarılarını desteklemektedir (Ali vd., 2021).

Verimliliğin artırılması, organizasyonların rekabet avantajı elde etmeleri ve sürdürülebilir başarıyı yakalamaları için stratejik bir hedef olarak kabul edilmektedir. Verimliliği artırmak için çeşitli yöntemler ve teknikler kullanılmaktadır.

Sürekli İyileştirme (Kaizen): Sürekli iyileştirme, küçük ve sürekli değişikliklerle iş süreçlerinin sürekli olarak geliştirilmesini hedeflemektedir. Kaizen, çalışanların katılımını teşvik etmekte ve organizasyon genelinde bir iyileştirme kültürü oluşturmaktadır (Prayuda, 2020).

Yalın Üretim: Yalın üretim, israfın ortadan kaldırılmasını ve değer akışının optimize edilmesini hedefleyen bir yaklaşımdır. Yalın üretim teknikleri, iş süreçlerinin daha verimli hale getirilmesini ve maliyetlerin azaltılmasını sağlamaktadır (Alzoubi vd., 2022).

Altı Sigma: Altı Sigma, süreçlerin kalitesini artırmak ve hata oranlarını minimize etmek için istatistiksel analizler ve veri odaklı yaklaşımlar kullanan bir metodolojidir. Altı Sigma projeleri, süreç performansını optimize etmek ve müşteri memnuniyetini artırmak amacıyla uygulanmaktadır (Pande, Neuman ve Cavanagh, 2000).

Teknoloji ve Otomasyon: Teknoloji ve otomasyon, iş süreçlerinin hızını ve doğruluğunu artırmak için kullanılmaktadır. Otomasyon sistemleri, insan hatalarını azaltmakta ve süreçlerin daha verimli bir şekilde gerçekleştirilmesini sağlamaktadır (Groover, 2007).

Eğitim ve Gelişim: Çalışanların bilgi ve becerilerini sürekli olarak geliştirmek, verimliliği artırmak için önemli bir faktördür. Eğitim programları, çalışanların yeni teknolojilere ve iř yapma biçimlerine uyum sağlamalarını kolaylaştırmakta ve iř süreçlerinin daha verimli hale gelmesini desteklemektedir (Juliadi vd., 2023).



3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1 Araştırmanın Amacı

Bu çalışmada, torna tezgahı üzerinde gerçekleştirilen iyileştirme çalışmalarının üretim verimliliği üzerindeki etkisi araştırılmaktadır. İyileştirme çalışmaları kapsamında, kesici takımın kesici ucunun yeniden tasarlanması ve üretilmesi gerçekleştirilmiştir. Çalışmada; yeni tasarlanan kesici ucun, torna tezgahının performansını ve üretim verimliliğini ne ölçüde etkilediği incelenmektedir. Ayrıca, iyileştirme çalışmaları öncesi ve sonrası üretim verileri karşılaştırılarak, verimlilikteki artışın sayısal olarak ortaya konulması amaçlanmaktadır.

3.2 Araştırma Sorusu

Araştırmanın amacına yönelik olarak, araştırma sorusu “Kesici takım tasarımında yapılan optimizasyonlar üretim süreçlerinde nasıl bir etkiye bulunur? Bu optimizasyonların sürdürülebilirlik üzerindeki katkıları nelerdir?” olarak belirlenmiştir.

3.3 Araştırma Yöntemi

Bu çalışmada, talaşlı imalat süreçlerinde sürdürülebilir üretim ve iş süreçlerinde verimliliğin artırılmasına yönelik iyileştirme çalışmalarının etkisini incelemek amacıyla nicel bir araştırma yöntemi kullanılmaktadır. Nicel araştırma yöntemleri, sayısal verilerin toplanması ve analiz edilmesi yoluyla araştırma problemlerine sistematik bir yaklaşım sağlamaktadır (Creswell, 2014). Bu çalışmada, deneysel desen kullanılmaktadır. Deneysel desen, bağımsız değişkenlerin manipüle edilmesi ve bağımlı değişkenler üzerindeki etkisinin gözlemlenmesi olarak tanımlanmaktadır (Creswell, 2014). Bu çalışmada, kesici takımın kesici ucunun yeniden tasarlanması ve üretilmesi bağımsız değişkeni oluştururken, torna tezgahının performansı ve üretim verimliliği bağımlı değişkenleri temsil etmektedir.

3.4 Kullanılan Ekipman ve Malzemeler

3.4.1 Torna tezgahı

Bu çalışmada, deneysel düzeneğin temel bileşenlerinden biri olan Tongtai TCS-2500L marka ve modelli torna tezgahı kullanılmaktadır. Torna tezgahları, silindirik iş parçalarının işlenmesinde yaygın olarak kullanılan takım tezgahlarıdır (Groover, 2016). Tongtai TCS-2500L, CNC (Bilgisayarlı Sayısal Kontrol) teknolojisine sahip, yüksek hassasiyetli bir torna tezgahıdır.

Tongtai TCS-2500L torna tezgahına ait görsel Şekil 3.1’de sunulmaktadır.



Şekil 3.1: Tongtai TCS-2500L Torna Tezgahı

Kaynak: Yazar tarafından hazırlanmıştır.

Tezgahın teknik özellikleri Çizelge 3.1’de özetlenmektedir:

Çizelge 3.1: Torna Tezgahı Teknik Özellikleri

Özellik	Değer
Maksimum işleme çapı	320 mm
Maksimum işleme uzunluğu	1000 mm
Ana mil gücü	15 kW
Takım magazin kapasitesi	12 konum
Maksimum ana mil hızı	3500 dev/dak
Konumlandırma hassasiyeti	0,001 mm
CNC kontrol sistemi	Fanuc 0i-TF

Kaynak: Tongtai Resmi Web Sitesi, <https://www.tongtai.com.tw/tcs-2500l>, Erişim: 25 Mayıs 2024.

Tezgahın CNC kontrol sistemi olan Fanuc 0i-TF, kullanıcı dostu arayüzü ve gelişmiş programlama yetenekleri ile işleme süreçlerinin verimli bir şekilde yönetilmesini sağlamaktadır. Ayrıca, tezgah, hızlı takım değiştirme özelliği sayesinde, takım değişim sürelerini minimize ederek üretim verimliliğini artırmaktadır.

Tongtai TCS-2500L torna tezgahı, rijit yapısı ve titreşim sönümlenme özellikleri ile yüksek hassasiyetli işleme operasyonları için uygun teknik özelliklere sahiptir. Tezgahın hidrostatik kızakları ve bilyeli vidalı milleri, yüksek hızlarda dahi hassas konumlandırma ve kararlılık sağlamaktadır (Tongtai, n.d.). Bu özellikler, deneysel çalışmada gerçekleştirilen iyileştirme çalışmalarının etkisinin doğru bir şekilde değerlendirilmesine olanak tanımaktadır.

3.4.2 Kesme takımı

Talaşlı imalat süreçlerinde kullanılan kesme takımları, üretim verimliliği ve ürün kalitesi üzerinde doğrudan etkiye sahiptir. Bu çalışmada, deneysel düzende kullanılan kesme takımı, iyileştirme çalışmalarının odak noktasını oluşturmaktadır. Kesme takımı seçiminde, iş parçasının malzemesi, işleme operasyonunun türü ve kesme parametreleri gibi faktörler dikkate alınmaktadır (Stephenson ve Agapiou, 2016).

Deneysel çalışmada, Altın+Tin kaplamalı Mg12 malzemesinden üretilmiş bir kesici uç kullanılmaktadır. Mg12, magnezyum alaşımlı bir malzemedir ve Altın+Tin kaplama ile yüksek korozyon direnci, aşınma direnci ve iyi termal iletkenlik özellikleri kazanır. Bu özellikleri sayesinde, talaşlı imalat süreçlerinde ve diğer mühendislik uygulamalarında yaygın olarak tercih edilen bir malzemedir (Daroonparvar vd., 2014). Seçilen kesici ucun geometrik özellikleri, kesme performansını doğrudan etkilemektedir. Bu nedenle, kesici ucun geometrik tasarımı, iyileştirme çalışmalarının önemli bir bileşenini oluşturmaktadır.

Kesici ucun geometrik tasarımında, talaş açısı, serbest açısı, eğim açısı ve burun yarıçapı gibi parametreler dikkate alınmaktadır. Bu parametreler, talaş oluşumu, kesme kuvvetleri, yüzey kalitesi ve takım aşınması üzerinde etkili olmaktadır (Davim, 2011). İyileştirme çalışmaları kapsamında, kesici ucun geometrik tasarımı optimize edilerek, kesme performansının artırılması hedeflenmektedir.

Kesici ucun performansını etkileyen bir diğer faktör, takım tutucu sistemidir. Rijit ve kararlı bir takım tutucu sistemi, titreşimleri minimize ederek kesme işleminin hassasiyetini ve verimliliğini artırmaktadır (Stephenson ve Agapiou, 2016). Bu çalışmada, kesici ucun takım tutucu sistemi de iyileştirme çalışmalarının bir parçası olarak ele alınmaktadır.

Çalışmada, torna tezgahında yapılan iyileştirmeden önce kullanılan kesme ucu Şekil 3.2’de, iyileştirme çalışmalarından sonra üretilen kesme ucu ise Şekil 3.3’de sunulmaktadır.



Şekil 3.2: İyileştirme Öncesi Kullanılan Kesme Ucu

Kaynak: Yazar tarafından hazırlanmıştır.



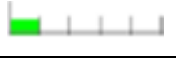









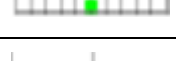













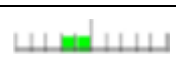








Şekil 3.3: İyileştirme Sonrası Kullanılan Kesme Ucu

Kaynak: Yazar tarafından hazırlanmıştır.



























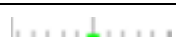






İyileştirme öncesi kullanılan kesme ucuna ait ölçüm raporları Çizelge 3.2’de, iyileştirme sonrası kullanılan kesme ucuna ait ölçüm raporları ise Çizelge 3.3’te sunulmuştur.

