



**T.C. İSTANBUL TİCARET
ÜNİVERSİTESİ**

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**HAMMADDE VE RENK TABANLI ÇİZELGELEME VE BİR
ELEKTROTEKNİK FABRİKASINDA UYGULAMASI**

Berk ÖZER

**Danışman
Prof.Dr. Mustafa KÖKSAL**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
İSTANBUL - 2017**

KABUL VE ONAY SAYFASI

Berk ÖZER tarafından hazırlanan "**Hammadde Ve Renk Tabanlı Çizelgeleme Ve Bir Elektroteknik Fabrikasında Uygulaması**" adlı tez çalışması 09/02/2017 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri önünde başarı ile savunularak, İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı**'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman

Prof.Dr. Mustafa KÖKSAL
İstanbul Ticaret Üniversitesi



Jüri Üyesi

Prof.Dr. İsmail EKMEKÇİ
İstanbul Ticaret Üniversitesi



Jüri Üyesi

Prof.Dr. Ayhan MERGEN
Marmara Üniversitesi



Onay Tarihi : 06.03.2017



Doç. Dr. Necip ŞİMŞEK
Enstitü Müdürü


AKADEMİK VE ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

İstanbul Ticaret Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada,

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversitede veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

13/01/2017



Berk ÖZER

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER.....	i
ÖZET	ii
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR.....	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	viii
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR ÖZETİ.....	5
3. PLASTİK HAMMADDE ÖZELLİKLERİ VE ÜRETİMİ.....	6
3.1. Plastik Sanayi	6
3.2. Plastiklerin Özellikleri ve Kullanım Alanları.....	8
3.2.1. Doğal plastikler	9
3.2.2. Yapay plastikler.....	10
3.2.3. Plastik üretiminde kullanılan bazı kimyasallar	10
3.2.3.1. Polietilen (PE).....	10
3.2.3.2. Polivinil klorür (PVC) ve vinil kopolimerleri.....	10
3.2.3.3. Polistiren (PS).....	11
3.2.3.4. Polipropilen (PP).....	11
3.2.3.5. Polietilen tereftalat (PET)	11
3.2.3.6. Termoplastik poliamid (TERMO)	11
3.2.3.7. Akrilonitril, bütadien ve stiren (ABS).....	12
3.3. Plastik Çevre İlişkisi.....	12
3.4. Türkiye’de ve Dünyada Plastik.....	13
3.5. Plastik Enjeksiyon	15
3.6. Problemin İncelendiği Elektroteknik Fabrikasının Tanıtılması.....	16
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....	17
4.1. SPT Kuralına Göre Çözüm	18
4.2. LPT Kuralına Göre Çözüm	20
4.3. FCFS Kuralına Göre Çözüm	21
4.4. CB-SPT Kuralına Göre Çözüm	22
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	26
KAYNAKLAR	27
EKLER.....	29
EK A. Örnek Sıralama Problemleri	30
EK A.1. Örnek1 sıralama probleminin çözümü.....	30
EK A.2. Örnek2 sıralama probleminin çözümü.....	32
EK A.3. Örnek3 sıralama probleminin çözümü.....	35
EK A.4. Örnek4 sıralama probleminin çözümü.....	37
EK B. Fotoğraflar	41
ÖZGEÇMİŞ.....	45

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

HAMMADDE VE RENK TABANLI ÇİZELGELEME VE BİR ELEKTROTEKNİK FABRİKASINDA UYGULAMASI

Berk ÖZER

İstanbul Ticaret Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Mustafa KÖKSAL
2017, 45 sayfa

Bu çalışmada, elektroteknik ürünler üreten bir fabrikada yer alan enjeksiyon makinesinden alınan bir haftalık verilerle, tek makine için mevcut sıralama ve çizelgeleme metotlarının kullanımı ile hammadde ve renk matrisi oluşturularak yapılan bir çizelgelemenin sonuçları karşılaştırılmıştır. Ele alınan problem sıra bağımlı ve hazırlık zamanlıdır. Metotlar arasındaki karşılaştırmalar LEKIN programından yararlanılarak yapılmıştır. Çalışma sonucunda hammadde ve renge bağlı bir sıralama ve çizelgeleme yöntemi oluşturulmuştur. Bu metodun literatüre yerleşmesi ve kullanım kolaylığı açısından CB-SPT (Color Based Short Processing Time/Renk Tabanlı En kısa İşlem Süresi) olarak ifade edilmesi uygun görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Hammadde ve renk, tek makineli çizelgeleme, üretim planlama.

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

MATERIAL AND COLOR BASED SCHEDULING AND IMPLEMENTATION IN THE ELECTROTECHNICAL FACTORY

Berk ÖZER

**İstanbul Commerce University
Graduate School of Applied and Natural Sciences
Department of Industrial Engineering**

**Supervisor: Prof. Dr. Mustafa KÖKSAL
2017, 45 pages**

In this study, a weekly data collected from the injection molding machine in an electrotechnical factory has ensured the comparisons between the use of the current sequencing and scheduling methods for a single machine and the results of the schedule made by forming a raw material and colour matrix. Our problem is that we received and handled as preparation time dependent. The program LEKIN is used to make comparisons between the methods. As a result of study this is achieved the sequencing and scheduling method depending on the raw material and color. To remember easily and for the sake of practicality, we named this method CB-SPT (Color Based Short Processing Time) in the article.

Keywords: Raw materials and colors, single machine scheduling, production planning.

TEŞEKKÜR

Bu araştırma için beni yönlendiren, literatür araştırmalarımnda yardımcı olan, karşılaştığım zorlukları bilgi ve tecrübesi ile aşmama yardım eden değerli Danışman Hocam Prof.Dr. Mustafa KÖKSAL'a teşekkürlerimi sunarım.

Tezimin imalat aşamasındaki desteklerinden dolayı EMAS A.Ő şirketine teşekkür ederim.

Tezimin her aşamasında beni yalnız bırakmayan aileme sonsuz sevgi ve saygılarımı sunarım.

Berk ÖZER
İSTANBUL, 2017



ŞEKİLLER

	Sayfa
Şekil 4.4.1. CB-SPT algoritmasının akış diyagramı	24
Şekil EK B.1. Enjeksiyon makinesi genel görünüm.....	41
Şekil EK B.2. Enjeksiyon makinesi bölümleri	41
Şekil EK B.3. Hammaddenin hazneden iticiye dökülmesi.....	42
Şekil EK B.4. Hammaddenin iticinin içerisinde eriyerek ilerlemesi	42
Şekil EK B.5. Hammaddenin kalıp içine enjeksiyonu.....	43
Şekil EK B.6. Kalıbın açılması	43
Şekil EK B.7. Plastik parçanın kalıptan düşmesi.....	44
Şekil EK B.8. İtici geriye doğru dönerken hammaddeyi kalıbın alması.....	44



ÇİZELGELER

	Sayfa
Çizelge 4.1. Gelen siparişler.....	18
Çizelge 4.1.1. SPT lekin çözümü.....	19
Çizelge 4.1.2. Hammadde renk den-ye (from-to) matrisi	19
Çizelge 4.1.3. SPT çözümüne hammadde renk matrisindeki değerlerin..... eklenmesi.....	20
Çizelge 4.2.1. LPT lekin çözümü.....	20
Çizelge 4.2.2. LPT çözümüne hammadde renk matrisindeki değerlerin eklenmesi.....	21
Çizelge 4.3.1. FCFS lekin çözümü.....	22
Çizelge 4.3.2. FCFS çözümüne hammadde renk matrisindeki değerlerin eklenmesi.....	22
Çizelge 4.4.1. CB-SPT çözümü.....	25
Çizelge 4.4.2. Sonuçların karşılaştırılması	25
Çizelge EK A.1. Gelen siparişler.....	30
Çizelge EK A.1.1. SPT lekin çözümü.....	30
Çizelge EK A.1.2. EDD lekin çözümü.....	31
Çizelge EK A.1.3. FCFS lekin çözümü.....	31
Çizelge EK A.1.4. LPT lekin çözümü.....	32
Çizelge EK A.2. Gelen siparişler.....	32
Çizelge EK A.2.1. SPT lekin çözümü.....	33
Çizelge EK A.2.2. EDD lekin çözümü.....	33
Çizelge EK A.2.3. FCFS lekin çözümü.....	34
Çizelge EK A.2.4. LPT lekin çözümü.....	34
Çizelge EK A.3. Gelen siparişler.....	35
Çizelge EK A.3.1. SPT lekin çözümü.....	35
Çizelge EK A.3.2. EDD lekin çözümü.....	36
Çizelge EK A.3.3. FCFS lekin çözümü.....	36
Çizelge EK A.3.4. LPT lekin çözümü.....	37
Çizelge EK A.4. Gelen siparişler.....	38
Çizelge EK A.4.1. SPT lekin çözümü.....	38
Çizelge EK A.4.2. EDD lekin çözümü.....	39
Çizelge EK A.4.3. FCFS lekin çözümü.....	39
Çizelge EK A.4.4. LPT lekin çözümü.....	40

SİMGELER VE KISALTMALAR

ABS Akrilonitril, Bütadien Ve Stiren
EDD Estimated Date of Delivery
EMAS Elektroteknik Makina Sanayi ve Ticaret
FCFS First Come First Serve
KBS Kalıp Bağlama ve Sökme süresi
KKTC Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti
LPT Long Processing Time
PA6 Polyamide 6
PA66 Polyamide 66
PBT Polibütillen Tereftalat
PE Polietilen
PET Polietilen Tereftalat
POM Polioksümetilen
PP Polipropilen
PS Polistiren
PVC Polivinil Klorür
SPT Short Processing Time
TERMO Termoplastik Poliamid
UREA Urea-formaldehyde
WEDD Weighted Estimated Date of Delivery
WSPT Weighted Short Processing Time

1. GİRİŞ

Çizelgeleme ve sıralama problemleri, 50 yılı aşkın süredir her alanda akademisyenler ve uygulayıcılar tarafından yapılan araştırmalara konu olmuştur. Çizelgeleme üzerine yapılan ilk çalışmalar basit atölye tipi problemleri, akış tipi problemleri, atama problemleridir (Zeydan, 2006). Çizelgeleme problemleri çizelgelemenin detaylarından ötürü genellikle komplekstir. Bu detaylar, hazırlık kısıtları, öncelikler, öncelik ilişkileri, zaman kısıtları ve kaynak kısıtları olarak gruplandırılmıştır (Burkan, 1999). Çizelgeleme, birçok hizmet ve üretim sektöründe devamlı kullanılan bir karar verme sürecidir. Belirli bir zaman aralığında, kaynakların görevlere ayrılması ile ilgilenmekte ve bir veya daha fazla amacı en uygun hale getirmeye çalışmaktadır (Pinedo, 2008). Çizelgelemedeki amaç, makinelerdeki işlerin çalışmalarını ve performans ölçülerini optimize edecek şekilde bir zaman programına oturtmaktır (French, 1982). Çizelgeleme problemleri fabrika ve atölyelerdeki makine parkurlarına göre genel olarak esnek atölye tipi, atölye tipi, esnek akış tipi, akış tipi, paralel makine ve tek makine şeklinde sınıflandırılmıştır. (Pinedo, 2008). Allahverdi 1999 yılında, hazırlık zamanlarının konu edildiği çizelgeleme problemlerine ilişkin geniş bir literatür araştırması yapmıştır. Allahverdi'nin bu araştırmalarında sıra bağımlı ya da sıra bağımsız hazırlık zamanları olan ve atölye tipi, akış tipi, paralel makineler veya tek makine olarak sınıflandırılan makine parkurları hakkında bilgiler yer alır (Allahverdi, 1999). Yine bu araştırmaların devamı niteliğinde, Allahverdi 2008 yılında aynı şekilde 1999-2008 yılları arasındaki hazırlık zamanı olan çizelgeleme problemlerini incelemiştir (Allahverdi, 2008). Detaylı bir literatür taraması yapabilmek için bu çalışmalara bakılması gerekmektedir. Çizelgeleme problemleri kombinatoriyal optimizasyon problemleri sınıfında olduğu için en iyi çözümleri bulmak belirli bir boyuttan sonra çok daha zor olmuştur. Bu yüzden genellikle, tek ölçütlü ve küçük boyutlu problemler için optimal çözümlerde bulunulur (Eren ve Güner, 2002). Problemlerin boyutları büyüdükçe zorlukları da üstel olarak artmaktadır; problemler de polinom zamanda çözülebilen P sınıfından (tamsayılı programlama yöntemleri), üstel zamanda çözülebilen NP (sezgisel yöntemler) sınıfına geçmektedir (French, 1982). Çizelgeleme problemlerinin

birçoğunda uygulanan bu kavramın yararı, büyük çapta NP problemlerini çözmeye ihtiyacı ile karşılaşıldığında, eldeki yöntemler ile en uygun çözümlerin bulunamayabileceğinin bilinmesi olmuştur. Bu nedenle en uygun çözümü garanti etmeyen ama daha az hesaplama gerektiren sezgisel çözüm yöntemlerinden faydalanmak çok daha etkilidir. NP çözümleri, mantıklı olan herhangi bir sıralama ile atölyede işi yapmanın, problemi kullanabileceğimiz en hızlı bilgisayarda en uygun olarak çözmekten daha kısa sürdüğünü ortaya çıkarmıştır. Problemler klasik çizelgeleme teorisinde ilk olarak matematiksel olarak modellendikten sonra en uygun sonucu veren algoritmalarla, ya da sezgisel yöntemler yardımı ile çözülür (Aktel ve Yenisey, 2014). Bu nedenle, sezgisel yöntemlere başvurmak uygulamada bir istisna yerine kural olarak kabul edilir (Baker, 2009).

