

DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

OTOMOTİV SEKTÖRÜNDEKİ BİR İŞLETMEDE
MONTAJ HATTININ ANALİZİ VE DENGELEME
ÇALIŞMASI

Ayşe ÖZKIRAN

Hafize DÜŞÜNÜR

Danışman

Yrd. Doç. Dr. Ali Serdar TAŞAN

Haziran,2011

İZMİR

ÖNSÖZ

Günümüz rekabet koşulları göz önüne alındığında müşteri taleplerinin zamanında karşılanması işletmeler arasında farklılık oluşturan bir unsur haline gelmiştir. Bu durum göz önüne alındığında üretimin hızlı olarak gerçekleştirilmesi önem kazanmıştır.

Montaj hattının dengeli olması üretim hızını etkileyen en önemli faktörlerdendir. Çalışmamız bu durum göz önüne alınarak montaj hattı üzerinde tespit edilen dar boğaz istasyonunun iyileştirmesi amacıyla gerçekleştirilmiştir. Öncelikle veri analizi yapılarak sistem dengelenmeye çalışılmıştır. Çalışmanın devamında ise, simülasyon modeli kullanılarak sistemde değişiklikler incelenmiştir.

Lisans bitirme projemizin danışmanlığını üstlenerek çalışma konumuzun belirlenmesinde bize yol gösteren, bilgi ve deneyimlerini paylaşarak desteğini bizden esirgemeyen Yrd. Doç. Dr. Ali Serdar TAŞAN' a,

Çalışmalarımız sürecinde bilgileri ile bize destek olan Arş. Gör. Şener AKPINAR' a,

Tezimizi uygulamalı olarak yapma imkanı sağlayan EGE FREN A.Ş. yöneticilerinden Tayfun UZEL ve Akın İŞBİLİR' e ve tüm personel/çalışanlarına,

Manevi desteği ile bu günlere gelmemizi sağlayan ailelerimize sonsuz teşekkür ederiz.

Saygılarımızla

Ayşe ÖZKIRAN

Hafize DÜŞÜNÜR

ÖZET

Üretimin birimler halinde gerçekleştirildiği sürekli üretim sistemlerinde yoğun talebin olduğu durumlarda, üretim hızının yüksek olmasını sağlamanın en temel yolu montaj hattının dengelenmesidir. Montaj hattının dengelenmesi ile iş adımları gruplandırılarak istasyonlar oluşturulur, her istasyonun çevrim süreleri birbirine yakın hale getirilir ve bu şekilde montaj hattının aksamadan çalışması sağlanmış olur.

Yapılmış olan çalışmada işletmede bulunan fren montaj hattının analizi ayrıntılı olarak yer almaktadır. Çalışmanın amacı hatta bulunan ara stok miktarının azaltılması ve akışın aksamadan sürekliliğinin sağlanmasıdır. Bu amaca yönelik ilk olarak hattın akışı gözlenmiş ve analiz edilmiştir. Gözlemler sonucunda insan makine diyagramları ve zaman etüdü çalışmaları yapılmıştır. Böylece işin ayrıntılı bir şekilde analiz edilmesi ve operatör bazında inceleme olanağı bulunmuştur. İncelemeler sonucunda tespit edilen dar boğaz istasyonu üzerinde iş adımlarının değişimi ile operatörlerin işlem sürelerinin yakın değerlere çekilmesi sağlanmıştır. Yapılan iyileştirme iş adımlarının sırasında farklılık oluşturmayacak şekildedir. Çünkü işlem sıralarının değişimi bu ürün üzerinde mümkün değildir. Sıralarının değişimi bir sonraki işlemin yapılışını engeller. Bu kısıtlar göz önüne alınarak operatörler arasındaki süre farklılığı ve iş adımlarının süreleri karşılaştırılarak dengeleme yapılmıştır. Öngörülen bu değişimin hat üzerinde uygulanması ile de sonuca ulaşılmıştır. Son olarak bu iyileştirmenin model ile desteklenmesi için bir benzetim modeli oluşturularak gerçek sistem değerleri ile ilk durum arasındaki farklılık gözlenmeye çalışılmıştır.

Sonuç olarak çalışmamızda bir montaj hattı dengeleme problemi ele alınmıştır. Bu yöntemlere ilişkin oluşturulan tablolar ve hesaplamalarla sonuçların değerlendirilmesi yapılmış ve ilk değerler ile son elde edilen değerlerin doğrulaması yapılmıştır. Üretim sistemine ilişkin öneriler ve genel görüşlere de çalışma içerisinde yer verilmiştir.

Anahtar kelimeler: Montaj hattı dengeleme, zaman etüdü, insan-makine diyagramı, benzetim, matematiksel modelleme.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖNSÖZ	ii
ÖZET	iii
İÇİNDEKİLER	iv
EK LİSTESİ.....	vi
TABLO LİSTESİ.....	vii
ŞEKİL LİSTESİ.....	viii
GRAFİK LİSTESİ	ix
BÖLÜM BİR – GİRİŞ.....	1
BÖLÜM İKİ –MONTAJ HATTI DENGELEME.....	3
2.1 Montaj Hattı Tanımı.....	3
2.2 Montaj Hattı Dengelemede Kullanılan Temel Kavramlar	4
2.3 Montaj Hatlarının Sınıflandırılması	6
2.3.1 İşin Yapısına Göre Montaj Hatları	6
2.3.2 Model Çeşitlerine Göre Montaj Hatları.....	7
2.3.3 İstasyonların Yerleşimine Göre Montaj Hatları	7
2.3.4 Gecikmeli veya Gecikmesiz Montaj Hatları	8
2.3.5 İşlem Zamanlarına Göre Montaj Hatları	8
2.4 Montaj Hatlarında Darboğaz Araştırması	9
2.5 Montaj Hattı Dengeleme Yöntemleri.....	9
2.6 Simülasyon Modelleri	12
2.7 Simülasyon İçin Geliştirilmiş Başlıca Diller.....	14

2.8 Arena Yazılımı	17
BÖLÜM ÜÇ –UYGULAMA.....	18
3.1 İşletmenin Tanıtımı	18
3.2 Problemin Tespit Edilmesi	20
BÖLÜM DÖRT – MONTAJ HATTININ MODELLENMESİ VE ANALİZİ.....	28
4.1 İnpıt Analizi.....	28
4.2 Modele Ait Varsayımlar.....	32
4.3 Modelin Açıklanması	32
4.3.1 Blokların Açıklanması.....	32
4.3.2 Elementlerin Açıklanması	33
4.3.3 Animasyonun Açıklanması	34
4.4 Model Sonuçları	35
BÖLÜM BEŞ – SONUÇ.....	39
KAYNAKLAR	41
EKLER	43

EK LİSTESİ

Sayfa

EK-1 MONTAJ HATTININ ŞEKLİ VE HATTA MALZEME AKIŞLARININ GÖSTERİMİ.....	43
EK-2 İNSAN MAKİNE DİYAGRAMLARI	44
EK-3 ZAMAN ETÜDÜ TABLOLARI.....	49

TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 3.1 İstasyonlar arasında aktarılan iş adımları ve süreleri	23
Tablo 3.2 İş adımlarının aktarılmasından sonraki istasyon çevrim zamanları	23
Tablo 3.3 1,2 ve 3 numaralı istasyonların işlem süreleri	23
Tablo 4.1 Üçüncü operatör için kullanılan analiz değerlerinin bir kısmı	29
Tablo 4.2 Dördüncü operatör için kullanılan analiz değerlerinin bir kısmı.....	30
Tablo 4.3 Beşinci operatör için kullanılan analiz değerlerinin bir kısmı.....	31

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 3.1 Malzeme Akışı.....	20
Şekil 4.1 Üçüncü operatörün işlem sürelerine ilişkin input analiz değerleri	29
Şekil 4.2 Dördüncü operatörün işlem sürelerine ilişkin input analiz değerleri	30
Şekil 4.3 Beşinci operatörün işlem sürelerine ilişkin input analiz değerleri	31
Şekil 4.4 Blokların modelde gösterimi	32
Şekil 4.5 Elemelerin modeldeki görünümü	34
Şekil 4.6 Animasyonun modeldeki görünümü	34
Şekil 4.7 Modelin çalıştığı andaki bir görüntüsü	35
Şekil 4.8 Hattın mevcut durumunun model çıktısı	36
Şekil 4.9 Modelin 100 replikasyonu sonucunda bulunan ortalama değerler	37
Şekil 4.10 Hattaki iyileştirme sonrası model çıktısı	38

GRAFİK LİSTESİ

Sayfa

Grafik 4.1 Üçüncü operatörün işlem süresinin dağılım grafiği	29
Grafik 4.2 Dördüncü operatörün işlem süresinin dağılım grafiği.....	30
Grafik 4.3 Beşinci operatörün işlem süresinin dağılım grafiği.....	31

BÖLÜM BİR

GİRİŞ

Müşteri ihtiyaçlarının tam zamanında giderilmesi ve beklentilerin tam anlamıyla karşılanması işletmelerin üretim süreçlerini sürekli olarak geliştirme ihtiyacı duymalarını sağlamıştır. Günümüz rekabet koşulları göz önüne alındığında işletmeler için kalite faktörünün yanında üretim süreçlerindeki esneklik, üretim hızı gibi ürünün üretim aşamaları da önem kazanmıştır. Çünkü müşteri talep ettiği üründe sadece kalite faktörünü aramamaktadır. Maliyetlerin ve teslimat süresinin düşük olması, üretim de esneklik gibi ürünün yapısı dışında ki diğer faktörler de müşteriler için önem kazanmıştır. Bu durum da işletmelerin üretimden başlayarak bütün tedarik zinciri boyunca da hizmetlerini geliştirmelerini sağlamıştır.

İşletmeler ürüne olan talebin artması, karlılık gibi unsurlar nedeniyle üretim hacimlerini genişletmek için yenilikler yaparlar. Üretim hacmini, verimliliği arttırmak için montaj hatları ele alınır. Üretimin artması, hattı malzeme bakımından besleyen istasyonların da üretim hacimlerinin artmasını zorunlu kılar. Genellikle montaj hattını besleyen istasyonlar belli üretim tekniğinde işlem yapan makinelerden oluşur. Bunlar talaşlı imalat, kaynak, boya, CNC tezgahlar vb. gibi sıralanabilir. Bu istasyonlardaki üretim makine bazlı olduğu için üretim hacmini arttırmak makineyi sürekli beslemekle sağlanabilir. Eğer makine tam kapasiteyle çalışıyorsa burada yeni bir makine ihtiyacı ortaya çıkar. Bunun gibi üretimi arttırtıcı yaklaşımlar düşünülebilir. Montaj hattında üretimi arttırmak için ise, daha ayrıntılı bir çalışma yapmak gerekmektedir. Dar boğaz oluşturan istasyonların belirlenmesi, her istasyona ait çevrim sürelerinin düzenlenmesi, optimum istasyon sayısının belirlenmesi gibi çalışmalar sonucunda daha yüksek üretim hacmine erişilebilir.

Otomotiv sektörü sürekli gelişen ve yenilenen teknoloji nedeniyle dinamik bir sektördür. Ürüne olan talep gün geçtikçe artmaktadır. Bu durumda işletmeler üretim hacimlerini oldukça yüksek tutmaktadırlar. Ürünün oluşmasındaki yapısal farklılık montaj sırasında kullanılan ve 'know-how' olarak bilinen işletmeye ait özel teknikler sayesinde gerçekleştirilebilir. Bu teknikler hem kaliteli ürün elde etmek hem de üretim hızını arttırmak amacıyla kullanılır. Çalışmamızda fren üretimi yapan bir işletmede yer alan montaj hattında, dengeleme problemi bu faktörler ile ele alınmıştır.

Bölüm ikide montaj hattı dengeleme ile ilgili yapılan çalışmalar incelenmiştir. Montaj hattının tarihi süreci, günümüze kadarki uygulamaları belirtilmiştir. Çalışmaya yardımcı olacak gerekli teknikler açıklanmıştır. Bölüm üçte çalışmanın yapıldığı işletmenin tanıtımı yapılmıştır. Problemin tespitinde kullanılan teknikler ayrıntılı bir şekilde açıklanmıştır. Bölüm dördte ise, önceden yapılmış çalışmalara ek olarak bir simülasyon modeli oluşturulmuş, bu modele ait bilgiler ve programın sonuçları ele alınmıştır. Beşinci bölümde ise, sonuçlar değerlendirilerek çalışmanın gerçek sisteme etkilerinden bahsedilmiştir.

BÖLÜM İKİ

MONTAJ HATTI DENGELEME

2.1 Montaj Hattı Tanımı

Montaj hattı bir takım iş istasyonlarının bir malzeme taşıma sistemiyle birleştirilmesinden meydana gelen bir sistemdir. Sistemin amacı bir ürüne ait bileşenlerin montajını gerçekleştirip bitmiş ürünü elde etmektir. (Özdemir vd. 2004) Montaj süreci iş elemanlarının veya yapılması gereken görevlerin sıralanmasından oluşur. Bir iş elemanının montajı önceden belirlenmiş ilgili istasyonda öncelik ilişkisine bakılarak yapılmalıdır. Montajı yapılacak ürünün hattı tasarlandığında, ürünün yapılacak işlemleri arasında süre farklarının dengelenmesi problemi ortaya çıkar. İşte ürün oluşumu sırasında yapılması gereken işlerin, montaj istasyonlarına, kayıp süreleri en aza indirecek şekilde atanması olayına montaj hattı dengeleme denmektedir.(Tanyaş ve Baskak, 2003).

Montaj hattı dengelemedeki en önemli unsur, hat üzerinde aynı işlem zamanına sahip iş istasyonu sayısını ya da çevrim süresini en küçükmektir. Hat dengelemenin temel amacı istasyonlardaki zaman fazlalıklarını azaltmak için montaj hattındaki toplam iş yükünü istasyonlara eşit olarak dağıtmaktır. Bu amaçla iş elemanları, birbirleri ile öncelik ilişkilerine ve istasyon boş sürelerine göre iş istasyonlarına atanır. Bu problem literatürde montaj hattı dengeleme problemi olarak adlandırılır. (Kılınçcı, 2004)

Üretim sürecinde, üretilecek olan ürünün birden fazla iş ögesine ayrılmasıyla ve bu iş ögelerine ait işlemlerin ayrı işçiler tarafından yapılmasıyla daha hızlı ve ucuz üretim yapılabileceği anlaşılmıştır. Bunun sonucu olarak iş ögelerine ait işlemler, üzerinde birden fazla iş istasyonlarının bulunduğu belirli bir hat üzerinde yapılmaya başlanmıştır. Bu hat üzerinde işlem göreceğ olan parçaların her biri, aralarında öncelik ilişkileri ve çevrim süresi gibi kısıtlar göz önüne alınarak birleştirilmekte ve bunun sonucunda iş istasyonları oluşmaktadır. (Kalender vd., 2008)

Montaj hatlarının ana amaçlarından biri her istasyona eşit iş yükünü dağıtmaktır. İş yükünün farklılığı hat verimliliğini düşüren bir unsurdur. Ürünün işlenmesi sırasındaki özelliklere göre, hatlar değişik şekillerde düzenlenebilir.

Bir montaj hattının kurulmasında ulaşılması gereken amaçlar şunlardır:

- Düz enli bir malzeme akışını sağlamak
 - İnsan gücü ve tezgâh kapasitelerini en üst düzeyde kullanmak
 - İşlemleri en kısa sürede tamamlamak
 - Montaj hattı üzerindeki iş istasyonu sayısını en küçüklemek
 - Boş (atıl) süreleri en küçüklemek
 - Atıl süreleri, iş istasyonları arasında düzgün şekilde dağıtmak
- Üretim maliyetlerini en küçüklemek (Tanyaş ve Baskak, 2003)

2.2 Montaj Hattı Dengelemede Kullanılan Temel Kavramlar

Montaj hattı dengelemede amaç belirli kısıtlar (ulaşım zamanı, iş elemanları ve bunların standart zamanları atama) altında hat performansını ölçen uygun bir başarı ölçütünü en iyi duruma getirecek şekilde işlemleri iş istasyonlarına atamaktır. (Çelikçapa, 1999)

Montaj hattı dengelemede kullanılan temel kavramlar:

İş Ögesi: Üretim süreci içinde, toplam iş içeriğinin, mantıksal olarak bölünmüş bir parçasıdır. Bir diğer görüşe göre; toplam işin kaç aşamada tamamlanacağını ve bunların hangi aşamalarla olacağını belirleyen, işi yeterli ve anlamlı en azlara bölme sonucu ortaya çıkan birimler ve yapılacak işlemlerdir (Uzmen, 1990)

Öncelik İlişkileri: Montaj işleminin yapılabilmesi için bazı iş öğelerinin bazı iş öğelerinden önce ve sıraya uyarak yapılması gerekmektedir. Söz konusu iş öğelerinin istasyonlara atanmaları, bu öncelik ilişkileri gözetilerek yapılmalıdır aksi takdirde montaj işlemi eksik veya yanlış sırada işlerin yapılması nedeniyle gerçekleşemez. (Tanyaş ve Baskak, 2003)

İş İstasyonu: Montaj hattında çalışan operatörlerin iş yaptıkları alanlara verilen isimdir. Bir montaj hattı için; en küçük istasyon sayısının bir olduğu ve istasyon sayısı dengeleme çalışması sırasında saptanan en büyük istasyon sayısını asmamak gerektiği kısıtları vardır. (Çelikçapa, 1999)

Konum Kısıdı: İşlemcinin hattaki konumu ile montajı yapılan nesnenin konumu arasındaki ilişkiyi ifade etmektedir. İşlemcinin montajı yapılacak ürünün etrafında hareket rahatlığı olmalıdır. Bu mesafe diğer donanımları ve işlemcileri kısıtlamayacak şekilde montaj hattı dengelemenin amaçları doğrultusunda ayarlanmalıdır.

Sabit Donanım Kısıdı: Tezgâhlar, test araçları gibi sabit donanımlar, montaj hatlarının bütünleşik parçalarıdır ve değiştirilemez istasyonları oluştururlar. Sabit donanım kısıdı, iş öğelerinin değiştirilebilirliğini azaltır.

İstasyon Yüğü: Bazı durumlarda istasyon yüğü azaltılabilir. Özellikle, hattın başında olabilecek aksamaları, tüm hatta yansıtmamak için bu istasyonlarda çevrim süresinin %100'den az olması yeğlenebilir.

Aynı İstasyona Atanması İstenen İş Öğeleri: Bu özelliğe sahip işlerin, aynı veya birbirlerini izleyen istasyonlara atanması gereklidir. Örneğin, özel aygıt kullanımını gerektiren iki iş öğesinin aynı işçi tarafından yapılması, ikinci bir aygıt gereksinimini ortadan kaldıracığı için, istenilen bir durumdur.

Aynı İstasyona Atanmaması İstenen İş Öğeleri: Bazı işlerin diğer bazı işlemlerle aynı istasyona atanması istenmez. Örneğin, hassas bir ölçüm işlemi ile titreşimi yüksek bir işlemin aynı istasyonda yapılması düşünülemez. (Tanyaş ve Baskak, 2003)

Toplam İş Süresi: Üretilecek olan ürünün montajı sırasında geçen toplam süredir, her istasyonun standart sürelerinin toplanması ile de bulunabilir.

İş İstasyonu Süresi: Bir iş istasyonunda yer alan iş adımlarının hepsinin yapılması için geçen sürenin toplamıdır. İstasyonda bulunan en uzun işlem süresi olan adımdan küçük ve hattın çevrim süresinden büyük olamaz.

