

OTOMOTİV TEDARİKÇİSİ OLAN BİR FİRMADA ÇOK MODELLİ HAT ÜZERİNDE MONTAJ HATTI Dengeleme ÇALIŞMASI

Merve AYAZ DERTLİ^{1,a,*}

¹TEKNOROT Otomotiv A.Ş

^amerveayazz98@gmail.com, ORCID: 0009-0003-0515-376X

ÖZET

Montaj hatları, bir ürünün birden fazla iş istasyonundan geçerek son haline getirildiği üretim hatlarıdır. Ürünün kısa sürede üretim hattından çıkmasını sağlamak amacıyla işi küçük parçalara ayırmak ve oluşan çoklu iş istasyonlarını optimum seviyede tutmak önem arz etmektedir. Diğer taraftan iş istasyonları arasında metot ve zaman açısından farklılıkları en aza indirmek için montaj hattının dengelenmesi gerekmektedir. Bu çalışmada, 9 farklı istasyondan oluşan ve operasyon süreleri değişkenlik gösteren montaj hatları deneysel olarak analiz edilmiştir. Gözlemler, zaman ve metot olarak çeşitlilik gösteren operatörlerin farklı iş yüküne sahip olduklarını göstermektedir. Analiz sonuçları montaj hattındaki optimum dengelemeyi elde etmek için mümkün olan işlerin tek bir operatör tarafından yapılmasını sağlamak için birleştirilerek minimum operatör sayısı ile istasyonlar arasındaki iş yükü dengesizliği minimize edilebileceğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Montaj Hattı Dengeleme, Hat Verimliliği, İş Etüdü, REFA

ASSEMBLY LINE BALANCING STUDY ON A MULTI-MODEL LINE OF AN AUTOMOTIVE SECTOR SUPPLY COMPANY

ABSTRACT

An assembly lines are production lines on which a product passes more than one workstation to obtain the final product. The aim of a multi-workstation system is ensuring the products leave the line in a shorter time by separating the similar pieces of the work. As for assembly line balance, it is the work of the greatest reduction between the divided workstations and the point to view of time and method. Reducing the method and time difference between workstations will directly ensure the possibility of line balance.

In this study, an assembly line made up of 9 different workstations was studied. On the studied assembly line, time differences between work stations were observed. According to the analysis, the fact that each

*Sorumlu Yazar (Corresponding Author)

Atıf (Citation): Ayaz Dertli, M. "Otomotiv Tedarikçisi Olan Bir Firmada Çok Modelli Hat Üzerinde Montaj Hattı Dengeleme Çalışması", UMÜFED Uluslararası Batı Karadeniz Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi, 6(1): 16-32, 2024

Geliş (Received): 23.10.2023

Kabul (Accepted): 29.12.2023

Yayın (Published): 30.06.2024

operator does not have the same workload causes flow variability. In order to balance the assembly line, the workload was balanced by combining the tasks that could be done by a single operator. As a result of the study, the workload imbalance between stations was minimised by removing one operator from the assembly line.

Keywords: Assembly Line Balancing, Line Efficiency, Time Study, REFA

1. GİRİŞ

Endüstri, insanlığın var oluşundan itibaren değişikliğe uğrayarak günümüze kadar gelen bir kavramdır. Günümüzde makineleşmeye dayanan endüstri, 18.yy. öncesinde insan, hayvan ve topraktan oluşan üretim şekillerine dayanmaktaydı. Buhar gücünün olmadığı bu dönemlerde tarım, hayvancılık, marangozluk veya demircilik, üretimi oluşturmaktaydı.

18.yy'ın başlarında buharlı makinenin icat edilmesi ile sanayi devrimi resmen başlamıştır. Sanayileşmenin temelini oluşturan buharlı makineler, Modern Sanayi Felsefesinin babası olan Henry Ford'a da yol göstermiştir. 1880'li yıllarda taşımacılık alanında kullanılan motorların yapısını incelemeye başlayan Ford, 1899 yılında Quadricycle araçlarıyla motorlu taşıtlar tarihine yeni bir bakış açısı kazandırmıştır. Kendi atölyesinde üretmiş olduğu bu araçların üretim maliyetlerini düşürmek için seri üretim montaj bandı üzerinde çalışmalar yapmasıyla sanayi alanında yeni bir dönemi başlatmıştır. 1913 yılında Ford'un uzun süredir üzerinde çalıştığı montaj bandı nihayet kullanıma hazır hale gelmiştir.

Henry Ford'un bir asır önce devreye almış olduğu seri üretim montaj bantları, günümüzde birçok sektörde kullanılmaya devam etmektedir. Her gün değişmeye devam eden dünya koşulları ve buna bağlı olarak artan rekabetler karşısında, her firma üretim maliyetlerini azaltmak için çalışmalar yapmaktadır.

Literatürde montaj hattı dengeleme ile ilgili birçok çalışma yer almaktadır. Eryürük ve arkadaşları (2014) yapmış oldukları çalışmada "Konum Ağırlıklı Montaj Hattı Dengeleme" kullanılarak en yüksek hat etkinliği bulunmuştur [1]. Kutlak ve arkadaşları (2017) yapmış oldukları çalışmada ise REFA ile Minitab ile dağılım uygunluk testi yaparak montaj hattı dengeleme çalışması yapmıştır. [2].

Montaj hatlarının tasarımındaki ana amaçlardan biri, her iş istasyonuna eşit miktarda iş dağıtımını yapabilmektir [3]. Montaj hatlarının tasarımı ve dengelenmesi problemlerinin

çözümleri ile ilgili deterministik, stokastik sezgisel ve bulanık yöntemler kullanılarak çok sayıda çalışmalar yapılmıştır [4].

Montaj hatlarında dengeleme yapmanın ana fikri, müşterinin çoğunlukla talep ettiği ürünleri en kısa zamanda, istenen kalitede ve aynı zamanda en ucuz şekliyle üretebilmek amacıyla hattı organize ederek verimliliği sağlamaktır [5].

Verimliliği sağlayıp sürdürebilmek ve işletme faaliyetlerini kontrol edebilmek için standart verilere ihtiyaç vardır. İş akış süreleri bu standartların başında gelmektedir. Bu iş akış sürelerinin tespit edilmesinde kullanılan yöntemlerden bir tanesi “REFA (İş ve Zaman Etüdü Sistemi)” dir.

1924 yılında Reichsausschuss für Arbeitszeterminnung (Devlet İş Zamanları Belirleme Komisyonu) kısa adıyla kurulan REFA, sistemlerinin incelenmesi ve düzenlenmesine ilişkin yöntem ve deneyimlerin, çalışan kişinin iş yapabilme gücünü ve gereksinimlerini de göz önünde tutarak, işin iyileştirilmesi ve işletmenin daha ekonomik çalışmasını sağlamak amacıyla yapılan iş etüdü faaliyetlerini kapsamaktadır [5].