Üretim planlaması yapılırken, genellikle önce tek makineli problemlere odaklanılır. Bunun birçok sebebi vardır. Tek makineli çizelgeleme problemlerini analiz edip kavradıktan sonra çoklu makine problemleri daha iyi anlaşılabilir. Gerçek hayatta sıkça rastlanan problemlerin de birçoğunun tek makinelerde yaşanan darboğazlardan kaynaklandığı tespit edilmiştir. Bu sebeplerden dolayı, üretim planlama tek makineye yönelme ihtiyacı duymuştur (Feldman ve Biskup, 2003). Çokça kullanılan ve önemli sezgisel (heuristic) kurallardan bazıları, LPT (En uzun işlem süresi), FCFS (İlk gelen ilk servis görür), EDD (En erken teslim süresi) ve SPT (En kısa işlem süresi) kurallarıdır. SPT sezgiseli, ortalama akış süresini en küçükmek için en çok tercih edilen, basit ve en eski kurallardan birisi olarak kabul edilir (Blackstone, Philips ve Hogg, 1982; Haupt, 1989). Bunların yanı sıra az bilinen ve özellikli durumlarda kullanılan kurallardan bazıları, WSPT (Ağırlıklı en kısa işlem süresi) ve WEDD (Ağırlıklı en erken teslim süresi)' dir.

Algoritmalarda çizelgeleme problemlerinin çözümlerinde yer tutmaktadır. Ön plana çıkan algoritmalarından bazıları; Bellman Ford algoritması en kısa yolu gösterir ama her yolu hesaplar, Dijkstra algoritması en kısa yolu belirler, Floyd Warshall algoritması daha sık grafların çözümlerinde kullanılır. Negatif bağlantıları yeniden hesaplayarak pozitif çevirir. Reweighting algoritması en

küçük mutlak toplam yöntemi olarak ifade edilir. En çok bilinen ve tercih edilen Johnson algoritması ise seyrek graflarda kullanılır ve ilk olarak 1.makineden çıkanları baş tarafa minimize eder sonra da 2. Makineden çıkanları son taraftan başa doğru minimize eder.

Üretim çizelgesi, işletmelerde mamullerin üretilmesi veya yapılması gereken faaliyetlerin yerine getirilmesi için sıralama ve zaman açısından yapılan plana denilmektedir. Birçok atölye ve fabrikaların süreçlerde önemli karar verme mekanizması ve üretim planlamasının en önemli parçası üretim çizelgelemedir (Pinedo, 1999). Çizelgeleme, hizmet ve üretim sistemlerinde operasyon faaliyetlerinin önemli bir kısmını oluşturmaktadır. Etkili ve çok iyi yapılmış bir çizelgeleme, şirketlerin pazar hacmini ve müşteri memnuniyetini arttırmasında gelecekte önemli bir faktördür (Nahmias, 2001).

Bir ürünün üretimini yapabilmek için tezgâh, süreç veya makineler üzerinde yapılan işe hazırlama faaliyetleri veya kurulum (setup) denilmektedir. Bu faaliyetler ihtiyaç duyulan ekipmanların tespit edilmesi, temin edilmesi, ayarlanması, takılmasından oluşur. Hazırlık işlemleri problemleri literatürde iki sınıfta ele alınmıştır. Birincisinde, hazırlıklar sadece işlem görece işe bağlı olup sıra-bağımsız hazırlık zamanlı olarak ifade edilir. İkincisinde ise hazırlık, hem o anda işlem görece işe hem de bir önceki işe bağlıdır. Bu durum ise sıra-bağımlı hazırlık zamanlı olarak ifade edilir (Özçelik ve Saraç, 2009). Matbaa endüstrisi sıra-bağımlı hazırlık zamanlı uygulamalara örnek olarak verilebilir. Burada makinenin hazırlanması ve temizlenmesi, kâğıdın özelliğine, boyutuna ve en son kullanılan mürekkep rengine bağlıdır. Bunun dışında metal, ilaç ve kimya endüstrilerinde de sıra-bağımlı hazırlık zamanlı uygulamalara çokça rastlanılmaktadır (Yang ve Liao, 1999). Bu çerçevede plastik enjeksiyon makinelerinin çizelgelenmesi problemleri de renk bazında matbaa problemlerine benzemektedir. Enjeksiyonlarda plastik parça üretiminde, koyu renkli bir parçadan sonra açık renkli bir parça üretimi çizelgelendiğinde ya da bazı özellikli hammaddelerin, farklı yapıdaki hammaddelerden sonra kullanılması gerektiğinde hazırlık süreleri fazlaca uzayabilmektedir (Saraç ve Sipahioğlu, 2009). Bu çalışmada tek makineli sıra-bağımlı hazırlık zamanlı

izelgeleme problemi ele alınmıştır. Ele alınan ltler hammadde ve renktir. Çalışmanın sonucunda hammadde ve renge bağlı bir sıralama ve çizelgeleme metoduna ulaşılmıştır. Hammadde, renk ve SPT'yi bir arada kullandığımız bu çizelgeleme metodu CB-SPT (Color Based Short Processing Time/Renk Tabanlı En kısa İşlem Suresi) olarak tanımlanmıştır.



2. LİTERATÜR ÖZETİ

En çok kullanılan mevcut sıralama ve çizelgeleme metotları için literatür incelediğinde LPT ve SPT metodunun çizelgeleme problemlerini işlem süresi açısından değerlendirdiği, FCFS metodunun sipariş geliş sırasına göre problemleri ele aldığı, EDD metodunun ise problemleri siparişlerin teslimat sırasına göre incelediği sonucuna ulaşılır. Plastik enjeksiyon üretimlerinin çizelgelemesi, literatürdeki metotların bakış açısından farklılıklar arz etmektedir. Plastik üretiminin diğer üretimlerden farkı, içerisinde hammadde ve renk parametrelerini barındırmasıdır. Bunun nedeni tek makinede sırasıyla farklı parçalar üretilmek istendiğinde, üretilecek sıradaki parçanın renkleri veya hammaddeleri değiştiği zaman istenilen kalite standartlarına uygun olması beklenir. Bu uygunluğun sağlanabilmesi için makinelerin enjeksiyon kısmında bir önceki üretilen parçaya ait renk ve hammadde kalıntılarının temizlenmesi gerekir. Bu işleme kusturma işlemi denilmektedir. Üretilmek istenen sıradaki parçalar kalite standartlarına ulaşıncaya kadar kusturma işlemi devam eder. Bu işlem sırasında üretilen parçalar kalite standartlarına uygun olmadığı için hem zaman hem de malzeme açısından kayıp kabul edilir. Bu nedenle kusturma işleminin en hızlı sürede tamamlanması istenir. Açık renkten koyu renge geçilmesi veya aynı hammadde ile üretime devam edilmesi kusturma işleminin zamanını kısaltır; fakat koyu renkten açık renge geçilmesi veya farklı hammadde ile üretime devam edilmesi ise kusturma işleminin süresini oldukça uzatır. Kusturma işleminin kısa sürede tamamlanması istendiği için yapılması gereken en önemli kısım, siparişlerin üretimlerinde açık renkten koyu renge doğru gidilmesi ve aynı hammaddeye sahip olan siparişlerin bir arada toplanmasıdır. CB-SPT metodunun mevcut sıralama ve çizelgeleme metotlarından farkı plastik üretiminin hammadde ve renk parametrelerini dikkate alarak bir çizelgeleme oluşturmasıdır. Bu çizelgeleme metodunun plastik enjeksiyon üretimlerinde daha verimli olduğu görülmüştür.

3. PLASTİK HAMMADDE ÖZELLİKLERİ VE ÜRETİMİ

3.1. Plastik Sanayi

Plastik sanayinin 1868'te başladığı var sayılır. 130 yıl öncesine dayanan yaklaşık bir tarihi vardır. Bu tarihten yaklaşık 40 yıl sonra polimerlerin imalatları gerçekleştirilmiştir. Polimer üretimlerini takip eden plastik malzemelerin hammaddeleri ve temel taşları, 19. yüzyılın sonraki kısmında birtakım deneme çalışmaları sonucunda ve bazılar ise tesadüf şekillerde ortaya çıkmışlardır. Ana olarak tabiatta yaygın olarak kullanılan üç türlü malzeme vardır. Bunlar; seramik, metalik ve polimerik malzemeler olarak sıralanabilir.

Ametaller ise polimerleri meydana getirirler. Ametaller ile metallerin karışımı ise seramiklere neden olmuş olurlar. Malzemeler arasında farklılıklar vardır. Metaller elektrik ile ısıyı iyi iletirler. Tepkimeye girerken elektron verirler, genellikle serttirler ve parlaktırlar. Yoğun oldukları durum birden fazladır. Polimerler, ısı ile elektriği sağlıklı iletmezler, çoğu kez donuk ve kuvvetli gözüktürler. Yoğun oldukları durum küçüktür, bir civarındadır, hafiftirler. Genellikle bu ayrılıklar sebebiyle de ayrı durumlardan dolayı polimer veya metaller tercih edilirler. Metal yapılı olanlara nazaran polimer yapılılar tercih edilmişlerdir. Bu şekilde polimer yapılı malzemelerden çok farklı nitelikte plastik imal edilmiştir.

Senelik tüketim polimer maddelerin için tüm dünya ülkelerinde 150 milyon ton/seneden fazladır. Ülkemizde tüketim bu miktarın azı kadardır. Baya eski zamanlarda yararlanılan polimerik malzemelerin başında doğal kauçuk, nişasta, selüloz vb. gibi polimer malzemeler akla gelir. Yapay olmayan polimerler, işlenme güçlüğü ile bir takım mekanik, fiziksel ve kimyasal niteliklerin noksanlıklarından kaynaklı yerlerini önce yarı sentetik ve sonra da sentetik polimerlere yer vermişleridir. 1863'de S. Hyatt tarafından keşfedilen ilk polimer malzemesi selüloittir. Selüloit pamuk, tam sentetik olmayan bir polimer selülozundan sağlanmıştır. Fakat günümüz plastik endüstrisi 1989'da bakalit sanayii çapında üretilmesiyle başlar. Bakalit telefon ahizeleri fenol formaldehit

reçinesi gibi plastik mamullerin imalatında kullanılmıştır. 1924'e yılına kadar polimer yapıların koloit agregat durumunda olan büyük olmayan moleküllerinden oluştuğu tahmin edilirdi. H. Staudinger giriştiği geniş perpektifli araştırmaların neticesinde, plastiklerin zincir şeklinde makro moleküllerden yapıldığı ile moleküllerin birbiriyle kovalent bağlanan ufak yarıllardan oluştuğunu göstermiştir. Yukarıda geçen düşünceyi ön plana alırsak, polimer sanayi süratle ilerilemiş ve 1927'de polivinil klorür ve selüloz asetatselüloz asetat, 1928'de polimetilmetakrilat 1929'da üre formaldehit reçineleri sağlanmıştır.