Çevrim Süresi: Ürünün montajı sırasındaki en uzun işlem süreli olan istasyonun işlem süresi veya bir istasyonda kalabileceği en uzun süre çevrim süresidir. Ürün montaj sırasında her istasyonda en fazla çevrim süresi kadar zaman geçirebilir. Bir ürünün oluşumu için bu kadar sürenin geçmesi gerekmektedir. Bu süre temel alınarak üretim

hızı hesaplanabilir. Montaj hattı ile ilgili hesaplamalarda kullanılan en önemli kavramdır.

Çevrim zamanı hesaplanması; $C=T/N$

C = Çevrim zamanı

T = Eldeki toplam süre

N = Günlük talep

Gerekli en küçük istasyon sayısı;

Montaj hattındaki işlemleri istasyonlara atadığımız da gerekli iş istasyonu sayısı N ;

$N=\sum t_i/C$

Denge kaybı: İşlemlerin istasyonlara dağılımındaki dengesizliği gösterir. Denge kaybının “0” olması istenilen durumdur. Bir birim üretim için ayrılan toplam süreyle gereken süre arasındaki farkın montaj süresine bölünmesi ile bulunur, genellikle sıfırdan büyüktür.

$D=(N*C-\sum t_i)*100/N*C$

Montaj hattı dengeleme problemi iki bölüme ayrılabilir ve birinin çözümü diğerini getirir:

1. Gerekli çevrim zamanı verilerek ve her görevin zamanı, önceliği ve bölgesi belirlenerek, montaj isindeki görevlerin yapılabilmesi için istenen işçilerin minimum sayısı belirlenir. (Tip-1)

2. Belirli işçi sayısı verilerek ve her görevin zamanı, önceliği ve sırası bilinerek bir montajı tamamlamak için gerekli çevrim zamanı belirlenir (Tip-2). (Zorlu, 2000)

2.3 Montaj Hatlarının Sınıflandırılması

Montaj hatlarını sınıflandırmada birçok yol vardır;

2.3.1 İşin Yapısına Göre Montaj Hatları:

İşin yapısına göre, iki çeşit montaj hattı vardır; manüel ya da otomatik montaj hatları. Manüel hatlarda ürün son istasyona ulaşana kadar ve bir ürün olarak çıkana kadar çoklu istasyonlar vardır. Her istasyonda toplam iş yükünün bir bölümü, bir veya daha çok işçi tarafından yapılmaktadır. İnsan unsurunun ön planda olduğu bu çeşit montaj hatlarında dengeleme yaparken, otomatik hatlara göre daha çeşitli ölçütleri

dikkate almak gerekmektedir. Otomatik hatlarda, istasyonlardaki isler ve istasyonlar arası transferler otomatik olarak yapılmaktadır.

İstasyonlar arası iş transferinin de iki yolu vardır; mekanik olmayan hatlar veya hareketli hatlar kullanmak. Mekanik olmayan hatlarda parçalar bir istasyondan diğerine elle geçerler. Diğerlerinde ise hareketli konveyörlerle geçiş sağlanır.

2.3.2 Model Çeşitlerine Göre Montaj Hatları:

Model çeşitlerine göre üç çeşit montaj hattı vardır;

- Tek Modelli Hatlar: Tek tip ürün ya da modelin üretiminde kullanılırlar.
- Çok Modelli Hatlar: Bu hatlarda değişik modeller üretilir. Değişik modellerin üretimi ayrı ayrı kafiyele halinde yapılır. Belirli bir zamanda bir ürün parti halinde üretilir, arkadan diğer modellerin üretimine geçilir. Modeller farklı ürünler ya da aynı ürünün farklı modelleri olabilirler. Her iki durumda da ürünler aynı olmayan fakat benzer üretim ihtiyaçları gösterirler. Pratikte montaj hattı birinci model için hazırlanır. Daha sonra ikinci, üçüncü vb. modellerin parti üretimi için hatta gerekli düzenlemeler yapılır.
- Karışık Modelli Hatlar: aynı anda birden fazla benzer tipteki modellerin karışık olarak üretildiği hatlardır. Karışık modellerin üretiminin en önemli faydası, müşteri isteğini karşılamak üzere değişik modellerin sürekli olarak üretilmesi ve büyük bitmiş mamul stoklarını gerektirmemesidir. Modellerin değişik ilsem zamanlarından doğan dezavantajlı yönleri ise, is akısının düzenli olmaması, dolayısıyla daha fazla istasyon bos zamanları, yarı bitmiş mamullerden oluşan yığınlarıdır. (Acar ve Estas, 1991)

2.3.3 İstasyonların Yerleşimine Göre Montaj Hatları:

Fiziksel yerleşimlerine göre montaj hatları, düz, dairesel, rastsal, değişik açılı, U-şekilli, zigzag gibi değişik biçimlerde tasarlanabilir. Geleneksel montaj hatları düz olarak tasarlanmıştır. Daha sonra yeni üretim hatlarında U-hatlar daha çok tercih edilmeye başlanmıştır. U tipi hatlar JIT sistemleri için daha çok tercih edilen hatlardır. İşlevsel yapılarına göre de seri, bileşik, paralel ve besleyici montaj hatları olarak sınıflandırılır (Erkut ve Baksak, 1997). Eğer bazı işlerin işlem zamanları, çevrim

zamanını asarsa paralel veya çoklu istasyonlar dengeleme için kullanılabilir. Paralellik ile daha az istasyonla daha dengeli hatlar elde edilebilir.

2.3.4 Gecikmeli veya Gecikmesiz Montaj Hatları:

Bir montaj hattı tasarımında gecikmeli veya gecikmesiz bir hat tasarımı arasında bir seçim yapılmalıdır. Çünkü hattın devamlılığı buna bağlı olarak gerçekleşecektir. Gecikmesiz hatta her istasyona her ürün birimini üretmek için eşit zaman miktarı verilir (çevrim zamanı). Bu çevrim zamanı sonunda sistem otomatik olarak yeni istasyona geçildiğini varsayar. Tamamlanmamış işler varsa, bu işler hattın sonunda yeni bir istasyonda tamamlanabilmektedir. Gecikmeli hatta ise, bir iş tamamlandığı sürede yeni bir iş alınır. İşlerin tamamlanmasına izin verilir ancak bu durumda hattın gecikme miktarı da iyice incelenmelidir.

2.3.5 İşlem Zamanlarına Göre Montaj Hatları:

Montaj hattı dengeleme problemlerinde, işlem zamanları göz önüne alındığında, çok genel iki farklı durum söz konusudur;

- İşlem zamanlarının belirli olması (Deterministik MHD)
- İşlem zamanlarının değişken olması (Stokastik MHD)

Deterministik MHD problemlerinde, görev zamanlarının verilmiş olduğu ve bu zamanların bir birimden diğerine herhangi bir değişim göstermediği varsayılmaktadır. Bu varsayım özellikle robot teknolojisinin uygulama alanı bulabildiği, ileri teknoloji sanayilerinde geçerlidir. Stokastik MHD problemlerinde ise, görev zamanları, belirli bir dağılımla ifade edilir.

İnsan unsuru, görev zamanlarının değişken olmasına yol açmaktadır. Söz konusu değişkenliğin sebepleri arasında yorulma, dikkatin dağılması, yetersiz nitelikteki işgücü, iş tatminsizliği, hatalı girdiler, araç/gereç bozulmaları sayılabilir. Bu durum istasyonlara atanan işlerin aldıkları toplam zamanın, çevrim zamanını aşmasına ve dolayısıyla bazı görevlerin bitirilememesine sebep olmaktadır. Özellikle işler arasındaki öncelik ilişkileri göz önüne alındığında bazı görevlere hiç başlanamamaktadır. Bu tür dengeleme problemlerinde araştırmacıların çoğu görev zamanlarının normal dağılıma göre değer aldıklarını, bazıları ise görev zamanlarının değişkenlik katsayılarının (s/μ) tüm işler için sabit olduğunu varsayımlardır (Erel, 1991).

Montaj hattı dengeleme problemleri, 4 grupta toplanabilir;

- Tek modelli deterministik (TMD),
- Tek modelli stokastik (TMS),
- Çok/Karışık modelli deterministik (ÇMD)
- Çok/Karışık stokastik (ÇMS) problemler

2.4 Montaj Hatlarında Darboğaz Araştırması

Üretim sistemlerinin önemli problemlerinden biri olan darboğazın araştırılmasında izlenecek yöntem ve sıranın belirlenebilmesi amacı ile üretim faktörleri (malzeme, makine, işgücü, yöntem) ayırımından yararlanılabilir. (Üstün, 2005)

- Malzeme darboğazı araştırması; hammadde, yarı mamul, mamul ve yardımcı maddeleri kapsar.
- Makine darboğaz araştırmasına üretime katkıda bulunan tüm makine ve donanımlarla birlikte her türlü araç, kontrol ve ölçüm cihazları dahil edilir.
- İnsan darboğaz araştırmasında, işletmede insana ilişkin tüm problemler, iş gören ve yönetici performansları ve aralarındaki ilişkiler göz önüne alınır.
- Yöntem darboğaz araştırması içinde ise teknik ve örgütsel planlama, düzenleme, maliyet kontrol ve yatırım gibi yönetim sorunları ele alınır.

2.5 Montaj Hattı Dengeleme Yöntemleri

Geleneksel montaj hattı dengeleme problemi, görevlerin sıralı bir şekilde farklı iş istasyonlarına atanarak ürünlerin oluşturulduğu üretim sürecini dikkate almaktadır.

Görevlerin istasyonlar arasındaki dağılımı, görevler arasındaki mevcut öncelik kısıtlarının yanı sıra her bir görevi tamamlamak için gerekli zaman birimine de bağlıdır. Ürünün her bir istasyonda en fazla çevrim zamanı (C) denilen zaman kadar kalmasına izin verilmektedir. Geleneksel hat dengeleme probleminde modellenen üretim hattı “düz” olarak organize edilmiştir. Öncelik diyagramındaki ilk görev(ler)den başlamak ve diyagram boyunca görevleri istasyonlarda gruplamak suretiyle denge oluşturulmaktadır. (Kalender vd., 2008)

Montaj hatlarında önemli hususlardan birisi, her bir operasyonun tamamlanma süresidir. Montaj hattı dengeleme problemlerine ilk analitik yaklaşım 1954'te Bryton tarafından yapılmış ve bundan sonra bu konuda pek çok yöntem geliştirilmiştir. (Acar ve Eştaş, 1991)

Bu yöntemler iki grupta incelenebilirler. Birinci grupta, problemin optimal çözümünü bulan yöntemler (analitik yöntemler); ikinci grup ise en iyiye yakın çözümler veren bulgusal yöntemlerden oluşur (Acar ve Eştaş,1991)

Analitik Yöntemler:

Bu yöntemlere, optimizasyon yöntemleri de denilmektedir. E.H.Bowman tarafından geliştirilen doğrusal tamsayılı programlama, Talbot ve Patterson tarafından geliştirilen 0-1 tamsayılı programlama ve Karp-Held-Shareshian tarafından geliştirilen dinamik programlama yaklaşımları analitik yöntemlere örnektir.

Yöntemler amaç fonksiyonu ve kısıtlardan oluşmaktadır. Fakat bu yöntemlerde işlem sayılarının artması çözümü karmaşıklaştırır ve çözüme ulaşmak zor hale gelir.(Tanyaş ve Baskak, 2003)

Sezgisel (Bulgusal) Yöntemler:

Bu yöntemler, belirli bir yordamın (prosedürün) izlenmesi ve belirli varsayımların yapılması yoluyla, montaj hatlarının dengelenmesi konusunda yaklaşık çözüm verirler. Yöntemlerin çoğunda, çevrim süresi sabit kabul edilerek istasyon sayısı ve buna bağlı olarak dengeleme kaybı en küçüklenmeye çalışılır. Şimdiye kadar geliştirilen oldukça çok sayıda sezgisel yöntem vardır.

Literatürde karşılaşılan bazı sezgisel yöntemler aşağıda sıralanmıştır:

- Konum ağırlıklı dengeleme tekniği (Helgeson-Birnie)
- Aşamalı sıralamayla çözüm (Jackson)
- Öncelik diyagramı ile çözüm (Hoffman)
- Aday matris ile çözüm (Salveson)
- COMSOAL tekniği (Arcus)
- İlişkili etkinlik yöntemi (Agrawal)
- İki aşamalı dengeleme tekniği (Moddie-Young)
- Kilbridge-Wester yöntemi
- Probabilistik hat dengeleme (Elsayed-Boucher)
- Raouf-Tsui-Elsayed yöntemi
- Gruplama yöntemi (Tonge)

Literatürde özellikle Jackson, Kilbridge-Wester ve Salveson'un geliştirdiği yöntemler ön plana çıkmaktadır. (Baskak, 2006)

Montaj hattı dengeleme problemlerinde en iyi çözüme dayalı yöntemlerin büyük bir çoğunluğunda dal-sınır algoritmaları kullanılmıştır. Küçük ve Kesintürk, (2006) yapmış oldukları bir çalışmada genetik algoritma çözüm yöntemini bir montaj hattı dengeleme çalışmasında kullanmışlardır. Genetik algoritma (GA), popülasyon temelli sezgisel bir optimizasyon tekniğidir. (Özden, 2008) Özellikle çözümü zor, doğrusal olmayan problemlerin çözümünde etkin olarak kullanılmaktadır. Bahsedilen çalışmada, montaj hattı dengelemede genetik algoritma operatörlerinin etkinliği araştırılmış ve karşılaştırmalı sonuçlara yer verilmiştir. Geleneksel montaj hattı dengeleme problemlerinde, problem boyutu büyüdükçe en iyi çözümü bulan yöntemlerin yerini bulgusal yöntemler (sezgisel yöntemler) almaya başlamış ve araştırmalar bu yöne kaymıştır. Örneğin, U tipi hat dengeleme probleminin çözümü için etkili sezgisel prosedürlerin geliştirilmesinde bir çatı olarak kullanılabilecek “en kısa yol modeli” Aydoğan vd. (2004) tarafından “Basit U Tipi Montaj Hattı Dengeleme Problemi için Yeni Bir Optimal Çözüm Yöntemi: En Kısa Yol Modeli” başlıklı çalışmalarında uygulanmıştır. Bu çalışmada, basit U tipi montaj hattı dengeleme problemiyle ilgili bir en kısa yol modeli geliştirilmiştir. Model, Gutjahr ve Nemhauser tarafından geleneksel tek model montaj hattı dengeleme problemi için geliştirilen en kısa yol modeline dayanmaktadır. Model, U tipi montaj hattı dengeleme araştırmaları için yeni bir yaklaşım olup farklı perspektifler sağlamaktadır. Ayrıca, basit U tipi hat dengeleme probleminin çözümü için etkili sezgisel prosedürlerin geliştirilmesinde bir çatı olarak kullanılabilir. Sezgisel yöntemlerde ise iki tür yaklaşım söz konusudur. İlk türde çözüme ulaşmak için bir kurallar dizisi belirlenir, bu kurallar dizisine göre problem çözülür ve atamalar yapılır. İkinci türde ise; bir başlangıç çözümü alınır ve belirlenen sezgisel kurallar ile daha iyi başka bir çözüm elde edilmeye çalışılır. En son bulunan çözümden daha iyi bir çözüm elde edilemiyorsa, en son bulunan iyi çözüm, en iyi çözüm olarak kabul edilir.

2. Dünya Savaşı esnasında büyük matematikçi Jhon Van Neumann tarafından bu teknik askeriye ve operasyonel oyunlardan yeni bir teknik olan Monte Carlo Simülasyon Tekniği geliştirilmiştir. (Render ve Stair, 1991) Bir nicelik miktar tekniği olarak Los Alamos Scientific Laboratuvarında nötronlarla çalışılırken, Van Neumann

Simülasyonu, elle veya fiziksel modellerle analizi karmaşık ve pahalı olan fizik problemlerini çözmeye kullanılmıştır. (Render ve Stair, 1991) Monte Carlo yöntemi, deneysel ve istatistiksel problemlerin çözümüne rastgele sayılarla yaklaşımlara verilen genel bir isimdir. Bu yöntem, özellikle 1930'lerden sonra hızla gelişmeye başlamış bir tekniktir. (Haçerlioğulları, 2006) Bu metotlar olasılık teorisine tabidir. Metodun bir probleme uygulanması, problemin tesadüfi sayıları kullanarak simüle edilip hesap edilmek istenen parametrenin bu simülasyonların sonuçlarına bakılarak yaklaşık hesaplanması fikrine dayanır. (Haçerlioğulları, 2006)

1950'lerde iş bilgisayarlarının gelişi ve birleşik kullanımı ile simülasyon bir yönetim aracı olarak gelişmiştir. Uzmanlaşmış, özelleşen bilgisayar dilleri, geniş ölçülü problemleri daha etkili ele almak için 1960'larda geliştirilmiştir. 1980'lerde kuyruğa girmiş icatlardan durumları dizmeyi ele almak için yazılmış XCELL, SLAM, WITNESS, MAP / 1 gibi değişik isimlere sahip simülasyon programları geliştirilmiştir.

2.6 Simülasyon Modelleri

İşletme problemlerinin analizi için tanımlanan bir sistemin modeli bazen çok karmaşık olabileceği gibi kurulan model analitik ve nümerik olarak çözmek de güç olabilir. Bu hallerde simülasyon önemli bir model kurma ve çözme tekniği olarak kullanılır. (Halaç, 1991) Genel anlamda simülasyon, gerçeğin temsil edilmesi şeklinde tanımlanabilir. Simülasyonun en yaygın tanımı şu şekilde yapılabilir: (Erkut ve Baskak, 1997) Herhangi bir sistemin işleyişini anlamak veya bu sistemin işleyişi ile ilgili değişik stratejileri değerlendirmek için sistemin bilgisayar modelinin kurulması ve bu model ile deneyler yapılmasına "simülasyon tekniği" denir.

- Simülasyon tekniğinin uygulanmasının en önemli sebepleri şu şekildedir;
- Gerçek yaşamda, herhangi bir sistemi veya işlem dizisini gözleme ya olanaksız veya çok masraflı olabilir.
- Gözlemlenen sistem o kadar karmaşık olabilir ki, bu sistemi matematiksel denklemlerle tanımlama ve sistem işleyişi ile ilgili tahmine yardımcı analitik çözümleri elde etmek olanaksız olabilir.
- İrdelenen sistemin matematiksel modeli kurulabilse bile, modele çözüm getirmede gereken analitik teknikler yetersiz kalabilir.