Çizelge 3.2: İyileştirme Öncesi Kullanılan Kesme Ucu Ölçüm Raporu

Mitutoyo		Measurement Report						
		Mitutoyo Europe GmbH Borsigstr. 8 - 10 41469 Neuss						
Tarih / Saat : 13.06.2024 / 16:27		4 :						
Operatör Kodu : 340		5 :						
İş Emri : 839		6 :						
3		7 :						
Pos. No	Line El.no	Element Name Characteristic	Nominal	Upper Tol. Lower Tol.	Actual	Deviation Error	Tol. Graphic	
	17 1	DÜZLEMSELLİK Düzlemsellik		0.050 0.000	0.011	0.011		
	108 1	3_SAĞ Mesafe YZ	3.000	0.050 -0.050	2.958	-0.042		
	110 2	3_ÖN Mesafe YZ	3.000	0.050 -0.050	3.028	-0.028		
	112 3	3_SOL Mesafe YZ	3.000	0.050 -0.050	3.064	0.064		
	114 4	3_ARKA Mesafe YZ	3.000	0.050 -0.050	3.021	0.021		
	116 5	6.80_SAĞ Mesafe YZ	6.800	0.100 -0.100	6.798	-0.002		
	118 6	6.80_ÖN Mesafe YZ	6.800	0.100 -0.100	6.796	-0.004		
	120 7	6.80_SOL Mesafe YZ	6.800	0.100 -0.100	6.799	-0.001		
	122 8	6.80_ARKA Mesafe YZ	6.800	0.100 -0.100	6.798	-0.002		
	124 9	39.65_SAĞ Mesafe YZ	39.650	0.050 -0.050	39.645	-0.005		
	126 10	39.65_ÖN Mesafe YZ	39.650	0.050 -0.050	39.645	-0.005		
	128 11	39.65_SOL Mesafe YZ	39.650	0.050 -0.050	39.642	-0.008		
	130 12	39.65_ARKA Mesafe YZ	39.650	0.050 -0.050	39.645	-0.005		
	132 13	42.60_SAĞ Mesafe YZ	42.600	0.050 -0.050	42.581	-0.019		
	134 14	42.60_ÖN Mesafe YZ	42.600	0.050 -0.050	42.580	-0.020		
	136 15	42.60_SOL Mesafe YZ	42.600	0.050 -0.050	42.585	-0.015		

Kaynak: Mitutoyo Europe GmbH. (2024, Haziran 13). Ölçüm Raporu.

Çizelge 3.3: İyileştirme Sonrası Kullanılan Kesme Ucu Ölçüm Raporu

Mitutoyo		Measurement Report							
		Mitutoyo Europe GmbH Borsigstr. 8 - 10 41469 Neuss							
Tarih / Saat		: 20.06.2024 / 01:04		4		:			
Operatör Kodu		: 226		5		:			
İş Emri		: 824-831		6		:			
3				7		:			
	Pos. No	Line El.no	Element Name Characteristic	Nominal	Upper Tol. Lower Tol.	Actual	Deviation Error	Tol. Graphic	
		17 1	DÜZLEMSELLİK Düzlemsellik		0.050 0.000	0.028	0.028		
		108 1	3_SAĞ Mesafe YZ	3.000	0.050 -0.050	2.998	-0.002		
		110 2	3_ÖN Mesafe YZ	3.000	0.050 -0.050	2.994	-0.006		
		112 3	3_SOL Mesafe YZ	3.000	0.050 -0.050	3.000	0.000		
		114 4	3_ARKA Mesafe YZ	3.000	0.050 -0.050	3.000	0.000		
		116 5	6.80_SAĞ Mesafe YZ	6.800	0.100 -0.100	6.796	-0.004		
		118 6	6.80_ÖN Mesafe YZ	6.800	0.100 -0.100	6.785	-0.015		
		120 7	6.80_SOL Mesafe YZ	6.800	0.100 -0.100	6.800	0.000		
		122 8	6.80_ARKA Mesafe YZ	6.800	0.100 -0.100	6.800	0.000		
		124 9	39.65_SAĞ Mesafe YZ	39.650	0.050 -0.050	39.656	0.006		
		126 10	39.65_ÖN Mesafe YZ	39.650	0.050 -0.050	39.661	0.011		
		128 11	39.65_SOL Mesafe YZ	39.650	0.050 -0.050	39.643	-0.007		
		130 12	39.65_ARKA Mesafe YZ	39.650	0.050 -0.050	39.664	0.014		
		132 13	42.60_SAĞ Mesafe YZ	42.600	0.050 -0.050	42.608	0.008		
		134 14	42.60_ÖN Mesafe YZ	42.600	0.050 -0.050	42.614	0.014		
		136 15	42.60_SOL Mesafe YZ	42.600	0.050 -0.050	42.605	0.005		

Kaynak: Mitutoyo Europe GmbH. (2024, Haziran 20). Ölçüm Raporu.

İyileştirme sonrası kullanılan kesme ucuna ait teknik çizim Şekil 3.4'te sunulmuştur.

deneysel çalışmanın gereksinimleri ve tezgahın kapasitesi dikkate alınarak seçilmiştir. Geometrik toleranslar, yüzey pürüzlülüğü ve boyutsal doğruluk gibi faktörler, iş parçasının tasarımında dikkate alınmaktadır (Henzold, 2006).

3.5 Verilerin Toplanması ve Analizi

Deneysel çalışmalar sırasında, torna tezgahından devir hızı, kesme derinliği, ilerleme miktarı ve paso verileri toplanmıştır. Çalışmada bir vardiya süresi 8 saattir.

Toplanan veriler kullanılarak, aşağıda sunulan formüller yardımıyla çeşitli performans ve verimlilik göstergeleri hesaplanmıştır (Groover, 2016; TEMAK, 2021; Makineteknik, n.d.; Sandvik Coromant, n.d.; Talaşlı İmalat, n.d.):

İlerleme hızı (V_f):

$$V_f = f \times n \quad (3.1)$$

Burada; V_f ilerleme hızı (mm/dk), f : İlerleme miktarı (mm/dev), n : Devir hızı (dev/dak).

Kesme hızı (V_c):

$$V_c = (\pi \times D \times n)/1000 \quad (3.2)$$

Burada; V_c : kesme hızı (m/dk), D : İş parçası çapı (mm), n : Devir hızı (dev/dak).

Talaş kaldırma hızı (Q):

$$Q = V_c \times f \times a_p \quad (3.3)$$

Burada; Q : Talaş kaldırma hızı (mm³/dk), V_c : Kesme hızı (m/dk), a_p : Kesme derinliği (mm)

Üretim hızı (Parça/Saat):

$$\text{Üretim Hızı} = \frac{\text{Vardiya Başına Üretim Miktarı}}{\text{Vardiya Süresi (saat)}} \quad (3.4)$$

Çevrim Süresi (Parça/Dakika)

$$\text{Çevrim Süresi} = \frac{V_f}{L_{\text{iş parçası}}} \quad (3.5)$$

Verimlilik artışı (ΔE):

$$\Delta E = \frac{E_{yeni} - E_{eski}}{E_{eski}} \times 100 \quad (3.6)$$

Burada ΔE : Verimlilik artışı (%), E_{yeni} : İyileştirme sonrası verim, E_{eski} : İyileştirme öncesi verim.

Verim hesabında kullanılan formül ise aşağıdaki gibidir:

$$E = \frac{\text{Çıktı}}{\text{Girdi}} \quad (3.7)$$

Bu formüller kullanılarak, her bir deney için ilerleme hızı, kesme hızı, talaş kaldırma hızı, bir iş parçasını tamamlama süresi, çevrim süresi, üretim hızı ve vardiyada üretim miktarı değerleri hesaplanmıştır. Analiz sonuçları, tablolar ve grafikler halinde sunularak, yapılan iyileştirmenin talaşlı imalat süreçlerinin verimliliği üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir.

3.6 Araştırmanın Sınırlılıkları

Araştırma, belirli bir torna tezgahı (Tongtai TCS-2500L) ve belirli bir kesici takım (Altın+Tin kaplamalı Mg12) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu nedenle, elde edilen sonuçlar, sadece bu tezgah ve kesici takım kombinasyonu için geçerlidir. Farklı tezgahlar veya kesici takımlar kullanıldığında, sonuçlar değişkenlik gösterebilir.

Çalışmada kullanılan iş parçası malzemesi, 100Cr6 çeliğidir. Bu malzemenin özellikleri ve işlenebilirliği, diğer malzemelerden farklı olabilir. Dolayısıyla, farklı malzemeler kullanıldığında elde edilecek sonuçlar bu çalışmadaki sonuçlardan farklı olabilir.

Deneyel çalışmada kullanılan kesme parametreleri (devir hızı, kesme derinliği, ilerleme miktarı) belirli değerler alınarak sabit tutulmuştur. Farklı kesme parametreleri kullanıldığında, kesici takımın performansı ve torna tezgahının verimliliği farklı sonuçlar verebilir.

Bu çalışmada yapılan iyileştirme çalışmaları, sadece kesici takımın kesici ucunun yeniden tasarlanması ve üretilmesi ile sınırlıdır. Farklı iyileştirme yöntemleri veya diğer tezgah bileşenlerinde yapılacak iyileştirmeler, üretim verimliliği üzerinde farklı etkiler yaratabilir.

4. BULGULAR

Çalışma kapsamında yapılan analizlerde kullanılan sabit değerler ile; torna tezgahının iyileştirme öncesi ve iyileştirme sonrası parametre değerlerini gösteren liste Çizelge 4.1’de sunulmuştur.

Çizelge 4.1: Analizde Kullanılan Sabit Değerler ve Torna Tezgahı Parametreleri

	İyileştirme öncesi		İyileştirme sonrası	
Vardiya süresi	8	saat	8	saat
Vardiya süresi	480	dakika	480	dakika
İş parçası çapı	115	mm	115	mm
İş parçası uzunluğu	45	mm	45	mm
Devir hızı	900	devir/dakika	270	devir/dakika
Kesme derinliği	2	mm	2,5	mm
İlerleme miktarı	0,03	mm/devir	0,125	mm/devir
Paso	100 parçada 1 defa (15 dakika)		700 parçada 1 defa (15 dakika)	

Kaynak: Yazar tarafından hazırlanmıştır.

Çizelge 4.1’de, talaşlı imalat sürecinde yapılan iyileştirme çalışmaları öncesi ve sonrasındaki kesme parametreleri ve iş parçası özellikleri karşılaştırmalı olarak sunulmaktadır. İyileştirme çalışmaları kapsamında, devir hızı, kesme derinliği, ilerleme miktarı ve paso sayısında değişiklikler yapılmıştır.

İyileştirme öncesinde, devir hızı 900 devir/dakika, kesme derinliği 2 mm, ilerleme miktarı 0,03 mm/devir olarak belirlenmiştir. İyileştirme öncesinde her 100 parça üretiminde bir defa 15 dakika takım değiştirme işlemi yapılmaktadır. Bu parametreler, düşük kesme hızı ve ilerleme miktarı nedeniyle uzun işleme sürelerine ve düşük üretim hızına neden olmaktadır. Ayrıca, yüksek paso sayısı, toplam işleme süresini artırmakta ve verimliliği düşürmektedir.

İyileştirme çalışmaları sonrasında, kesme parametreleri optimize edilerek devir hızı 270 devir/dakika'ya düşürülmüş, kesme derinliği 2,5 mm'ye ve ilerleme miktarı 0,125 mm/devir'e yükseltilmiştir. Ayrıca, her 700 parça üretiminde bir defa 15 dakika takım değiştirme işlemi yapılarak, toplam işleme süresi minimuma indirilmiştir.