Dikkat çeken gelişme, bu malzemelerin karbon, grafit cam elyafları ile sağlamlaştırılmış şekilde karıştırılarak plastiklerin üretilmesidir. Bu ekipmanların mekanik nitelikleri, metallerin durumuna ulaşmakla birlikte bazı uygulama alanlarında plastikler metallere rakip olmaktadır.

İçinde bulunduğumuz zamanda genellikle yararlanılan plastiklerin bir bölümünün camsı geçiş sıcaklığı oda sıcaklığından fazladır. Genel kaide olarak oda sıcaklığının altında polimerler kırılğan olmakla beraber camsıdır. Bu sıcaklığın üstünde ise özellikle kauçuğumsu yapı hali içinde olurlar ve çarpma durumları fazladır. Akrilikler, viniller, selülozikler vb. gibi polimerlerin camsı geçiş ısılarını azaltmak ayrıca bir anlatımla bu polimerlerin sertliğini azaltmak için plastikleştiricilerden yararlanılır. PVC buna tipik örneklerdir. PVC'nin sıcaklığı 80°C dir. Bu ölçülen değer uygun miktarda plastikleştirici eklenmesiyle 0°C ye kadar azaltılabilir.

Plastikleştiriciler düşük erime noktası gösteren ve yüksek kaynama noktasına sahip organik sıvılardır. Plastikleştiriciler "dış plastikleştiriciler" ile "iç plastikleştiriciler" olmak kaydıyla ana iki kümede irdelenebilir. Polimerlerin sentezi anında iç plastikleştiriciler kullanılır. Ana polimerik temeli meydana getiren monomere, komonomer halinde birleşir ve polimer zinciri üstünde meydana gelir. Bu hedefle sıcaklığı azaltmak istenen polimerin monomeri ve derecesi az seviyede bir monomer kopolimerleştirilir. Netice olarak bu iki monomerin kopolimerin sıcaklık farkı ile saf polimerinin sıcaklıkları arasında

bir değerdedir. İstenilen sıcaklık değerine monomerlerin oranı ayarlanarak ulaşılabilir. Dış plastikleştiriciler, fazlaca geniş kullanım çevreleri olarak kullanılan turdur. Bu durumda olanlar polimerin işlenmesi (şekillendirilmesi) sırasında yapıya ek yapılabilir. Ufak şekilde bir anlatımla polimerik temelde seyreltici rolu üstlenir. Polimer zincirler arasında bulunarak, diğer kuvvetlerin yansımalarını dşurur, bu şekilde temeli sertleştirmezler.

Polimer ile plastikleştiricilerin anlaşabilmesi, pratikte kesinlikle önemsenmesi zorunlu nde olan niteliklidir. Bunların yanında sağlam plastikleştiricinin, tatsız, yanmaz olmaması, toksit olmaması, etkisini uzun süre devam ettirecek olması ve yanmaz olması istenir (Plastik ve Plastik Teknolojisi, Pagev Yayınevi, İstanbul, 2002).

3.2. Plastiklerin zellikleri ve Kullanım Alanları

Plastiklerin birçok eşitisi olmuştur. Bir kısmı yn gibi yumuşak, bir kısmı ise elik gibi sağlamdır. Soğuk olmayan suda katı halde durmadığı gibi aşırı sıcak suya tepkimesiz olanları da vardır. İnce lexan halinde olan plastik tabaka az uzaklıktan sıkın 38 kalibrelik bir silahın mermisini durdurabilir. Plastiklerin tamamının bir olan tarafı tamamının kimyacıların bulmuş olma durumudur. Plastikler ipek ve yn gibi tabiatla bulunmazlar. Oldukça basit yapıdırlar. Yüzlerce plastik eşitileri olmakla beraber sıcakta kalıplanan ile sıcakta sertleşen plastikler olacak şekilde iki ana kümede toplamak olasıdır. Sıcak ortamda kalıplanan plastikler erirler ve istenilen şekle girerler. Soğuduğu sırada hep sertleşirler. Sıcak ortamda sertleşen plastik ısıtıldıktan ve tekrar şekil verildikten sonra tekrar ısıtılınca şekil değiştirmez. Soğuk olmayan ortamlarda sertleşen plastikler tekrar tekrar kullanılabilirler. Tekrar kullanmanın bir yolu hurda plastikler içinde bulunabilirse son derece önemli bir kazanç sağlanmış olur. Maalesef içinde bulunduğumuz dönemde hurda plastikleri tekrar kazanmak oldukça zordur. nku ayrı plastik eşitilerin bileşimleri birbirlerinden oldukça ayrıdır. Bu ayrımdan tru tekrar kazanım yapılamamaktadır. Plastiklerin büyük kısmı hidrojen ve karbon içeren moleküllerden oluşmuşlardır. Kimyacılar molekülleri birleştirerek zincirler

oluşturmuşlardır. Zincirlerin hepsi büyük birer moleküldür. Bazı zamanlarda bu moleküllerin bir kısmının yüzlerce bağlantısı olur. Bu moleküller güçlü şekilde ısıtılmaksızın erimezler. Uzun yapılı bu molekül zincirlerinden oluşan maddelere polimerler denir.

İsimlerinin baş kısmında sıkça poli (çok) ilavesine rastlanmaktadır. Örneğin propilen diye isimlendirilen plastikler propilen gazının kısa olmayan molekül yapılarından oluşmaktadır. Molekül yapıları bir takım işlemlerin sonucunda uzantılara ayrılırlar. Uzantılar halinde sıralanma fazlaca güçlü olmaz. Uzantılara ayrılmış olan plastikler rahatlıkla katılıklarını yitirebilirler.

Esnek ve yumuşaktırlar. Deterjan kutuları ile oyuncak bebek üretiminde kullanılırlar. Üçüncü tür başka bir polimer daha vardır; çapraz bağlı polimer olarak bilinmektedirler. Bu polimerde ise, molekül yapıları diğer moleküllerin yapıları ile birbirlerine bağlıdırlar.

Bu şekilde sağlanan sıcaklık durumunda sertleşen plastikler fazla yüksek sıcaklıklara karşı dirençlidirler ve çok sağlamdırlar. Kimyacılar ilkel madde gördükleri yağlardan başlamak suretiyle, çok sayıda farklı maddeler elde etmiş olurlar. En kullanışlı olan hammadde ise etilen gazıdır. Etilen lastiklerinin en basiti ve en çok bilineni polietilendir. Deterjan şişeleri, taslar ve hafif kovalar bu maddeden yapılmaktadırlar. Bütilen ve propilen gazları çok fazla sayıda plastiğin yapılmasında kullanılır. Plastiklerin yapımında faydalanılan bir diğer hammadde de benzendir. Yapay liflerin yapımında kullanılan terilen, naylon ve benzen başlangıç maddeleridir. Yapay ve doğal olmak üzere plastikler ikiye ayrılırlar.

3.2.1. Doğal Plastikler

Doğal plastikler yapay plastiklerden daha önce elde edilmişlerdir. Selüloz nitrattan yapılan saf plastikler ilk plastiklerdir ve bitkilerdeki selülozdan faydalanılarak yapılmışlardır. Selüloz nitrat, kunduz yağı ile kâfur gibi iki bitkisel madde ile birleştiğinde bir plastik oluşur. 1868 yılında selüloz nitrat,

kâfur ile alkol kullanılarak genleşmiş bir plastik çeşidi sağlanmıştır. Bu elde edilen plastik çeşidine selüloit ismi verilmiştir ve genellikle sinema filmi ve fotoğraf gibi maddelerin imal edilmesinde kullanılmıştır. Ancak selüloit, kolay bir şekilde tutuştuğundan dolayı yerini etil selüloz ve selüloz asetat gibi selüloz plastiklerine bırakmıştır.

3.2.2. Yapay Plastikler

Yapay plastikler 15. yüzyılın başlarında laboratuvarında tamamen kimyasal maddeler kullanılarak üretilmişleridir.

3.2.3. Plastik Üretiminde Kullanılan Bazı Kimyasallar

3.2.3.1. Polietilen (PE)

Yüksek ve alçak yoğunluklu polietilen molekül temelini katkı ilavesi ile ayarlanması arzu edilen niteliklerde PE'ler üretmek olasıdır. Çözücülere, asit ile bazlara karşı sağlamdır. Kolay işlenebilir, çevre şartlarına dayanıklıdır, dielektrik özellikleri üstündür.

3.2.3.2. Polivinil Klorür (PVC) ve Vinil Kopolimerleri

Vinil polimerlerinde genellikle polivinil klorür etkisi varsada, asıl durumda vinilden klorür, vinil asetat ile monomeri vinil klorüre dayanan bir reçine familyasıdır. Bunların dışında kalan çeşitler Florürler, Polivinilinder, Polivinil Butiral, alkol, Polivinil, klorlandırılmış PVC ve PVC kopolimerlerini de içermektedirler. Kimyasal şekilde inert olup, dış etkenlere, suya, asitlere ve alkalilere oksitlenmeye karşı dayanıklıdır. Şeffaf ve mat, değişen, yumuşaktan sert olarak tüm renkleri mevcuttur.

3.2.3.3. Polistiren (PS)

Çoğu yerde faydalanılan bir plastik çeşitidir. Uçuculuğu ve rahat işlenmesi sayesinde metal, tahta ile kâğıtların yerini almıştır.

3.2.3.4. Polipropilen (PP)

Belirli özellikteki ve yüksek fiyatlı plastikler gibi tüm kimyasallara karşı dirençli değildir. Kullanımda, karbon tetra klorür, potasyum bikarbonat kerosen, nitrik asit ve derişik sülfürik asit hariç diğer tüm kimyasallara karşı çok fazla dayanıklıdır.

3.2.3.5. Polietilen Tereftalat (PET)

Polietilen tereftalat Amerika Birleşik Devletleri'nde en hızlı gelişen plastik olmuştur. Genel itibari ile 20 yılı aşkın bir zamandır elbise üretimcileri, halıcılıkta ve lastik kordonunda kullanıyorsa da reçinesi şişe şeklinde değerlendirilmektedir. Polietilen tereftalat, termoplastikler arasında oryente durumunda kristal halde çoğu çözücülere, bazlar ile zayıf asitlere karşı dayanıklı şekilde, yüksek darbe dayanımı, parlaklık, sertlik ile sağlamlık gibi özellikleriyle de üstündür. PET'in diğer plastiklere göre gaz geçirgenliği çok daha azdır.

3.2.3.6. Termoplastik Poliamid (TERMO)

Eriyik elyaf bükme, dökme film ve sıkıştırılarak kalıplama teknikleri ile işlenir. Güzel akış basınçla oluşabilir ve az zamanda camsı geçiş sıcaklığı geçilene kalıplanır. Maddenin yüzde 10 uzayabilmesi, kırılmayı azaltır ve makinaya olan uyumluluğunu sağlar. Bozuk kaplamalar tekrar eritilerek düzeltilebilir ve yeniden öğütülerek kullanılabilir. Döküm makinalarının kullanılmasıyla, eriyik halindeyken film olarak döküm yapılabilir.

3.2.3.7. Akrilonitril, Bütadien ve Stiren (ABS)

ABS reçineleri, stirenden, bütadien ve akrilonitril yapılan kopolimerlerdir. Bütadien, sıcak olmayan hava durumları ile oda sıcaklığında vurma direnci ve dayanıklılık sağlayıcı olarak rol üstlenir. Stiren, kolay işlenebilirlik, sertlik ve parlaklık sağlar. Akrilonitril ise kimyasal olarak sağlamlık sağlar. Akrilonitril, Bütadien ve Stiren'nin birçok çeşiti geliştirilmiştir. Bu geliştirilen çeşitler arasında mat ekstrude edilmiş veya kaplama az parlak bitmiş levhalar; alevlenmeye ve yüksek sıcaklığa karşı dayanıklı, şeffaf uygulamalara, yapısal köpüklere ve alaşımlara olanak sağlayan reçineler yer almaktadır (Baysal, 1994; Pişkin, 1987; Saçak, 2002).

3.3. Plastik Çevre İlişkisi

1980 yılında dünya genelinde toplam 61 milyon ton plastik üretilmiş olup, üretim miktarı 1990'larda yüzde 130 artma ile 140 milyon tona ulaşmayı başarmıştır. Üretilmiş olan plastik malzemelerin fazlaca kısmı kullanılıp işlevini yitirmekte ve plastik atık olarak tanımlanmakta olup atıl durumda olmaktadır. Sayıları az çok 2500 civarında varsayılan plastik işleyen ülkemiz firmaları en fazla şekilde PET, PS, PVC, PP ve PE gibi plastik maddeleri kullanmaktadırlar.