➤ Sistemi tanımlayan matematik modellerin doğrulanmasına yönelik deneylerin yapılması ya olanaksız ya da çok masraflı olabilir. (Erkut ve Baskak, 1997)

Simülasyon'un amacı, bir gerçek hayat sistemini girdi ve çıktılarıyla matematiksel olarak ifade etmek, gerçek sistemi kurulan model üzerinden tanıyıp araştırmak, değişik kararları ve seçenekleri gerçek sistemde hiçbir değişiklik yapmadan deneyebilmektir. (Hançerlioğulları, 2006)

Simülasyonun uygulama alanları:

Simülasyonun kullanıldığı bazı uygulama alanları şu şekilde sıralanabilir; (Hançerlioğulları, 2006)

- Üretim/imalat sistemlerinin tasarım ve analizi
- Montaj hattı dengeleme
- İşgücü planlaması
- Malzeme taşıma sistemleri
- Yeni askeri silah ve sistem taktiklerinin saptanması
- Bir envanter sistemindeki sipariş planlarının incelenmesi
- İletişim sistemlerinin ve bunlar için gerekli mesaj protokollerinin tasarımı
- Otoyollar, havaalanları, metrolar ve limanların tasarım ve işletimi
- Ambulans bulundurma noktalarının ve buralardaki araç sayılarının saptanması
- Yangın söndürme istasyonlarının yerlerinin ve buralarda bulundurulması gerekli minimum araç sayılarının saptanması
- Finansal veya ekonomik sistemlerin analizi
- Dağıtım kanallarının tasarımı
- Bir bilgisayar sisteminin donanım ve yazılım gereksinimlerinin belirlenmesi
- İşletme yöneticilerinin eğitilmesi (işletme oyunları/firma simülasyonu)
- Alınacak riskleri minimize etmek için uzay uçuşları denemeleri
- Tamir-bakım sistemleri

Simülasyonun Avantaj ve Dezavantajları:

Simülasyonun avantajları aşağıdaki gibi özetlenebilir; (Hançerlioğulları, 2006)

- Esnek bir çözüm yöntemidir.
- Diğer modellere kıyasla anlaşılması daha kolaydır.
- Aşamalı olarak uygulayabilme imkânı vardır.

- Klasik çözüm yöntemlerinin kullanılmadığı büyük karmaşık problemlerin çözümünde oldukça etkilidir.
- Bir başka yöntemde incelenmesi olanaksız olan koşullar ve kısıtlar simülasyon ile rahatça modellenebilir.
- Sonuçları ancak aylar, yıllar sonra alınabilecek durumlar, simülasyon ile çok kısa sürede analiz edilebilir.
- Modellenen sistemi değiştirmeden yeni fikir ve politikaların model üzerinde rahatça uygulanmasına olanak verir.
- Kullanıcı, simülasyonu istenen zamanda durdurup yeniden başlatabildiğinden, deney koşullar üzerinde tam bir kontrole sahiptir.

Simülasyonun dezavantajları aşağıdaki gibi özetlenebilir; (Hançerlioğulları, 2006)

- İyi bir simülasyon modelini geliştirmek vakit alıcı ve pahalıdır.
- Optimum çözüm üretme garantisi yoktur. Bir çeşit deneme yanılma yöntemidir.
- Her simülasyon modeli kendine özgüdür.
- Uygulamasındaki kolaylıklar dolayısıyla analitik çözümlerin göz ardı edilmesine neden olabilir.
- Modellemede ve bulguların analizinde yapılacak hatalar, yanlış sonuçlara yol açabilir.

2.7 Simülasyon İçin Geliştirilmiş Başlıca Diller

Bir simülasyon modeli, bir sistemin ya da amacın yerine kullanılan temsilcisidir; ancak gerçek sistemin ya da amacın davranışını anlamak, tahmin ve kontrol etmek için de kullanılır (Banks vd., 2001)

Modelleme, genellikle sistemin soyut bir ortamının oluşturulmasıyla başlar ve gittikçe daha detaylı bilgilerin eklenmesiyle devam eder.

Bu soyut model, sistemin mantıksal bir modelidir ve sistemdeki olaylar arasındaki ilişkileri tanımlar. Birçok alanda, özellikle mühendislik ve bilgisayar alanlarında, gerçek bir sistem ile bu sistemin kavramsal bir temsili arasında karmaşık ilişkiler kurulur.(Hasgül ve Öztürk, 2004)

Simülasyon modelleri diğer matematiksel modellerde olduğu gibi bir en iyi sonuç bulmak yerine bir dizi aritmetik denemelerle değişik koşullar altında sistem davranışlarını taklit eder.(Hasgül ve Öztürk, 2004) Buna göre simülasyon aşağıdaki şekilde tanımlanabilir: “...teorik ya da gerçek fiziksel bir sisteme ait neden sonuç ilişkilerinin bir bilgisayar modeline yansıtılmasıyla, gerçek sisteme ait davranışların değişik koşullar altında bilgisayar modelinde izlenmesini sağlayan sayısal bir modelleme tekniğidir.” (Radzicki, 1997)

Yapılan ilk bilgisayar simülasyonlarında genellikle, FORTRAN genel amaçlı programlama dili kullanılmıştır. Daha sonra PASCAL ve C programlarına doğru bir yönelme olmuştur. (Bateman, 1997)

Model kurmayı kolaylaştıran süreç SIMSCRIPT ve GPSS gibi simülasyon dillerinin ortaya çıkmasıyla başlamıştır. Simülasyon için programlama dillerinin kullanımı ile modellerin geliştirilmesi kod yazımı ile gerçekleştirilir. Bu sayede büyük ölçüde modelleme esnekliği sağlanabiliyor olsa da çoğunlukla öğrenilmesi ve kullanılması zordur. Bu nedenle programcılık bilgisine ihtiyaç duymayan model elemanlarını ve bunlar arasındaki ilişkileri otomatik olarak hazır yapılar içerisinde sunan özel amaçlı simülasyon paket programları ortaya çıkmıştır. Aşağıdakiler, bugün piyasada bulunan yazılımların bir bölümüdür: ACSL, APROS, ARTIFEX, Arena, Automod, C++SIM, CSIM, CallSim, FluidFlow, GPSS, Gepasi, JavSim, MJX, MedModel, Mesquite, Multiverse, NETWORK, OPNET, Modeler, POSES++, Simulat8, Powersim, QUEST, REAL, SHIFT, SIMPLE++, SIMSCRIPT, SLAM, SMPL, SimBank, SimPlusPlus, TIERRA, Witness and javasim.

Simülasyon Yazılımlarında Aranılan Özellikler:

Bir Simülasyon yazılımından istenilen özellikler 5 grupta toplanabilir.

Genel Özellikler:

1) Esnek olmalı: Gerçek hayatta karşılaşılabilecek farklı sistemleri modelleme esnekliği olmalı.

2) Model gelişimi kolay olmalı: Birçok proje için zaman limiti olduğundan dolayı bu özellik önemlidir.

3) Hızlı çalışmalı: Benzetim modeli mikro bilgisayarlarda çalıştırıldığında bu özellik önemlidir.

4) İzin verilen model kapasitesi: Mikro bilgisayarlar kullanıldığında önem kazanmaktadır. Bazı paketler için maksimum model kapasitesi 100 KB'dan küçüktür.

5) Farklı ortamlarda kullanılabilmesi: Mikro bilgisayarlarda geliştirilen bir modelin iş istasyonlarında çalıştırılabilmesi.

Animasyon:

Bir simülasyon modelinin kullanım oranının artmasındaki önemli sebeplerden birisi animasyon özelliğinin olmasıdır. Animasyon ile bir sistemin zaman içindeki değişimi görsel ve grafiksel olarak görülebilir.

Animasyonun avantajları:

- Simülasyon modelinin geçerliliğini göstermek
- Sistem için yeni prosedürler önermek
- Sistemin dinamik davranışını incelemek
- Bir simülasyon bilgisayar programının doğruluğunu kontrol edebilmek

Animasyonun dezavantajları:

- Kısa bir zaman animasyona bakarak, sistemin çok iyi tanımlandığı sonucuna varılamaz.
- Simülasyon modelinin modelleme zamanını artırır ve animasyon özelliğine sahip simülasyon paketleri pahalıdır.
- Animasyon, istatistiksel analizin yerini alamaz.

İstatistiksel özellik:

Gerçek hayatta karşılaşılan sistemlerin çoğu rastsal özellik göstermektedir. Bu nedenle bir simülasyon dili gerekli istatistiksel özelliklere sahip olmalıdır.

Örneğin; standart olasılık dağılımları kullanıcıya sunulmalıdır. Modelin otomatik olarak bağımsız tekrarlamaları, farklı başlangıç değerleri kullanarak yapılabilir.

Müşterinin desteklenmesi:

Kullanımında ortaya çıkan problemlerde, satıcı firma kullanıcıya gerekli desteği vermelidir.

Çıktı raporu imkânı:

Modelin performans ölçütleri ile ilgili istatistikleri (doluluk oranı, kuyruk genişliği, bekleme ve çıktı oranı gibi), standart raporları kullanıcıya verebilir.

2.8 Arena Yazılımı

Simülasyon modelinin oluşturulması, çalıştırılması ve raporlarının alınması için Arena 10.0 yazılım paketi kullanılmıştır. Arena yazılımı görsel ara yüzü sayesinde SIMAN dilindeki kodlamanın görsel bloklar kullanılarak yapılmasına izin veren bir programdır. Modelde kullanılacak olan görsel bloklar programlama ekranına yerleştirildikten sonra aralarındaki ilişkiler kurulmakta ve ilgili tüm parametreler bloklara ait diyalog kutularına girilebilmektedir. Model programda sistemin fiziksel bileşenleri ve aralarındaki mantıksal ilişkiler tanımlanır. Deneysel programda ise kaynakların sayısı, toplanacak istatistiksel bilginin seçimi vb. koşullar verilir. Simülasyon modelinin iki kısımdan oluşması, koşullar değiştirilmek istendiğinde model kısmında değişiklik yapmadan sadece deney dosyasının değiştirilmesine imkân verdiği için büyük kolaylık sağlar. (Kalebek, 2006)

BÖLÜM ÜÇ UYGULAMA

3.1 İşletmenin Tanıtımı

Ege Fren A.Ş. Bayraktar Holding'e bağılı olarak faaliyet göstermektedir. İşletmenin hisselerinin %51'i Bayraktar Holding'e ait olup geri kalan kısım Arvin Meritor Automative GmbH' e aittir.

Temelleri 1958 yılında Kayseri'de, otomotiv yedek parça ticareti ile atılan Bayraktar grubu bugün, gayrimenkul geliştirme, otomotiv ve hizmet alanlarında, ulusal ve uluslararası pazarlara yönelik olarak çalışan bir sanayi ve ticaret kuruluşları grubudur. Bayraktar, 2007 yılı sonu itibariyle, biri yabancı ortaklık olmak üzere 6 şirketi, 500 milyon doları aşan cirosu ve yaklaşık bin çalışanı ile Türkiye'nin önde gelen saygın grupları arasında yer almaktadır. Bayraktar, temel olarak, uzmanlaştığı gayrimenkul geliştirme, otomotiv ve hizmet alanlarında çağdaş yöntemler ve teknolojiyi kullanarak büyümeyi ve öncülük misyonunu sürdürmeyi hedefleyen bir gruptur.1987 yılında ticari araçlar için fren üretimi yapan Ege Fren Sanayi ve Tic. A.Ş. 'yi kurmuştur. Fabrikada üretilen ürünler ticari araçlar için fren ve alt parçalarıdır.



Fren komple



Fren tablası



Fren pabuçları



Kampana



Disk



Disk fren gövdesi



Tork plakası



Disk fren kaliperi



Volan muhafazası



Motor destek braket



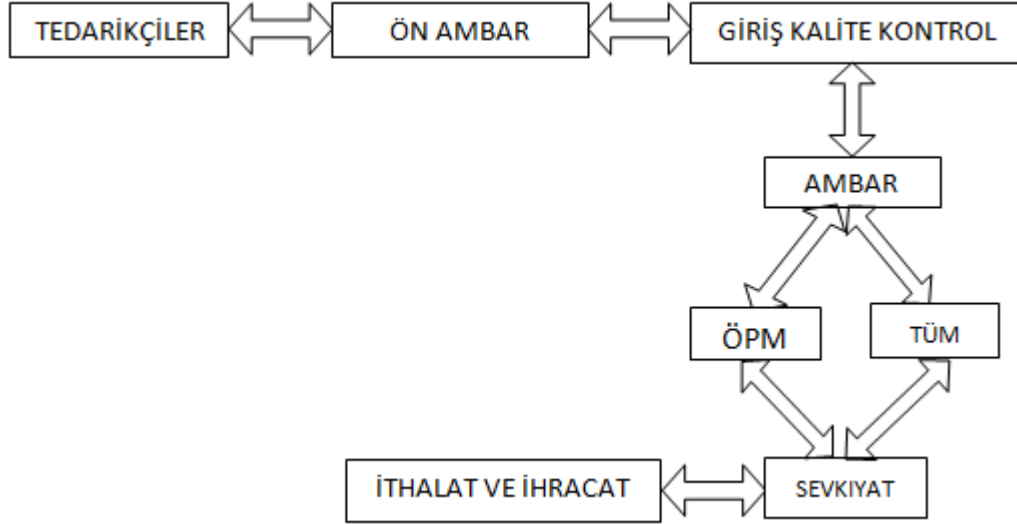
Sac ve döküm braket



Poyra

İşletmenin ürünleri yukarıdaki gibidir. Özellikle 2008-2009 yıllarında otomotiv sektöründe etkisini gösteren Mortgage krizi ile fabrika ürünlerine olan talepte azalma olmuştur, kriz döneminde fabrikanın üretim miktarı oldukça düşmüştür. Fakat kriz sonrasındaki süreç içerisinde üretim eski seyrine yaklaşmıştır ve artarak devam etmektedir.

Fabrikadaki malzeme akışı aşağıdaki şemada gösterilmiştir:



Şekil 3.1 Malzeme Akışı

3.2 Problemin Tespit Edilmesi

İlk olarak fabrikanın üretim bölümlerinin genel yerleşimi incelenmiştir. Üretim çeşitlerine göre fabrikada iki farklı üretim merkezi bulunmaktadır. Bunlar ‘Talaşlı üretim merkezi’ ve ‘Özel process merkezi’dir. TÜM’ de atölye tipi yerleşim mevcuttur. Montaj alt malzemeleri ile çeşitli fren parçaları üretilmektedir. ÖPM’ de ise, TÜM’ den gelen malzemelerin kaynak, boya, tesviye işlemleri ve montaj kısmı yer alır.

Yukarıda bahsedilen merkezlerden TÜM’ de üretim makine bazlı olarak gerçekleştirilmektedir. Üç vardiya olarak çalışan bölümde montaj hattına parça yetiştirmeye çalışılmaktadır. Mesleki bilgilerimiz doğrultusunda ÖPM’ de yer alan montaj hattındaki dengesizlik probleminin çözümlenmesi gerçekleştirilebilir. Bu yüzden çalışmalarımızı bu kısım üzerinde yoğunlaştırdık. Hatta ilk göze çarpan istasyonlar arasında ara stok miktarının fazlalığı olmuştur. Bu düzensizliğin tespit edilebilmesi için montaj hattı üzerinde inceleme yapılmaya başlanmıştır. İlk olarak hattı besleyen birimler tespit edilerek hattın şekli ve malzeme akışı Excel üzerinde çizilerek akışlar gösterilmiştir. (EK-1 Fren montaj hattının şekli ve malzeme akışı)

Montaj hattına bakıldığında, toplamda 5 operatör ve 6 iş istasyonu bulunmaktadır. Hat üzerinde bulunan her istasyon bir sonraki istasyonu beslemektedir ve işlemler sıralı olarak gerçekleştirilmektedir. Her operatör kendi istasyonuna gelen freni, tabla yardımıyla sabitler ve alt parçaların montajını yapar. Birinci ve ikinci operatörlerden

kendi işini bitiren, hattın akışına göre ara stok oluşumunu engellemek için aralarında yer alan ortak istasyonda işlem yapmaktadırlar. Bu yüzden ortak istasyondaki işlemler yapılmazsa, sonraki istasyona ürün gitmemektedir. Burada önemli olan istasyonlarda biriken ara stok miktarının kapasiteyi aşmayacak şekilde olmasıdır.

Alt montaj tamamlandıktan sonra “test rig” adı verilen 2 makinede frenin alt montaj parçaları kontrol edilerek, balans değerleri ölçülür. Bu işlemden sonra değerler sınırlar arasında ise, operatör calaskal yardımıyla kaldırdığı frenin göz ile son kontrolünü yapar, son montaj için rulmanlardan oluşan 8 adet fren kapasiteli hatta bırakır.

Frenlerin son montaj hattına geçmesi, paketlemede çalışan operatörün calaskal yardımıyla taşınması ile olur. Bu nedenle son montaj hattına ürünü devamlı beslemek için operatör hattı takip eder.

Son montaj kısmında bulunan 2 istasyonda ürünün özelliğine, siparişin cinsine göre, Z-cam miline flanş veya braket ve diğer parçaların montajı yapılır. Bu aşamadan sonra levye ve toz sacı montajı yapılarak etiketlenir ve hatta bırakılır. Hattın kapasitesi, 2 operatörün istasyonunda birer adet tabla olacak şekilde toplamda 6 frendir. Paketleme operatörü tarafından işlemi biten frenler hattan alınıp palet üzerine yerleştirilerek streç ile sarılır. Her palette seri bozulmadan toplamda 10 adet fren olacak şekilde paketlenir. Paketlenen ürünler sevkiyat alanına paketleme operatörü tarafından trans palet veya forklift ile sevk edilir. Ürünler buradan araçlara yüklenir.

Montaj hattının ilk durumunun analiz edilmesi için ilk olarak mevcut durumdaki çevrim süresi ile teorik istasyon sayısının, denge kaybının hesaplanması gerçekleştirilmiştir.

- Çevrim süresi $C=T/N$ formülünden yola çıkarak hesaplandığında;
 $450/150=3$ dakika
- Teorik istasyon sayısı $K=T/C$ formülü ile hesaplandığında;
 $844,71/180=4,69$
- Denge kaybı ise; $D=(N*C-ti)*100/N*C$ formülü ile hesaplandığında;
 $(5*180-844,71)*100/(5*180)=6,41$ olarak hesaplanmıştır.

Genel olarak hattın yapısı incelendikten sonra çalışmaya yol göstermesi açısından her operatör için ‘insan-makine diyagramları’ Excel’ de hazırlanmıştır. Bu çalışmada operatörlerin çalıştıkları süre boyunca yaptıkları işler, malzeme bekleme veya boşta beklemeleri, set-up süreleri tespit edilmeye çalışılmıştır. Normal işlerinin yanı sıra ürünün gelmesinin gecikmesinden, set-up sırasında son ürünün işleminin bitmesini beklemekten dolayı beklemeler olmaktadır. Bu diyagramlarla belli zaman içerisinde yapılan çalışmalar, operatörün hareketleri ve duruşlar gözlemlenip analiz edilmiştir (**EK-2** İnsan-Makine Diyagramları). Bu aşamadan sonra daha detaylı bir çalışma olan zaman etüdü çalışması ile iş değerlendirme yapılmıştır.

Zaman etüdü çalışması ile operasyonlar en küçük iş parçasına ayrılarak birim işler ayrıntılı bir şekilde belirlenmiştir. Bu şekilde işlerin ayrılması, adımlarının birim sürelerinin hesaplanmasına katkı sağlamıştır. Her operatörün yaptıkları işler ilk olarak operasyon sayfalarından alınan iş adımları ile ayrılmıştır, buna ek olarak operatörlere göre iş sıralaması yapılmıştır.

Zaman etüdü çalışması 6 istasyon için yapılmıştır. Burada yer alan ikinci istasyon ortak istasyon olarak tanımlanmıştır. **EK-3**’ de yer alan tablolarda bu çalışmalar ayrıntılı olarak görülmektedir.