Yapılan iyileştirme çalışmaları ve parametre ayarlamaları sonucunda, torna tezgahının performans ve verimliliğinde meydana gelen değişimlere yönelik bulgular, aşağıda başlıklar halinde sunulmuştur.

4.1 İlerleme Hızına Yönelik Bulgular

Talaşlı imalat süreçlerinde ilerleme hızı, kesici takımın iş parçası yüzeyinde birim zamanda aldığı yolu ifade etmektedir (Groover, 2016). İlerleme hızı, üretim verimliliği ve ürün kalitesi üzerinde doğrudan etkiye sahip olan önemli bir parametredir. İlerleme hızı (V_f) hesaplamaları, iyileştirme öncesi ve sonrası olmak üzere ayrı ayrı yapılmakta ve elde edilen sonuçlar karşılaştırılmaktadır. İlerleme hızı, ilerleme miktarı (f) ve devir hızı (n) parametreleri kullanılarak aşağıdaki formül ile hesaplanmaktadır:

$$V_f = f \times n$$

Burada; V_f ilerleme hızı (mm/dk), f ilerleme miktarı (mm/dev), n devir hızı (dev/dak) olarak tanımlanmaktadır.

İyileştirme Öncesi İlerleme Hızı Hesaplaması

İyileştirme öncesi parametreler:

- Devir hızı (n): 900 devir/dakika
- İlerleme miktarı (f): 0,03 mm/devir

Formüle göre ilerleme hızı (V_f) şu şekilde hesaplanmaktadır:

$$V_f = f \times n$$

$$V_f = 0,03 \text{ mm/dev} \times 900 \text{ dev/dak}$$

$$V_f = 27 \text{ mm/dak}$$

İyileştirme öncesinde ilerleme hızı 27 mm/dakika olarak hesaplanmaktadır.

İyileştirme Sonrası İlerleme Hızı Hesaplaması

İyileştirme sonrası parametreler:

- Devir hızı (n): 270 devir/dakika
- İlerleme miktarı (f): 0,125 mm/devir

Formüle göre ilerleme hızı (V_f) şu şekilde hesaplanmaktadır:

$$V_f = f \times n$$

$$V_f = 0,125 \text{ mm/dev} \times 270 \text{ dev/dak}$$

$$V_f = 33,75 \text{ mm/dak}$$

İyileştirme sonrasında ilerleme hızı 33,75 mm/dakika olarak hesaplanmaktadır.

İlerleme Hızındaki Değişimin Yüzde Olarak Hesaplanması

İyileştirme öncesi ve sonrası ilerleme hızları arasındaki yüzdesel değişim şu şekilde hesaplanmaktadır:

$$\% \Delta V_f = ((V_{f_{\text{sonra}}} - V_{f_{\text{önce}}}) / V_{f_{\text{önce}}}) \times 100$$

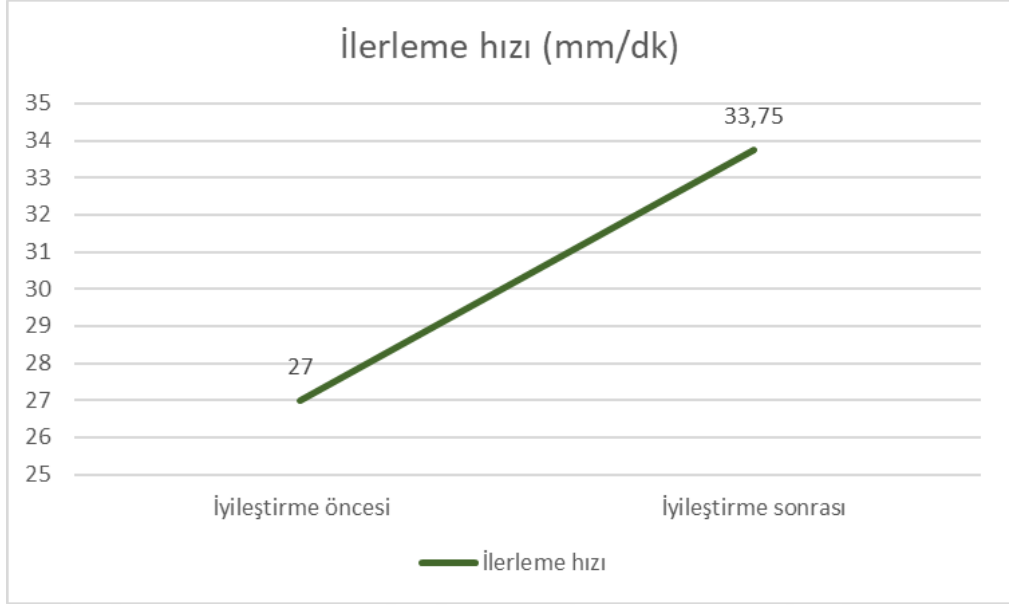
$$\% \Delta V_f = ((33,75 - 27) / 27) \times 100$$

$$\% \Delta V_f = ((6,75) / 27) \times 100$$

$$\% \Delta V_f = 25\%$$

Deneysel çalışmalar sonucunda elde edilen veriler, kesici takımın kesici ucunun yeniden tasarlanması ve üretilmesi ile ilerleme hızında önemli bir artış sağlandığını göstermektedir. İyileştirme çalışmaları öncesinde 27 mm/dk olan ilerleme hızı, iyileştirme sonrasında 33,75 mm/dk değerine ulaşmıştır. Bu sonuç, yapılan iyileştirmenin ilerleme hızında %25'lik bir artış sağladığını ortaya koymaktadır.

İlerleme hızındaki değişimi gösteren grafik Şekil 4.1'de sunulmuştur.



Şekil 4.1: İlerleme Hızındaki Değişim

Kaynak: Yazar tarafından hazırlanmıştır.

4.2 Kesme Hızına Yönelik Bulgular

Kesme hızı, talaşlı imalat süreçlerinde kesici takımın iş parçası yüzeyinde birim zamanda aldığı yolun uzunluğunu ifade etmektedir (Groover, 2016). Kesme hızı, üretim verimliliği, takım aşınması ve yüzey kalitesi gibi faktörler üzerinde doğrudan etkiye sahip olan kritik bir parametredir. Kesme hızı (V_c), iş parçası çapı (D) ve devir hızı (n) parametrelerine bağlı olarak hesaplanmaktadır.

İyileştirme Öncesi Kesme Hızı Hesaplaması

İyileştirme öncesi iş parçası çapı (D) 115 mm ve devir hızı (n) 900 devir/dakika olarak verilmiştir. Kesme hızı (V_c) aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmaktadır:

$$V_c = \pi \times D \times n$$

$$V_c = 3.1416 \times 115 \times 900$$

$$V_c = 325,156 \text{ m/dk}$$

İyileştirme Sonrası Kesme Hızı Hesaplaması

İyileştirme sonrası iş parçası çapı (D) aynı kalmakta, yani 115 mm, ancak devir hızı (n) 270 devir/dakika olarak değişmektedir. Kesme hızı (Vc) yine aynı formül kullanılarak hesaplanmaktadır:

$$V_c = \pi \times D \times n$$

$$V_c = 3.1416 \times 115 \times 270$$

$$V_c = 97.547 \text{ m/dk}$$

Kesme Hızındaki Değişimin Yüzde Olarak Hesaplanması

İyileştirme öncesi ve sonrası kesme hızları arasındaki yüzdesel değişim şu şekilde hesaplanmaktadır:

$$\% \Delta V_c = ((V_{c_{\text{sonra}}} - V_{c_{\text{önce}}}) / V_{c_{\text{önce}}}) \times 100$$

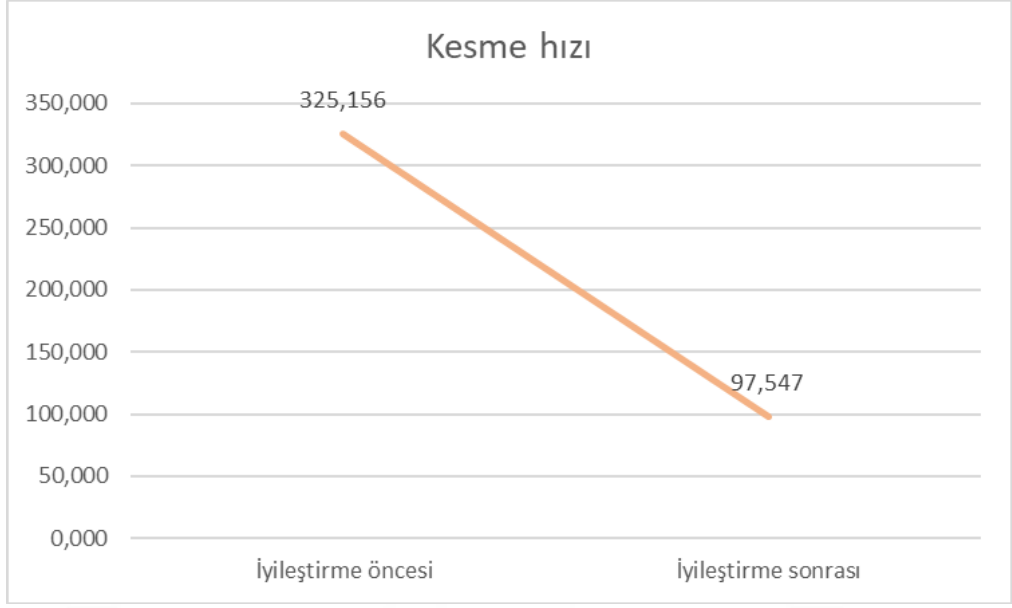
$$\% \Delta V_c = ((97,547 - 325,156) / 325,156) \times 100$$

$$\% \Delta V_c = -70\%$$

Deneysel çalışmalar sonucunda elde edilen veriler, kesici takımın kesici ucunun yeniden tasarlanması ve üretilmesi ile kesme hızında önemli bir değişiklik meydana geldiğini göstermektedir. İyileştirme çalışmaları öncesinde 325,156 m/dk olan kesme hızı, iyileştirme sonrasında 97,547 m/dk değerine düşmüştür. Bu sonuç, yapılan iyileştirmenin kesme hızında %70'lik bir azalma sağladığını ortaya koymaktadır.

Kesme hızındaki düşüş performans kaybını değil; yeni tasarlanan kesme ucunun daha düşük hızlarda etkin talaş kaldırma performansı gösterdiğini, böylece kesici takım üzerindeki mekanik ve termal yüklerin azalarak daha uzun takım ömrü elde edileceğini göstermektedir.

Kesme hızındaki değişimi gösteren grafik Şekil 4.2'de sunulmuştur.



Şekil 4.2: Kesme Hızındaki Değişim

Kaynak: Yazar tarafından hazırlanmıştır.