Üretimleri anında plastikler ciddi bir kirlilik sergilemekte olup; kullanıldıktan sonra atıldıkları için etrafı büyük ölçüde kirletmektedirler. Reel durumda da fazlaca yaygın şekilde kullanılan plastik ambalaj malzemelerinin, tabiat koşullarında uzun seneler bozulmadan kalması ve parçalanmaması bu kirliliğin her geçen zaman sürekli fazlaşmasına sebep vermektedir. Bunların dışında yoğunlukları az olduğundan atıklar arasında göze en çok vuranlar ise plastik mamullerdir. Sonucunda da ciddi etraf kirliliği yaratılmaktadır. Atık plastiklerden tekrar faydalanılmasının başka ebatı da ekonomik durumdur. Ağır kimyasal hammadde üretimlerinden ile hammaddelerden imal edilen plastik maddelerden tekrar faydalanılarak ekonomiye katkı vermelidir.

Atık plastiklerden faydalanılmasında ekonomik ve teknolojik unsurların yanı sıra bunların örgütsel yani organizasyonel sorunları da önemlidir. Organizasyon durumunda ise plastik atıkların ürün olarak pazarlanması, tekrar değerlendirilmek üzere mahalline gönderilmesi, sınıflandırılması, toplanması ve bulunması gibi birçok konuyu kapsamaktadır. Örneğin, İstanbul'u düşünecek olur isek yaz ve ilkbahar aylarında plastik bölümleri genel durumun fazlasını oluşturmaktadır. Fakat plastik atıkların içerisinde yer alan plastik çeşitleri ülkemizde sağlam halde tespit edilememiştir. 1985 senesinde gerçekleştirilen bir araştırmada İstanbul'daki plastik katı atıklarının yüzde 70'ine yaklaşan bir kısmının, polietilen temalı olduğu açığa çıkmıştır. Bu araştırma sonucu bizlere gösteriyorki atıklar, çevre kirliliğine neden olmanın yanında önemli bir ekonomik değer de oluşturmaktadırlar. Tüm bunların dışında katı atıkların önümüzdeki senelerde yüzdelerinin artması, aslında endüstrileşme sürecinin bir göstergesi de varsayılabilir (Çevko Raporu, 1993).

3.4. Türkiye'de ve Dünyada Plastik

Plastik geri dönüşüme ilgi duyan, Türkiye'de çok az kuruluş vardır. Bu kuruluşlardan ilki PET geri dönüşümü yapmak amacı ile İzmit Yarımca'da teşkil edilmiştir. Sonrasında ise yanına Yeşil Plastik isimli ikinci bir fabrika eklenerek PE geri dönüşümü amaçlanmıştır.

1996 yılından başlayarak polimerik maddelerin senelik harcanması 150 milyon tonu geçmiş durumdadır. Bahsi geçen harcanmanın 2000 senesinde 200 milyon tonu geçeceği varsayılmaktadır. Uygulama yerleri olarak artarak farklılaşmakta olup, günlük hayatımızdaki uygulamalardan ambalaj sanayii, havacılık ve uzay sanayiinden inşaat sektörüne kadar fazlaca çapta bir çevreyi içine almaktadır. Bu açıdan bakıldığında plastik sanayiinin, ilişkisinin bulunmadığı veya etkilemediği hiçbir iş alanı yoktur. Polimerik maddelerin ve plastiklerin imalatına ve niteliklerinin farklılaştırılmasına yönelik araştırmalardaki iyileştirmelerin fazlalaşarak süreceği tahmin edilmektedir.

Plastik hammadde kullanan fabrikaların önemli bir kısmı (hemen hemen yüzde 70'i) İstanbul ve civarında konuşlanmaktadır. Sektörde, plastik hammaddelerin işlenmesinde kullanılan makinelerin yüzde 80-90'ı ülke içinde imal edilen makinalardır. Makine üreten firmaların bir kısmının teknolojik seviyesi bayacca fazla olup bazı firmalar üretimlerini, Batı ülkeleri dâhil, pek çok ülkeye ihraç etme noktasına gelmişlerdir. Plastik işleyen firmaların çoğunun kendi bünyesinde kalıp üretim alanları yer almaktadır.

PE, plastik şişe imalatında en fazla yararlanılan maddelerden biri olup, bu maddeden üretilen şişelerin de evlerde kullanılan yumuşatıcılar ve temizleyici deterjanlardan, madeni yağlara ve farklı kozmetik malzemelere varıncaya kadar çok geniş bir kullanım alanı vardır. Bu yönde kurulan tesisler, 14 Mart 1991'de yayınlanan ve 22 Şubat 1992 ve 2 Kasım 1994'te üzerinde çeşitli revizeler olan Katı Atıkların Kontrolü yönetmeliği dikkate alınca depozito ve/veya kota uygulaması içerisinde bulunan sanayiler için özellikle çok daha önemlidir. Bu fabrikalar, endüstri yapımlarının yasal yükümlülüklerini yerine getirmelerine yardımcı olmakla birlikte plastik gibi tabiatta çözülmesi yüzyıllar alan etrafa faydası olmayan bir maddenin tekrar dönüşümünü sağlayarak, ülke ekonomisine ve çevreye fayda sağlamakta ve daha da önemlisi yüzde 20 leri aşan maliyet indirimini de beraberinde getirmektedir.

Yeşil Plastik Fabrikası, Sabancı grubu tarafından kurulmuş ve PE geri dönüştürmede, kalitesi ve kapasitesi ile ilk ve tektir. Bu fabrikanın saatteki kapasitesi 900 kg, senelik kapasitesi ise 5000 tondur. İşlenen plastik hammaddede yüzde 20 oranına kadar madeni yağ ambalajı içerebilir. İlave olarak kurulmuş olan madeni yağ şişesi üretim hattında ise bu oran yüzde 100'e yükselmekte, kapasitesi ise 450 kg/saat olarak gerçekleşmektedir. Senelik 5000 ton olarak ifade edilen bu kapasite, bir hattın üç vardiyadaki çalışmasına denk gelmektedir. Uzak olmayan bir gelecekte talebin giderek fazlalaşacağını düşünürsek, başka bir hat teşkil edilmesi için yeterli bir alan düşünülmüştür. Böyle bir halde kapasite iki katına çıkarak 10000 ton/yıl olabilecektir. 1990 senesinde PE (yüksek ve alçak yoğunluklu polietilen) üretimi 235.630 ton iken

1991 senesinde 256.000 ton'a 1992 senesinde de 260.600 ton'a doğru yol almıştır.

Ekonomik ve teknolojik olarak gelişmiş yurtda rastlanan geri kazanım uygulamalarından öne çıkanları ise şunlardır: 1992 senesinde İngiltere'de yayınlanan Birleşik Katı Atık Yönetimi İş Planı ile 2000 senesine kadar evsel atıkların geri dönüştürülebilir olanlarından yarısının dönüştürülmesi hedeflenmiştir. En fazla geri dönüştürülen plastik İngiltere'de PE'dir. Senelik ortalama olarak 60.000 ton kullanılmıştır. Sera örtüsü ile film geri dönüştürülmektedir. 5 milyar dolar sırf bu iş için yatırım yapılmıştır. 1991'de Almanya'da Ambalaj Atıklarının önlenmesi Tüzüğü hayata geçmiş ve bütünü 1993 senesinde yürürlüğe girmiştir. Bu tüzüğe göre ambalajlar, etrafa zarar vermeyen ve değerlendirilmesi esnasında, etraf için tehlikesiz malzemelerden üretilmiştir. Ambalaj atıklarının tekrar hayata geçirilmesi için şartların uygunsuz olması durumunda, malzemeler göz önüne alınarak tekrar değerlendirilecektir. Kanada'da ise geri dönüştürülebilir malzemelerin toplanması için birçok sivil toplum kuruluşu gerekli alt yapıyı sağlamaya çalışmaktadır. Bu süreç içerisinde toplama aşamasında Kanada çevre ve Plastik Enstitüsü, Ontario Çevre Bakanlığı ile işbirliği yapmaktadır. Süpermarketlerin önünde naylon torbaları atmamak için konulmuş kaplar, PE'den üretilen süt şişelerine depozito uygulaması, çöp sahalarında ayırma çalışmaları, vb. uygulamalar yoğun olarak devam etmektedir (Konya Kristal Plastik, 2016).

3.5. Plastik Enjeksiyon

Kimyasal ve fiziksel özelliklerine göre üretim biçiminin belirlendiği plastik parça üretiminde, farklı üretim yöntemleri (şişirme, ekstrüzyon, enjeksiyon vb.) geliştirilmiştir. Plastik olarak üretilen parçaların yaklaşık yüzde 33' ünün enjeksiyonla kalıplama yöntemi ile üretildiği tespit edilmiştir. Emas A.Ş'de plastikler enjeksiyonla üretilir. Bu sebeple plastik enjeksiyon üretimini inceleyeceğiz.

3.6. Problemin İncelendiği Elektroteknik Fabrikasının Tanıtılması

EMAS (Elektroteknik Makina Sanayi ve Ticaret) A.Ş 1969 yılında kurulmuştur. Faaliyet yeri İkitelli/İstanbul'dur. Faaliyet konusu, elektroteknik ürünler ve otomotiv yedek parça üretimidir. Dünyada, Almanya, ABD, Arnavutluk, Azerbaycan, Bosna Hersek, Beyaz Rusya, Bahreyn, Belçika, Birleşik Krallık, Brezilya, Bulgaristan, Cezayir, Çek Cumhuriyeti, Filistin, Fransa, Suudi Arabistan, Suriye, Sudan, Sırbistan, Senegal, Rusya, Romanya, Portekiz, Polonya, Pakistan, Norveç, Mısır, Meksika, Makedonya, Lübnan, Litvanya, Libya, Kuveyt, Kosova, KKTC, Kenya, Kanada, İtalya, İsviçre, İsveç, İsrail, İspanya, İrlanda, İran, Irak, Hollanda, Hindistan, Hırvatistan, Güney Kore, Ukrayna, Ürdün, Yunanistan gibi birçok ülkeye ihracat yapmaktadır. EMAS A.Ş, motor koruma şalterleri, kumanda butonları, sınır şalterler, pedallar, kumanda kutuları, asal siviçler, sinyal lambaları, seviye kontrol cihazları, elektronik ve endüstriyel röleler, röle soketleri, hareketli kablo kanalları, sensörler, asansör ve vinç kontrol kumandaları, pako şalterler, endüstriyel fiş ve prizler, termik röle ve kontaktörler, marş kontak anahtarları, vites ve fren otomatikleri ile korna düğmeleri yapmaktadır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Bu çalışmanızda hazırlık zamanlı tek makineli sıra-bağımlı çizelgeleme problemi ele alınmıştır. Rastgele seçilen 13 siparişin yer aldığı bir haftada, aşağıdaki Çizelge 4.1 verileri elde edilmiştir. Bu veriler öncelikle SPT, LPT ve FCFS yöntemlerine göre hammadde ve renk durumuna dikkat edilmeden çözülmüştür. Daha sonra hammadde ve renk durumuna dikkat edilerek CB-SPT'ye göre çözülmüştür. Emas A.Ş'de plastikhane mesai saatleri pazartesi saat 07.50'den cuma saat 17.50'ye kadar gece-gündüz vardiyalı olarak kesintisiz devam etmektedir. Toplam çalışma süresi 106 saattir.

n=13 İş Tek Makine Problemlerimizdeki Varsayımlar;

- 1-Her üretim parçasının ayrı üretim süreleri vardır.
- 2-Her bir parçanın kendine ait sadece tek bir kalıbı vardır.
- 3-Başlayan iş bitirilmeli (iptal edilemez).
- 4-Makine sipariş yoksa boşta kalabilir ama tercih edilmez stoğa çalışılır.
- 5-Makine aynı anda birden fazla iş yapamaz.
- 7-Makine hiç bozulmaz. Sürekli elverişlidirler.
- 8-Yapılan işler biliniyor ama sabit değil değişkendir, siparişe göre değişir.
- 9-İşlem süreleri biliniyor ama sabit değil değişkendir.
- 10-Hazır olma zamanları (setup) biliniyor ama sabit değil hammadde ve renklere göre değişkendir.
- 11-Yeni iş kabul edilemez, mevcut iş listeden çıkartılamaz.