Pilot gözlem sayısı 30 olarak belirlenmiştir. Genellikle işlemlerin süreleri tutarlılık göstermiştir. Ortalama süreden farklılık gösteren süreler de bu farklılığın sebepleri belirtilmiştir (hat dolu, parça hatası, malzeme bekleniyor vb.). Her istasyon için 30 gözlem değeri alındıktan sonra bu değerlerin standart sapması ve ortalaması hesaplanarak %90 güven aralığında her iş adımı için gerekli olan gerçek gözlem değerleri hesaplanmıştır. Bu değerler de **EK-3**’de yer alan tabloda gösterilmektedir. Bu değerlerin hesaplanmasına ilişkin formülasyon 3.1’ de gösterilmiştir.

$$\text{Gerçek gözlem miktarı} = ((1,699 * \text{standart sapma}) / (\text{ortalama} * 0,1))^2 \quad (3.1)$$

Formül ile hesaplanan gözlem miktarları sonucunda eksik olan iş adımları için yeniden süre tutularak pilot değerlere yeni değerler eklenmiştir. Son alınan gözlemlerin sonuçları modelde kullanılacak standart sapma ve ortalama değerleri için kıstas olacaktır.

Son gözlemlerin yapılmasıyla birlikte dar boğaz istasyonu olan 5. istasyon ile 6. istasyon arasında iş adımlarının aktarılmasına karar verilmiştir.

Tablo 3.1 İstasyonlar arasında aktarılan iş adımları ve süreleri

gresörlük takılır	17,18724
gresörlükten yağ basılır, silinir	13,71897

5. istasyonda yer alan bu iki iş adımı 6. istasyona aktarıldığında istasyonların toplam işlem süreleri:

Tablo 3.2 İş adımlarının aktarılmasından sonraki istasyon çevrim zamanları

5. istasyon	97,79
6. istasyon	99,18

Tablo 3.2’ de görüldüğü gibi istasyon süreleri iş adımlarının aktarılması ile dengelenmiştir. Bu öngörü sonrasında montaj hattı üzerinde doğruluğunu desteklemek adına yeni gözlemler alınmıştır ve her iki operatöründe çevrim süresi birbirine eşit denecek kadar yakın olmuştur. Böylece 6. istasyondaki operatörün bekleme ile geçirdiği süre ortadan kaldırılmıştır ve her iki operatörde dengeli bir şekilde çalışmaya başlamıştır. Bu hattı besleyen roller konveyör üzerinde fren birikimi azalmıştır. Roller konveyöre fren taşıyan test rig istasyonunun işlem süresi bir fren için ortalama 75 sn olarak hesaplanmıştır fakat bu istasyon da işlem süreleri çok değişkenlik göstermektedir. Frenin test edilme işleminin yapıldığı bu istasyon alt montajın bittiği ve kontrollerin yapıldığı son istasyondur bu yüzden bu beklemelemlerle birlikte işlem süresi daha sonra yer alan 5-6 numaralı istasyonların sürelerine yaklaşmaktadır.

Test rig’ den önceki 3 istasyonun işlem süreleri;

Tablo 3.3 1,2 ve 3 numaralı istasyonların işlem süreleri

1.istasyon	82,27
Ortak istasyon	38,16
2.istasyon	100,32

Bu süreler bakıldığında yeni dar boğaz istasyonun 2. istasyon olması beklenmektedir. Fakat çalışmamızda bu istasyon üzerinde bir iyileştirme yapılmamıştır. Çünkü bu bölgede yer alan işlemlerde sıkıntı olduğu zaman test rig operatörünün de yardımıyla hattın akışı tekrardan düzenlenmektedir. Fren yetişmediğinde ve gecikme durumu söz konusu olunca bu istasyon için 3 operatörden boşa kalan çalışmaya başlamaktadır. Test rig’ de yapılan işlem ürünün test cihazına yerleştirilmesi ve bu cihazın çalıştırılmasıdır, test sırasında operatör diğer bir frenin işlemleri ile ilgilenebilir veya test değerlerini gözlemleyerek sorun olup olmadığını kontrol edebilir. Test işlemi yapılırken önceden bahsedildiği gibi hattın alt montaj kısmında yer alan işlemlere de yardımcı olabilmektedir. Bu şekilde işlerin yürütülmesine işletme tarafından karar verilmiştir ve işlerin dengelenmesi sağlanmıştır.

Montaj sırasında malzeme hatası ve teknik problem çıkmadığı durumda hattın genel akışında son yapılan değişiklikler de ele alındığında bir aksama görülmemektedir. Çalışmanın başlangıcında bir fren üretimi için öngörülen süre beklemler de dâhil edildiği durumda 180 sn olarak belirlenmişti. Çalışma sonucunda dar boğaz istasyonundaki değişim ile 30 sn’lik iyileştirme gözlenmiştir.

Formüllerle yapılan hesabın yanı sıra Lingo programı ile oluşturulan bir matematiksel model yardımıyla sistemde yer alan istasyonların çevrim süreleri dengelenmiştir. Modele veri olarak zaman etüdü ile elde edilen iş adım süreleri yazılmıştır. Sistemde bulunan 6 istasyona iş aktarımını model yapmıştır ve sistemin çevrim süresini belirlemiştir. Modelin yazılı hali aşağıda yer almaktadır. Sistemde 61 adet iş adımı bulunmaktadır, bunlar “tasks” seti içerisinde yer almaktadır. Ayrıca her iş adımının süresi “T” veri seti içerisinde yer almaktadır. Sistemde bulunan istasyon sayısı 6 olarak gerçek sistemle aynı şekilde alınarak sabit tutulmuş ve Tip-2 montaj hattı problemi ele alınmıştır. İstasyonlar “stations” seti içerisinde tanımlanmıştır. “Pred” seti ile iş adımlarının öncelik ilişkileri modele yansıtılmıştır. İşlerin atamaları binary olarak tanımlanmıştır. Aynı iş birden fazla istasyona atanmamaktadır.

min=CYCLE_TIME;

SETS:

TASKS/1..61/:T;

STATIONS/1..6/;

```

PRED(TASKS,TASKS)/1 2,2 3,3 4,4 5,5 6,6 7,7 8,8 9,9 10,10 11,11 12,12
13,13 14,14 15,15 16,16 17,17 18,18 19,19 20,20 21,21 22,22 23,23 24,24
25,25 26,26 27,27 28,28 29,29 30,30 31,31 32,32 33 ,33 34,34 35,35 36,36
37,37 38,38 39,39 40,40 41,41 42,42 43,43 44,44 45,45 46,46 47,47 48,48
49,49 50,50 51,51 52,52 53,53 54,54 55,55 56,56 57,57 58,58 59,59 60,60 61;/
WORK(TASKS,STATIONS):X ;
END SETS
DATA:
T=7.79 4.09 6.47 4.46 3.9 6.21 3.18 7.37 5.57 18.51 8.54 6.2 6.01 6.93 5.25
4.34 3.76 3.3 4.57 4 4.32 4.79 8.73 5.83 9.67 4.02 6.68 12.46 20.11 9.13
6.5 4.48 3.61 22.29 23.56 19.47 24.5 16.3 20.84 4.9 5.8 7.2 12.15 8.12
20.75 17.7 17.5 17.18 13.7 3.3 2.2 3.8 4.07 12.9 9.8 6.16 4.48 5.52 9.59 7.6 1.9;
END DATA
@FOR(TASKS(I):@SUM(STATIONS(K):X(I,K))=1);
@FOR(PRED(I,J):@SUM(STATIONS(K):K*X(J,K)-K*X(I,K))>=0);
@FOR(STATIONS(K):@SUM(TASKS(I):X(I,K)*T(I))<=CYCLE_TIME);
@FOR(WORK(I,J):@BIN(X(I,J)));

```

Modele ait çıktının bir kısmı rapora yansıtılmıştır. Burada sadece işlerin atandıkları istasyonlar ve çevrim süresine ait bilgiler yer almıştır.

```

Global optimal solution found.
Objective value:                99.01000
Extended solver steps:          68
Total solver iterations:        33631
Variable      Value      Reduced Cost
cycle_time    99.01000    0.000000
X( 1, 1)      1.000000    0.000000
X( 2, 1)      1.000000    0.000000
X( 3, 1)      1.000000    0.000000
X( 4, 1)      1.000000    0.000000
X( 5, 1)      1.000000    0.000000
X( 6, 1)      1.000000    0.000000

```

X(7, 1)	1.000000	0.000000
X(8, 1)	1.000000	0.000000
X(9, 1)	1.000000	0.000000
X(10, 1)	1.000000	0.000000
X(11, 1)	1.000000	0.000000
X(12, 1)	1.000000	0.000000
X(13, 2)	1.000000	0.000000
X(14, 2)	1.000000	0.000000
X(15, 2)	1.000000	0.000000
X(16, 2)	1.000000	0.000000
X(17, 2)	1.000000	0.000000
X(18, 2)	1.000000	0.000000
X(19, 2)	1.000000	0.000000
X(20, 2)	1.000000	0.000000
X(21, 2)	1.000000	0.000000
X(22, 2)	1.000000	0.000000
X(23, 2)	1.000000	0.000000
X(24, 2)	1.000000	0.000000
X(25, 2)	1.000000	0.000000
X(26, 2)	1.000000	0.000000
X(27, 2)	1.000000	0.000000
X(28, 2)	1.000000	0.000000
X(29, 3)	1.000000	0.000000
X(30, 3)	1.000000	0.000000
X(31, 3)	1.000000	0.000000
X(32, 3)	1.000000	0.000000
X(33, 3)	1.000000	0.000000
X(34, 3)	1.000000	0.000000
X(35, 3)	1.000000	0.000000
X(36, 4)	1.000000	19.47000
X(37, 4)	1.000000	24.50000
X(38, 4)	1.000000	16.30000
X(39, 4)	1.000000	20.84000
X(40, 4)	1.000000	4.900000

X(41, 4)	1.000000	5.800000
X(42, 4)	1.000000	7.200000
X(43, 5)	1.000000	0.000000
X(44, 5)	1.000000	0.000000
X(45, 5)	1.000000	0.000000
X(46, 5)	1.000000	0.000000
X(47, 5)	1.000000	0.000000
X(48, 5)	1.000000	0.000000
X(49, 6)	1.000000	0.000000
X(50, 6)	1.000000	0.000000
X(51, 6)	1.000000	0.000000
X(52, 6)	1.000000	0.000000
X(53, 6)	1.000000	0.000000
X(54, 6)	1.000000	0.000000
X(55, 6)	1.000000	0.000000
X(56, 6)	1.000000	0.000000
X(57, 6)	1.000000	0.000000
X(58, 6)	1.000000	0.000000
X(59, 6)	1.000000	0.000000
X(60, 6)	1.000000	0.000000
X(61, 6)	1.000000	0.000000

Sonuçlar incelendiğinde çevrim süresinin 99 sn. olması gerektiği görülmektedir. Zaman etüdü çalışması ile elde edilen iyileştirme sonuçları ile matematiksel model sonuçlarının benzer olduğu ortaya çıkmaktadır. Buradan da anlaşılacağı gibi öngörülen iyileştirme olumlu sonuç vermiştir. İş adımlarının istasyonlara yerleşimi ve süreleri her iki çalışma sonucunda da birbirine yakın olarak bulunmuştur.

BÖLÜM DÖRT

MONTAJ HATTININ MODELLENMESİ VE ANALİZİ

Çalışmanın bu kısmında dar boğaz istasyonu üzerinde yapılmış olan iyileştirmenin Arena programı ile modellenmesi ve sonuçların karşılaştırılması yer almıştır. Zaman etüdü çalışmasının verileri kullanılarak istasyonlardaki işlem sürelerinin dağılımları analiz edilmiştir ve modele aktarılmıştır.

4.1 İinput Analizi

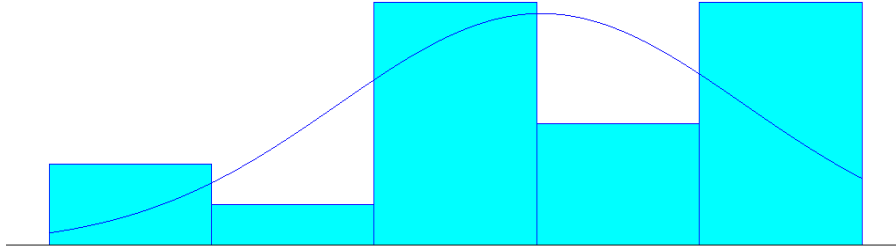
Zaman etüdü çalışmasında yer alan iş adımlarının her sütündeki toplam süreleri bulunmuştur. (EK-3' de yer alan zaman etüdü tablolarında toplam değerler gösterilmiştir) Tablo 4.1, 4.2 ve 4.3' de Excel tablosunun bir kısmı yer almaktadır. Sonradan elde edilmiş olan gerçek gözlem değerlerinin toplanması ile elde edilen bu değerler Arena programında input analizi için kullanılmıştır. Programda data file kısmından use existing seçeneği ile text dosyası olarak kaydedilmiş değerler kullanılır. Bu değerler ile bir histogram oluşur ve fit all seçeneği ile bu histogramdaki değerlerin hangi dağılıma uygun olduğu belirlenir ve dağılım değerleri analiz sonuçları ile birlikte yer alır. Analiz sonucunda dağılıma ilişkin grafik ve dağılım değerleri şekil ve grafik ile gösterilmiştir. Şekil 4.1, 4.2 ve 4.3' de dağılım değerleri input analyzer ekran görüntüsü ile gösterilmiştir. Grafik 4.1, 4.2 ve 4.3' de ise, her istasyon için oluşturulmuş olan grafikler yer almaktadır.

Dar boğaz istasyonuna ürün gelişinin olduğu test rig (3. istasyon) istasyonunun süreleri modelde gelişler arası sürenin belirlenmesi amacıyla kullanılmıştır. 5 ve 6 numaralı istasyonlar dar boğazın olduğu noktalar olduğu için bu istasyonların işlem süreleri modeldeki kaynakların işlem sürelerinin belirlenmesi için kullanılmıştır.

Sisteme gelişler arası süre normal dağılım kabul edilmiştir. Tablodan çekilen değerlerin normal dağılım olarak değerlendirilmesi sonucu elde edilen değerler kullanılmıştır. Diğer dağılımlar için önceden anlatıldığı gibi verilerin sonucunda oluşan dağılımlar kullanılmıştır.

Tablo 4.1 Üçüncü operatör için kullanılan analiz değerlerinin bir kısmı

Başlangıç zamanı:08:20		Tarih: 26-27,01,2011		Operatör adı: 3, operatör			
Bitiş zamanı:11:00				Hattaki sırası: 4,sıra			
Süreler		1	2	3	4	5	
Operatörün yaptığı işlem	1	fren kaldırma aparatı ile rige konur,test başlatılır	20,65	33,36	25,9	17,8	1,01,04
	2	test değerleri takip edilir	22,69	15,12	12,32	40,66	45,32
	3	civatalar sıkılır	51,64	21,38	16,64	20,01	22,66
	4	fren rigden alınır, kontrol edilir	10,18	10,3	24,7	27,12	17,09
	5	banda konur	18,54	22,66	30,8	16,23	19,65
	6	veri	12,23	30,53	30,52	46,44	54,49
toplam değerler:		135,93	102,82	140,88	107,59	122,47	



Grafik 4.1 Üçüncü operatörün işlem süresinin dağılım grafiği

```

Distribution Summary

Distribution: Normal
Expression: NORM(117, 24.8)
Square Error: 0.061215

Kolmogorov-Smirnov Test
Test Statistic = 0.167
Corresponding p-value > 0.15

Data Summary

Number of Data Points = 18
Min Data Value = 57.1
Max Data Value = 155
Sample Mean = 117
Sample Std Dev = 25.5

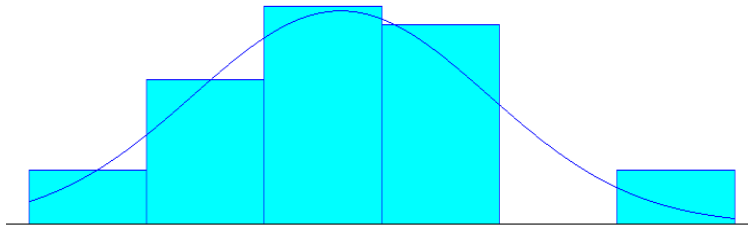
Histogram Summary

Histogram Range = 57 to 156
Number of Intervals = 5
    
```

Şekil 4.1 Üçüncü operatörün işlem sürelerine ilişkin input analiz değerleri

Tablo 4.2 Dördüncü operatör için kullanılan analiz değerlerinin bir kısmı

Başlangıç zamanı:13:30+8:30		Tarih: 28-31.01.2011		Operatör adı: 4.operatör		
Bitiş zamanı:15:15				Hattaki sırası: 5.sıra		
Süreler		1	2	3	4	5
1	fren alınır hatta sabitlenir	5,18	5,1	3,86	4,31	8,92
2	z-cam kapak takılır	4,79	7,3	7,1	6,06	6,76
3	braket alınır	16,73	7,38	7,14	5,62	6,77
4	o-ring brakete takılır, yerleştirilir	11,7	12,15	15,51	12,96	15,76
5	rondela alınır yerleştirilir	7,42	7,23	12,87	7,4	8,3
6	çivatalar alınır yerleştirilir	26,46	25,56	20,2	24,63	23,28
7	çivatalar sıkılır	18,32	19,5	19,13	16,17	16,35
8	çivatalar torklanır	20,07	22,02	25,33	22,33	28,75
9	gresörlük takılır	16,65	16,42	25,72	13,66	16,21
10	gresörlükten yağ basılır, silinir	13,81	28,19	14,51	15,08	9,31
11	fren bırakılır	3,82	4,58	1,84	2,07	4,86
toplam değerler:		124,40	127,24	153,21	130,29	116,52



Grafik 4.2 Dördüncü operatörün işlem süresinin dağılım grafiği

```

Distribution Summary
Distribution: Normal
Expression: NORM(124, 11.1)
Square Error: 0.017779

Chi Square Test
Number of intervals = 4
Degrees of freedom = 1
Test Statistic = 1.24
Corresponding p-value = 0.275

Kolmogorov-Smirnov Test
Test Statistic = 0.136
Corresponding p-value > 0.15

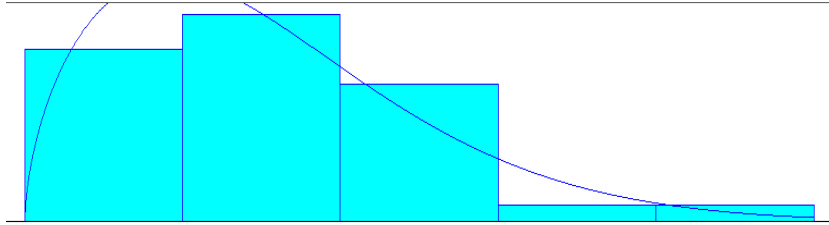
Data Summary
Number of Data Points = 37
Min Data Value = 101
Max Data Value = 153
Sample Mean = 124
Sample Std Dev = 11.2

Histogram Summary
Histogram Range = 101 to 154
Number of Intervals = 6
    
```

Şekil 4.2 Dördüncü operatörün işlem sürelerine ilişkin input analiz değerleri

Tablo 4.3 Beşinci operatör için kullanılan analiz değerlerinin bir kısmı

Başlangıç zamanı:09:30+8,20		Tarih: 31,01,2011		Operatör adı: 5, operatör			
Bitiş zamanı:10:40		03,02,2011		Hattaki sırası: 6,sıra			
Süreler		1	2	3	4	5	
Operatörün yaptığı işlemler	1	fren alınır hatta sabitlenir	1,65	1,29	2,31	1,30	2,26
	2	rondela takılır	4,38	3,97	3,19	3,26	3,70
	3	toz sacı alınır, frene yerleştirilir	2,65	3,75	5,47	3,25	5,39
	4	cıvata ve rondela toz sacına takılır	10,69	11,20	9,84	15,09	13,96
	5	cıvatalar sabitlenir	8,45	8,23	9,00	11,78	7,27
	6	levye z cam miline takılır	5,57	7,74	4,18	8,11	7,17
	7	levyenin ölçüsü ayarlanır	3,85	6,56	3,69	3,52	3,80
	8	cıvata ve somun levveye takılır	5,36	6,00	5,68	6,02	5,16
	9	levyenin cıvatası sıkılır, torklanır	6,98	6,51	7,95	7,76	7,98
	10	etiketler yapıştırılır	10,47	8,42	9,83	8,39	7,40
	11	fren bırakılır	2,36	1,44	2,30	1,77	1,09
toplam değerler:		62,41	65,11	63,44	68,95	65,18	