Bu çalışmada ise, otomotiv tedarikçisi olan bir firmanın Dövme Döküm Salıncak-Kol montaj hattı incelenerek montaj hattındaki her bir iş istasyonu için kronometre ile süre alınmıştır. Kronometre ile alınan süreler, REFA Zaman Etüdü Formuna yazılarak her bir operasyon için standart süre hesaplanmıştır. Her bir iş istasyonuna ait standart süreler Excel programında şekil üzerinde gösterildiğinde, bu iş istasyonları arasında süre farklılıkları olduğu görülmüştür. İstasyonlar arasındaki süre farklılıkları, hat verimsizliğine sebep olmaktadır. Hat verimsizliğini azaltmak amacı ile, beraber yapılması mümkün olan işler belirlenerek, verimsizliğe neden olan iş istasyonu kaldırılmıştır.

Çalışmanın ikinci kısmında, hattın ve incelenen vardiyanın genel durumundan bahsedilerek, şekiller açıklanmıştır.

Operasyonlar hakkında ayrıntılı bilgilerin yer aldığı üçüncü kısımda kronometre ile süre alındıktan sonra her bir iş istasyonuna ait çevrim sürelerinin yer aldığı şekiller görülmektedir. Her bir ürün kodu (referans) için öncesi ve sonrası durumunu gösteren 2 şekil yer almaktadır.

Dördüncü bölümde ise montaj hattında tespit edilen diğer metot hatalarına değinilerek önerilerde bulunulmuştur. Aynı zamanda mevcut durum ve iyileştirme sonrası durum için hat

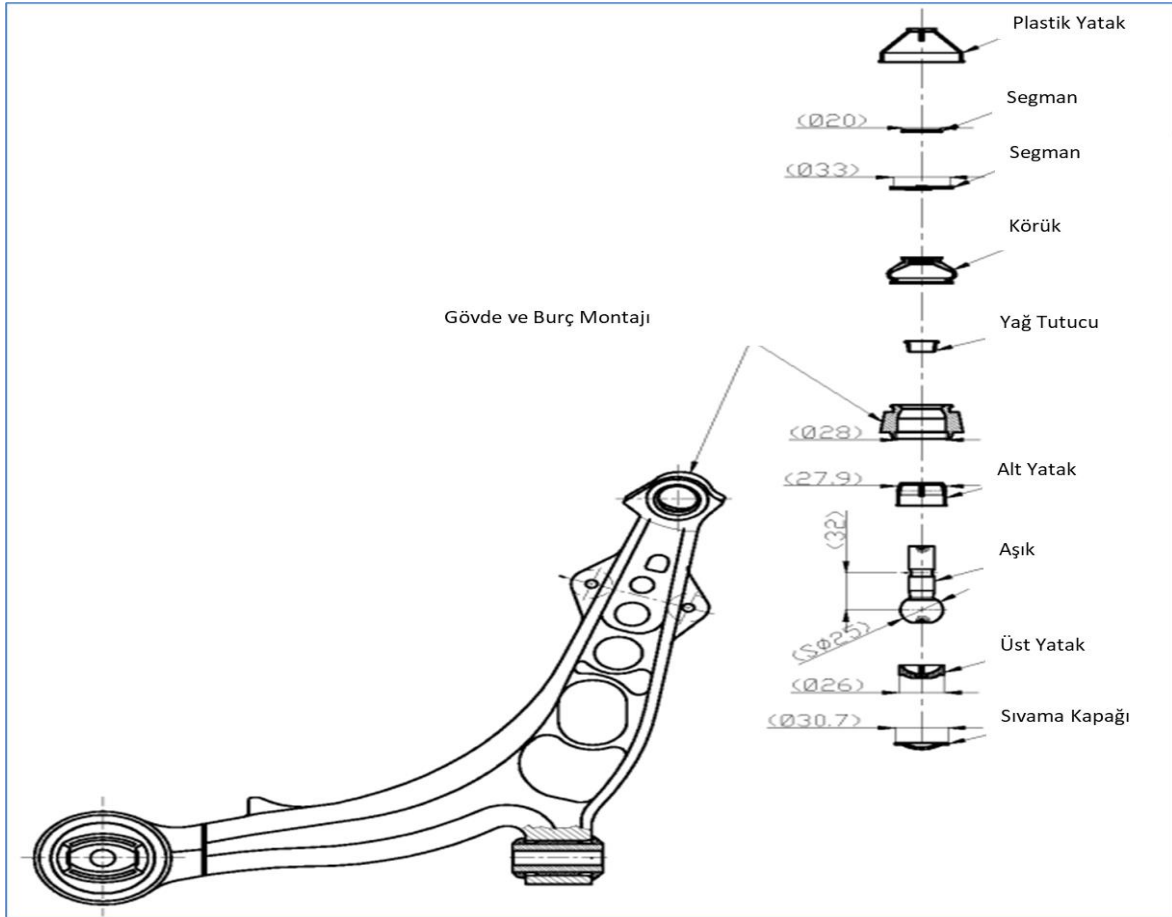
verimlilikleri hesaplanarak, bir istasyon kaldırmanın hat verimliliği üzerindeki etkisi gösterilmiştir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

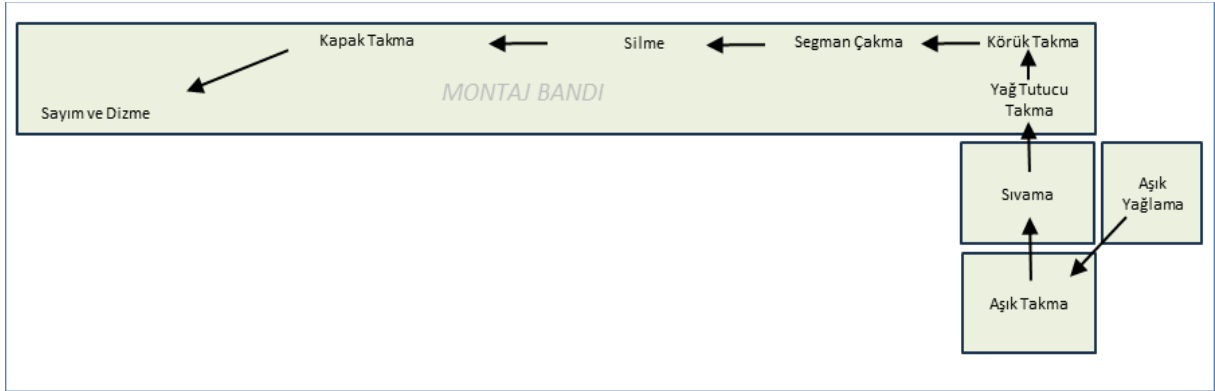
Bu çalışma, otomotiv sektöründe faaliyet gösteren bir firmada yapılmıştır. 30 yıldır faaliyet gösteren bu firma, direksiyon ve tekerlek arasında yer alan ön takım ve süspansiyon parçalarını üretmektedir.