Çizelge 4.1. Gelen siparişler

	Parça	Hammadde ve Renk	t=Çevrim Süresi(sn.)	d=Sipariş Miktarı(ad)	txd=Toplam Fiili Süre(dk.) (KBS* dâhil)
1	A	PA66-SİYAH	7,65	2000	315
2	B	PA66-ŞEFFAF	3,78	15000	1005
3	C	PBT-ŞEFFAF	1,30	9000	255
4	D	PA6-ŞEFFAF	4,02	15000	1065
5	E	PA6-SİYAH	3,60	3000	240
6	F	PA6-SİYAH	2,40	3000	180
7	G	PA66-KIRMIZI	1,10	30000	610
8	H	POM-MAVİ	5,60	1500	200
9	I	POM-SARI	3,96	5000	390
10	J	POM-SARI	4,02	10000	730
11	K	TERMOKAUÇUK-SİYAH	2,16	5000	240
12	L	TERMOKAUÇUK-ŞEFFAF	3,60	3000	240
13	M	UREA-ŞEFFAF	4,40	1500	170

KBS*: Kalıp Bağlama ve Sökme Süresi(60 dakika)

Kaynak: (EMAS A.Ş, 2016)

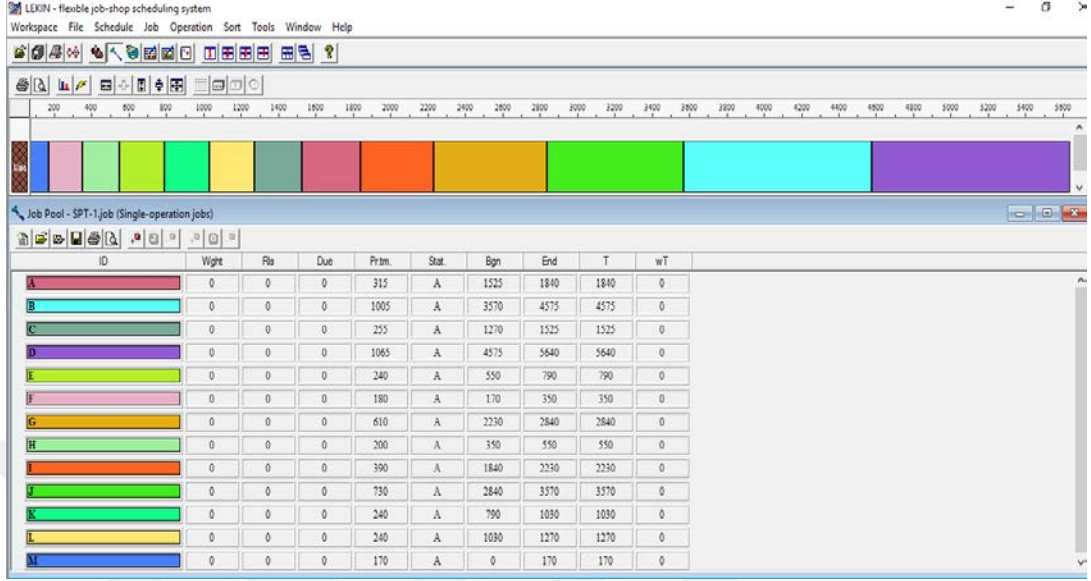
4.1. SPT Kuralına Göre Çözüm

SPT kuralına göre, gelen siparişler Çizelge 4.1.1’de Lakin programı kullanılarak çözülmüştür.

Sıralama: M-F-H-E-K-L-C-A-I-G-J-B-D

SPT kuralı çizelgeleme problemlerini işlem süresi açısından değerlendirir. SPT kuralı, en kısa işlem süresinden en uzun işlem süresine doğru çizelgeleme yapmaktadır.

Çizelge 4.1.1. SPT lekin çözümü



Kaynak: (Lekin, 2016)

Çizelge 4.1.2. Hammadde renk den-ye (from-to) matrisi

To From	PA66-SİYAH	PA66-KIRMIZI	PA66-ŞEFFAF	PA6-SİYAH	PA6-ŞEFFAF	PBT-ŞEFFAF	POM-MAVİ	POM-SARI	TERMO KAUÇUK-SİYAH	TERMO KAUÇUK-ŞEFFAF	UREA-ŞEFFAF
PA66-SİYAH	KBS*	KBS+120	KBS+120	KBS+60	KBS+120	KBS+120	KBS+120	KBS+120	KBS+60	KBS+120	KBS+120
PA66-KIRMIZI	KBS+30	KBS	KBS+30	KBS+60	KBS+60	KBS+60	KBS+60	KBS+60	KBS+60	KBS+60	KBS+60
PA66-ŞEFFAF	KBS+30	KBS+30	KBS	KBS+60	KBS+60	KBS+60	KBS+60	KBS+60	KBS+60	KBS+60	KBS+60
PA6-SİYAH	KBS+60	KBS+120	KBS+120	KBS	KBS+120	KBS+120	KBS+120	KBS+120	KBS+60	KBS+120	KBS+120
PA6-ŞEFFAF	KBS+60	KBS+60	KBS+60	KBS+30	KBS	KBS+60	KBS+60	KBS+60	KBS+60	KBS+60	KBS+60
PBT-ŞEFFAF	KBS+60	KBS+60	KBS+60	KBS+60	KBS+60	KBS	KBS+60	KBS+60	KBS+60	KBS+60	KBS+60
POM-MAVİ	KBS+60	KBS+60	KBS+60	KBS+60	KBS+60	KBS+60	KBS	KBS+30	KBS+60	KBS+60	KBS+60
POM-SARI	KBS+60	KBS+60	KBS+60	KBS+60	KBS+60	KBS+60	KBS+30	KBS	KBS+60	KBS+60	KBS+60
TERMO KAUÇUK-SİYAH	KBS+60	KBS+120	KBS+120	KBS+60	KBS+120	KBS+120	KBS+120	KBS+120	KBS	KBS+120	KBS+120
TERMO KAUÇUK-ŞEFFAF	KBS+60	KBS+60	KBS+60	KBS+60	KBS+60	KBS+60	KBS+60	KBS+60	KBS+30	KBS	KBS+60
UREA-ŞEFFAF	KBS+60	KBS+60	KBS+60	KBS+60	KBS+60	KBS+60	KBS+60	KBS+60	KBS+60	KBS+60	KBS

KBS*: Kalıp Bağlama ve Sökme Süresi(60 dakika)

NOT: Sayılar dakika cinsindedir.

Kaynak: (EMAS A.Ş, 2016)

Lekin programıyla bulduğumuz sıralamanın sonucuna Çizelge 4.1.2 hammadde renk matrisindeki değerleri ekleyip bakıldığında toplam iş akış süresi 6540 dakika (109 saat) olarak bulunmuştur. Aşağıdaki Çizelge 4.1.3'te görüldüğü

üzere bir haftalık 106 saat olan çalışma süresi 3 saat aşılmıştır. Maksimum gecikme süresi 6540 dakikadır ve toplam gecikme süresi ise 32500 dakikadır. Ortalama iş akış süresi 503,08 dakikadır.

Çizelge 4.1.3. SPT çözümüne hammadde renk matrisindeki değerlerin eklenmesi

	M	F	H	E	K	L	C	A	I	G	J	B	D
BAŞLANGIÇ	0	170	410	730	1030	1330	1690	2005	2380	2890	3560	4350	5415
TOPLAM FİİLİ SÜRE(dk.)	170	240	320	300	300	360	315	375	510	670	790	1065	1125
BİTİŞ	170	410	730	1030	1330	1690	2005	2380	2890	3560	4350	5415	6540

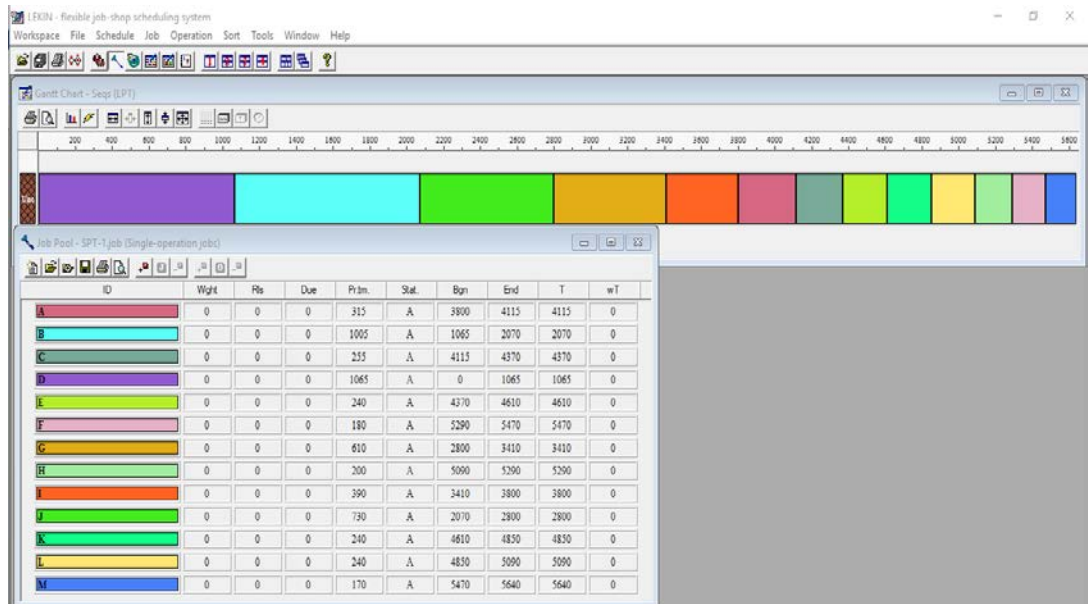
4.2. LPT Kuralına Göre Çözüm

LPT kuralına göre, gelen siparişler Çizelge 4.2.1’de Lekin programı kullanılarak çözülmüştür.

Sıralama: D-B-J-G-I-A-C-L-K-E-H-F-M

LPT kuralı çizelgeleme problemlerini işlem süresi açısından değerlendirir. LPT kuralı, en uzun işlem süresinden en kısa işlem süresine doğru çizelgeleme yapmaktadır.

Çizelge 4.2.1. LPT lekin çözümü



Kaynak: (Lekin, 2016)

Lekin programıyla bulduğumuz sıralamanın sonucuna Çizelge 4.1.2 hammadde renk matrisindeki değerleri ekleyip bakıldığında toplam iş akış süresi 6510 dakika (108,5 saat) olarak bulunmuştur. Aşağıdaki Çizelge 4.2.2'de görüldüğü üzere bir haftalık 106 saat olan çalışma süresi 2,5 saat aşılmıştır. Maksimum gecikme süresi 6510 dakikadır ve toplam gecikme süresi ise 57770 dakikadır. Ortalama iş akış süresi 500,77 dakikadır.

Çizelge 4.2.2. LPT çözümüne hammadde renk matrisindeki değerlerin eklenmesi

	D	B	J	G	I	A	C	L	K	E	H	F	M
BAŞLANGIÇ	0	1065	2130	2920	3590	4040	4415	4790	5090	5360	5660	5980	6220
TOPLAM FİİLİ SÜRE(dk.)	1065	1065	790	670	450	375	375	300	270	300	320	240	290
BİTİŞ	1065	2130	2920	3590	4040	4415	4790	5090	5360	5660	5980	6220	6510

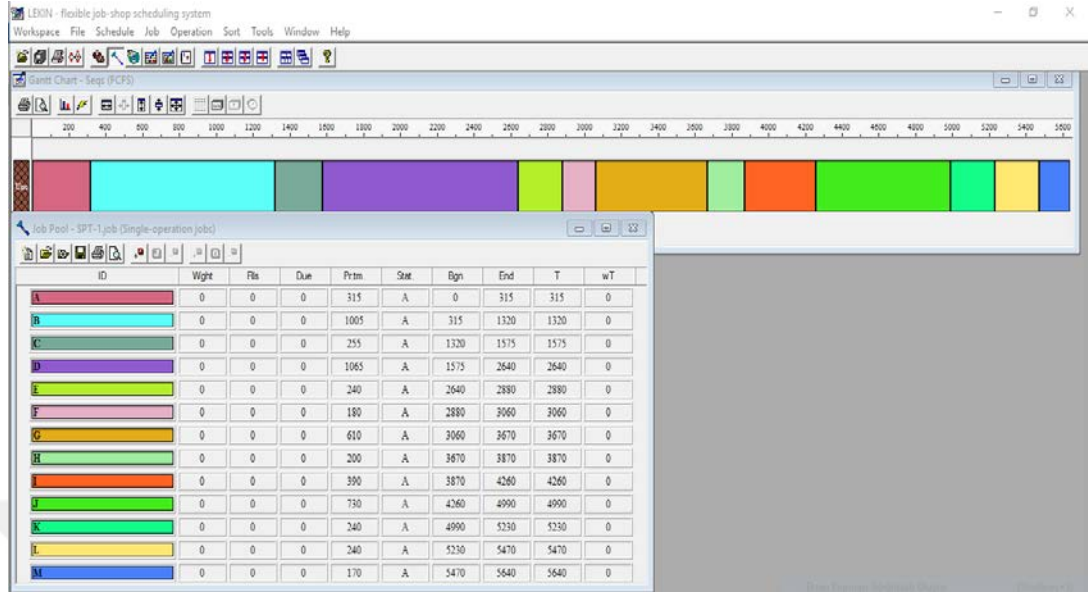
4.3. FCFS Kuralına Göre Çözüm

FCFS kuralına göre, gelen siparişler Çizelge 4.3.1'de Lakin programı kullanılarak çözülmüştür.