Grafik4.3 Beşinci operatörün işlem süresinin dağılım grafiği

```

Distribution Summary

Distribution: Weibull
Expression: 61 + WEIB(9.63, 1.57)
Square Error: 0.006214

Chi Square Test
Number of intervals = 3
Degrees of freedom = 0
Test Statistic = 0.848
Corresponding p-value < 0.005

Kolmogorov-Smirnov Test
Test Statistic = 0.0844
Corresponding p-value > 0.15

Data Summary
Number of Data Points = 32
Min Data Value = 62
Max Data Value = 88.7
Sample Mean = 69.6
Sample Std Dev = 5.86

Histogram Summary
Histogram Range = 61 to 89
Number of Intervals = 5
    
```

Şekil 4.3 Beşinci operatörün işlem sürelerine ilişkin input analiz değerleri

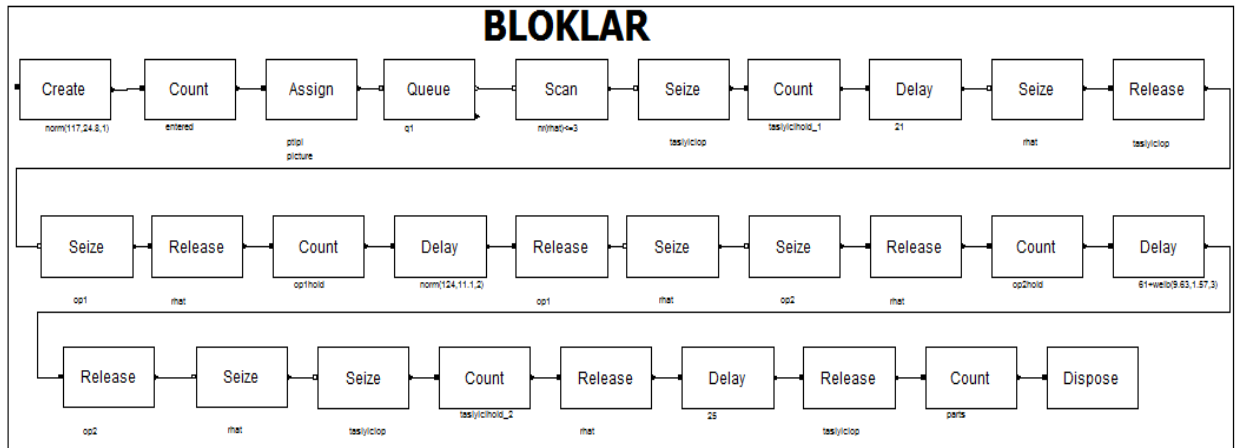
4.2 Modele Ait Varsayımlar

Arena 10.0 programı ile model oluşturulmuştur. Gerçek sisteme yakın olarak tasarlanan modelin oluşumu sırasında bazı varsayımlar kullanılmıştır. Bunlar;

- Sistem sadece dar boğaz istasyonu için modellenmiştir. Hattın ilk kısmı dikkate alınmamıştır.
- Gelişler arası sürenin normal dağıldığı varsayılmıştır. Bu durumda test rig' den gelişler normal dağılım göstermektedir.
- Taşıyıcı operatör önceliği hattın beslenmesine vermiştir. Yani hat üzerinde bulunan işlemi bitmiş parçalardan önce hatta gelen parçaların sisteme girmesi sağlanmıştır.
- Taşıyıcı operatörün taşıma işlemi dışındaki operasyonları hatta ürün getirdikten sonra yapması sağlanmıştır. Modelde bu işlemlerin sürelerine yer verilmemiştir. Bunun sebebi ise, işlemlerin çok değişken sürelerde gerçekleşmesidir, gerçek sistemde operatör hattın durumuna göre işlemlerine devam etmektedir.

4.3. Modelin Açıklanması

4.3.1 Blokların Açıklanması



Şekil 4.4 Blokların modelde gösterimi

Create: Parçaların oluşturulmasını sağlayan bloktur. Gelişler arası süre norm(117,24,8,1) dağılımı ile ifade edilmiştir. Sisteme toplam 150 ürün girişi olmaktadır. Ürünler tek tek sisteme girişi yapmaktadır.

Count: Sistemde bulunan parçaların sayımını gerçekleştirir. Bulunduğu konumdan geçen parça sayısını gösterir. Entered (sisteme gelen parçaları), tasiyicihold_1 ve 2 (taşıyıcının aldığı parçaları), op1hold ve op2hold (operatöre gelen parçaları), parts (sistemden çıkan parçaları) count içine yazılan sayaç isimleridir.

Assign: p tipi ve Picture tanımlanmıştır. Bu iki nitelik animasyon için kullanılmıştır.

Queue: Sisteme giren parçaların taşıyıcı gelene kadar bekledikleri kuyruğu belirtir.

Scan: Kuyruktan parça alınmadan önce yuvarlak hattın kontrolünü yapan bloktur. $Nr(rhat) \leq 3$ ile sorgulama işlemi gerçekleştirilir. Bu sorgulama ile yuvarlak hat üzerindeki aparatların en az 3 olması durumu sağlanmış oluyor. Bu durumda hatta çalışan iki operatörün hiç boş kalmamasını sağlıyor ve hatta bir tane işi bitmiş ürün olmasına izin veriyor.

Seize: Parçanın kaynağa giriş yaptığı bloktur. Taşıyıcı, operatör 1 ve 2, yuvarlak hat kaynak olarak belirlenmiştir.

Delay: Kaynağın işlem süresi yer alır, rhat kaynağı için işlem süresi yoktur.

Release: Parçanın kaynaktan ayrılmasını sağlayan bloktur. İşlemlerin hepsi bittikten sonra rhat kaynağından parçaların ayrılması gerçekleşir.

Dispose: İşlemi biten tüm ürünler taşıyıcı operatörden ayrıldıktan sonra sistemin dışına çıkar.

4.3.2 Elementlerin Açıklanması

Attributes: Parça tipinin tanımlı olduğu elementtir.

Queues: Modelde yer alan q1 kuyruğunun tanımlandığı elementtir.

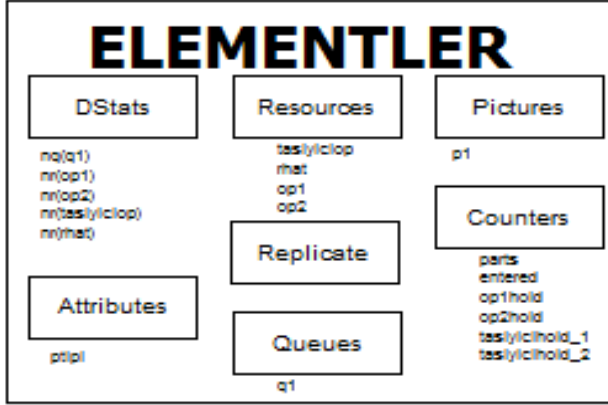
Resources: Modelde bulunan 4 adet kaynak bu element içinde tanımlanmıştır.

Pictures: Animasyon için kullanılan parçanın tanımlanması için kullanılmıştır.

Counters: sistemde bulunan sayaçlar bu element içine sırayla yazılmıştır.

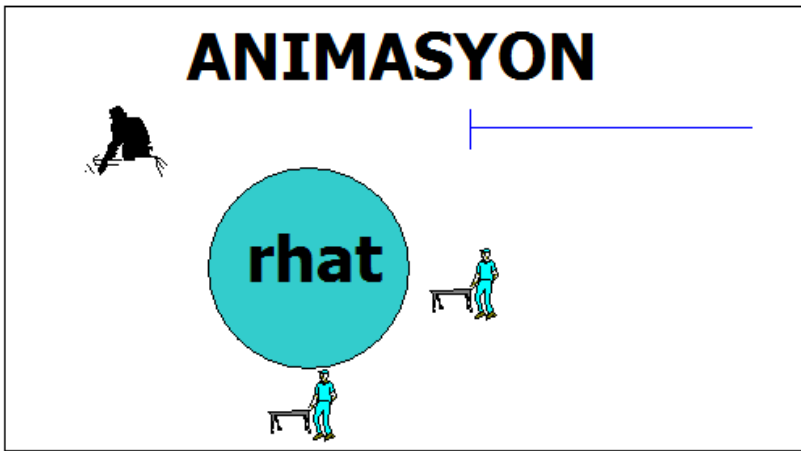
Dstats: Sisteme ait performans ölçülerinden bulunması istenilenler yazılmıştır. Burada kuyruk ve kaynakların faydalı kullanım oranları bulunmuştur.

Replicate: Modele ilişkin değişik sonuçların gözlemlenebilmesi için 100 replikasyon üzerinden model çalıştırılmıştır. Elde edilen sonuçların ortalaması hesaplanarak sistemin durumu gözlenmiştir.



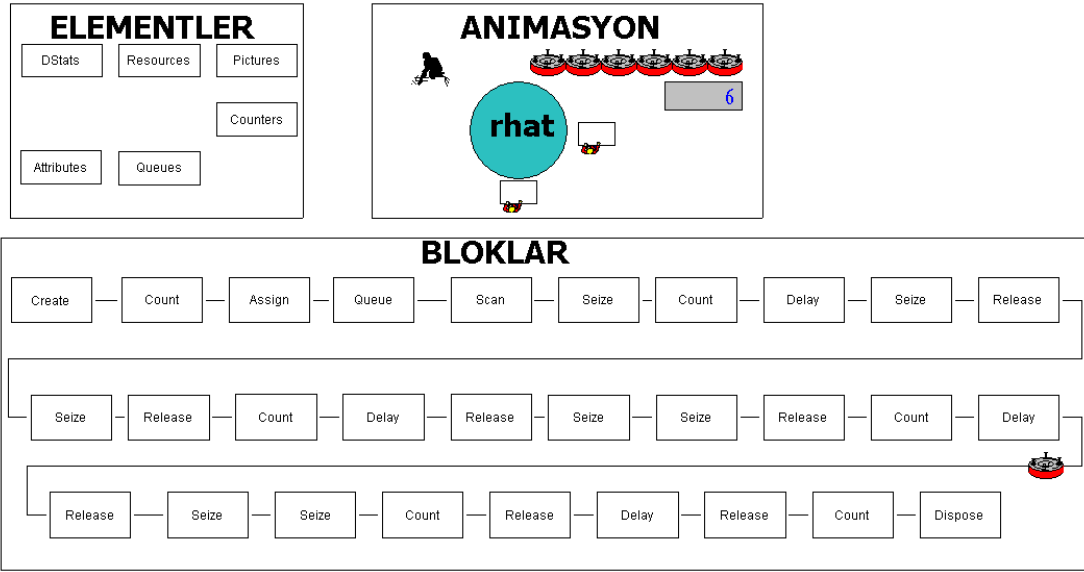
Şekil 4.5 Elemelerin modeldeki görünümü

4.3.3 Animasyonun Açıklanması



Şekil 4.6 Animasyonun modeldeki görünümü

Modelin çalışması sırasında yapılan işlemin anlaşılması için operatörlerin boş ve dolu zamanları farklı resimlerle belirtilmiştir. Modelin çalışması sırasında parçaların girişi kuyruk olarak gösterilen kısımdan gerçekleşmektedir. Ayrıca parçanın model içerisinde nerede bulunduğu bloklardaki hareketi ile görülebilmektedir. Yuvarlak hat etrafında operatörler işlemlerini gerçekleştirmektedir.



Şekil 4.7 Modelin çalıştığı andaki bir görüntüsü

4.4 Model Sonuçları

Programın sonuç çıktısı Şekil 4.8' de gösterilmiştir.

Sonuçlar göz önüne alındığında dar boğaz istasyon ve sonrasında yer alan istasyonlardaki operatörlerin faydalı kullanım oranları 100 replikasyon sonucunun ortalaması alınarak hesaplanmıştır.

5. istasyon=0,94

6. istasyon=0,52 olarak bulunmuştur.

Ayrıca bu istasyonların önünde yer alan fren sayısının ortalama değeri de aynı şekilde hesaplanarak 1,84 bulunmuştur.

Replication ended at time : 18695.156 Hours
 Base Time Units: Hours

TALLY VARIABLES

Identifier	Average	Half Width	Minimum	Maximum	Observations
q1.WaitingTime	145.08	(Insuf)	.41647	682.46	97

DISCRETE-CHANGE VARIABLES

Identifier	Average	Half Width	Minimum	Maximum	Final Value
nq(q1)	.75279	(Insuf)	.00000	60.000	.00000
nr(op1)	.99388	(Insuf)	.00000	10.000	.00000
nr(op2)	.56872	(Insuf)	.00000	10.000	.00000
nr(tasiyiciop)	.44221	(Corr)	.00000	10.000	.00000
nr(rhat)	37.682	(Corr)	.00000	60.000	.00000
tasiyiciop.NumberBusy	.44221	(Corr)	.00000	10.000	.00000
tasiyiciop.NumberScheduled	10.000	(Insuf)	10.000	10.000	10.000
tasiyiciop.Utilization	.44221	(Corr)	.00000	10.000	.00000
rhat.NumberBusy	37.682	(Corr)	.00000	60.000	.00000
rhat.NumberScheduled	60.000	(Insuf)	60.000	60.000	60.000
rhat.Utilization	.62805	(Corr)	.00000	10.000	.00000
op1.NumberBusy	.99388	(Insuf)	.00000	10.000	.00000
op1.NumberScheduled	10.000	(Insuf)	10.000	10.000	10.000
op1.Utilization	.99388	(Insuf)	.00000	10.000	.00000
op2.NumberBusy	.56872	(Insuf)	.00000	10.000	.00000
op2.NumberScheduled	10.000	(Insuf)	10.000	10.000	10.000
op2.Utilization	.56872	(Insuf)	.00000	10.000	.00000
q1.NumberInQueue	.75279	(Insuf)	.00000	60.000	.00000

COUNTERS

Identifier	Count	Limit
parts	150	Infinite
entered	150	Infinite
op1hold	150	Infinite
op2hold	150	Infinite
tasiyicihold_1	150	Infinite
tasiyicihold_2	150	Infinite

OUTPUTS

Identifier	Value
tasiyiciop.NumberSeized	300.00
tasiyiciop.ScheduledUtilization	.44221
rhat.NumberSeized	450.00
rhat.ScheduledUtilization	.62805
op1.NumberSeized	150.00
op1.ScheduledUtilization	.99388
op2.NumberSeized	150.00
op2.ScheduledUtilization	.56872
System.NumberOut	.00000

Simulation run time: 0.02 minutes
 Simulation run complete.

Şekil 4.8 Hattın mevcut durumunun model çıktısı

Replikasyon Değerleri		
nq1	nr1	nr2
0,7528	0,99388	0,56872
0,2199	0,99418	0,55882
4,5322	0,83687	0,44488
1,3154	0,99795	0,54983
0,5009	0,99042	0,55192
8,1455	0,74776	0,39709
2,6110	0,91123	0,50473
0,0180	0,99214	0,55617
0,5359	0,99004	0,55766
1,4109	0,98588	0,54297
9,3008	0,72076	0,38402
1,8043	0,94866	0,51324
⋮	⋮	⋮
4,9859	0,81602	0,43711
0,26485	0,99395	0,55958
1,306	0,99264	0,56259
0,02652	0,98968	0,56763
1,3499	0,99781	0,5483
0,39041	0,99085	0,54873
0,92284	0,98949	0,55882
5,5058	0,80834	0,43664
7,992	0,7572	0,39977
0,4049	0,99222	0,56811
Ortalama: 1,837372	0,943183	0,522096

Şekil 4.9 Modelin 100 replikasyonu sonucunda bulunan ortalama değerler

Görüldüğü gibi hat üzerinde işlemlerin düzensiz dağılımı söz konusudur. Zaman etüdü çalışması ile öngörülen iyileştirmeye ait ortalama işlem sürelerini bu iki istasyonun işlem süresi olarak kabul ettiğimiz durumda;

5. istasyonun işlem süresi=98

6. istasyonun işlem süresi=99 olarak delay bloklarına yazıldığında oluşan sistemin performans değerleri.

Değişikliği görebilmek adına tekrar faydalı kullanım oranlarına bakıldığında 0,83 (6. istasyon) ve 0,82 (5. istasyon) olarak her iki operatöründe çalışmasının dengelendiği görülmektedir. Bu iki değere bakıldığında hattın kullanım oranının düştüğü göze çarpmaktadır, bunun sebebi de hatta akışın daha hızlı sağlanmış olmasıdır. Taşıyıcı operatörün kullanım oranında herhangi bir değişiklik gerçekleşmemiştir, yapılan çalışma bu operatörün çalışmasını işlevsel olarak etkilememiştir.

Replication ended at time : 17748.903 Hours
 Base Time Units: Hours

TALLY VARIABLES

Identifier	Average	Half Width	Minimum	Maximum	Observations
q1.WaitingTime	--	--	--	--	0

DISCRETE-CHANGE VARIABLES

Identifier	Average	Half Width	Minimum	Maximum	Final Value
nq(q1)	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000
nr(op1)	.82822	(Insuf)	.00000	10.000	.00000
nr(op2)	.83667	(Insuf)	.00000	10.000	.00000
nr(tasiyiciop)	.38876	.01187	.00000	10.000	.00000
nr(rhat)	.06931	.02184	.00000	20.000	.00000
tasiyiciop.NumberBusy	.38876	.01187	.00000	10.000	.00000
tasiyiciop.NumberScheduled	10.000	(Insuf)	10.000	10.000	10.000
tasiyiciop.Utilization	.38876	.01187	.00000	10.000	.00000
rhat.NumberBusy	.06931	.02184	.00000	20.000	.00000
rhat.NumberScheduled	60.000	(Insuf)	60.000	60.000	60.000
rhat.Utilization	.01155	.00364	.00000	.33333	.00000
op1.NumberBusy	.82822	(Insuf)	.00000	10.000	.00000
op1.NumberScheduled	10.000	(Insuf)	10.000	10.000	10.000
op1.Utilization	.82822	(Insuf)	.00000	10.000	.00000
op2.NumberBusy	.83667	(Insuf)	.00000	10.000	.00000
op2.NumberScheduled	10.000	(Insuf)	10.000	10.000	10.000
op2.Utilization	.83667	(Insuf)	.00000	10.000	.00000
q1.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000

COUNTERS

Identifier	Count	Limit
parts	150	Infinite
entered	150	Infinite
op1hold	150	Infinite
op2hold	150	Infinite
tasiyicihold_1	150	Infinite
tasiyicihold_2	150	Infinite

OUTPUTS

Identifier	Value
tasiyiciop.NumberSeized	300.00
tasiyiciop.ScheduledUtilization	.38876
rhat.NumberSeized	450.00
rhat.ScheduledUtilization	.01155
op1.NumberSeized	150.00
op1.ScheduledUtilization	.82822
op2.NumberSeized	150.00
op2.ScheduledUtilization	.83667
System.NumberOut	.00000

Simulation run time: 0.08 minutes
 Simulation run complete.