Bu çalışma ile montaj hattındaki metot hataları tespit edilerek iyileştirme çalışmaları yapılarak hat verimliliğini arttırmak hedeflenmiştir. Çalışmanın yapıldığı montaj hattında ise, direksiyon mafsalı ve direksiyon kontrol kolunu bağlayan hareketli aksenal yataktan oluşan rotilli kol parçaları üretilmektedir.

Analiz yapılan montaj hattında üretilen rotilli kol, bir aracın ön tekerleri ile aracın şasisini birbirine bağlayan ön süspansiyon bağlantı elemanıdır.



Şekil 1. SL-F-476 Ürününe Ait Montaj Parçaları



Şekil 2. Montaj Hattı Temsili Resmi

Çalışmayı gerçekleştirmek için montaj hattında üretilen referanslara ait gerçek sürelerle ihtiyaç vardır. Zaman etütlerinin doğru sonuç vermesi için ürün akışı sağlandıktan sonra kronometre ile operasyon süreleri ölçülmüştür. Bu kapsamda farklı gün ve vardiyada üretimde olan referanslar analiz edilmiştir. Analiz öncesi montaj hattı, video kaydı alınmadan gözlemlenerek vardiya süreci hakkında ön bilgi edinilmiştir. Yapılan gözlemlere göre, bir sonraki ürüne geçiş aşamasında hat 10 dakika beklemektedir. Bekleme süresi içinde depodan ürün alıp gelme, malzeme rafından segman, yağ tutucu, körük gibi komponentleri alıp gelme ve sıvama presi ayarı yapma yer almaktadır. Aynı zamanda depodan ürün alınırken kutu içi miktar bilinmediği için, üretim esnasında iş emrindeki sayıya ulaşılmadığı takdirde, depodan tekrar ürün gelmesi beklenmektedir. Bu süre incelenen referanslar için iki seferde toplam 15 dk olarak ölçülmüştür. Bunun yanı sıra malzeme rafında bir düzen olmamasından kaynaklı personelin segmanı aramak için 2 dakika zaman kaybettiği gözlemlenmiştir.

Yapılan gözlem sonrası 08:00-16:00 vardiyasında video çekimine başlanmıştır. Mevcut durumda montaj hattına bağlı çalışan 3 adet pres makinesi bulunmaktadır. Bu makinelerde sırasıyla yağlama, aşık takma, sıvama işlemleri yapılmaktadır. Sıvama presinden çıkan ürün direkt olarak montaj bandına verilmektedir. Burada ürün çeşidine bağlı olmakla beraber genellikle körük takma operasyonu ile montaj işlemi başlamaktadır. Körük takma operasyonunu sırasıyla segman çakma, körük indirme, silme, somun ve yatak takma, sayım ve dizme operasyonları takip etmektedir.

Analizin ikinci gününde 16:00-00:00 vardiyasında aynı şekilde tekrar video çekimi yapılmıştır. Video analiz edilirken kronometre ile süre tutularak her bir iş için operasyon süresi Excel tabanlı REFA Etüt formu kullanılarak bulunmuştur. Aynı zamanda analiz edilen her ürün için gerekli olan istasyon sayısı ve hat verimliliği Excel üzerinde hesaplanmıştır.

Tespit edilen operasyon süreleri, hat süresiyle beraber şekil üzerinde gösterilerek her bir personelin hat süresine göre boş zamanı ortaya çıkmıştır. Buna bağlı olarak birleştirilmesi veya ayrıştırılması gereken operasyonlar alternatif olarak farklı bir şekilde gösterilmiştir. Sonrası durumu için hat verimlilikleri tekrar hesaplanmıştır.

Yıllık sipariş miktarı belirli olan üretimlerde hat süresi, takt zamanı olarak hesaplanmaktadır. Takt zamanı basit olarak, müşterinin üreticiden ne kadar zamanda bir ürün istediğini ifade eder. Ancak analiz yapılan işletmede siparişler değişkenlik göstermektedir. Bu sebeple hat süresi takt zamanı olarak değil, en yavaş operasyon süresine göre belirlenmiştir.

$$\text{Optimum İstasyon Sayısı} = \frac{\sum CT}{\text{Takt Zamanı}} \quad (1)$$

$$\text{Hat verimliliği} = \frac{\sum CT}{\text{Takt Zamanı} \times \text{Adam Sayısı}} \quad (2)$$

Şekil 3'te SL-F-476 numaralı ürüne ait mevcut operasyon süreleri yer almaktadır. Tablo 1'de bu ürüne ait REFA Zaman Etüdü formu örnek olarak gösterilmiştir. Excel tabanlı REFA Zaman Etüdü Formunda her bir operasyona ait çevrim süreleri 20 çevrim olacak şekilde yazılmıştır.

L; tempo değerini,

T_i; belirtilen işlem için alınan süreyi,

F; sapma süreyi temsil etmektedir.

Normal zaman (**t**): Temel zaman (**t_i**)*tempo değeri (**L**)

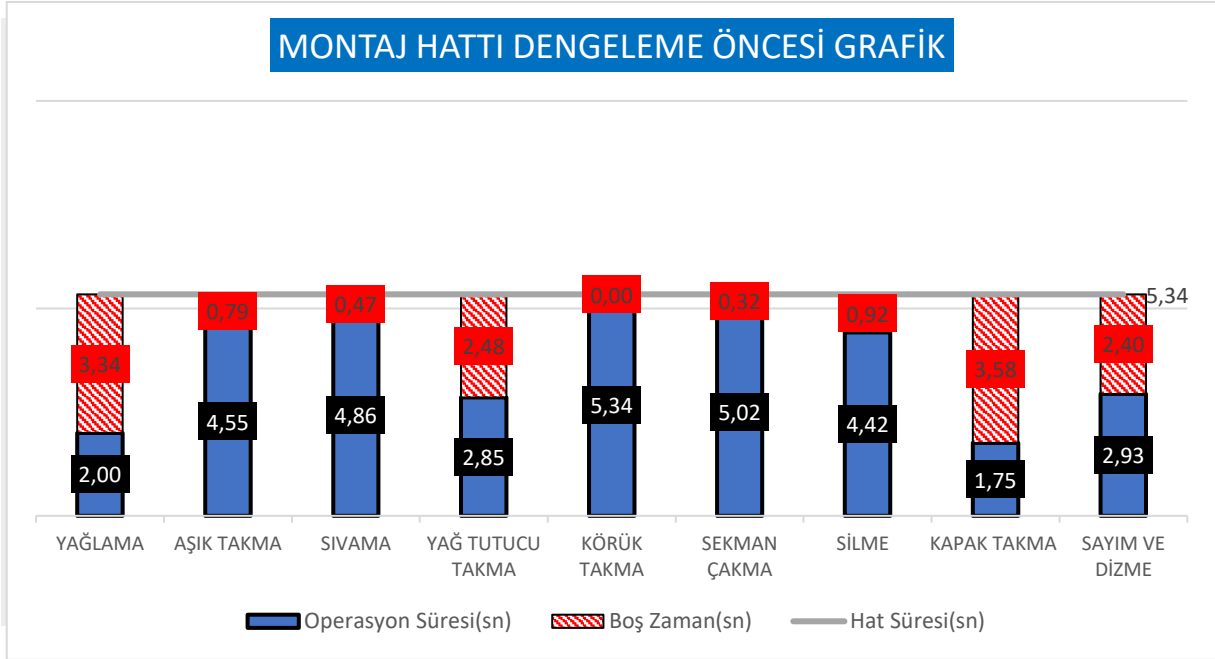
Tempo değeri 100 (normal çalışma) olarak belirlenmiştir.