Sıralama: A-B-C-D-E-F-G-H-I-J-K-L-M

FCFS kuralı çizelgeleme problemlerini sipariş geliş sırasına göre inceler. FCFS kuralı, ilk gelen siparişi ilk son gelen siparişi son teslim edecek şekilde çizelgeleme yapmaktadır.

Çizelge 4.3.1. FCFS lekin çözümü



Kaynak: (Lekin, 2016)

Lekin programıyla bulduğumuz sıralamanın sonucuna Çizelge 4.1.2 hammadde renk matrisindeki değerleri ekleyip bakıldığında toplam iş akış süresi 6360 dakika (106 saat) olarak bulunmuştur. Aşağıdaki Çizelge 4.3.2'de görüldüğü üzere bir haftalık 106 saat olan çalışma süresi hiç aşılmamıştır. Maksimum gecikme süresi 6360 dakikadır ve toplam gecikme süresi ise 49720 dakikadır. Ortalama iş akış süresi 489,23 dakikadır.

Çizelge 4.3.2. FCFS çözümüne hammadde renk matrisindeki değerlerin eklenmesi

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
BAŞLANGIÇ	0	315	1440	1755	2880	3150	3330	4060	4320	4740	5470	5770	6130
TOPLAM FİİLİ SÜRE(dk.)	315	1125	315	1125	270	180	730	260	420	730	300	360	230
BİTİŞ	315	1440	1755	2880	3150	3330	4060	4320	4740	5470	5770	6130	6360

4.4. CB-SPT Kuralına Göre Çözüm

Hammadde ve renk durumuna dikkat edilerek (Çizelge 4.1.2 hammadde-renk matrisine bakılarak); hammadde, renk ve SPT bir arada düşünülerek CB-SPT kuralına göre yaptığımız çözümde ise toplam iş akış süresi 6180 dakika (103

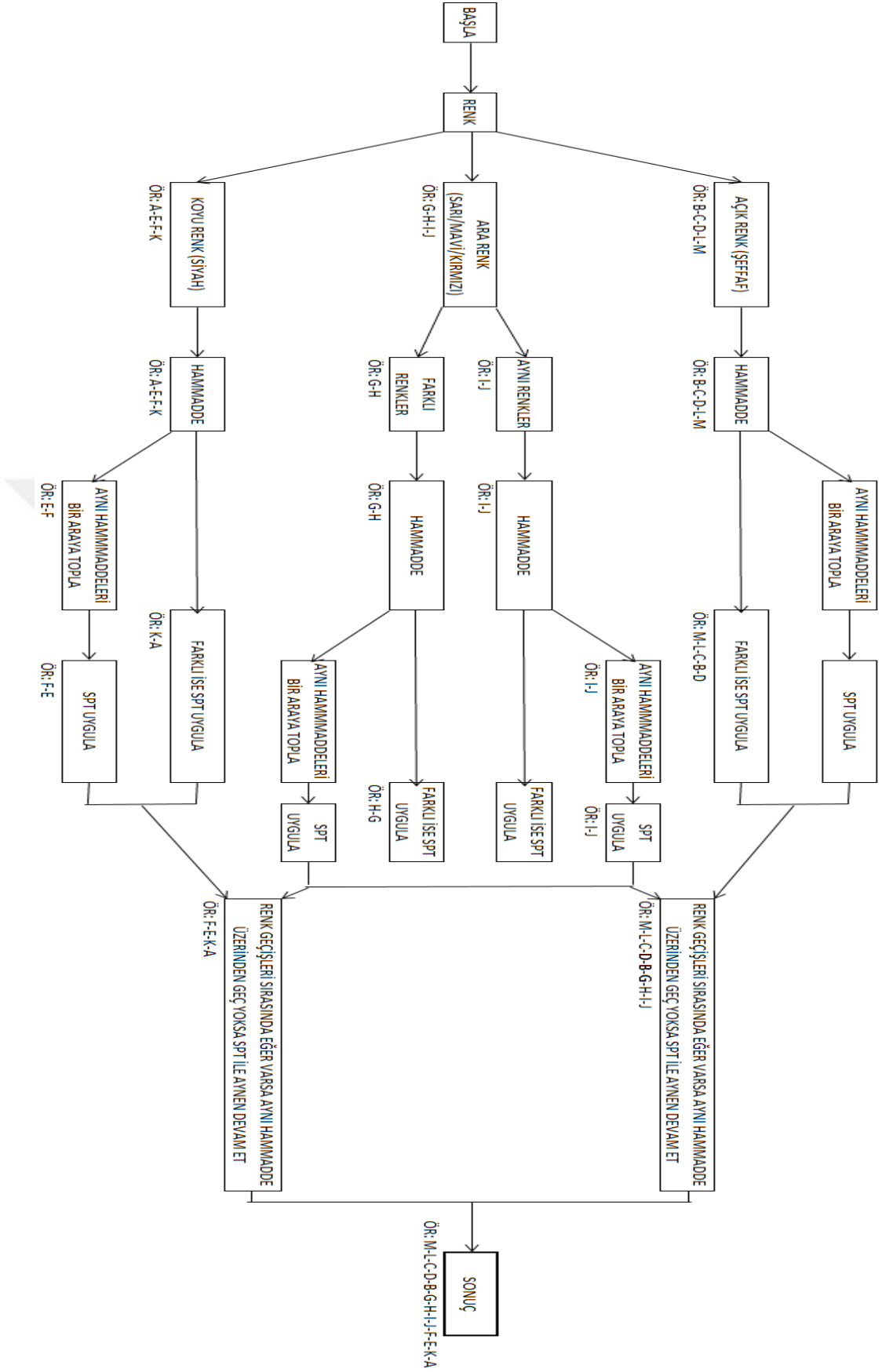
saat) ve ortalama iş akış süresi 475,39 dakika olarak bulunmuştur. Bu algoritmaya göre siparişlerin üretimlerinde açık renkten koyu renge doğru gidilmesi gerekir. Bunun nedeni plastik enjeksiyon makinelerinde açık renkten koyu renge geçmek kolaydır; fakat koyu renkten açık renge geçmek oldukça zordur. Hem çok zaman alır hem de renk geçişi sırasında çok fazla malzeme israf edilir. Algoritmamızda ikinci bakmamız gereken önemli kısım aynı hammaddeye sahip olan siparişlerin bir arada toplanmasıdır. Üçüncü ve son bakmamız gereken kısım ise en kısa işlem süresine (SPT) sahip olanlardır.

CB-SPT Algoritması Prosedürü

1-Renklere bak. Açık, ara ve koyu renk diye ayır. Aynı renk grubunda olanları peşi sıra getir.

2-Aynı renk grubu içerisindeki hammaddelere bak. Aynı hammaddeden olanları peşi sıra getir ve SPT uygula. Farklı hammaddeden olanlara direk SPT uygula.

3-Renk geçişleri sırasında varsa aynı hammadde üzerinden geç; yoksa SPT uygula. Sonuçları göster (Şekil 4.4.1).



Şekil 4.4.1. CB-SPT algoritmasının akış diyagramı

Aşağıdaki Çizelge 4.4.1'de görüldüğü üzere bu çözüm bir haftalık 106 saat olan çalışma süresinden 3 saat daha erken bitmiştir. Maksimum gecikme süresi 6180 dakikadır ve toplam gecikme süresi ise 45875 dakikadır.

Çizelge 4.4.1. CB-SPT çözümü

	M	L	C	D	B	G	H	I	J	F	E	K	A
BAŞLANGIÇ	0	170	470	785	1910	2975	3615	3875	4295	5025	5265	5505	5805
TOPLAM FİİLİ SÜRE(dk.)	170	300	315	1125	1065	640	260	420	730	240	240	300	375
BİTİŞ	170	470	785	1910	2975	3615	3875	4295	5025	5265	5505	5805	6180

Çizelge 4.4.2. Sonuçların karşılaştırılması

METOTLAR	Maximum Gecikme Süresi(dk.)	Toplam Gecikme Süresi(dk.)
SPT	6540	32500
LPT	6510	57770
FCFS	6360	49720
CB-SPT	6180	45785

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu yaptığımız çalışma sonucunda, elektroteknik ürünler üreten bir fabrikada bulunan plastik enjeksiyon makinesinden alınan bir haftalık verilerle, tek makine için sıralama metotlarından en verimli sonuçları veren SPT'nin kullanımındaki çözüm ile LPT'nin kullanımındaki çözüm, FCFS'nin kullanımındaki çözüm ve hammadde, renk ve SPT'nin bir arada düşünülerek yaptığımız CB-SPT çözümündeki sonuçlar karşılaştırılmıştır. Yapılan çalışmada SPT ve LPT çözümleri sonucunda çıkan sıralamalara hammadde renk matrisindeki değerler eklendiği zaman bir haftalık çalışma süresi olan 106 saat aşılılarak, 13 sipariş sırasıyla 109 saatte ve 108,5 saatte tamamlanabilmiştir. FCFS çözümü sonucunda çıkan sıralamaya hammadde renk matrisindeki değerler eklendiği zaman ise 106 saat olan çalışma süresi hiç aşılmamıştır ve 106 saatte tamamlanmıştır. Ancak hammadde, renk ve SPT'yi bir arada düşünerek yaptığımız CB-SPT çözümünde ise ortaya çıkan sonuçta 13 sipariş 3 saat daha erken olarak 103 saatte bitirilmiştir. Sonuç olarak plastik enjeksiyon üretimlerinin çizelgelemesinde kullanılan SPT, LPT veya FCFS gibi diğer çözüm metotlarının yanı sıra, hammadde renk matrisindeki değerleri de dikkate alarak yapılan CB-SPT çözüm metodunun uygulanmasının daha verimli olduğu Çizelge 4.4.2'de görülmüştür.

KAYNAKLAR

- Aktel A., Yenisey M., Melez Akış Tipi Çizelgeleme Problemi İçin Bir Genetik Algoritma, Kara Harp Okulu Bilim Dergisi Cilt 24, Sayı 2, 61-82. ISSN (Basılı) : 1302-2741 E-ISSN: 2148-4945, Aralık, 2014.
- Aldowaisan T., Jatinder N.D. Gupta, Allahverdi A., OMEGA - International Journal of Management Science, A review of scheduling research involving set-up consideration, 27: 219-239, 1999.
- Baysal B., Polimer Kimyası, Geniletilmiş II. Baskı, Ankara, 1994.
- Biskup D., Feldman M., "Single Machine Scheduling for Minimizing Earliness and Toplam gecikme süresi Penalties by Meta Heuristic Approaches", Computers and Industrial Engineering, 44, 2, 307-323, 2003.
- Burkan S., "A Genetic Algorithm Approach to Job-Shop Scheduling", Ph.D, Industrial Engineering, Cleveland State University, 1999.
- Chao X., Pinedo M.L., "Operations Scheduling with Applications in Manufacturing and Services", Mc Graw Hill, 1999.
- Çevko Raporu, 1993.
- Enjeksiyon Makinası, <http://enjeksiyonmakinası.blogcu.com>, 2016.
- French S., "Sequencing and Scheduling, an Introduction to the Mathematics of the Job Shop", Ellis Horwood, Chichester, 1982.
- Güner E., Eren T., Tek ve Paralel Makineli Problemlerde Çok Ölçütlü Çizelgeleme Problemleri İçin Bir Literatüre Taraması, Gazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi, 17(4), 37-69, 2002.
- Haupt R., "A Survey of Priority Rule Based Dispatching", O.R. Spektrum, 11, 3-16, 1989.
- Hogg G.L., Phillips D.T., J.H. Blackstone, "A State of Art Survey of Dispatching Rules for Manufacturing Job Shop Operations", International Journal of Production Research, 20, 27-45, 1982.
- Konya Kristal Plastik, <http://konyakristalplastik.com>, 2016.
- Lekin, <http://web-static.stern.nyu.edu/om/software/lekin>, 2016.
- Liao C.J., Yang Wei-Hsiung, "Survey of scheduling research involving setup times", International Journal of Systems Science, 30 (2): 143-155, 1999.