4.3 Talaş Kaldırma Hızına Yönelik Bulgular

Talaş kaldırma hızı, talaşlı imalat süreçlerinde birim zamanda kaldırılan talaş hacmini ifade etmektedir (Groover, 2016). Talaş kaldırma hızı, üretim verimliliği ve maliyetler üzerinde doğrudan etkiye sahip olan önemli bir performans göstergesidir. Talaş kaldırma hızı (Q), kesme hızı (V_c), ilerleme hızı (V_f) ve kesme derinliği (ap) parametrelerine bağlı olarak hesaplanmaktadır.

İyileştirme Öncesi Talaş Kaldırma Hızı Hesaplaması

İyileştirme öncesi ilerleme hızı (V_f) 27 mm/dk, kesme derinliği (ap) 2 mm ve kesme hızı (V_c) 325,156 m/dk olarak verilmiştir. Talaş kaldırma hızı (Q) aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmaktadır:

$$Q = V_c \times V_f \times ap$$

$$Q = 325,156 \times 27 \times 2$$

$$Q = 17.558,4 \text{ mm}^3/\text{dk}$$

İyileştirme Sonrası Talaş Kaldırma Hızı Hesaplaması

İyileştirme sonrası ilerleme hızı (V_f) 33,75 mm/dk, kesme derinliği (ap) 2,5 mm ve kesme hızı (V_c) 97,547 m/dk olarak verilmiştir. Talaş kaldırma hızı (Q) yine aynı formül kullanılarak hesaplanmaktadır:

$$Q=V_c \times V_f \times a_p$$

$$Q=97,547 \times 33,75 \times 2,5$$

$$Q=8.230,5 \text{ mm}^3/\text{dk}$$

Talaş Kaldırma Hızındaki Değişimin Yüzde Olarak Hesaplanması

İyileştirme öncesi ve sonrası talaş kaldırma hızları arasındaki yüzdesel değişim şu şekilde hesaplanmaktadır:

$$\% \Delta Q = ((Q_{\text{sonra}} - Q_{\text{önce}}) / Q_{\text{önce}}) \times 100$$

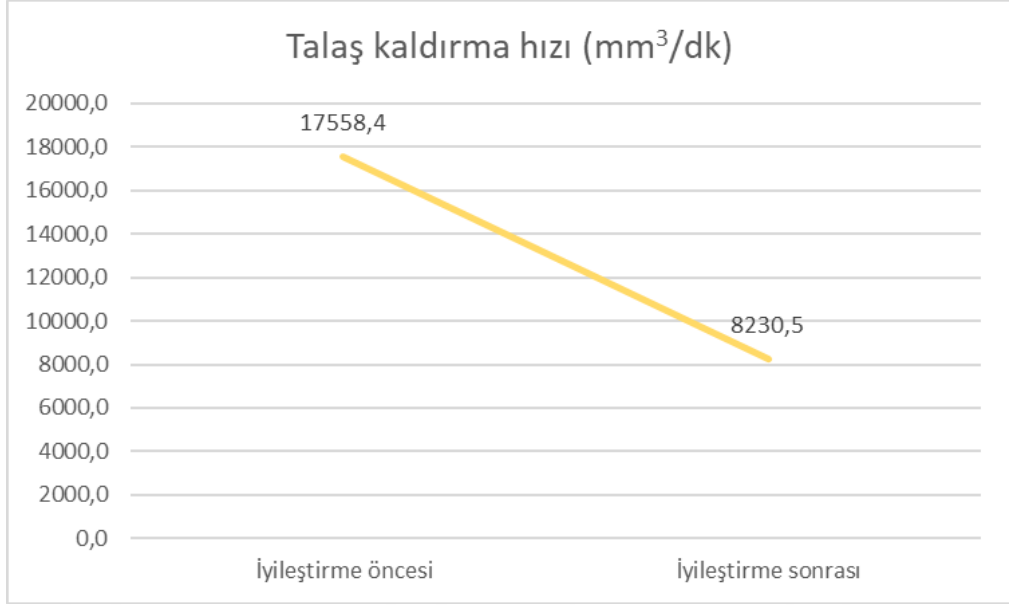
$$\% \Delta Q = ((8.230,5 - 17.558,4) / 17.558,4) \times 100$$

$$\% \Delta Q = -53,1\%$$

DeneySEL çalışmalar sonucunda elde edilen veriler, kesici takımın kesici ucunun yeniden tasarlanması ve üretilmesi ile talaş kaldırma hızında bir azalma sağlandığını göstermektedir. İyileştirme çalışmaları öncesinde 17.558,4 mm³/dk olan talaş kaldırma hızı, iyileştirme sonrasında 8.230,5 mm³/dk değerine ulaşmıştır. Bu sonuç, yapılan iyileştirmenin talaş kaldırma hızında %53'lük bir düşüş sağladığını ortaya koymaktadır.

Talaş kaldırma hızındaki %53'lük düşüş, kesici takım üzerindeki mekanik ve termal yükler azaltmakta, takım ömrünü uzatmakta ve takım maliyetlerini düşürmektedir. Ayrıca, düşük talaş kaldırma hızı, işlenen parçanın yüzey kalitesini de olumlu yönde etkilemektedir. Daha düşük kesme hızlarında, titreşimler ve kesme kuvvetleri azalmakta, bu da daha pürüzsüz ve hassas yüzeyler elde edilmesini sağlamaktadır. Böylece, işlenen parçaların boyutsal doğruluğu ve yüzey kalitesi artırılmış olmaktadır.

Talaş kaldırma hızındaki değişimi gösteren grafik Şekil 4.3'te sunulmuştur.



Şekil 4.3: Talaş Kaldırma Hızındaki Değişim

Kaynak: Yazar tarafından hazırlanmıştır.

4.4 Çevrim Süresine Yönelik Bulgular

Çevrim süresi (ÇS), bir ürünün üretim sürecinde birim zamanda üretilen ürün miktarını ifade etmektedir. Çevrim süresi, üretim verimliliği ve kapasite kullanımı açısından önemli bir performans göstergesi olarak kabul edilmektedir (Groover, 2016). Bu çalışmada, çevrim süresi bir dakikada üretilen ürün miktarı olarak tanımlanmaktadır. Çevrim süresi, ilerleme hızı (V_f) ve iş parçası uzunluğuna ($L_{i\text{ş parçası}}$) bağlı olarak aşağıdaki formül ile hesaplanmaktadır:

$$\text{Çevrim süresi (ÇS)} = V_f / L_{i\text{ş parçası}}$$

İyileştirme Öncesi Çevrim Süresi Hesaplaması

İyileştirme öncesi ilerleme hızı 27 mm/dk ve iş parçası uzunluğu 45 mm olarak verilmiştir. Bu değerler formüle yerleştirildiğinde:

$$\text{ÇS} = 45 / 27$$

$$\text{ÇS} = 0,60 \text{ adet/dk}$$

İyileştirme Sonrası Çevrim Süresi Hesaplaması

İyileştirme sonrası ilerleme hızı 33,75 mm/dk ve iş parçası uzunluğu yine 45 mm olarak verilmiştir. Bu değerler formüle yerleştirildiğinde:

$$\text{ÇS} = 33,75 / 27$$

$$\text{ÇS} = 0,75 \text{ adet/dk}$$

Çevrim Süresindeki Değişimin Yüzde Olarak Hesaplanması

İyileştirme öncesi ve sonrası çevrim süreleri (ÇS) arasındaki yüzdesel değişim şu şekilde hesaplanmaktadır:

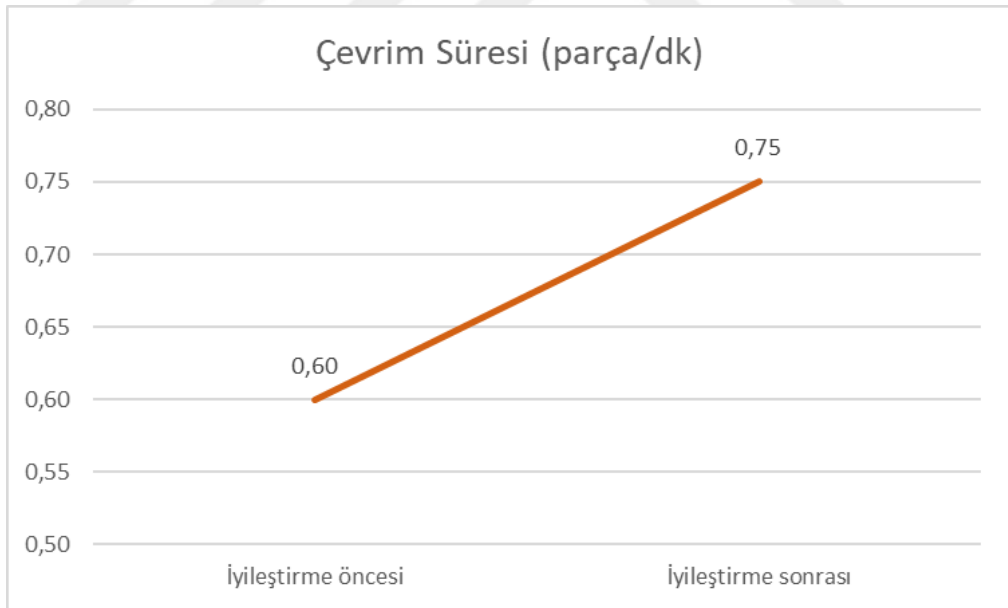
$$\% \Delta \text{ÇS} = ((\text{ÇS}_{\text{sonra}} - \text{ÇS}_{\text{önce}}) / \text{ÇS}_{\text{önce}}) \times 100$$

$$\% \Delta \text{ÇS} = ((0,75 - 0,60) / 0,60) \times 100$$

$$\% \Delta \text{ÇS} = 25\%$$

Deneysel çalışmalar sonucunda elde edilen veriler, çevrim süresi değerinin; iyileştirme çalışmaları öncesinde dakikada 0,60 adet iken, iyileştirme sonrasında dakikada 0,75 adet değerine ulaştığını göstermektedir. Bu sonuç, yapılan iyileştirmelerin dakikada üretilen parça miktarında %25'lik bir artış sağlandığını ortaya koymaktadır.

Çevrim süresindeki değişimi gösteren grafik Şekil 4.4'te sunulmuştur.



Şekil 4.4: Çevrim Süresindeki Değişim

Kaynak: Yazar tarafından hazırlanmıştır.