$$\text{Standart Zaman} = \text{Çevrim Süresi} * \text{Kişisel Pay (0,04)} \quad (3)$$

Mevcut durumda operasyon süreleri, Standart Zaman formülü ile hesaplanmıştır.

Şekil üzerinde mavi renkli alanlar mevcut standart süreyi, kırmızı renkli alanlar ise hat süresine göre operatörün boş zamanını göstermektedir.

$$\text{Boş Zaman} = \text{Hat Süresi}(sn) - \text{Standart Süre}(sn) \quad (4)$$



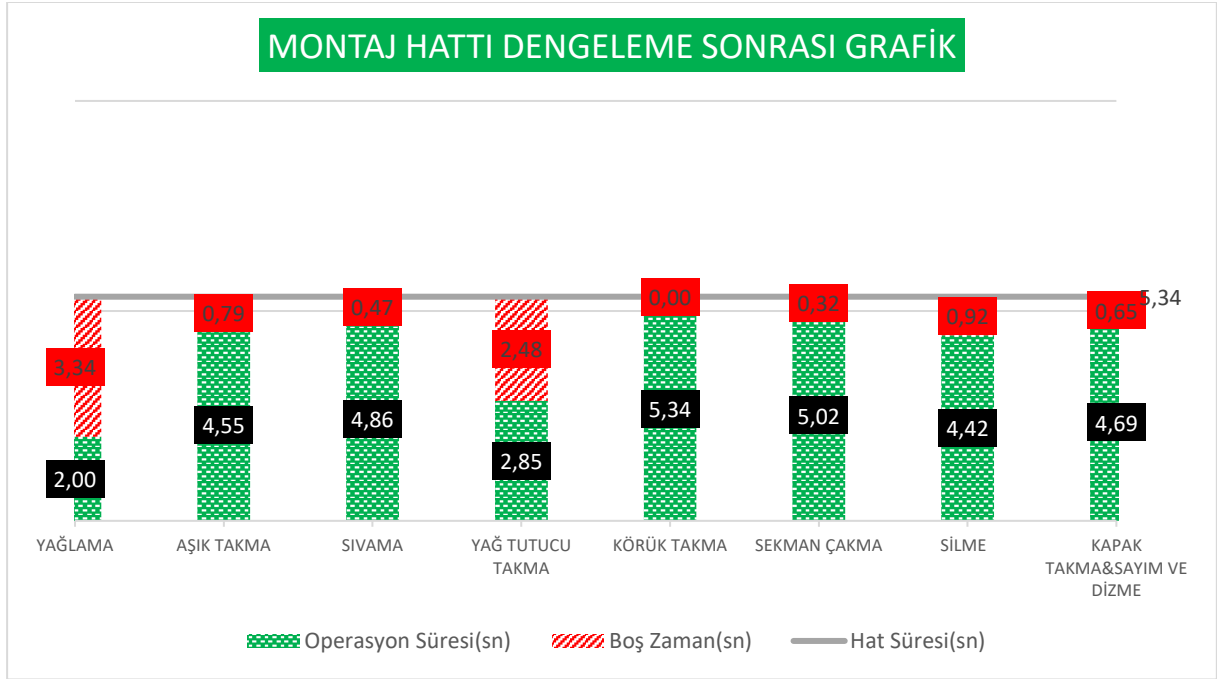
Şekil 3. Dengeleme Öncesi Operasyon Süreleri (SL-F-476)

Şekil 4’te ise yapılan iyileştirme sonrası standart süreler ve hat süresine göre operatörün boş kalan zamanları gösterilmiştir.

Şekil 4’te gösterilen yeşil alanlar iyileştirme sonrası standart süreyi, kırmızı alanlar ise hat süresine göre operatörün boş kalan zamanlarını göstermektedir.

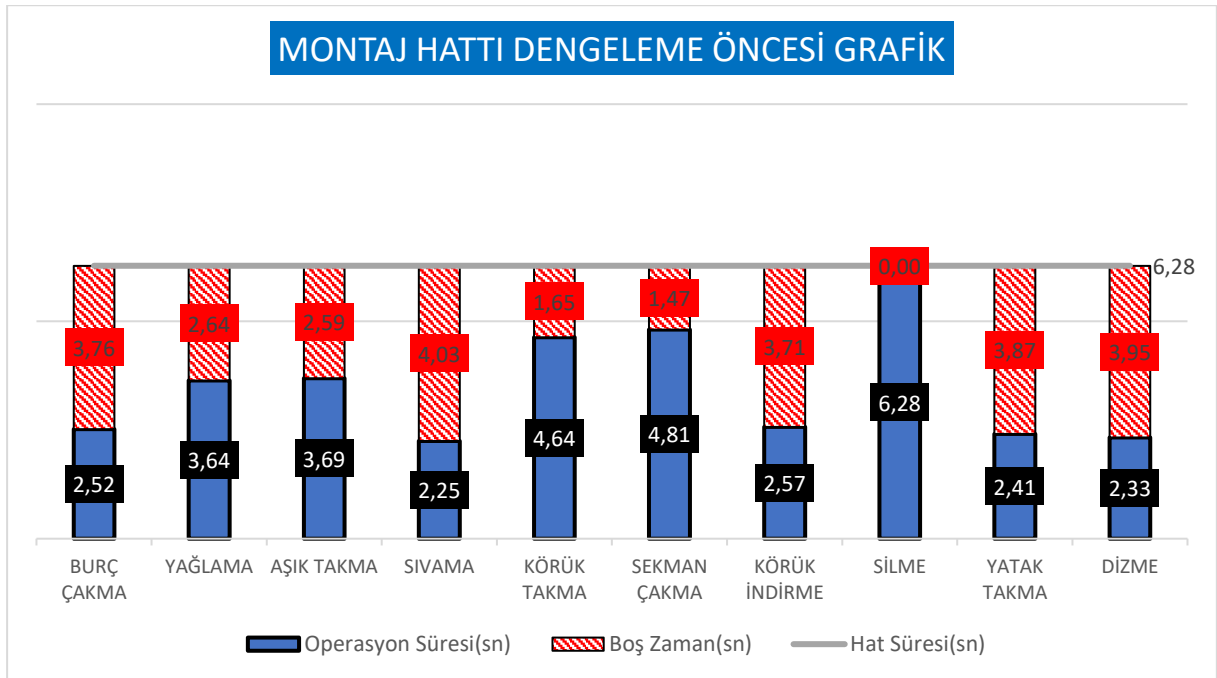
Şekil 3’te “Kapak Takma” operasyonu için hat süresine göre operatörün boş kaldığı süre 3,58 sn olarak görülmektedir. Buna göre “Sayım ve Dizme” olarak adlandırılan bir sonraki operasyon (2,93 sn) operatörün boş kaldığı sürede tamamlanabilir olarak gözükmemektedir.