- Mikhail Y. Kovalyov, T.C.E. Cheng, C.T. Ng, Allahverdi A., A Survey of Scheduling Problems With Setup Times or Costs, European Journal of Operational Research, 187, 985-1032, 2008.
- Nahmias S., "Production and Operations Analysis", 4th Edition, Mc Graw Hill, 2001.
- Özcelik F., Saraç T., Sıra Bağımlı Hazırlık Süreli İki Ölçütlü Tek Makine Çizelgeleme Problemi İçin Sezgisel Bir Çözüm Yöntemi, Endüstri Mühendisliği Dergisi ÜAS Özel Sayısı Cilt: 22 Sayı: 4 Sayfa: (48-57), 2009.
- Pinedo M.L., Scheduling: Theory, Algorithms and Systems, 3rd Ed., Springer, New York, 2008.
- Pişkin E., Polimer Teknolojisine Giriş, İnkılap Kitapevi, Ankara, 1987.
- Plastik ve Plastik Teknolojisi, Pagev Yayınevi, İstanbul, 2002.
- Saçak M.; Polimer Kimyasına Giriş, Gazi Kitapev, Ankara, 2002.
- Saraç T., Sipahioğlu A., Plastik Enjeksiyon Makinalarının Çizelgenmesi Problemi, MMO Endüstri Mühendisliği Dergisi, Cilt:20, Sayı: 2, 2-14, 2009.
- Trietsch D., Kenneth R. Baker, Principles of Sequencing and Scheduling, Wiley, New Jersey, 2009.
- Zeydan M., Maliyet Tabanlı Çizelgeleme Ve Bir Mobilya Fabrikasında Uygulaması, Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi, Sigma 1, 2009.

EKLER

EK A. Örnek Sıralama Problemleri

EK A.1. Örnek1 Sıralama Probleminin Çözümü

EK A.2. Örnek2 Sıralama Probleminin Çözümü

EK A.3. Örnek3 Sıralama Probleminin Çözümü

EK A.4. Örnek4 Sıralama Probleminin Çözümü

EK B. Fotoğraflar



EK A. Örnek Sıralama Problemleri

EK A.1. Örnek1 Sıralama Probleminin Çözümü

Aşağıda Çizelge EK A.1'de verilen örnek problem SPT, EDD, FCFS ve LPT yöntemlerine göre Lekin programıyla çözülmüştür.

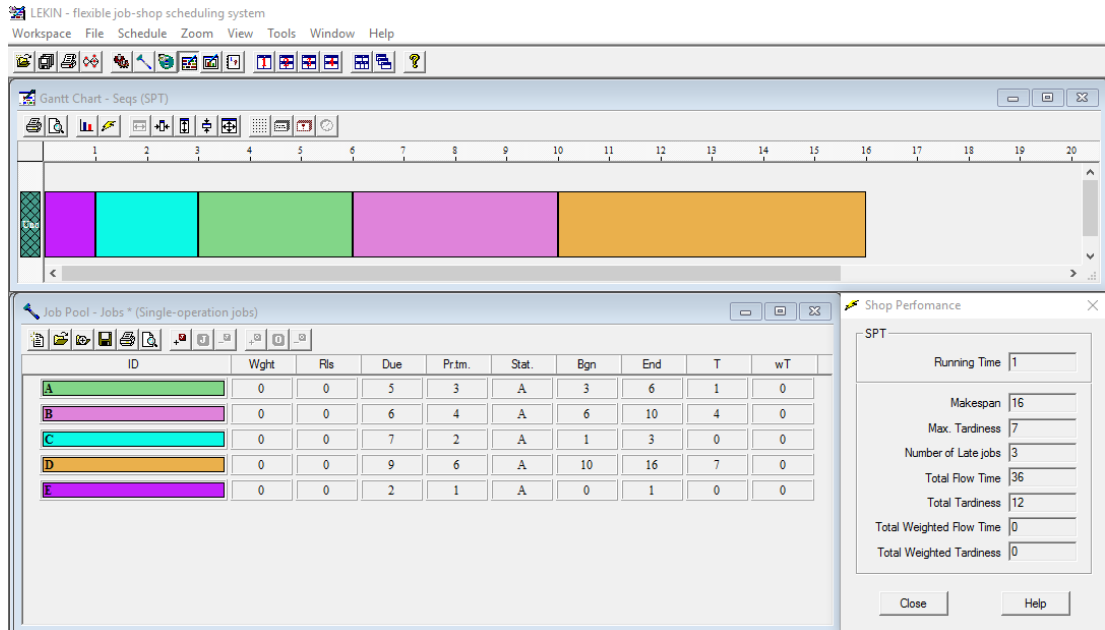
Çizelge EK A.1. Gelen siparişler

	Siparişler	İşlem Süresi(gün)	Teslim Günleri
1	A	3	5
2	B	4	6
3	C	2	7
4	D	6	9
5	E	1	2

Kaynak*: (OPERATIONS MANAGEMENT CHASE/JACOBS/AQUILANO, 2006)

EK A.1.1. SPT (En Kısa İşlem Süresi)

Çizelge EK A.1.1. SPT lekin çözümü



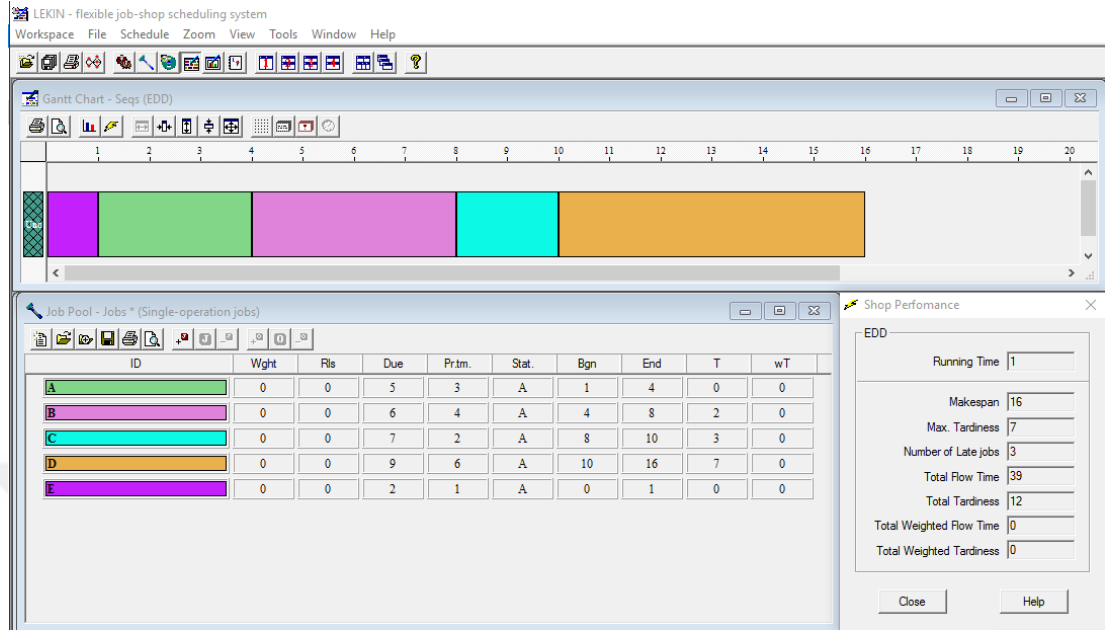
Kaynak: (Lekin, 2016)

Makespan 16 gündür. Maksimum gecikme süresi 7 gündür, toplam gecikme süresi 12 gündür ve toplam iş akış süresi 36 gündür. Ortalama iş akış süresi 7,2 gündür.

Sıralama: E-C-A-B-D

EK A.1.2. EDD (En Erken Teslim Süresi)

Çizelge EK A.1.2. EDD lekin çözümü



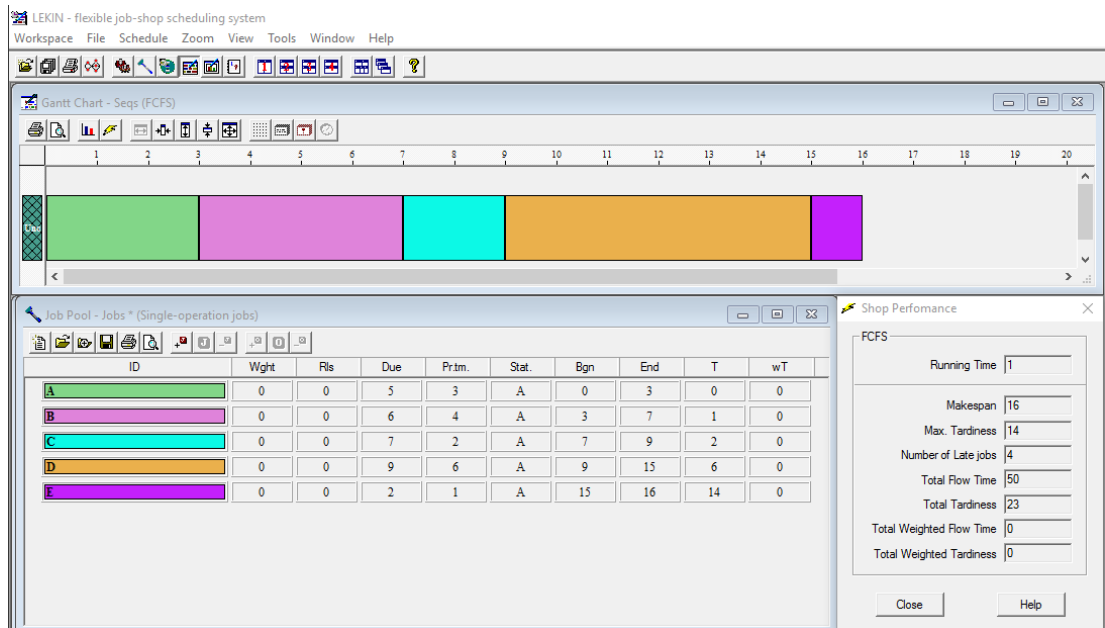
Kaynak: (Lekin, 2016)

Makespan 16 gündür. Maksimum gecikme süresi 7 gündür, toplam gecikme süresi 12 gündür ve toplam iş akış süresi 39 gündür. Ortalama iş akış süresi 7,8 gündür.