4.5 İşleme Süresine Yönelik Bulgular

İşleme süresi (İS), bir ürünün üretim sürecinde geçen toplam süreyi ifade etmektedir. İşleme süresi, üretim verimliliği ve kapasite kullanımını açısından önemli

bir performans göstergesi olarak kabul edilmektedir (Groover, 2016). Bu çalışmada, işleme süresi bir iş parçasının işlenmesi için geçen süre olarak tanımlanmaktadır. İşleme süresi, ilerleme hızı (V_f) ve iş parçası uzunluğuna ($L_{i\text{ş parçası}}$) bağlı olarak aşağıdaki formül ile hesaplanmaktadır:

$$\text{İşleme süresi (İS)} = (L_{i\text{ş parçası}} / V_f) \times 60$$

İyileştirme Öncesi İşleme Süresi Hesaplaması

İyileştirme öncesi ilerleme hızı 27 mm/dk ve iş parçası uzunluğu 45 mm olarak verilmiştir. Bu değerler formüle yerleştirildiğinde:

$$\text{İS} = (45 / 27) \times 60$$

$$\text{İS} = 100 \text{ saniye}$$

İyileştirme Sonrası İşleme Süresi Hesaplaması

İyileştirme sonrası ilerleme hızı 33,75 mm/dk ve iş parçası uzunluğu yine 45 mm olarak verilmiştir. Bu değerler formüle yerleştirildiğinde:

$$\text{İS} = (45 / 33,75) \times 60$$

$$\text{İS} = 80 \text{ saniye}$$

İşleme Süresindeki Değişimin Yüzde Olarak Hesaplanması

İyileştirme öncesi ve sonrası işleme süreleri (İS) arasındaki yüzdesel değişim şu şekilde hesaplanmaktadır:

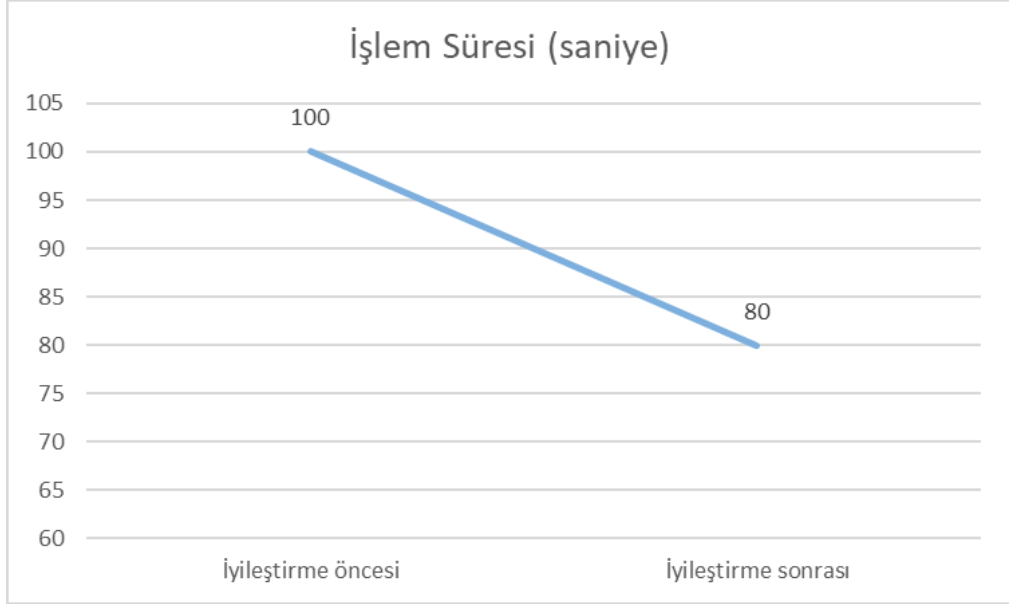
$$\% \Delta \text{İS} = ((\text{İS}_{\text{sonra}} - \text{İS}_{\text{önce}}) / \text{İS}_{\text{önce}}) \times 100$$

$$\% \Delta \text{İS} = ((80 - 100) / 100) \times 100$$

$$\% \Delta \text{İS} = -20\%$$

Deneysel çalışmalar sonucunda elde edilen veriler, işleme süresi değerinin; iyileştirme çalışmaları öncesinde 100 saniye iken, iyileştirme sonrasında 80 saniye değerine düştüğünü göstermektedir. Bu sonuç, yapılan iyileştirmelerin parça üretim süresinde %20'lik bir düşüş sağlandığını ortaya koymaktadır.

İşlem süresindeki değişimi gösteren grafik Şekil 4.5'te sunulmuştur.



Şekil 4.5: İşlem Süresindeki Değişim

Kaynak: Yazar tarafından hazırlanmıştır.

4.6 Üretim Hızına Yönelik Bulgular

Üretim hızı, birim zamanda üretilen ürün miktarını ifade etmektedir. Üretim hızı, üretim süreçlerinin verimliliği ve etkinliği açısından kritik bir performans göstergesi olarak kabul edilmektedir (Groover, 2016). Bu çalışmada, üretim hızı bir vardiyada üretilen parça sayısı olarak tanımlanmaktadır. İyileştirme öncesi ve sonrasında vardiyada üretilen parça sayısı şu şekilde hesaplanmaktadır:

İyileştirme Öncesi Üretim Hızı Hesaplaması

- İşleme Süresi ($I_{\text{önce}}$) : 100 saniye/parça.
- Bir Vardiya Süresi: 28.800 saniye. (8 (saat) x 60 (dk) x 60 (sn))
- Efektif Çalışma Süresi: %75 performans ile efektif çalışma süresi

$$\text{Efektif Çalışma Süresi} = 28.800 \times 0.75 = 21.600 \text{ saniye}$$

- Uç Değişirme Süresi: 100 parçada bir 15 dakikalık (900 saniye) uç değişirme süresi.

$$900 \text{ saniye} \Rightarrow 9 \text{ parça kayıp}$$

Vardiyada iki uç değişirme yapılması nedeniyle vardiya başına 18 parça kayıp yaşanmaktadır.

- Üretim Hızı: Üretilen parça sayısı:

Teorik: $28.800 \text{ sn.} / 100 \text{ sn./parça} = 288 \text{ parça}$

Efektif Sürede: $21.600 \text{ sn.} / 100 \text{ sn./parça} = 216 \text{ parça}$

Pratik (Kayıplar düşünülüğünde): $216 - 18 = 198 \text{ parça}$

İyileştirme Sonrası Üretim Hızı Hesaplaması

- İşleme Süresi ($\dot{I}S_{\text{önce}}$) : 80 saniye/parça.
- Bir Vardiya Süresi: 28.800 saniye. (8 (saat) x 60 (dk) x 60 (sn))
- Efektif Çalışma Süresi: %75 performans ile efektif çalışma süresi

$$\text{Efektif Çalışma Süresi} = 28.800 \times 0.75 = 21.600 \text{ saniye}$$

- Uç Değişirme Süresi: 700 parçada bir 15 dakikalık (900 saniye) uç değişirme süresi:

$$900 \text{ saniye} \Rightarrow 9 \text{ parça kayıp}$$

Sağlanan iyileştirme neticesinde yaklaşık 3 vardiyada 1 defa uç değişirme yapılması nedeniyle kayıp ihmal edilmiştir.

- Üretim Hızı: Üretilen parça sayısı:

$$\text{Teorik: } 28.800 \text{ sn.} / 80 \text{ sn./parça} = 360 \text{ parça}$$

$$\text{Efektif Sürede: } 21.600 \text{ sn.} / 80 \text{ sn./parça} = 270 \text{ parça}$$

$$\text{Pratik (Kayıplar düşünülüğünde): } 270 - 0 = 270 \text{ parça}$$

Üretim Hızındaki Değişimin Yüzde Olarak Hesaplanması

İyileştirme öncesi ve sonrası üretim hızları ($\dot{U}H$) arasındaki yüzdesel değişim şu şekilde hesaplanmaktadır:

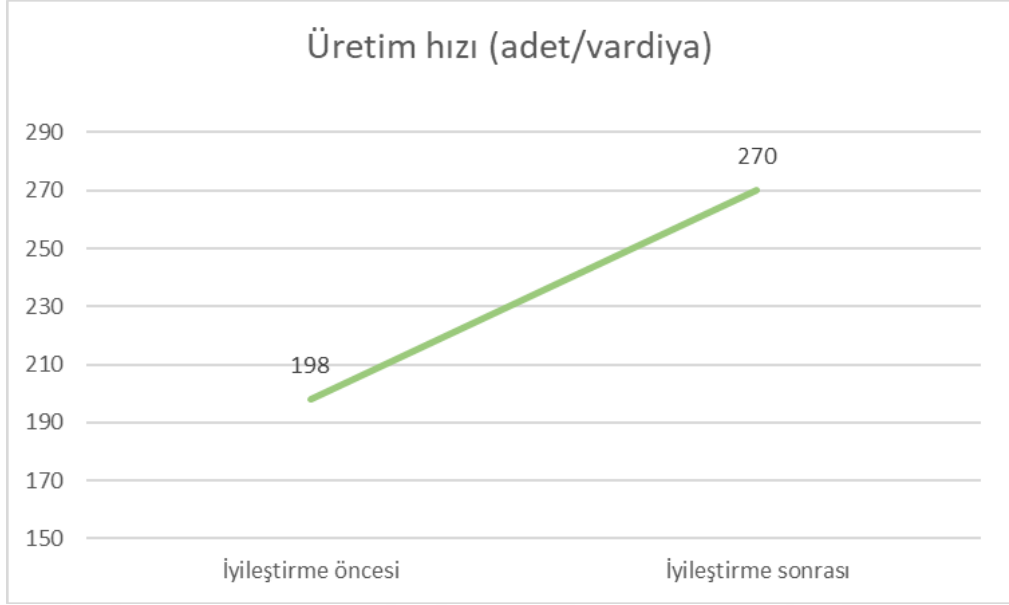
$$\% \Delta \dot{U}H = ((\dot{U}H_{\text{sonra}} - \dot{U}H_{\text{önce}}) / \dot{U}H_{\text{önce}}) \times 100$$

$$\% \Delta \dot{U}H = ((270 - 198) / 198) \times 100$$

$$\% \Delta \dot{U}H = 36,4\%$$

Deneysel çalışmalar sonucunda elde edilen veriler, iyileştirme çalışmaları öncesinde vardiyada 198 adet olan üretim hızının, iyileştirme sonrasında vardiyada 270 adet değerine ulaştığını göstermektedir. Bu sonuç, yapılan iyileştirmelerin üretim hızında %36,4'lük bir artış sağladığını ortaya koymaktadır.

Üretim hızındaki değişimi gösteren grafik Şekil 4.6'da sunulmuştur.



Şekil 4.6: Üretim Hızındaki Değişim

Kaynak: Yazar tarafından hazırlanmıştır.

4.7 Verimlilik Artışına Yönelik Bulgular

Verimlilik, üretim sürecinde kullanılan kaynakların etkin bir şekilde değerlendirilmesi ve çıktıların maksimize edilmesi olarak tanımlanmaktadır. Çıktıların girdilere oranı verim hesaplamalarında sıklıkla kullanılmaktadır (Stevenson, 2021).