Bu hesaplama doğrultusunda, “Sayım ve Dizme” operasyonunun ayrı bir operatör tarafından yapılması yerine, iş birleştirme yapılarak “Kapak Takma& Sayım ve Dizme” olarak tek bir operatör tarafından yapılabileceği görülmüştür.



Şekil 4. Dengeleme Sonrası Operasyon Süreleri (SL-F-476)

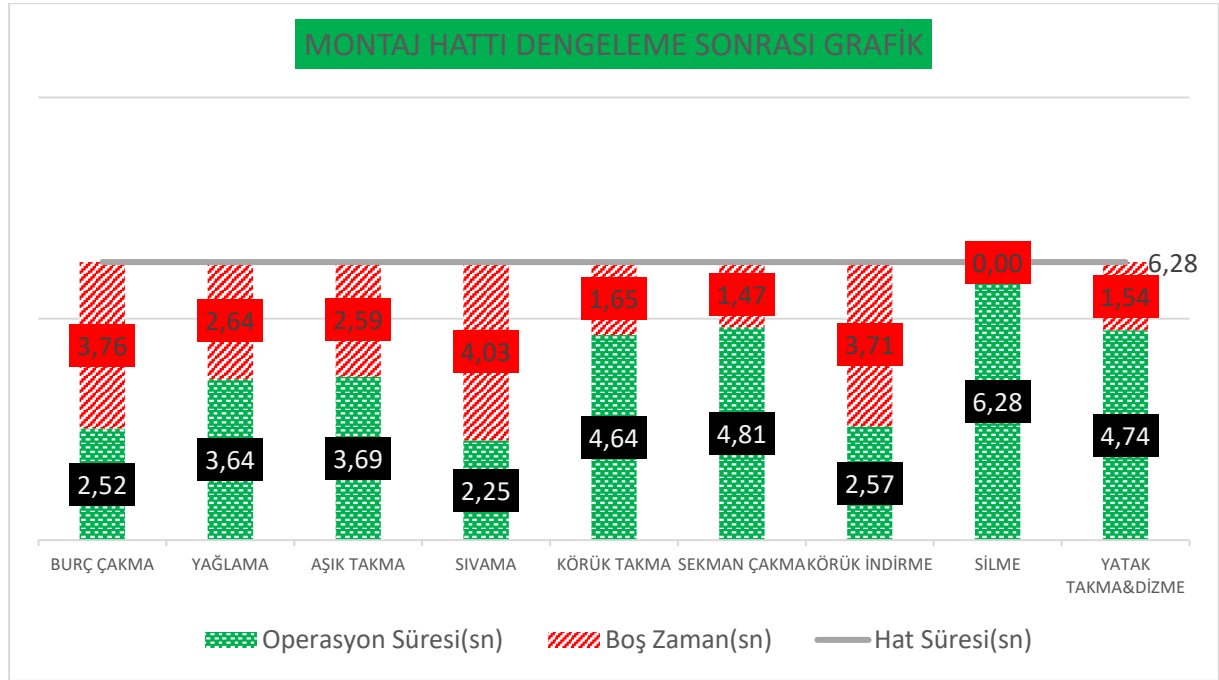
Şekil 5’te KL-A-583 numaralı ürüne ait mevcut operasyon süreleri yer almaktadır. En yavaş operasyon süresine sahip olan “Silme” operasyonu, hat süresini belirlemiştir. Bu süreye göre, her bir operasyonun boş zamanları hesaplanarak kırmızı alanda gösterilmiştir.



Şekil 5. Dengeleme Öncesi Operasyon Süreleri (KL-A-583)

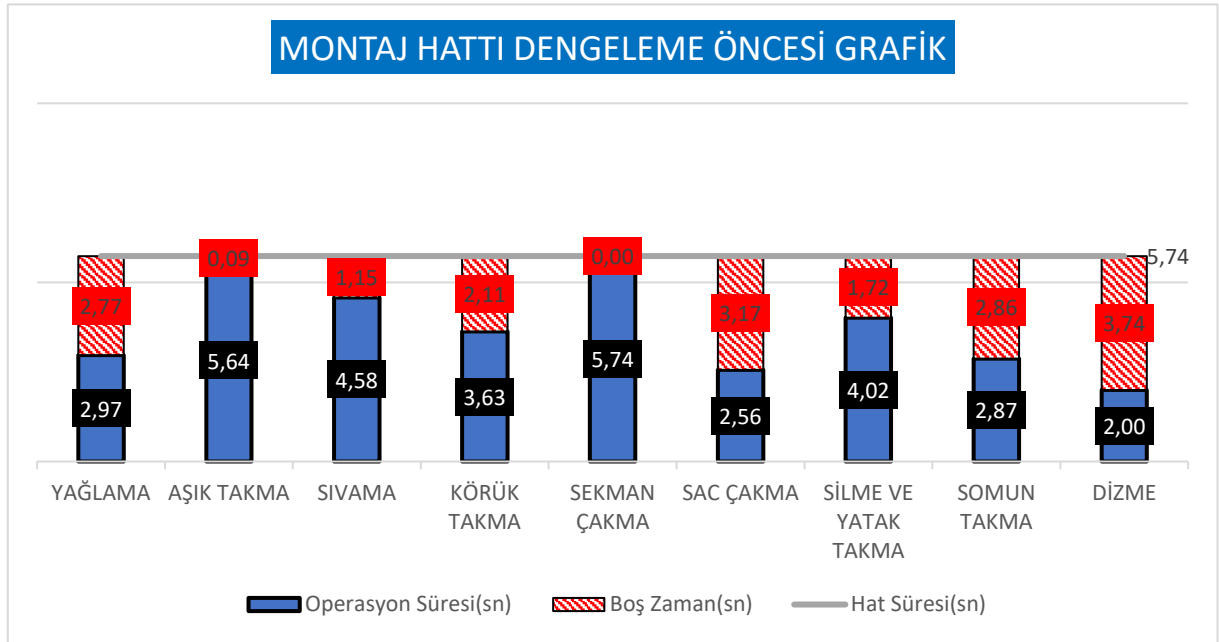
Şekil 5’te “Yatak Takma” operasyonuna ait boş süre 3,87 olarak hesaplanmıştır. Bu süre içerisinde 2,33 sn süreye sahip olan “Dizme” operasyonunun “Yatak Takma” operasyonu ile beraber yapılabilmesi görülmektedir.