Şekil 4.10 Hattaki iyileştirme sonrası model çıktısı

BÖLÜM BEŞ

SONUÇ

Yapılan çalışma genel olarak ele alındığında, ilk başta üretim sisteminin tanımlanması ve doğru çalışma yönteminin belirlenebilmesi için uygulamanın yapıldığı işletmenin genel yapısı incelenmiştir. Problemin yapısına karar verildikten sonra ise, montaj hattının yapısı incelenmiş malzeme akışı, üretim akışı analiz edilmiştir. Çalışmanın bu aşamasında Excel üzerinde oluşturulan hattın şekli üzerine malzeme akışları çizilmiş ve insan-makine diyagramları kullanılmıştır. Analizin bu kısmından sonra daha ayrıntılı bilgi edinmemizi sağlaması ve veri sahibi olmamız açısından zaman etüdü çalışması ile iş adımları belirlenmiştir. Her iş adımı için süre tutularak birim süreler elde edilmiştir. Çalışma sonucunda dar boğaz istasyon ve dengesizliğe sebep olan iş adımları belirlenerek iş aktarımı gerçekleştirilmiştir. 5 ve 6 numaralı istasyonlarda gerçekleştirilen bu değişiklik ile hattın yeni durumunun değerlendirilmesi açısından deneme çalışması yapılarak son durum gözlenmiştir. Son durumda öngörülen değişiklik olumlu sonuç vermiştir ve dar boğaz tespit edilen kısımdaki istasyonlar dengelenmiştir.

Hat üzerinde yapılan gözlemlerin model ile desteklenmesi ve olası iyileştirmenin gözlenebilmesi açısından bir simülasyon modeli kullanılarak gerçek sistem burada tasarlanmaya çalışılmıştır. Simülasyon modeli dar boğaz istasyon göz önüne alınarak yapılmıştır. Bu yüzden hatta bulunan bütün istasyonlar sistemde yer almamaktadır.

Model ile taşıyıcı operatör ve yuvarlak hat şeklindeki dar boğazın bulunduğu kısımdaki operatörlerin çalışmaları üzerinde durulmuştur. Sisteme ürün gelmesini sağlayan test istasyonu ile yuvarlak hattaki operatörlerin zaman etüdü çalışması ile elde edilen sürelerin input analyzer ile analizi gerçekleştirilmiştir. Analizde elde edilen dağılım değerleri modeldeki işlem süreleri ve gelişler arası süre için kullanılmıştır.

Modelin hazırlanmasından sonra oluşturulan animasyon ile modelin çalışması sırasında sistemdeki parça akışı gözlenmiştir.

Sistemin performans değerlerinin değerlendirilmesi operatör ve hat bazında faydalı kullanım oranlarının incelenmesi, kuyruktaki parçaların kontrol edilmesi ile gerçekleştirilmiştir.

Üretim sistemi üzerinde 30 sn' lik iyileştirme ve dar boğazın tespit edildiği istasyonda bulunan iki operatörün faydalı kullanım oranları ve istasyon çevrim zamanları dengelenmiştir. Faydalı kullanım oranı düşük olan operatörde (6. istasyon) %37,35' lik bir iyileşme gözlenmiştir. İş yükü iyileştirmeden önce fazla olan operatörde (5. istasyon) ise, %12,77' lik bir düşüş gözlenmiştir. Fakat hat genelinde ve üretim akışında dengeleme söz konusu olduğu için aslında bu durum sistemin daha iyi olduğunu göstermektedir.

Mevcut durum göz önüne alındığında uygulanabilecek daha iyi bir sistem ortaya konulmuştur. Sistemin tamamının ele alınması ile yani bütün hat bazında dengeleme çalışması yapılarak optimuma daha yakın sonuçlar elde edilebilir. Ayrıca bunun yanı sıra sistemin malzeme akışlarının kontrol altına alınması ve montaj malzemelerinin hat üzerinde bulunduğu rafların düzenlenmesi ve malzeme taşımalarının azaltılması ile sistem daha iyi duruma getirilebilir.

KAYNAKLAR

- Özdemir R.G., Ayağ, Z., Çakır, D., “Hazırlık sürelerinin azaltılması için bir hat dengeleme modeli”, YA/EM (Yöneylem Araştırması/Endüstri Mühendisliği), XXIV Ulusal Kongresi, Gaziantep - Adana 15-18 Haziran (2004)
- Tanyaş, M. Ve Baskak M., 2003. Üretim Planlama ve Kontrol, İrfan Yayıncılık, İstanbul
- Kılınçcı, Ö., “Basit Montaj Hattı Dengeleme Problemi Çözümü için Bir Petri Ağı Yaklaşımı”, DEÜ Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi, vol:6, no:2, 1-15, (2004).
- Kalender F. Y., Yılmaz, M. M., ve Türkbey, O., “Montaj Hattı Dengeleme Problemine Bulanık Bir Yaklaşım” Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, vol:23, no:1, 129-138, (2008).
- Çelikçapa O. F., “Üretim Planlaması”, İstanbul, 116-138, (1999). Uzmen, M., “Montaj Hattı Dengeleme”, İTÜ Fen Bilimler Enstitüsü, 32, (1990).
- Erkan Zorlu, “İş Tasarımı ve montaj hattı dengeleme”,Yüksek lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 23-25 (2000).
- Acar, Nesime ve Estas, S. “Kesikli Seri Üretim Sistemlerinde Planlama ve Kontrol Çalışmaları”, MPM Yayınları, Ankara, 309 (1991).
- Erkut, Haluk ve Baksak, Murat, “Tesis Tasarımı”, İrfan Yayıncılık, İstanbul, 35-54 (1997).
- Erel, E.,”Stokastik montaj hattı dengeleme problemi üzerinde yapılan araştırmalar”, Endüstri Mühendisliği Dergisi, 3(13): 11-15 (1991).
- Üstün, S., 2005. Bir Üretim Atölyesinde Darboğaz Problemlerinin Benzetimle Analizi, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Baskak, M., 2006., Üretim hatları Modellemesi Ders Notları.
- Küçük, B. Keskintürk, T., “Montaj Hattı Dengelemede Genetik Algoritma Operatörlerinin Etkinliklerinin Araştırılması”, YA/EM (Yöneylem Araştırması/Endüstri Mühendisliği), XXVI. Ulusal Kongresi, Kocaeli 390, 3 – 5 Temmuz, (2006).
- Özden Ü. H., 2008 İstanbul Ticaret Üniversitesi, <http://www.unalozden.com/DOWNLOAD/simulasyon.pdf>.
- Aydoğan, E. K., Gencer, C., Gökçen, H. ve Ağpak, K., “Basit U Tipi Montaj Hattı Dengeleme Problemi için Yeni Bir Optimal Çözüm Yöntemi: En Kısa Yol Modeli”, YA/EM, XXIV Ulusal Kongresi, (2004).

Render, B., Stair R., M., "Quantitative Analysis for Management" A.B.D., Allyn and Bacon , 671, (1991).

Hançerlioğulları, A., "Monte Carlo Simülasyonu Metodu ve MCNP Kod Sistemi", Kastamonu Eğitim Dergisi, vol:14, no:2, 545-556, (2006).

Halaç, O., "Kantitatif Karar Verme Teknikleri", 3. Baskı, Evrim Dağıtım, İstanbul, (1991).

Banks, J., Carson B. ve Nelson D. M., "Discrete-Event System Simulation", Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, (2001).

Hasgül, S., Öztürk, Z. K., "Açık öğretim Fakültesinde Öğrenci Sayısı Tahmininde Benzetim Yaklaşımı", YA/EM, XXIV Ulusal Kongresi, Gaziantep – Adana, 15-18 Haziran, (2004).

Radzicki, M. J., "Introduction to System Dynamics Understanding Complex Policy Issues", Version 1.0, Sustainable Solutions, Inc. (1997).

Bateman, R. E., "System Improvement Using Simulation Promodel Corporation", Utah, 173, (1997).

Kalebek B., Esnek Üretim Sistemleri ve Simülasyon Yoluyla İş Çizelgelemesi Yüksek Lisans Tezi Ankara (2006).

Benzetim Yazılımları, "END3032 Sistem Simülasyonu", www20.uludag.edu.tr/akansel/END3032-3.ppt, [online].

Yüksek Öğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi tez2.yok.gov.tr.

Çakır B., Stokastik İşlem Zamanlı Montaj Hattı Dengeleme İçin Tavlama Benzetimli Algoritması Yüksek Lisans Tezi Ankara.

Özgörmüş E., 2007 Ergonomik Koşullar Altında Montaj Hattı Dengeleme Yüksek Lisans Tezi Denizli.

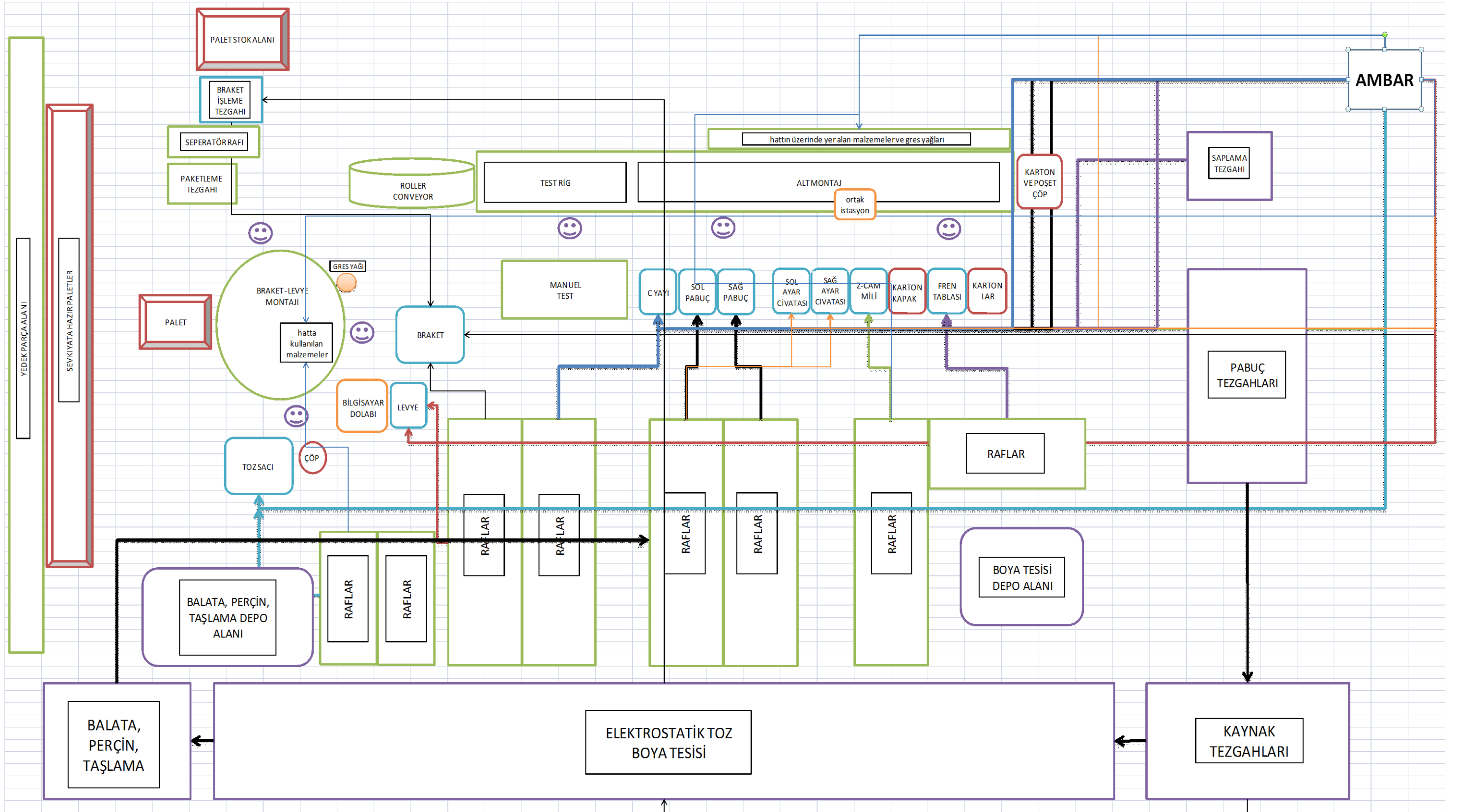
Kurşun S. ,2007 Tekstil Endüstrisinde Benzetim Tekniği ile Üretim Hattı Modellemesi ve Uygun İş Akış Stratejisinin Belirlenmesi Yüksek Lisans Tezi.

Filizay, O.S., 2008 Çok İşçili Hat Dengeleme Problemi İçin Bir Çözüm Yaklaşımı ve Boji Şasesi İmalat Hattı Tasarımı İçin Uygulaması Yüksek Lisans Tezi Ekim.

Şahin Ş. 2009 Tasarım ve İmalat Süreçlerinde Sistematik Problem Çözüm Yöntemlerinin Montaj Tasarım Optimizasyonu İçin Uyarlanması Yüksek Lisans Tezi Bursa.

Koçanalı F., 2009 Montaj Hattı Dengelemeye Yönelik Bir Simülasyon Modeli Önerisi Yüksek Lisans Tezi Kocaeli.

EK-1: MONTAJ HATTININ ŞEKLİ VE HATTA MALZEME AKIŞLARININ GÖSTERİMİ

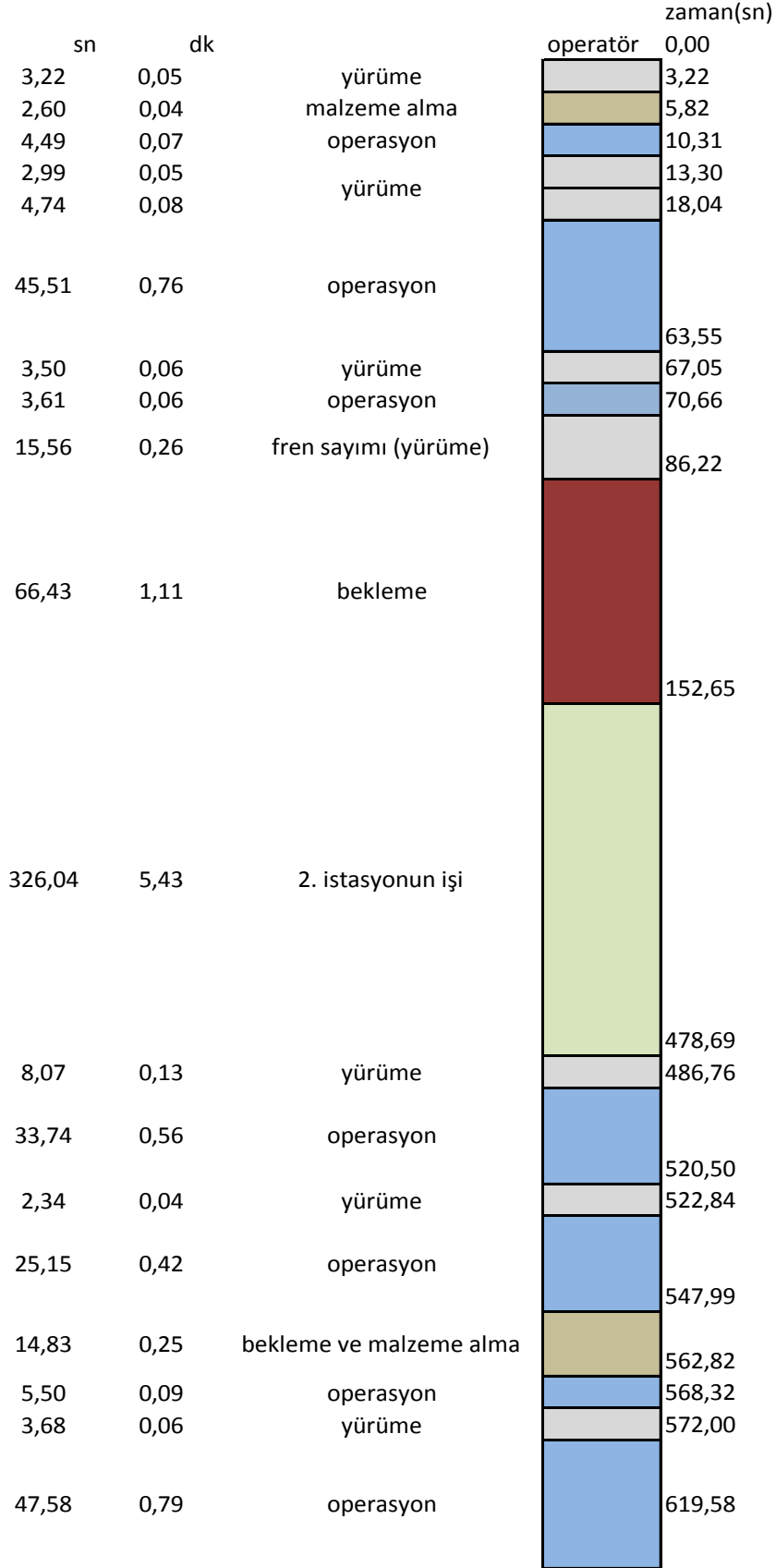


Raflarda yer alan malzemeler

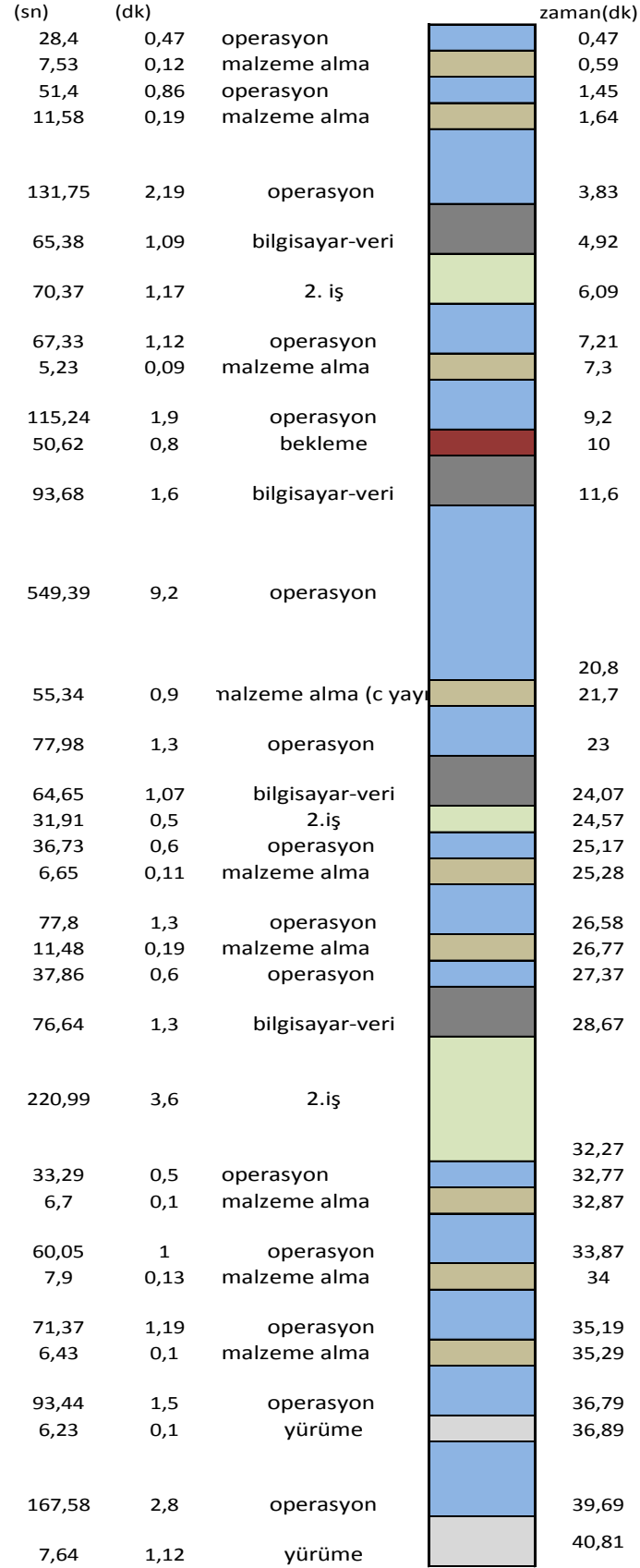
- 1- fren tablası (en alt raf), 1. istasyon ve ortak istasyonun kullandığı alt montaj malzemeleri
- 2- fren tablası (en alt raf), Z-cam milleri üst raflarda, arka kısmında ise, üstte fren tablalar, en altta pabuçlar
- 3- braketler ve alt montaj malzemeleri