İyileştirme Öncesi Verim Hesaplaması

İyileştirme öncesi çıktı olarak alınan 100 adet parça için toplam 10.000 sn. harcanmaktadır. İyileştirme öncesinde her 100 parçada bir 15 dakika uç değiştirme işlemi de göz önüne alındığında; 100 parça üretim için harcanan toplam süre 10.900 saniye olarak hesaplanmaktadır. Bu değerler formüle yerleştirildiğinde:

$$E_{\text{önce}} = \text{Çıktı} / \text{Girdi}$$

$$E_{\text{önce}} = 100 / 10.900$$

$$E_{\text{önce}} = 0,0091743$$

İyileştirme Sonrası Verim Hesaplaması

İyileştirme sonrası çıktı olarak alınan 700 adet parça için toplam 56.000 sn. harcanmaktadır. İyileştirme sonrasında her 700 parçada bir 15 dakika uç değiştirme

işlemi de göz önüne alındığında; 700 parça üretim için harcanan toplam süre 56.900 saniye olarak hesaplanmaktadır. Bu değerler formüle yerleştirildiğinde:

$$E_{sonra} = \text{Çıktı} / \text{Girdi}$$

$$E_{sonra} = 700 / 56.900$$

$$E_{sonra} = 0,0123023$$

Verimdeki Değişimin Yüzde Olarak Hesaplanması

İyileştirme öncesi ve sonrası verimler arasındaki yüzdesel değişim şu şekilde hesaplanmaktadır:

$$\% \Delta E = ((E_{sonra} - E_{önce}) / E_{önce}) \times 100$$

$$\% \Delta E = ((0,0123023 - 0,0091743) / 0,0091743) \times 100$$

$$\% \Delta E = 34,1\%$$

DeneySEL çalışmalar sonucunda elde edilen veriler, iyileştirme çalışmaları sonrasında, iyileştirme çalışmaları öncesine göre verimliliğin %34,1 düzeyinde arttığını ortaya koymaktadır.

Verimlilikteki değişimi gösteren grafik Şekil 4.7’de sunulmuştur.



Şekil 4.7: Verimlilikteki Değişim

Kaynak: Yazar tarafından hazırlanmıştır.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmada, torna tezgahında yapılan iyileştirmelerin verimlilik üzerindeki etkisinin incelenmesi amaçlanmıştır. İyileştirme çalışmaları, kesici takımın ucunun yeniden tasarlanmasını ve üretilmesini içermektedir. Çalışma, yeni tasarlanan kesici ucun torna tezgahının performansını ve üretim verimliliğini nasıl etkilediğini değerlendirmektedir. Buna ek olarak, iyileştirme öncesi ve sonrası üretim verilerinin karşılaştırılmasıyla verimlilikteki artışın sayısal ve grafik olarak gösterilmesi hedeflenmiştir.

Deneysel çalışmalar sırasında, torna tezgahından devir hızı, kesme derinliği, ilerleme miktarı ve paso verileri toplanmıştır. Toplanan veriler kullanılarak, çeşitli performans ve verimlilik göstergeleri (ilerleme hızı, kesme hızı, talaş kaldırma hızı, üretim hızı, çevrim süresi, verimlilik artışı) hesaplanmıştır. Analiz sonuçları, tablolar ve grafikler halinde sunularak, yapılan iyileştirmenin talaşlı imalat süreçlerinin verimliliği üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir.

Elde edilen bulgulara göre; iyileştirme sonrasında iyileştirme öncesine göre ilerleme hızında %25'lik bir artış sağlandığı belirlenmiştir. İlerleme hızındaki bu artış, kesici ucun geometrik tasarımının optimize edilmesi ve takım tutucu sisteminin iyileştirilmesi ile açıklanabilmektedir. Yeni tasarlanan kesici uç, daha etkin bir talaş kaldırma süreci sağlayarak, birim zamanda daha fazla malzemenin işlenmesine olanak tanımaktadır. Ayrıca, takım tutucu sistemindeki iyileştirmeler, titreşimleri azaltarak kesme işleminin kararlılığını artırmakta ve daha yüksek ilerleme hızlarında çalışmayı mümkün kılmaktadır (Stephenson ve Agapiou, 2016). İlerleme hızındaki artış, üretim süresinin kısalmasına ve verimliliğin artmasına doğrudan katkı sağlamaktadır. Daha yüksek ilerleme hızları, birim zamanda daha fazla iş parçasının işlenmesine olanak tanıyarak, üretim kapasitesinin artırılmasına yardımcı olmaktadır.

İyileştirme sonrasında iyileştirme öncesine göre kesme hızında %70'lik bir azalma sağlandığı belirlenmiştir. Kesme hızındaki bu azalma, kesici ucun geometrik tasarımının optimize edilmesi ve takım malzemesinin değiştirilmesi ile açıklanabilmektedir. Yeni tasarlanan kesici uç, daha düşük kesme hızlarında dahi

etkin bir talaş kaldırma süreci sağlayarak, takım aşınmasını azaltmakta ve takım ömrünü artırmaktadır. Ayrıca, takım malzemesinin değiştirilmesi, kesici ucun mekanik ve termal özelliklerini iyileştirerek, daha düşük kesme hızlarında çalışmayı mümkün kılmaktadır (Davim, 2011). Kesme hızındaki azalma, takım aşınmasının azalmasına ve takım ömrünün uzamasına katkı sağlamaktadır. Daha düşük kesme hızları, kesici takım üzerindeki mekanik ve termal yükleri azaltarak, takım aşınma hızını düşürmektedir. Bu durum, takım değişim sürelerinin azalmasına ve üretim sürekliliğinin artmasına yardımcı olmaktadır. Ayrıca, daha düşük kesme hızları, işlenen yüzeylerin kalitesini artırarak, ürün kalitesinin iyileştirilmesine de katkıda bulunmaktadır (Davim, 2011).

İyileştirme sonrasında iyileştirme öncesine göre talaş kaldırma hızında %53,1'lik bir düşüş sağladığını belirlenmiştir. Talaş kaldırma hızındaki bu düşüş, kesici ucun geometrik tasarımının optimize edilmesi ve takım malzemesinin iyileştirilmesi ile açıklanabilmektedir. Yeni tasarlanan kesici uç, daha etkin bir talaş kaldırma süreci sağlayarak, birim zamanda daha fazla talaşın kaldırılmasına olanak tanımaktadır. Ayrıca, takım malzemesinin iyileştirilmesi, kesici ucun aşınma direncini artırarak, daha etkin talaş kaldırma performansını mümkün kılmaktadır (Stephenson ve Agapiou, 2016). Talaş kaldırma hızındaki düşüş, kesici takım üzerindeki mekanik ve termal yükler azaltmakta, takım ömrünü uzatmakta ve takım maliyetlerini düşürmektedir. Ayrıca, düşük talaş kaldırma hızı, işlenen parçanın yüzey kalitesini de olumlu yönde etkilemektedir. Daha düşük kesme hızlarında, titreşimler ve kesme kuvvetleri azalmakta, bu da daha pürüzsüz ve hassas yüzeyler elde edilmesini sağlamaktadır. Böylece, işlenen parçaların boyutsal doğruluğu ve yüzey kalitesi artırılmış olmaktadır (Davim, 2011).

İyileştirme sonrasında iyileştirme öncesine göre çevrim süresinde (dakikada üretilen parça miktarı) %25'lik bir artış sağlandığı belirlenmiştir. Çevrim süresindeki bu artış, iyileştirme çalışmalarının etkinliğini ve başarısını göstermektedir. Birim zamanda üretilen ürün miktarının artması, üretim kapasitesinin daha verimli kullanıldığına (Kalpakjian ve Schmid, 2014) işaret etmektedir. İyileştirme çalışmaları kapsamında yapılan değişiklikler, üretim sürecini optimize ederek, daha yüksek üretim hızlarına ulaşılmasını sağlamaktadır. Çevrim süresindeki artışın nedenleri arasında, kesici takımın kesici ucunun yeniden tasarlanması ve üretilmesi, kesme parametrelerinin optimize edilmesi ve üretim sürecindeki kayıpların

minimumuna indirilmesi sayılabilir. Bu iyileştirmeler, üretim sürecinin daha verimli hale gelmesine ve birim zamanda daha fazla ürün üretilmesine olanak tanımaktadır.

Deneyisel çalışmalar sonucunda elde edilen veriler, işleme süresi değerinin iyileştirme çalışmaları öncesinde 100 saniye iken, iyileştirme sonrasında 80 saniye değerine düştüğünü göstermektedir. Bu sonuç, yapılan iyileştirmelerin parça üretim süresinde %20'lik bir düşüş sağlandığını ortaya koymaktadır. İşleme süresindeki bu azalma, iyileştirme çalışmalarının etkinliğini ve başarısını net bir şekilde göstermektedir. İşleme süresindeki bu düşüş, üretim sürecinin daha verimli hale getirilmesi ve üretim kapasitesinin daha etkin kullanılması anlamına gelmektedir (Groover, 2016). Birim zamanda daha fazla ürün üretilmesi, işletmenin genel üretim kapasitesini artırmakta ve üretim maliyetlerini düşürmektedir. İyileştirme çalışmaları kapsamında yapılan değişiklikler arasında, kesici takımın kesici ucunun yeniden tasarlanması ve optimize edilmesi, kesme parametrelerinin iyileştirilmesi ve üretim sürecindeki kayıpların minimuma indirilmesi sayılabilir. Bu iyileştirmeler, üretim sürecinin daha akıcı ve verimli hale gelmesine olanak tanımış, böylece işleme süresinin kısalması sağlanmıştır.

İyileştirme sonrasında iyileştirme öncesine göre üretim hızında %36,4'lük bir artış sağlandığı belirlenmiştir. Üretim hızındaki bu artış, iyileştirme çalışmalarının üretim süreçleri üzerindeki olumlu etkisini göstermektedir. İyileştirme çalışmaları kapsamında, kesici takımın kesici ucunun yeniden tasarlanması ve üretilmesi, kesme parametrelerinin optimize edilmesi ve üretim sürecindeki kayıpların minimuma indirilmesi gibi faktörler, üretim hızının artmasına katkı sağlamaktadır (Kalpakjian ve Schmid, 2014). Üretim hızındaki artış, üretim kapasitesinin daha verimli kullanılmasına olanak tanımaktadır. Birim zamanda daha fazla ürün üretilmesi, işletmenin müşteri taleplerini daha hızlı karşılayabilmesine ve rekabet avantajı elde etmesine yardımcı olmaktadır. Ayrıca, üretim hızındaki artış, birim maliyetlerin düşürülmesine ve karlılığın artırılmasına da katkı sağlamaktadır (Stephenson ve Agapiou, 2016).