Şekil 6’da iş birleştirme yapılarak “Dizme” operasyonuna ait istasyon kaldırılmıştır ve “Yatak Takma” operasyonuna ait istasyonda 3,87 sn olan boş süre 1,54 sn’ye düşürülmüştür.



Şekil 6. Dengeleme Sonrası Operasyon Süreleri (KL-A-583)

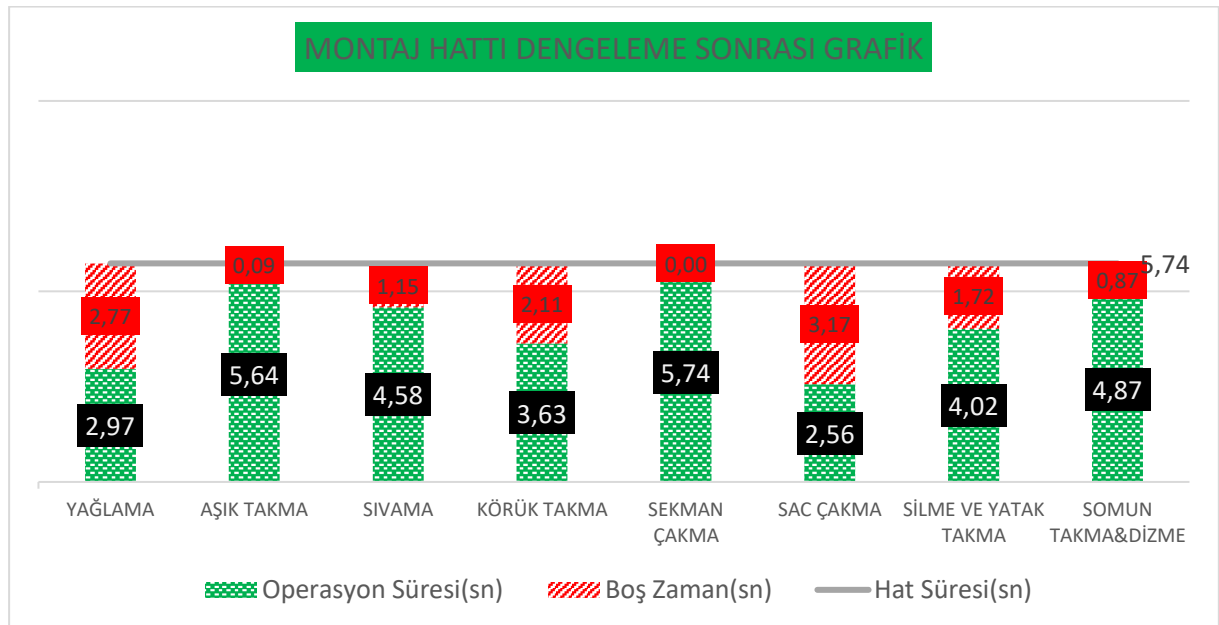
Şekil 7’de KL-B-865-PDUZ numaralı ürüne ait mevcut operasyon süreleri yer almaktadır. En yavaş operasyon süresine sahip olan “Segman Çakma” operasyonu, hat süresini belirlemiştir. Bu süreye göre, her bir operasyonun boş zamanları hesaplanarak kırmızı alanda gösterilmiştir.



Şekil 7. Dengeleme Öncesi Operasyon Süreleri (KL-B-865-PDUZ)

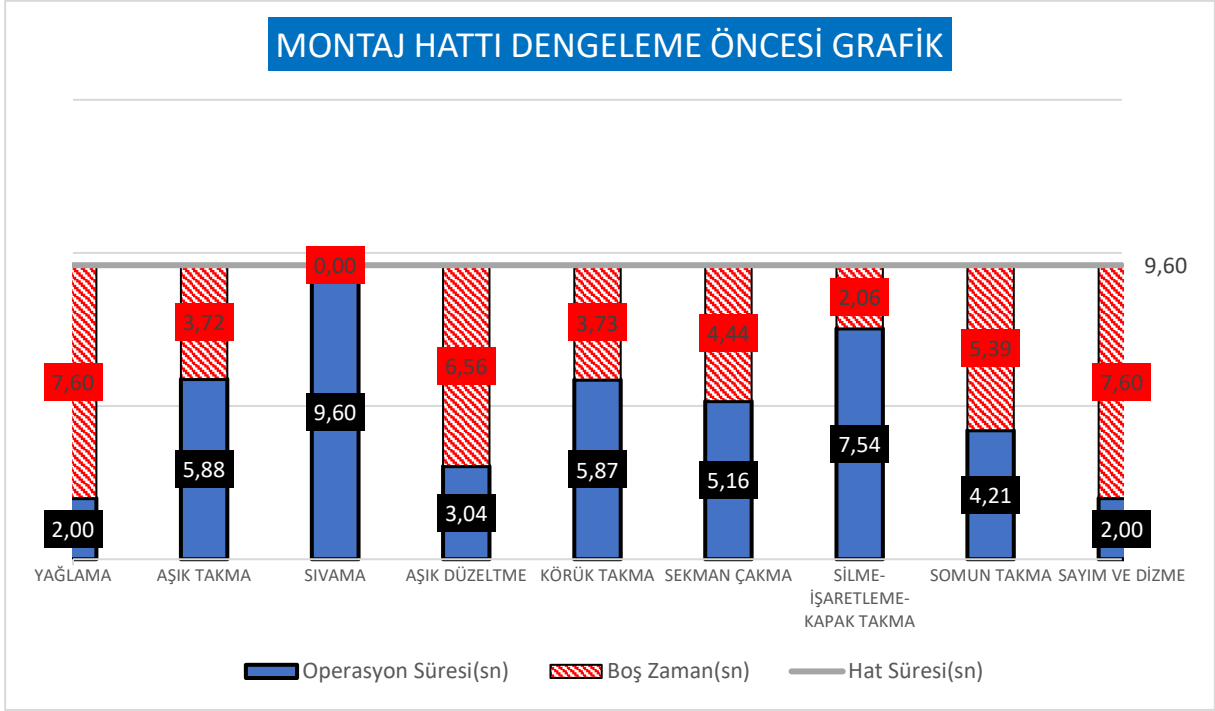
Şekil 7’de “Somun Takma” operasyonuna ait boş süre 2,86 olarak hesaplanmıştır. Bu süre içerisinde 2 sn süreye sahip olan “Dizme” operasyonunun “Somun Takma” operasyonu ile beraber yapılabileceği görülmektedir.