- | | | | | | |
|--|--------------------------------|--|---|--|---|
| | fren tablalarının hareket yönü | | braketlerin hareket yönü | | z-cam millerinin hareket yönü |
| | levyelerin hareket yönü | | pabuçların hareket yönü | | sağ-sol ayar civatalarının hareket yönü |
| | c yaylarının hareket yönü | | hatta kullanılan malzemelerinin akış yönü | | |

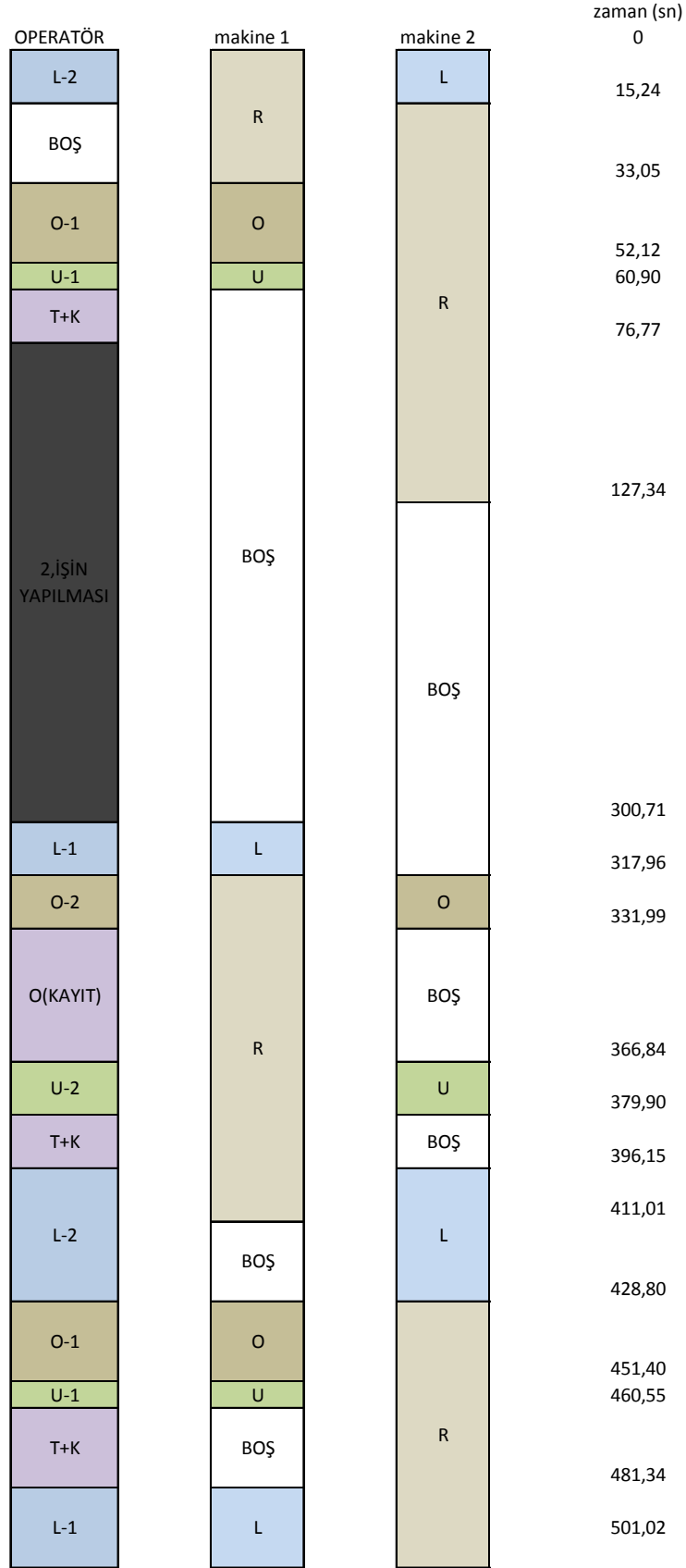
EK-2: İNSAN MAKİNE DİYAGRAMLARI- 1. OPERATÖR



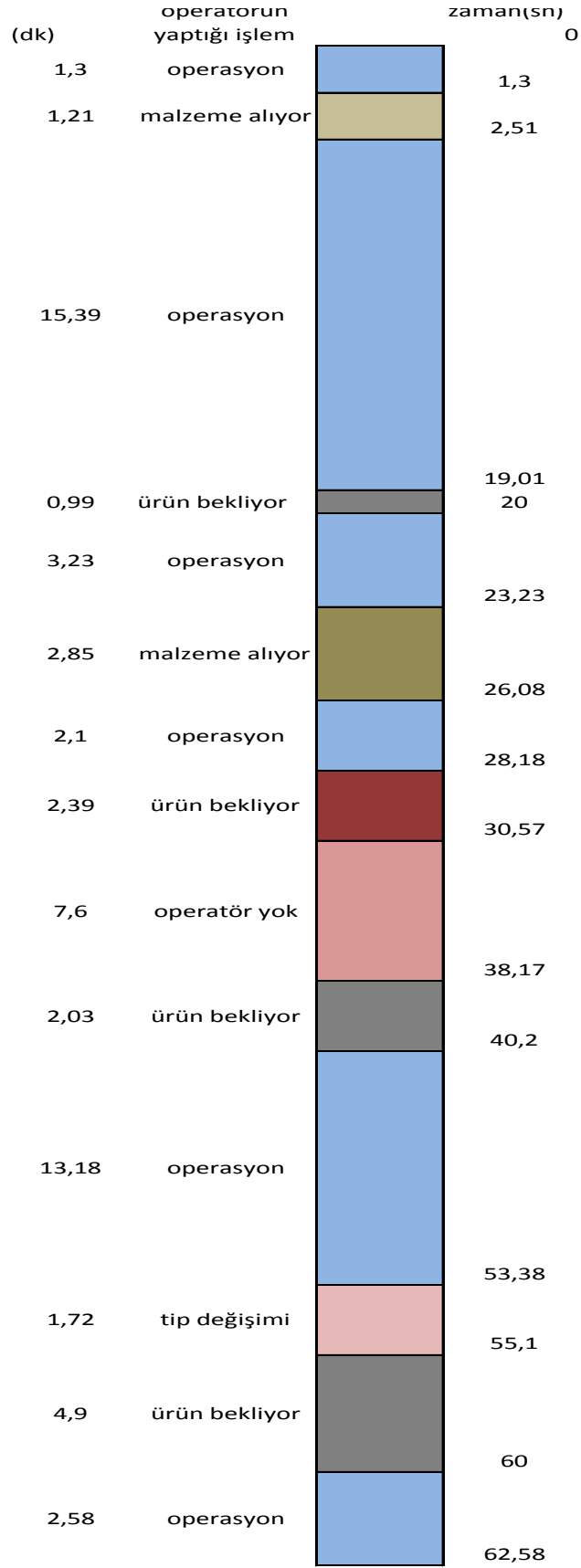
EK-2: İNSAN-MAKİNE DİYAGRAMLARI- 2. OPERATÖR



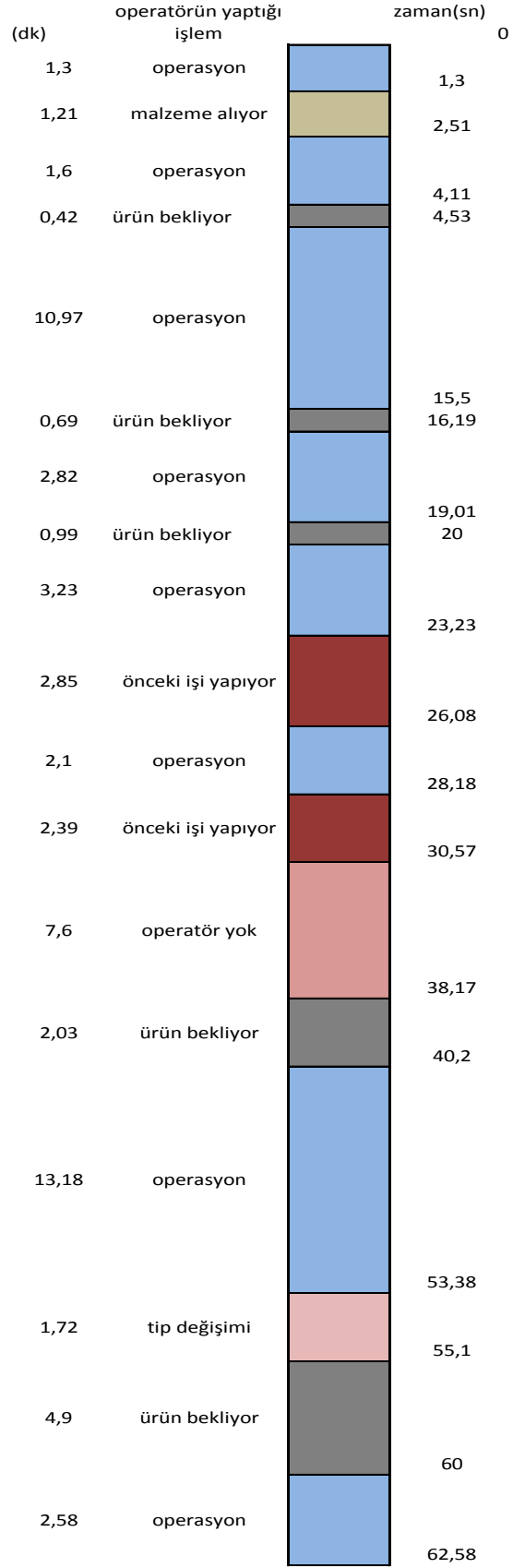
EK-2: İNSAN-MAKİNE DİYAGRAMLARI-3. OPERATÖR



EK-2: İNSAN-MAKİNE DİYAGRAMLARI- 4.OPERATÖR



EK-2: İNSAN-MAKİNE DİYAGRAMLARI-5. OPERATÖR



EK-3: ZAMAN ETÜDÜ TABLOLARI-1. İSTASYON

Atılan değerler	Başlangıç zamanı:08:30					Tarih: 20-21.01.2011					Operatör adı: 1. operatör					Hattaki sırası: 1.sıra																					
	Bitiş zamanı:11:10																																				
	Süreler	ortalama	standart sapma	en büyük	en küçük	N(gerçek gözlem sayıları)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
3.54	1	Z-cam mili açılıp yağlamaya konur	7,79	2,81	13,16	3,83	38	6,68	7,68	6	4,43	9,32	8,76	9,14	12,32	4,28	6,64	4,66	5,03	3,83	7,25	7,02	6,66	8,27		13,16	13,01	9,19	11,31	7,01	6,05	4,79	8,66	5,84	12,56	5,85	9,22
2.2	2	keçe aparata yerleştirilir	4,09	1,39	7,12	2,43	33	3,41	4,09	3,34	5,19	5,09	6,77	2,8	4,72	3,41	2,67	3,37	3,89	3,62	4,16	4,13	4,34	2,43	3,34		2,63	3,09	5,63	3,72	3,74	2,46	2,46	7,12	3,17	6,89	6,23
3.75	3	fren tablası aparata oturtulur	6,47	2,08	13,97	4,32	30	8,22	5	5,2	6,51	5,27	6	6,33	6,02		6,52	4,66	7,22	4,9	9,64	8,21	5,03	6,25	11	13,97	6,93	5,68	4,32	7,1	5,06	5,59	5,63	5,17	5,34	6,5	6,09
9.48	4	makine çalıştırılır	4,46	2,08	9,39	1,23	63	4,5	3,59	1,93	2,02	3,36	3,42	6,91	3,69	7	4,62	8,98	5,07	3,18	3,87	3,59	6,34	6,37	9,39	6,38	3,16	2,75	4,63	4,32	3,8	3,74		7,12	2,66	1,65	1,23
1.01	5	burç aparata yerleştirilir	3,90	1,62	8,63	1,21	50	3,87	3,74	4,19	2,74	3,79	3,94	3,32	2,41	4,37	4,01	5,09	3,18	5,26	7,15	2,79	4,04	1,85	2,74		4,28	1,21	3,72	1,66	3,85	1,57	5,03	5,6	8,63	4,81	4,09
3.13	6	fren tablası prese oturtulur	6,21	1,59	9,48	3,78	19	7,30	3,79		5,29	6,69	6,75	7,81	5,12	5,34	5,47	5,27	6,08	5,32	9,02	5,34	3,78	4,87	9,27	6,81	6,05	5,33	5,6	6,94	5,3	9,48	9,33	4,08	6,02	7	6,63
1.12	7	rondela takılır	3,18	1,12	5,64	1,75	36	4,07	3,91	3,24	2,31	3,61	3,32	2,62	2,19	3,14	2,29	4,15	5,03	5,64	5,53	2,17	2,74	2,79	1,94	2,51	2,34	5,22	3,08		1,96	4,22	1,75	3,26	2,1	2,37	2,69
12.04	8	Z-cam mili yağlamadan alınarak takılır	7,37	1,91	11,23	4,70	19	9,89	8,57	10,57	6,25	5,98	6,87	9,56	5,28	6,68	6,49	7,22	7,97	11,23	4,88	6,69	11,1	4,7	5,16	10,22	9,47		7,12	6,6	6,72	7,01	5,83	5,75	5,41	6,87	7,65
2.2	9	tahrik pimleri piston deliklerine yerleştirilir	5,57	1,45	10,14	3,90	20	5,61	4,56	3,9	7,88	7,75	6,26	5,23	6,56	5,67	4,77	4,39	5,35	10,14	4,26	5,38	6,27	4,56	7,39	7	4,18	4,11		6,1	5,11	4,48	4,15	4,77	4,67	5,12	5,96
32.9	10	ayar civataları yağlanır, pistonaya yerleştirilir	18,51	2,97	26,15	12,72	7	20,13	24,38	21,15	20,81	20,83	18,93	26,15	18,85	15,08	20,65	16,09	17,63	17,03	18,42	20,33	15,07	21,21	20,72	18,65		16,38	12,72	14,73	15,53	17,93	15,55	18,28	20,18	17,52	15,81
1.9	11	makine çalışıyor (bekliyor)	8,54	1,61	12,89	6,30	10	6,88	8,65	7,85	9,36	7,37	8,76	9,55	9,28	11,16	8,31	8,75	8,1	9,62	7,41	7,73	11,98	9,23	6,3	8,9	6,41	8,82	7,27	7,46	12,89	8,72	10,33	6,68	6,72		7,22
10.52	12	presten alıp hatta koyma	6,20	1,60	9,29	3,11	19	5,76	5,15	4,47	5,3	8,94	7,73	4,53	7,63	7,84	8,13	9,29	8,11	5,02	5,55	6,05	7,95	3,11	7,12	6,23	4,46	5,42	7,87		4,98	3,63	5,41	4,92	6,14	6,5	6,5

82,24

boşta bekleme(ayar)	boşta bekleme(z mak bekliyor)	pres makinasının tekrar çalıştırılması	makine boşta bekliyor operatör karton taşıyor	malzeme alıyor(rondela yerleştiriyor)	hat dolu bekleme yapıyor	z mili hazırlama süresi	tip değişikliği için bekleme	operasyon sayılarına bakıyor	bilgisayar	hatalı fren tablası
24,80	12,01	12,47	37,57	1,08,90	22,72	22,84 (3 adet)	3,45,38	18,15	28,93	30,96
21,29	10,87	4,86	11,12,19 (tip)	16,71 (z-mili)		44,12 (7 adet)	7,50,00	21,26		
		11,22	37,30				1,00,49	43,85		
								40,26		

EK-3: ZAMAN ETÜDÜ TABLOLARI-ORTAK İSTASYON

Başlangıç zamanı:							Operatör adı:		ortak iş																														
Bitiş zamanı:							Tarih: 20-24-26-27.01.2011		Hattaki sırası:																														
atılan değerler	Süreler	standart sapma	ortalama	en büyük	en küçük	N(gerçek gözlem sayıları)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29				
13,6	1 fren tablası prese oturtulur	2,28	6,01	10,09	3,35	41	7,62	6,13	4,67	4,04	4,31	5,67	3,71	4,23	3,55	4,92	4,3	5,17	9,96	5,92	4,11	6	11,28	8,84	8,76	7,08	3,35	5,34	10,09		9,28	5,34	3,43	9	3,78				
2,83	2 ayar civatası greslenir ve yerine yerleştirilir	1,86	6,93	9,57	3,47	21	3,47		5,76	4,27	5,46	9,28	7,46	7,39	5,71	5,48	5,24	5,46	9,4	6,33	7,45	5,65	5,14	6,18	4,23	6,25	8,63	6,38	9,53	9,36	8,77	9,57	7,65	9,51	6,06				
	3 O-ring takma aleti kademeye dayanır ve O-ring takılır	1,75	5,25	8,87	2,65	32	4,24	4,48	3,81	4	2,65	4,32	4,95	3,13	7,89	6,17	3,06	4,8	3,96	7,66	2,78	4,52	4,32	6,38	3,83	7,55	5,78	6,54	5,65	4,67	4,85	8,85	7,02	4,45	8,87				
10,61	4 ayar kutusu yerine yerleştirilir	1,05	4,34	6,77	2,25	17	3,24	3,22	3,85	4,55	4,96	2,95	4,81	5,14	3,86	3,63	6,2	3,5	4,11	3,75	4,19	5,43	4,51	4,55	2,8	4,24	6,77	4,75	4,64	3,73	4,29	6,51	4,25		5,06				
10,07	5 yay yerine koyulur	1,72	3,76	8,59	1,28	60	6,22	5,76	6,27	5,54	2,52	2,61	2,57	2,87	5,01	1,28	5,96	2,7	2,5	8,59	1,72	2,74	2,83	2,72	2,34	4,94	3,46	2,69	2,21	5,63	3,87		3,3	3,97	3,91				
1,61	6 alt montajı önceden yapılan tapa prese yerleştirilir	1,11	3,30	5,46	1,88	33	4,63	3,72	3	3,99	2,09	2,69	1,88		2,21	2,71	2,72	2,42	2,98	5,36	4,34	2,67	2,24	4,08	4,74	5,28	3,61	2,76	2,65	3,77	2,45	4,22	5,46	2,39	2,02				
1,89	7 tapa preste çakılır	1,58	4,57	8,18	2,33	35	2,33	2,87	2,70		3,54	3,48	3,03	4,52	3,78	2,64	3,9	2,69	4,23	2,61	6,94	4	4,36	8,18	5,34	7,57	6,8	5,93	6,46	4,26	5,52	3,09	4,42	5,06	4,87				
	8 alıp hatta koyma	1,60	4,00	8,33	2,05	46	2,06	2,32	3,22	2,07	2,76	3,65	2,47	3,75	4,73	2,88	3,15	5,07	4,2	3,64	2,69	2,94	4,56	6,04	8,33	2,66	3,9	7,53	2,23	4,12	2,05	5,05	4,05	2,52	4,22				