İyileştirme sonrasında iyileştirme öncesine göre torna tezgahının verimliliğinin %34,1 oranında arttığı belirlenmiştir. Verimlilik artışı, işletmenin üretim kapasitesini daha etkin bir şekilde kullanmasına olanak tanımaktadır. Verimliliğin artması, birim maliyetlerin düşürülmesine ve karlılığın artırılmasına katkı sağlamaktadır (Groover, 2020). Ayrıca, verimlilik artışı, işletmenin müşteri

taleplerini daha hızlı karşılayabilmesine ve rekabet avantajı elde etmesine yardımcı olmaktadır. Verimlilik artışının sürdürülebilir olması, iyileştirme çalışmalarının sistematik bir şekilde uygulanmasına ve sürekli olarak geliştirilmesine bağlıdır. Üretim süreçlerinin düzenli olarak analiz edilmesi, darboğazların tespit edilmesi ve iyileştirme fırsatlarının değerlendirilmesi, verimliliğin sürekli olarak artırılmasına olanak tanıyacaktır (Slack vd., 2020).

Bu çalışmanın sonuçları, literatürdeki benzer çalışmalarla karşılaştırıldığında, torna tezgahlarında yapılan iyileştirmelerin verimlilik üzerindeki olumlu etkisini destekler niteliktedir. Örneğin, Neşeli (2006) çalışmasında, talaş kaldırma esnasında uygun kesici takımın seçilmesinin maksimum verimliliğin sağlanması açısından şart olduğunu ifade etmektedir. Benzer şekilde Sing vd. (2019) alınan ürün miktarını artırmak için parametre optimizasyonunun büyük önem taşıdığını belirtmektedir. Sharma vd. (2008) ise çalışmasında, tornalama süreçlerinde yapılabilecek bazı iyileştirme önerileri olarak; daha dayanıklı ve aşınmaya karşı dirençli kesici takım malzemeleri kullanarak takım ömrünü uzatmayı ve kesme performansını artırmayı, parametrelerin optimize edilerek işlem sürelerinin kısaltılmasını önermektedir.

Çalışmada, 'Kesici takım tasarımında yapılan optimizasyonlar üretim süreçlerinde nasıl bir etkiye sahiptir? Bu optimizasyonların sürdürülebilirliğe katkıları nelerdir?' sorularına yanıt aranmaktadır. Kesici takım tasarımında gerçekleştirilen optimizasyonların, takımın daha etkin çalışmasını sağladığı ve bu sayede daha az enerji ve malzeme tüketimiyle daha yüksek üretim elde edildiği tespit edilmiştir. Bu durum, üretim süreçlerindeki verimliliği artırırken aynı zamanda maliyetlerin düşürülmesine de katkıda bulunmaktadır. Sürdürülebilirlik perspektifinden değerlendirildiğinde, optimizasyonlar, daha az hammadde ve enerji kullanımı anlamına geldiği için çevresel etkileri de azaltmaktadır. Örneğin, kesici takımın geometrik yapısının iyileştirilmesi, talaş kaldırma sürecinin daha verimli hale gelmesini sağlamış ve bu da enerji tüketiminin azalmasına yol açmıştır. Bu optimizasyonlar hem ekonomik hem de çevresel sürdürülebilirliği desteklemektedir.

Bu çalışmada elde edilen olumlu sonuçlar göz önüne alındığında, benzer iyileştirme çalışmalarının diğer torna tezgahlarına ve ilgili üretim süreçlerine uygulanması önerilmektedir. Bu sayede, üretim verimliliğinin tüm tezgahlarda artırılması ve işletme genelinde bir iyileşme sağlanması mümkün olabilir.

Kesici takım tasarımı ve malzeme seçimi, talaşlı imalat süreçlerinin verimliliği üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Bu nedenle, farklı kesici uç tasarımları ve takım malzemeleri üzerinde daha fazla araştırma yapılması önerilmektedir. Bu araştırmalar, daha verimli ve ekonomik kesici takımların geliştirilmesine olanak sağlayabilir.

Kesme parametrelerinin optimizasyonu, talaşlı imalat süreçlerinin verimliliğini artırmada kritik bir rol oynamaktadır. Bu çalışmada, deneysel verilere dayalı bir optimizasyon yaklaşımı kullanılmıştır. Ancak, daha ileri analiz tekniklerinin (örneğin, yapay zeka, makine öğrenmesi) kullanılması, daha kapsamlı ve etkili bir optimizasyon süreci sağlayabilir.



KAYNAKLAR

- Abiew, G. E., Okyere-Kwakye, E., & Ellis, F. Y. A.** (2022). Examining the effect of functional diversity on organizational team innovation. *International Journal of Innovation Science*, 14(2), 193-212.
- Akkoyun, A.Y.** (2016). Sürdürülebilir Üretimi Engelleyen Faktörlerin Bulanık KFY Yöntemi ile Analizi. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Ali, M., Zhang, L., Zhang, Z., Zada, M., Begum, A., Han, H., ... & Vega-Muñoz, A.** (2021). Can leaders' humility enhance project management effectiveness? Interactive effect of top management support. *Sustainability*, 13(17), 9526.
- Altuğ, M. & Nalbant, M.** (2010). Süreç İyileştirme Yaklaşımı Olarak Altı Sigma Ve Bir Uygulama (Six Sigma As An Approach Of The Process Improve And An Application). *e-Journal of New World Sciences Academy, Engineering Sciences*.. 5. 689-712.
- Alzoubi, H. M., In'airat, M., & Ahmed, G.** (2022). Investigating the impact of total quality management practices and Six Sigma processes to enhance the quality and reduce the cost of quality: the case of Dubai. *International journal of business excellence*, 27(1), 94-109.
- Andersen, B.** (2007). *Business process improvement toolbox (2nd ed.)*. ASQ Quality Press.
- Asar, C.** (2022). BIST Sürdürülebilirlik Endeksi'ndeki Endüstri 4.0'ı Benimsemiş Enerji Firmalarının Finansal Performanslarının Karşılaştırılmalı Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi. Karabük Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Karabük.
- Atak Ş., ve Fidan, E. T.** (2014). Bütüncül ve Önleyici Bir Çevre Yönetimi Yaklaşımı Olarak Temiz Üretim Yaklaşımı ve Türkiye'de Uygulanması. *Finans Politik ve Ekonomik Yorumlar*, 51(596), 59-69.
- Azapagic, A.** (2003). Developing a framework for sustainable development indicators for the mining and minerals industry. *Journal of Cleaner Production*, 12, 639-662.
- Bag, S., Wood, L. C., Mangla, S. K., & Luthra, S.** (2020). Procurement 4.0 and its implications on business process performance in a circular economy. *Resources, conservation and recycling*, 152, 104502.
- Baumgartner, R. J., & Ebner, D.** (2010). Corporate sustainability strategies: Sustainability profiles and maturity levels. *Sustainable Development*, 18(2), 76-89.
- Bhadeshia, H. K. D. H., & Honeycombe, R. W. K.** (2017). *Steels: Microstructure and properties (4th ed.)*. Butterworth-Heinemann.

- Bhandari, D., Singh, R. ve Garg, S.K.** (2019). Prioritisation ve Evaluation of Barriers Intensity for Implementation of Cleaner Technologies: Framework for Sustainable Production, *Resources, Conservation & Recycling, Volume 146*, s. 156-167.
- Bhanot, N., Rao, P.V. ve Deshmukh, S.G.** (2016). An Integrated Approach for Analysing the Enablers and Barriers of Sustainable Manufacturing, *Journal of Cleaner Production*, s. 1-56.
- Bozkurt, R.** (2003). *Süreç iyileştirme*. Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları.
- Callula, B., Sana, E., Jacqueline, G., Nathalie, J., & Maria, L.** (2024). A Structural Framework for Effective Time Management in Dynamic Work Environments. *APTISI Transactions on Management*, 8(2), 152-159.
- Corrales, L. C., Lambán, M. P., & Hernandez Korner, M. E.** (2020). Overall equipment effectiveness: Systematic literature review and overview of different approaches. *Applied Sciences*, 10(18), 6469. <https://www.mdpi.com/2076-3417/10/18/6469>
- Creswell, J. W.** (2014). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches (4th ed.)*. SAGE Publications.
- Çağlıyan, V., Attar, M., & Abdul-Kareem, A.** (2022). Assessing the mediating effect of sustainable competitive advantage on the relationship between organisational innovativeness and firm performance. *Competitiveness Review: An International Business Journal*. <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/CR-10-2020-0129/full/html>
- Daroonparvar, M., Yajid, M. A. M., Yusof, N. M., Bakhsheshi-Rad, H. R., Hamzah, E., & Kamali, H. A.** (2014). Microstructural characterization and corrosion resistance evaluation of nanostructured Al and Al/AlCr coated Mg–Zn–Ce–La alloy. *Journal of Alloys and compounds*, 615, 657-671.
- Davenport, T. H., & Short, J. E.** (1990). The new industrial engineering: Information technology and business process redesign. *Sloan Management Review*, 31(4), 11-27.
- Davim, J. P.** (2011). *Modern machining technology: A practical guide*. Woodhead Publishing.
- Davis, J. R.** (2001). *Alloying: Understanding the basics*. ASM International.
- Dempsey, M., Geitner, L., Brennan, A., & McAvoy, J.** (2021). A review of the success and failure factors for change management. *IEEE Engineering Management Review*, 50(1), 85-93.
- Dumas, M., La Rosa, M., Mendling, J., & Reijers, H. A.** (2018). *Fundamentals of business process management*. Springer.
- Eslami, Y., Dassisti, M., Lezoche, M., & Panetto, H.** (2018). A survey on sustainability in manufacturing organisations: dimensions and future insights. *International Journal of Production Research*. doi:10.1080/00207543.2018.1544723

- Gedik, Y.** (2020). Sosyal, ekonomik ve çevresel boyutlarla sürdürülebilirlik ve sürdürülebilir kalkınma. *Uluslararası Ekonomi Siyaset İnsan ve Toplum Bilimleri Dergisi*, 3(3), 196-215.
- George, M. L.** (2002). *Lean Six Sigma: Combining Six Sigma Quality with Lean Speed*. McGraw-Hill.
- Gharaibeh, O. K., Al-Afeef, M. A. M., & Al-Okaily, M.** (2022). The Effect of Cost Efficiency on Profitability and Value: Evidence from Jordanian Banks Sector. In *European, Asian, Middle Eastern, North African Conference on Management & Information Systems* (pp. 563-579). Cham: Springer International Publishing.
- Groover, M. P.** (2007). *Automation, Production Systems, and Computer-Integrated Manufacturing*. Prentice Hall.
- Groover, M. P.** (2016). *Modern İmalatın Prensipleri* (M. Yurdakul & Y. Tansel İç, Eds.). Nobel Akademik Yayıncılık.
- Groover, M. P.** (2020). *Automation, production systems, and computer-integrated manufacturing (5th ed.)*. Pearson.
- Gürül, B.** (2019). Sürdürülebilir Üretim Göstergelerinin Kurumsal Sürdürülebilirlik Performansına Etkisinin Araştırılması. Doktora Tezi. Gelişim Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Henzold, G.** (2006). *Geometrical dimensioning and tolerancing for design, manufacturing and inspection: A handbook for geometrical product specification using ISO and ASME standards (2nd ed.)*. Butterworth-Heinemann.
- Huang, A., & Badurdeen, F.** (2017). Sustainable manufacturing performance evaluation: Integrating product and process metrics for systems level assessment. *Procedia Manufacturing*, 8, 563-570.
- Hudson, M., Smart, A., ve Bourne, M.** (2001). Theory and practice in SME performance measurement systems. *International Journal of Operations & Production Management*, 21(8), 1096-1115.
- Hussey, D.M., Kirsop, P. L., ve Meissen, R.E.** (2001). Global reporting initiative guidelines: an evaluation of sustainable development metrics for industry. *Environmental Quality Management*, 1-20.
- Islami, X., Mustafa, N., & Topuzovska Latkovikj, M.** (2020). Linking Porter's generic strategies to firm performance. *Future Business Journal*, 6, 1-15.
- Javaid, M., Haleem, A., Singh, R.P., Khan, S. ve Suman, J.** (2022). Sustainability 4.0 and its Applications in this Field of Manufacturing, *Internet of Things and Cyber- Physical System, Volume 2*, s. 82-90.
- Jawahir, I. S., Badurdeen, F., & Rouch, K.** (2014). Innovation in sustainable manufacturing education. Proceedings of the 11th Global Conference on Sustainable Manufacturing, Berlin, Germany, 9-16.
- Joung, C. B., Carrell, J., Sarkar, P., & Feng, S. C.** (2013). Categorization of indicators for sustainable manufacturing. *Ecological Indicators*, 24, 148-157.