Şekil 8’de iş birleştirme yapılarak “Dizme” operasyonuna ait istasyon kaldırılmıştır ve “Somun Takma” operasyonuna ait istasyonda 2,86 sn olan boş süre 0,86 sn’ye düşürülmüştür.



Şekil 8. Dengeleme Sonrası Operasyon Süreleri (KL-B-865-PDUZ)

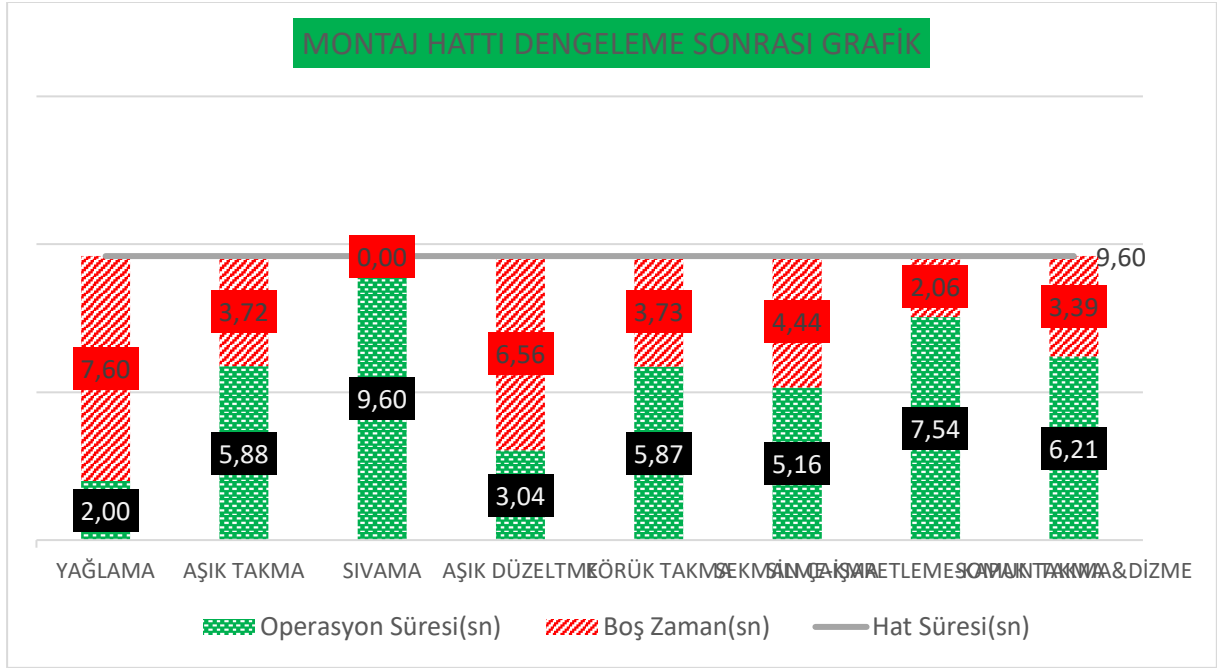
Şekil 9’da KL-A-520-PMOT numaralı ürüne ait mevcut operasyon süreleri yer almaktadır. En yavaş operasyon süresine sahip olan “Sıvama” operasyonu, hat süresini belirlemiştir. Bu süreye göre, her bir operasyonun boş zamanları hesaplanarak kırmızı alanda gösterilmiştir.



Şekil 9. Dengeleme Öncesi Operasyon Süreleri (KL-A-520-PMOT)

Şekil 9’da “Somun Takma” operasyonuna ait boş süre 5,39 olarak hesaplanmıştır. Bu süre içerisinde 2 sn süreye sahip olan “Sayım & Dizme” operasyonunun “Somun Takma” operasyonu ile yapılabileceği görülmektedir.

Şekil 10’da iş birleştirme yapılarak “Sayım & Dizme” operasyonuna ait istasyon kaldırılmıştır ve “Somun Takma” operasyonuna ait istasyonda 5,39 sn olan boş süre 3,39 sn’ye düşürülmüştür.



Şekil 10. Dengeleme Sonrası Operasyon Süreleri (KL-A-520-PMOT)

Tespit edilen bu metot çalışmalarına ek olarak, mevcut durum ve gelecek durum için hat verimlilikleri hesaplanmıştır. Yapılacak metot çalışmalarının hat süresini değiştirmediği ancak hat verimliliğini arttırdiği sonucuna ulaşılmıştır.

Tablo1. Referanslara Göre Hat Verimlilikleri

REFERANS	Mevcut Adam Sayısı	Gelecek Durum Adam Sayısı	Optimum İstasyon Sayısı	$\sum CT$	Takt Zamanı	Mevcut Hat Verimliliği	Gelecek Durum Hat Verimliliği
SL-F-476	9	8	6,15	32,84 sn	5,34 sn	70,22%	78,99%
KL-A-583	9	8	5,59	35,14 sn	6,28 sn	55,94%	62,15%
KL-B-865-PDUZ	9	8	5,93	34,01 sn	5,74 sn	65,88%	74,12%
KL-A-520-PMOT	9	8	4,72	45,29 sn	9,60 sn	52,42%	58,98%

Körüğün aşıktan çıkarması için segman çakma işlemi yapılmaktadır. Bu operasyonda bir aparat ile körüğe takılan segman, başka bir aparat ile körük üzerinde yer alan segman boşluğuna çakılmaktadır. Ardından diğer operasyonda körük indirme işlemi yapılmaktadır. İki farklı operasyonda kullanılan gres yağı, elleçlemeler sonucunda parçanın tüm yüzeyine bulaşmaktadır. Bu sebeple körük indirme işleminden sonra ve somun/kapak takılmadan önce silme işlemi yapılmaktadır. Silme operasyonunun süresini, parça yüzeyinin ne kadar yağlı olduğu belirlemektedir. İncelenen montaj hattında, aşık yağlama yapılırken ve körük takılırken küre çapına göre gres yağı sıkılmadığı gözlenmiştir. Bu durum silme operasyonunun süresini 2,28 sn artırmaktadır. Silme işleminden sonra yine ürün çeşidine göre kapak ve somun takılmaktadır. Ardından hattın sonundaki kişi montajı yapılmış ürünü sayarak kutuya dizmektedir.

Şekil 3'te "Kapak Takma" operasyon süresinin diğer operasyon sürelerine göre kısa olması hattın dengesiz olmasına sebep olmaktadır. Bu durum "Kapak Takma" operasyonunu gerçekleştiren operatörün akış gereği beklemesine neden olmaktadır. "Sayım ve Dizme" operasyon süresi ise "Kapak Takma" operasyon süresi kadar kısa olmamakla birlikte, hat süresinin altında kalmaktadır. Bu durumda, "Kapak Takma" ve "Sayım ve Dizme" operasyonlarının birleştirilip, operatörlerin akış gereği bekleme süreleri ortadan kaldırılmış olup Şekil 4'te dengelenmiş hat grafiği gösterilmiştir.