38,161685

boşta beklemler	malzeme alımı	bilgisayar girişi	uygun aparat yerleştiriliyor ve malzeme alınıyor	kontrol	parçada sorun olduğu için tekrar işlem yapma	boş bekleme	tapanın tekrar elle çıkılması
	23,13	4,24,10	1,03,04	10,1	52,64	1,32,70	11,72
42,57						3,5	

EK-3: ZAMAN ETÜDÜ TABLOLARI-3. İSTASYON

Başlangıç zamanı:09:30							Tarih: 20-21-24-26-27,01,2011		Operatör adı: 2, operatör																															
Bitiş zamanı:11:30							Hattaki sırası: 3,sıra																																	
atılan değerler	Süreler	standart sapma	ortalama	en büyük	en küçük	N(gerçek gözlem sayıları)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30				
							9,06	1 fren tablası aparata yerleştirilir	0,51	4,32	6,02	2,90	4	5,21	4,04	4,81	4,10	2,90	4,88	3,01	4,35	4,49	3,45	4,39	5,45	3,37	4,72	4,19	3,69	5,30	5,72	3,35	3,27	3,19	3,32	5,58	4,56	4,31	3,18	5,12
1,82	2 ayar dişli mili yerine yerleştirilir	0,97	4,79	8,30	2,56	12		5,42	3,45	4,74	5,22	3,01	5,27	8,30	2,83	2,97	3,90	4,81	5,74	8,25	4,72	7,81	5,93	2,56	3,52	5,14	3,42	4,41	3,02	4,68	3,62	8,00	3,70	4,23	5,93	4,21				
21,14	3 greslenir	0,62	8,73	14,68	5,56	1	6,60	12,31	7,61	9,37	7,02	6,64	11,35	9,26	8,17	12,37	5,56	14,68	10,32		13,97	10,37	5,63	8,98	7,43	8,80	6,89	9,84	10,26	5,60	5,75	7,68	8,48	7,10	7,27	7,78				
8,91	4 mantar conta takılan kapak parça üzerine takılır	0,82	5,83	8,03	4,04	6	6,05	6,66		6,39	5,02	6,48	6,44	4,85	4,75	4,04	8,03	6,42	6,84	5,33	4,08	6,05	4,37	6,04	6,52	6,38	7,34	4,48	6,49	5,85	5,61	6,49	4,56	5,27	5,74	6,50				
5,53	5 civatalar takılır, sıkılmaz	2,54	9,67	14,61	5,60	20	10,24	10,41	8,81	8,54	6,13	5,70	10,89	8,44	13,07	12,22	14,61	13,46	7,82	6,61	8,04	10,03		5,60	7,69	10,57	12,40	7,25	8,28	10,05	13,24	10,72	8,22	7,39	12,81	11,21				
1,73	6 c-yayı takılır ve çekici ile yerine yerleştirilir	1,21	4,02	5,61	2,33	26	3,63	3,78	3,54	5,61	3,15	3,56	3,03	4,50	4,19	3,72	3,32		2,33	4,88	4,43	3,02	4,08	5,54	4,43	3,22	4,90	3,03	4,35	4,15	4,80	4,24	4,35	2,60	5,50	4,57				
2,69	7 yay tutucu ve civata yerleştirilir	1,15	6,68	10,54	4,13	8	9,94	5,58	4,13	7,40	4,48	8,57	4,74	6,94	10,00	10,32	7,01	4,96	6,66	6,19	6,67	5,76	4,56	7,18	4,84	8,57	10,54	8,71	5,17	6,56	7,19	7,94	5,13	6,89	4,74					
18,43	8 pabuçlar alınıp etiket yapıştırılır	0,83	12,46	15,90	8,79	1	9,73	10,85	11,02	12,00	12,31	11,46	12,13	10,91	12,49		9,29	8,79	14,16	10,05	14,62	15,90	15,76	15,00	10,87	10,57	11,22	13,24	14,76	14,76	10,08	12,77	14,97	14,67	13,10	14,00				
28,58	9 pabuç baskı yüzeyleri greslenir	2,61	20,11	27,52	14,06	5	25,32	22,06	21,72	21,36	20,98	17,32	20,05	21,41	19,92	16,90	16,00	17,97	26,01	15,23	14,06	24,74	27,52	18,79	16,57	23,85	22,14	24,75	14,98	21,19	21,19	17,22		19,20	15,79	14,08				
14,67	10 pabuçlar yerleştirilir ve pimler takılır	0,64	9,13	13,03	5,90	1	10,47	10,09	11,11	7,77	6,56	9,74	9,10	11,10	11,13	9,39	6,85	6,73	8,02	11,96	7,81	10,22	9,60	5,90		9,44	9,24	10,38	8,30	8,12	10,84	13,03	8,64	7,12	7,88	8,19				
	11 c-yayı açılır	1,62	6,50	10,30	4,12	18	6,41	5,66	10,30	5,20	7,88	4,45	4,63	5,09	5,10	4,93	7,08	4,27	6,88	4,83	4,23	6,15	8,42	8,56	5,22	8,86	9,84	8,58	8,15	8,87	8,17	6,22	4,61	4,65	4,12	7,66				
	12 yay tutucu ve civata sıkılır	0,53	4,48	6,45	3,34	4	4,43	6,45	3,50	4,81	3,76	3,50	4,27	4,62	3,78	3,57	3,84	4,74	4,53	5,79	3,61	4,65	4,24	4,71	3,34	5,06	5,27	4,77	5,28	5,25	3,97	4,29	4,25	4,08	5,05	5,11				
1,31	13 hatta konur	1,86	3,61	5,71	1,78	77	3,12	3,75	3,19	3,75	4,09	2,99	3,07	3,71	3,23	4,67	3,54	4,22	4,46	3,88	4,01	3,57	3,30	3,47	5,71	3,19	3,75	3,71	3,30	5,51	2,58	1,85	5,12	2,04	1,78					

100,32

boşta beklentiler	model değişimi	uygun aparat monte edilir	bilgisayar	malzeme alma	bilgi giriliyor	malzeme alıyor (hat durdu)	
	17,88	5,09,22	1,02,52	2,20,58	26,17	13,58	7,44,18
	29,48			46,64	3,56,47		
	25,71			11,47			
	31,86			1,24,48			
				54,76 (c yayı)			
				2,07,45 (mantar conta)			
				1,00,78 (pabuç değişimi)			
			20,34 (c yayı)				
			10,21 (civata)				

EK-3: ZAMAN ETÜDÜ TABLOLARI-4. İSTASYON

		Başlangıç zamanı:					Tarih: 26-27.01.2011		Operatör adı:		3.operatör																													
		Bitiş zamanı:							Hattaki sırası:		4.sıra																													
atılan değerler	Süreler	standart sapm	ortalama	en büyük	en küçük	N(gerçek gözlem sayıları)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30				
							61,04	1	4,77627439	22,29551724	35,60	15,75	13,247386	20,65	33,36	25,9	17,8		35,6	31,07	19,77	23,12	20,78	18,46	26,19	18,59	21,02	19,64	15,75	23,77	18,19	15,91	20,05	21,13	17,95	18,5	21,06	23,84	25,86	22
90,12	2	13,6093941	23,56307692	51,35	12,32	96,2942453	22,69	15,12	12,32	40,66	45,32	42,34	63,39	12,72	66,74	19,8	16,24	15,04		51,35	24,4	15,24	13,32	15,66	13,6	14,7	12,3	23,4	25,9	31,2	15,9	20,4	25,6	29,7	18,7	16,5				
	3	7,45582678	19,4762069	51,64	11,56	42,3028491	51,64	21,38	16,64	20,01	22,66	14,25	13,88	14,49	24,78	16,08	21,97	20,53	16,43	14,27	16,28	12,76	19,97	18,13	11,56	21,36	16,92	13,73	19,15	32,02	21,46	17,6	17,78	17,96	19,75	19,38				
51,67(silme)	4	6,87633788	24,50178571	35,63	10,18	22,7355623	10,18	10,3	24,7	27,12	17,09	17,71	26,96	12,14	25,99	31,97	32,17	21,94	35,43	14,76	24,99		30,79	30,79	30,32	22,96	27,35	24,59	23,72	26,95	18,9	20,85	35,63	28,27	26,18	22,39				
	5	4,91451615	16,30758621	30,80	7,64	26,2161507	18,54	22,66	30,8	16,23	19,65	22,13	9,92	17,21	14,42	13,9	15,53	19,25	21,35	13,75	11,82	14,55	15,59	14	14,39	10,96	16,58	17,36	22,47	11,33	7,64	9,15	14,88	20,15	21,29	15,07				
62,98	6	12,2179978	20,84814815	54,49	5,83	99,1406751	12,23	30,53	30,52	46,44	54,49	23,08	8,72	52,23(takip)	22,82	36,26		36,83	12,79	24,2	33,2	14,05	32,78	14,09	16,84	11,61	12,37	11,94	12,96	11,65	14,57	20,54	12,42	5,83	12,97	16,7				
		126,9923211																																						

boş bekleme	boş	parça yok (takip)	tip değişikliği için yapılan kontrol	makineler çalışıyor	tekrar makine çalıştırma	yağlama
59,45	11,17	83,84	152,74	40,31	28,91	7,63
23,8				138,50	12,57	8,61
38,9				28,91	19,34	10,13
				6,86	12,1	7,08
				74,41	99,99	6,89
						8,04
						8,83
						7,46
						9,88
						12,1
						7,74
						8,29
						5,45

EK-3: ZAMAN ETÜDÜ TABLOLARI-5. İSTASYON

		Başlangıç zamanı:13:30+8,30					Tarih: 28-31.01.2011					Operatör adı: 4.operatör																								
		Bitiş zamanı:15:15					Hattaki sırası: 5.sıra																													
atılan değerler	Süreler	standart sapma	ortalama	en büyük	en küçük	N(gerçek gözlem sayıları)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
	1 fren alınır hatta sabitlenir	1,40	4,97533333	8,92	2,18	23	5,18	5,1	3,86	4,31	8,92	3,91	4,36	5,84	6,09	3,12	4,63	5,73	5,73	3,83	5,2	2,18	6	5,03	5,91	3,86	6,41	8,38	4,62	5,23	4,48	3,38	3,87	4,83	3,9	5,37
	2 z-cam kapak takılır	1,49	5,806	7,85	2,78	19	4,79	7,3	7,1	6,06	6,76	7,33	7,35	4,95	3,91	6,18	4,94	7,43	7,85	4,67	7,76	3,24	6,06	6,41	4,75	6,16	4,48	5,23	6,96	7,02	4,08	6,13	2,78	2,86	7,19	6,45
16,73	3 braket alınır	2,62	7,28032258	16,73	3,00	37		7,38	7,14	5,62	6,77	6,47	5,28	6,15	5,49	10	7,82	5,64	8,1	7,57	6,72	4,53	7,12	3,93	8,31	5,98	7,29	13,12	6,28	8,59	9,69	9,24	5,09	7,4	7,48	5,76
26,34	4 o-ring braketle takılır, yerleştirilir	2,92	12,1524138	17,21	6,08	17	11,7	12,15	15,51	12,96	15,76	15,58	17,21	16,49	10,4	10,85	10,18	15,42	10,49	12,33	11,81	12,33	11,92	13,97	11,74		12,76	16,26	14,53	10,23	11,23	8,64	6,96	9,07	7,86	6,08
4,06	5 rondela alınır yerleştirilir	1,73	8,12	12,87	5,38	13	7,42	7,23	12,87	7,4	8,3	5,38	6,72	6,55	6,86	10,52	10,02	8,17	6,4	7,31	6,49	9,41	7,28	10,55	7,67	7,69	11,46	7,97		8,23	6,54	7,19	8,46	7,9	7	10,49
	6 civatalar alınır yerleştirilir	3,43	20,753	26,8	14,27	8	26,46	25,56	20,2	24,63	23,28	20,91	20,22	23,26	20,97	21,4	18,64	23,21	25,8	16,04	22,97	21,75	24,06	16,73	17,53	15,46	18,06	26,8	19,7	20,99	14,27	17,87	16,35	21,26	20,84	17,37
	7 civatalar sıkılır	2,41	17,799	23,31	14,49	5	18,32	19,5	19,13	16,17	16,35	18,02	21,36	15,11	16,19	16,32	17,94	22,05	16,31	15,24	16,1	16,11	17,54	22,96	18,81	17,23	15,61	23,31	16,31	14,49	18,17	21,56	15,47	19,26	16,54	16,49
28,75	8 civatalar torklanır	3,62	17,5524138	25,33	12,68	12	20,07	22,02	25,33	22,33		18,83	15,79	14,12	15,89	20,58	19,81	20,84	15,08	13,46	12,68	13,55	14,88	21,6	17,89	22,36	13,68	13,66	19,53	14,07	18,74	19,92	13,21	20,57	13,36	15,17
12,66	9 gresörlük takılır	2,86	17,1872414	25,72	13,66	8	16,65	16,42	25,72	13,66	16,21	17,02	15,29	18,07	18,52	14,58	18,35	24,35	17,02	14,37	17,47		18,07	15,09	13,89	17,7	16,47	16,5	16,3	23,37	15,52	14,81	16,74	18,03	16,38	15,86
28,19	10 gresörlükten yağ basılır, silinir	1,68	13,7189655	17,15	9,31	4	13,81		14,51	15,08	9,31	12,16	15,17	12,04	14	16,52	17,15	15,67	14,8	14,05	12,69	14,73	11,81	12,65	13,41	14,21	14,23	13,32	15,3	11,96	13,65	13,59	14,55	14,31	10,73	12,44
1,33	11 fren bırakılır	1,16	3,34678571	6,42	1,73	35	3,82	4,58	1,84	2,07	4,86	3,99	2,88	5,25	3,16		2,59	2,87	2,54	2,09	2,31	3,36	3,02	4,99	3,41	2,23	4,8	2,99	6,42	1,73	3,64	2,11	4,02	3,57	3,1	3,29

128,691476

değişiklik yapıldığı zamanki durum=	97,79
-------------------------------------	-------

boş beklentiler	braket sorun		civata sorun
	76,46	61,76	111,40

EK-3: ZAMAN ETÜDÜ TABLOLARI-6. İSTASYON

		Başlangıç zamanı:09:30+8:20					Tarih: 31.01.2011					Operatör adı: 5.operatör																								
		Bitiş zamanı:10:40					03.02.2011					Hattaki sırası: 6.sıra																								
atılan değerler	Süreler	standart sapma	ortalama	en büyük	en küçük	N(gerçek gözlem sayıları)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
7,01	1 fren alınır hatta sabitlenir	1,11	2,23428571	5,32	1,03	71	1,65	1,29	2,31	1,30	2,26	1,77	1,07	1,90	1,56	1,70	1,61	3,15	5,32	1,03	1,46	1,68	1,81	2,11	2,42	1,16	1,57	3,36	1,46	2,85	4,41		4,57	2,44	3,37	1,27
	2 rondela takılır	1,12	3,88233333	6,66	2,29	24	4,38	3,97	3,19	3,26	3,70	3,52	4,51	2,70	4,01	2,96	4,72	4,37	3,95	2,63	4,07	6,18	3,48	4,06	6,66	3,08	2,93	3,78	3,14	3,70	3,34	5,33	3,32	2,61	2,29	6,63
10,79	3 toz sacı alınır, frene yerleştirilir	0,91	4,07310345	6,94	2,65	14	2,65	3,75	5,47	3,25	5,39	3,20	3,30	3,98	3,64	4,44	4,86	4,07	4,94	3,80	3,65	4,27	3,39	3,37	3,84	4,44	3,92	6,94	3,15	3,87	5,56	3,79		3,76	4,18	3,25
20,40	4 cıvata ve rondela toz sacına takılır	1,95	12,9	19,01	9,84	7	10,69	11,20	9,84	15,09	13,96	10,68	13,34	11,83	12,64	12,17	11,49	11,10	11,69	15,08	14,09	12,30	13,03	10,95	15,11	11,66	13,07	12,38	15,00	12,84	11,92	13,53	12,42		15,99	19,01
	5 cıvatalar sabitlenir	1,94	9,83033333	13,96	6,48	11	8,45	8,23	9,00	11,78	7,27	9,03	10,42	8,69	13,20	8,21	7,87	11,50	11,57	9,22	8,34	10,65	8,68	13,01	10,20	13,96	8,66	8,70	9,69	11,62	9,03	13,85	6,48	8,65	8,93	10,02
9,41	6 levye z cam miline takılır	1,52	6,16862069	8,75	4,09	17	5,57	7,74	4,18	8,11	7,17	7,44	5,94	4,70	5,27	6,17	5,35	4,45	4,64	4,22	4,29		7,74	7,30	7,43	8,05	5,01	8,07	4,90	4,09	6,95	8,75	4,22	6,31	8,08	6,75
7,76	7 levyenin ölçüsü ayarlanır	1,06	4,48689655	6,79	2,01	16	3,85	6,56	3,69	3,52	3,80	3,94	4,48	3,69	3,92		4,07	4,39	4,01	2,01	3,64	6,51	3,75	6,79	5,15	4,23	4,73	5,83	4,09	4,06	4,37	6,21	4,27	5,03	4,63	4,90
8,14	8 cıvata ve somun levyeeye takılır	0,79	5,52517241	7,19	3,93	6	5,36	6,00	5,68	6,02	5,16	6,27	6,68	6,12	5,47	4,65	6,89	6,52	5,94	5,65	5,57	5,43		5,22	4,93	7,19	5,03	5,15	5,15	6,23	4,77	4,58	4,20	5,64	4,80	3,93
18,23	9 levyenin cıvatası sıkılır, torklanır	1,70	9,59206897	14,01	6,51	9	6,98	6,51	7,95	7,76	7,98	9,94	7,78	10,18	9,79	10,19	13,66	8,59	12,90	9,34	9,80	9,44	10,55	10,33	9,27	14,01	9,65	9,61	9,46	9,41	8,65	9,44	10,28	8,81	9,91	
13,35	10 etiketler yapıştırılır	1,16	7,60896552	10,47	5,75	7	10,47	8,42	9,83	8,39	7,40	7,55	7,56	8,85	6,67	6,91	7,26	7,78	5,75	7,28	5,91	6,50	6,68	7,99	7,82	6,25	7,94	8,85	7,15	7,56	6,90	7,43	6,36	7,28	9,92	
	11 fren bırakılır	0,50	1,97433333	3,32	1,09	18	2,36	1,44	2,30	1,77	1,09	1,74	2,38	2,86	1,15	2,21	2,03	1,87	1,37	1,73	2,18	2,28	1,87	1,63	2,10	1,94	1,96	1,60	1,66	1,53	2,42	2,49	2,30	3,32	2,30	1,35

68,2761133

gresörlük takılır	17,1872414
gresörlükten yağ basılır, silinir	13,7189655
değişiklik yapıldığı durumda=	99,18

boş beklenteler	bilgisayara veri girişi	hatta fren yok	boş	toz sacı açma	levye tekrar	malzeme koyma
	54,41		7,36	68,57	8,89	42,73
	27,89		31,17	63,79	10,24	
	10,29	198,81		61,27	10,17	
	40,21		30,75			
	507,51		31			
	44,22		89,29			
	37,51		62,85			
			75,01			
			186,62			
			54,97			
			45,91			
		38,6				
		69,99				