- Juliadi, E., Syafri, M., & Hidayati, N.** (2023). The Effect of Training and Development on Employee Productivity in the Digital Age. *West Science Journal Economic and Entrepreneurship*, 1(10), 493-499.
- Kalpakjian, S., & Schmid, S. R.** (2014). *Manufacturing engineering and technology (7th ed.)*. Pearson.
- Kaplan, R., ve Norton, D.** (2005). The Balanced Scorecard: Measures That Drive Performance. *Harvard Business Review*, July-August.
- Khan, S. A. R., Zhang, Y., Kumar, A., Zavadskas, E., & Streimikiene, D.** (2020). Measuring the impact of renewable energy, public health expenditure, logistics, and environmental performance on sustainable economic growth. *Sustainable development*, 28(4), 833-843.
- Kota, S., Mishra, R. P., Krishna Jasti, N. V., ve Kale, S.** (2021). Sustainable production system critical success factors: An interpretive structural modelling approach. *Procedia CIRP*, 98, 324–329. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2021.01.111>
- Krajnc, D., & Glavič, P.** (2005). How to compare companies on relevant dimensions of sustainability. *Ecological Economics*, 55(4), 551-563.
- Krajnc, D., ve Glavic, P.** (2004). A model for integrated assessment of sustainable development. *Resources Conservation & Recycling*, 43, 189-208.
- Labuschagne, C., Brent, A.C., ve van Erck, R.P.G.** (2003). Assessing the sustainability performance of industries. *Journal of Cleaner Production*, 13, 373-385.
- Makineteknik** (n.d.). Talaşlı imalatta verimliliğe etki eden faktörler. Mühendis ve Makina, 47(554), 52-53. <http://www.makineteknik.com>
- Malek, J. ve Desai, T. N.** (2019). Prioritization of Sustainable Manufacturing Barriers Using Best Worst Method, *Journal of Cleaner Production*, Volume 226, s. 589-600.
- Mani, M., Larborn, J., Johansson, B., Lyons, K. W., & Morris, K. C.** (2016). Standard representations for sustainability characterization of industrial processes. *Journal of Manufacturing Science and Engineering, Transactions of the ASME*, 138(10).
- Martínez, J. M., Puertas, R., Martín Martín, J. M., ve Ribeiro-Soriano, D.** (2022). Digitalization, innovation and environmental policies aimed at achieving sustainable production. *Sustainable Production and Consumption*, 32, 92–100. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2022.03.035>
- McGill, E., Marks, D., Er, V., Penney, T., & Peticrew, M.** (2020). Qualitative process evaluation from a complex systems perspective: a systematic review and framework for public health evaluators. *PLoS Medicine*. <https://journals.plos.org/plosmedicine/article?id=10.1371/journal.pmed.1003368>
- Michaelis, L.** (2003). The role of business in sustainable consumption. *Journal of Cleaner Production*, 11, 915-921.
- Neşeli, S.** (2006). Tornalamada takım geometrisi ve tırlama titreşimlerinin yüzey pürüzlülüğüne etkileri.

- Niekerk, A. J.** (2020). Inclusive economic sustainability: SDGs and global inequality. *Sustainability*, 12(13), 5427.
- Özgüner, Z.** (2022). Sürdürülebilir Üretim Önündeki Engeller ve Çözüm Önerileri, *Uluslararası Sosyal Bilimler Akademi Dergisi*, Cilt 8, Sayı 8, s. 41-63.
- Pande, P. S., Neuman, R. P., & Cavanagh, R. R.** (2000). *The Six Sigma Way: How GE, Motorola, and Other Top Companies are Honing Their Performance*. McGraw-Hill.
- Piran, F. S., Lacerda, D. P., & Camargo, L. F. R.** (2020). *Analysis and management of productivity and efficiency in production systems for goods and services*. CRC Press.
- Prayuda, R. Z.** (2020). Continuous improvement through Kaizen in an automotive industry. *Journal of Industrial Engineering & Management Research*, 1(1b), 37-42.
- Quinn, M. M., Kriebel, D., Geiser, K., ve Moure-Eraso, R.** (1998). Sustainable Production: A proposed strategy for the work environment. *American Journal of Industrial Medicine*, 34, 297-304.
- Rahman, M. S., Mohamad, E., & Abdul Rahman, A. A.** (2020). Enhancement of overall equipment effectiveness (OEE) data by using simulation as decision making tools for line balancing. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, 18(2), 1040-1047.
- Rajesh, R.** (2020). Exploring the sustainability performances of firms using environmental, social, and governance scores. *Journal of Cleaner Production*, 247, 119600.
- Ramos, T. R. P., Gomes, M. I., & Barbosa-Póvoa, A. P.** (2014). Planning a sustainable reverse logistics system: Balancing costs with environmental and social concerns. *Omega*, 48, 60-74.
- REC.** (2017). Temiz Üretim. Sürdürülebilir Üretim ve Tüketim Yayınları-2 <https://rec.org.tr/2017/02/02/temiz-uretim/> Erişim Tarihi: 20.02.2024
- Rezvan, P., Azadnia, A. H., Noordin, M. Y., & Seyed, S. N.** (2014). Sustainability assessment methodology for concrete manufacturing process: A fuzzy inference system approach. *Advanced Materials Research*, 845, 814-818.
- Ruggerio, C. A.** (2021). Sustainability and sustainable development: A review of principles and definitions. *Science of the Total Environment*, 786, 147481.
- Sandvik Coromant** (n.d.). Genel tornalama: İşlemeyle ilgili formüller ve tanımlar. Sandvik Coromant Turkey. <https://www.sandvik.coromant.com/tr-tr>
- Sharma, V. S., Dogra, M., & Suri, N. M.** (2008). Advances in the turning process for productivity improvement—a review. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: *Journal of Engineering Manufacture*, 222(11), 1417-1442.
- Sheht, J., Sethia, N. ve Srinivas, S.** (2010). Mindful Consumption: A Customer-centric Approach to Sustainability, *Journal of the Academy Marketing Science*, Volume 39, s. 21-39.

- Singh, O. P., Kumar, G., & Kumar, M.** (2019). Role of Taguchi and grey relational method in optimization of machining parameters of different materials: a review. *Acta Electronica Malaysia (AEM)*, 3(1), 19-22.
- Slack, N., Brandon-Jones, A., & Johnston, R.** (2020). *Operations management (9th ed.)*. Pearson.
- Smith, L., & Ball, P.** (2012). Steps towards sustainable manufacturing through modelling material, energy and waste flows. *International Journal of Production Economics*, 140(1), 227-238.
- Stephenson, D. A., & Agapiou, J. S.** (2016). *Metal cutting theory and practice (3rd ed.)*. CRC Press.
- Supriyanto, A., Wiyono, B. B., & Burhanuddin, B.** (2021). Effects of service quality and customer satisfaction on loyalty of bank customers. *Cogent Business & Management*, 8(1), 1937847.
- Syaifullah, D. H., Tjahjono, B., McIlhatton, D. ve Zagloel, T. Y. M.** (2022). The impacts of safety on sustainable production performance in the chemical industry: A systematic review of literature and conceptual framework. *Journal of Cleaner Production*, 366, 1-15. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.132876>
- Taibi, Y., Metzler, Y. A., Bellingrath, S., & Müller, A.** (2021). A systematic overview on the risk effects of psychosocial work characteristics on musculoskeletal disorders, absenteeism, and workplace accidents. *Applied Ergonomics*, 95, 103434. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2021.103434>
- Talaşlı İmalat** (n.d.) <http://web.hitit.edu.tr/dosyalar/materyaller/eminerdin@hititedutr110520185B2N4W5Y.pdf>
- TEMAK** (2021). Kesme parametrelerinin talaş kaldırma işlemine etkileri. Temak Teknik. <https://www.temak.com.tr/blog/kesme-parametrelerinin-talaskaldirma-islemine-etkileri>
- Tongtai.** (n.d.). TCS-2500L CNC Lathe. Retrieved from <https://www.tongtai.com.tw/en/product/tcs-2500l-cnc-lathe/>
- Veleva, V., ve Ellenbecker, M.** (2001). Indicators of sustainable production: framework and methodology. *Journal of Cleaner Production*, 9, 519-549.
- Wiech, B. A., Kourouklis, A., & Johnston, J.** (2020). Understanding the components of profitability and productivity change at the micro level. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 69(5), 1061-1079.
- Yeni, O.** (2014). Sürdürülebilirlik ve Sürdürülebilir Kalkınma: Bir Yazın Taraması, *Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, Cilt 16, Sayı 3, s. 181-208.
- Yu, X., Dilanchiev, A., & Bibi, S.** (2024). Enhancing labor productivity as a key strategy for fostering green economic growth and resource efficiency. *Heliyon*, 10(3).

ÖZGEÇMİŞ

Seyfullah SAVAŞ

EĞİTİM DURUMU:

- Lisans : 2009 Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Talaşlı Üretim Öğretmenliği
- Lisans : 2021 Süleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği
- Yüksek Lisans : 2022 İstanbul Gedik Üniversitesi Mühendislik Yönetimi Anabilim Dalında Mühendislik Yönetimi Tezli Yüksek lisans Programı

MESLEKİ DENEYİM:

- Mezun olduktan sonra özel sektörde üretim alanında üretim şefi, üretim müdürlüğü yaptı.
- Halen özel bir şirkette yönetici olarak çalışmaktadır.