Şekil 5'te ise "Yatak Takma" ve "Dizme" operasyon sürelerinin hat süresinin altında olduğu ve bu iş merkezlerinde çalışan operatörlerin akış gereği beklediği gözlemlenmiştir. Mevcut durumda birleştirilmesi mümkün olan operasyonlar "Yatak Takma" ve "Dizme" operasyonlarıdır. Bu durumda "Yatak Takma" ve "Dizme" operasyonları birleştirilerek akış gereği bekleme minimum seviyeye indirilmiş olup Şekil 6'da dengelenmiş hat grafiği gösterilmiştir.

Şekil 7'de "Somun Takma" ve "Dizme" operasyon süresi hat süresinin altında yer almakla birlikte, operatörler akış gereği beklemektedir. Bu durumda, "Somun Takma" ve "Dizme" operasyonlarının birleştirilip, operatörlerin akış gereği bekleme süreleri ortadan kaldırılmış olup Şekil 8'de dengelenmiş hat grafiği gösterilmiştir.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada montaj hattında üretimi gerçekleşecek ürünlerin komponentlerinin eksik olması sürekli akışı engellemiştir.

Materyal ve yöntem bölümünde belirtilen şekillerde her ürün için operasyon süreleri ve hat süresi açıkça gösterilmiştir. Operasyon süreleri arasındaki farkın minimum ve belirtilen hat süresinin altında olması montaj hattının dengede olması yönüyle önem arz etmektedir.

Materyal ve yöntem bölümünde belirtilen şekillerde her operasyonun hat süresi ile zaman farkları görülmektedir. İş yükü dengesizliğinden kaynaklı ortaya çıkan zaman farkları, iş birleştirme yapılması gerektiğini göstermektedir. Bu doğrultuda, mümkün olan işler bir operatöre verilerek iş yükü dengesizliği minimize edilmeye çalışılmıştır.

SL-F-476 no'lu referansta yapılan hat dengeleme çalışması sonrası hat verimliliği %70,22'den %78,99'a çıkmıştır. Analiz yapılan diğer 3 referansta (KL-A-583, KL-B-865-PDUZ, KL-A-520-PMOT) ise hat verimlilikleri %55,94'ten %62,15'e, %65,88'den %74,12'ye ve %52,42'den %58,98'e çıkmıştır.

Yapılan analizde küre çapına göre yağlama yapılmadığı durumda silme operasyonu 6,28 sn olarak ölçülürken, küre çapına uygun yağlama yapılması durumunda silme operasyon süresi 4 sn olarak ölçülmüştür.

Analize göre, somun takma ve parçayı kasaya dizme operasyonları aynı operatör tarafından yapıldığında hatta çalışan operatör sayısının 9 kişiden 8 kişiye düştüğü gözlemlenmiştir.

Rotilli kol-salıncak montaj hattında yapılan operasyonlar arası iş yükü dengeleme çalışması 5S çalışmaları ile desteklenerek, montaj hattında sürekli akışın sağlanabildiği yapılan analizde gözlemlenmiştir.

Yapılan gözlemlerde, her yeni ürüne geçiş sürecinde 2 dakika zaman kaybına neden olan malzeme arama problemi, 5S çalışması yapılarak ortadan kaldırılmıştır.

KAYNAKÇA

- [1] Selin Eryürük, Fatma Kalaoglu ve Murat Baskak, “Etek Üretimi Yapan Bir Konfeksiyon İşletmesinde Montaj Hattı Dengeleme Çalışması”, *Tekstil ve Mühendis*, c. 21, sy. 96, ss. 19–26, 2014.
- [2] Hakan Kutlak, İrem Düzdar, İlyas Uygur, "Otomotiv Sektöründe Çok Modelli Bir Montaj Hattınız Mevcut Durum Analizi ", *İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi*, vol. 6, no. 1, pp. 23–32, 2017.
- [3] F. Yeşim Kalender, Murat Mustafa Yılmaz ve Orhan Türkbey, "Montaj Hattı Dengeleme Problemine Bulanık Bir Yaklaşım", *UMÜFED Uluslararası Batı Karadeniz Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, 23(1), ss. 129-138, 2008.
- [4] A. Şenel Uyanık, “Bir Traktör Fabrikasında Karışık Modelli Montaj Hattı Dengeleme – Deterministik ve Stokastik Ölçümlere Göre Analizler”, Yüksek Lisans Tezi, TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2020.
- [5] V. DAL, “Refa, Mtm ve Gsd İş Akış Süresi Belirleme Sistemlerinin Örnek Bir Uygulama ile Karşılaştırılmalı Olarak İncelenmesi”, *TUBAV Bilim Dergisi*, 3(3), ss.224-237, 2010.
- [6] Â. Yurdun Orbak, B. Türker Özalp, Pınar Korkmaz, Nilay Yarkın, Nagihan Aktaş, Aylin Dinçer, “Karışık Modelli Bir Montaj Hattında Hat Dengeleme Çalışmaları”, *Yöneylem Araştırması ve Endüstri Mühendisliği 29. Ulusal Kongresi*, Ankara, 2009.
- [7] Arş. Grv. Murat Kansu Karaca, *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 1(1), 1996.
- [8] Ayşe Özkıran, Hafize Düşünür, *Otomotiv Sektöründeki Bir İşletmede Montaj Hattının Analizi ve Dengeleme Çalışması*, Lisans Bitirme Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İzmir, 2011.
- [9] OfixBlog. James Watt: Sanayi Devriminin Temellerini Atan Mucit. <https://blog.ofix.com/james-watt-ve-buhar-motorunun-icadi/> Kasım 29, 2021. Erişim Tarihi Ekim 11, 2023.
- [10] OfixBlog. Henry Ford: Seri Üretim Montaj Hattını Bulan Sanayici. Henry Ford hakkında merak ettikleriniz blog sayfamızda... (ofix.com). Aralık 13, 2021. Erişim Tarihi Ekim 11, 2023.

- [11] A. Baykasoğlu ve Ş. Demirkol Akyol, “Ergonomik Montaj Hattı Dengeleme”, Gummfd, C. 29,sy. 4, 2014.
- [12] A. Atahan, M. Kapuağası, Ü. N. Koç, B. Çağlar Gençosman ve T. İnkaya, “Bir Otomasyon Teknolojileri Üreticisinde Standart Zaman Hesaplama ve Montaj Hattı Dengeleme Yazılımı Geliştirilmesi”, Uujfe, C. 23,sy. 1,ss. 263–284, 2018.
- [13] G. G. Gündoğdu, “Karışık Modelli Montaj Hattı Dengeleme Problemi ve Bir İşletmede Uygulaması”, Journal Of Academic Value Studies (Javstudies), 5(4), Ss.651-665, 2019.