Sıralama: E-A-B-C-D

EK A.1.3. FCFS (İlk Gelen İlk Hizmet Görür)

Çizelge EK A.1.3. FCFS lekin çözümü



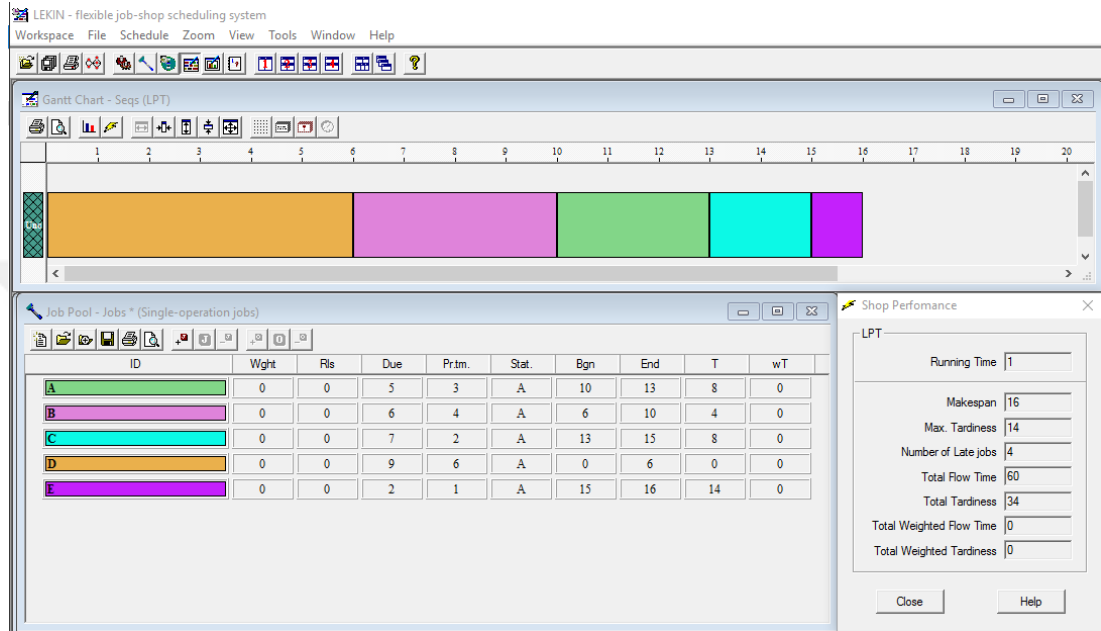
Kaynak: (Lekin, 2016)

Makespan 16 gündür. Maksimum gecikme süresi 14 gündür, toplam gecikme süresi 23 gündür ve toplam iş akış süresi 50 gündür. Ortalama iş akış süresi 10 gündür.

Sıralama: A-B-C-D-E

EK A.1.4. LPT (En Uzun İşlem Süresi)

Çizelge EK A.1.4. LPT lekin çözümü



Kaynak: (Lekin, 2016)

Makespan 16 gündür. Maksimum gecikme süresi 14 gündür, toplam gecikme süresi 34 gündür ve toplam iş akış süresi 60 gündür. Ortalama iş akış süresi 12 gündür.

Sıralama: D-B-A-C-E

EK A.2. Örnek2 Sıralama Probleminin Çözümü

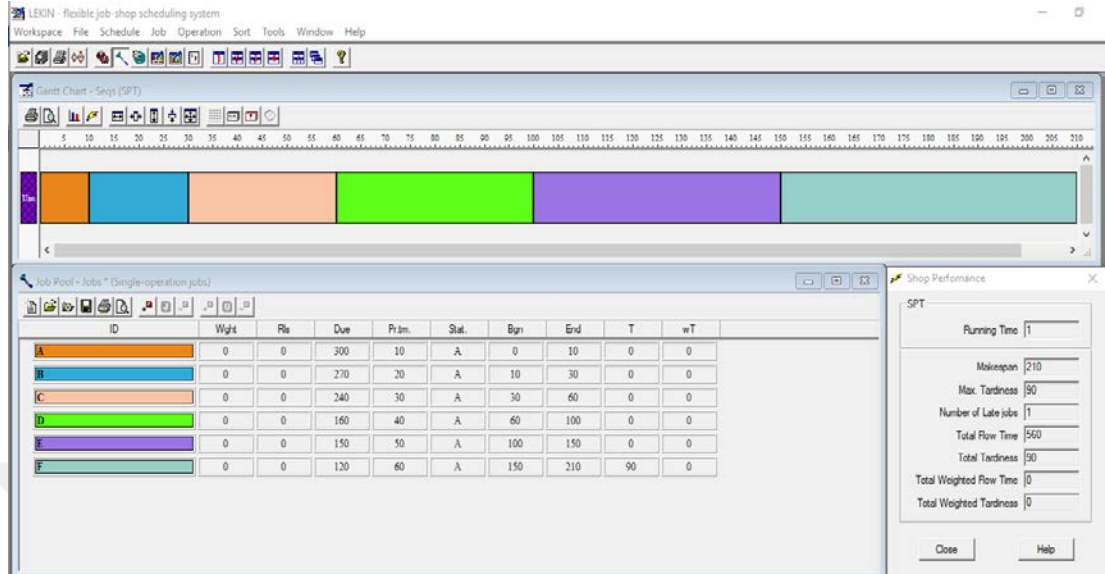
Aşağıda Çizelge EK A.2'de verilen örnek problem SPT, EDD, FCFS ve LPT yöntemlerine göre LEKIN programıyla çözülmüştür.

Çizelge EK A.2. Gelen siparişler

	Siparişler	İşlem Süresi(dk.)	Toplam Zamanları(dk.)
1	A	10	300
2	B	20	270
3	C	30	240
4	D	40	160
5	E	50	150
6	F	60	120

EK A.2.1. SPT (En Kısa İşlem Süresi)

Çizelge EK A.2.1. SPT lekin çözümü



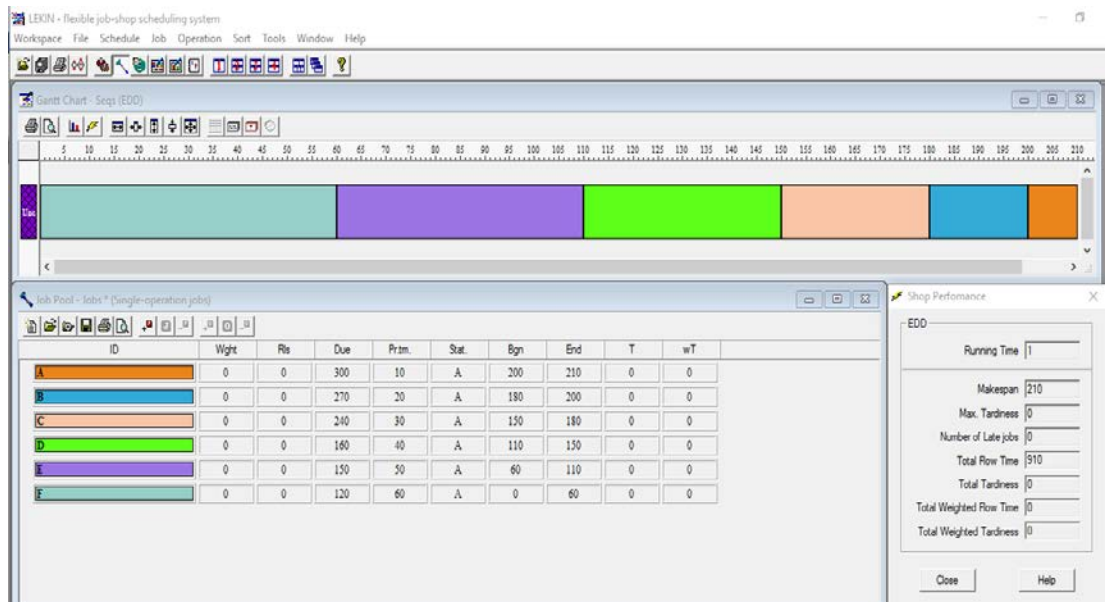
Kaynak: (Lekin, 2016)

Makepan 210 dakikadır. Maksimum gecikme süresi 90 dakikadır, toplam gecikme süresi 90 dakikadır ve toplam iş akış süresi 560 dakikadır. Ortalama iş akış süresi 93,33 dakikadır.

Sıralama: A-B-C-D-E-F

EK A.2.2. EDD (En Erken Teslim Süresi)

Çizelge EK A.2.2. EDD lekin çözümü



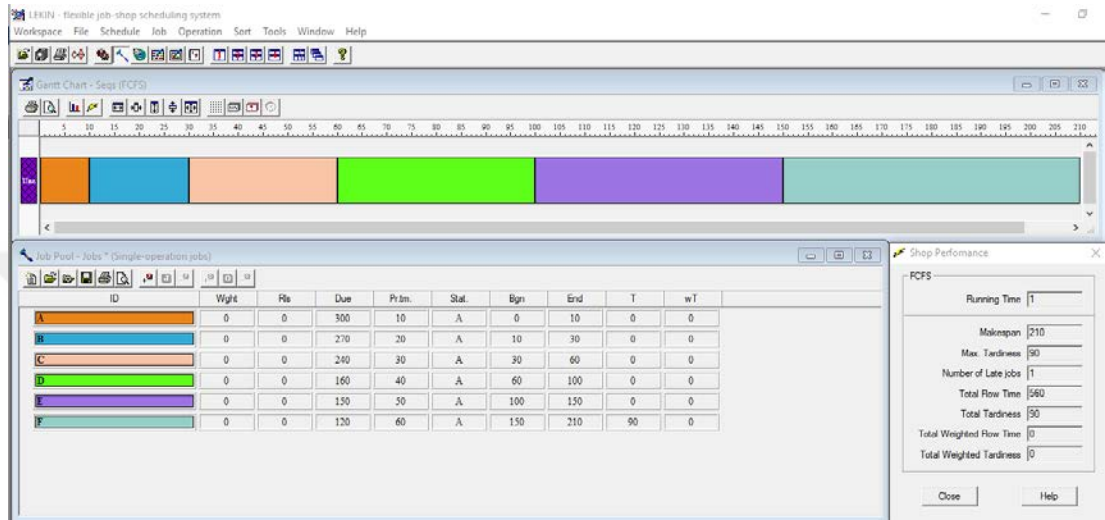
Kaynak: (Lekin, 2016)

Makespan 210 dakikadır. Maksimum gecikme süresi yoktur, toplam gecikme süresi yoktur ve toplam iş akış süresi 910 dakikadır. Ortalama iş akış süresi 151,67 dakikadır.

Sıralama: F-E-D-C-B-A

EK A.2.3. FCFS (İlk Gelen İlk Hizmet Görür)

Çizelge EK A.2.3. FCFS lekin çözümü



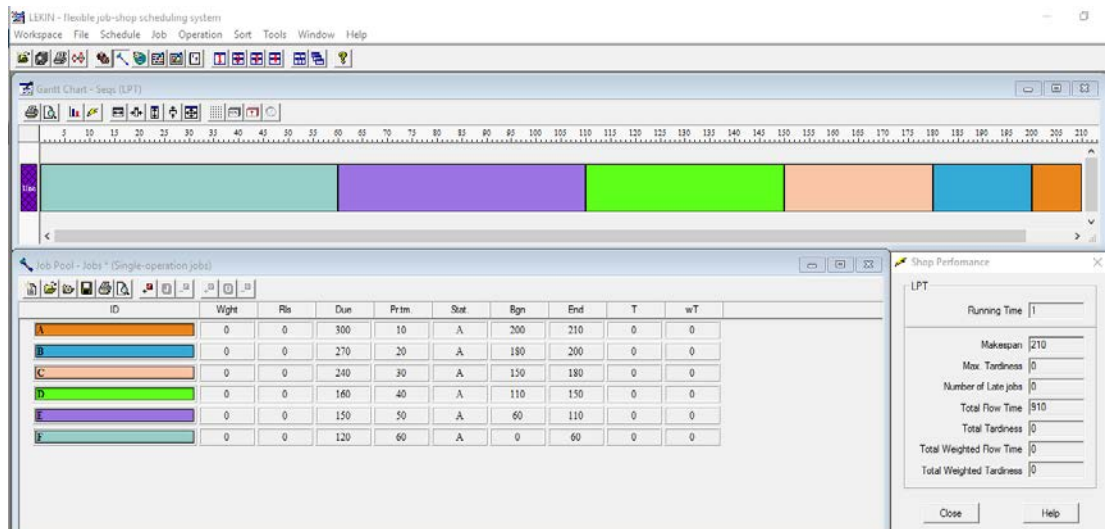
Kaynak: (Lekin, 2016)

Makespan 210 dakikadır. Maksimum gecikme süresi 90 dakikadır, toplam gecikme süresi 90 dakikadır ve toplam iş akış süresi 560 dakikadır. Ortalama iş akış süresi 93,33 dakikadır.

Sıralama: A-B-C-D-E-F

EK A.2.4. LPT (En Uzun İşlem Süresi)

Çizelge EK A.2.4. LPT lekin çözümü



Kaynak: (Lekin, 2016)

Makespan 210 dakikadır. Maksimum gecikme süresi yoktur, toplam gecikme süresi yoktur ve toplam iş akış süresi 910 dakikadır. Ortalama iş akış süresi 151,67 dakikadır.

Sıralama: F-E-D-C-B-A

EK A.3. Örnek3 Sıralama Probleminin Çözümü

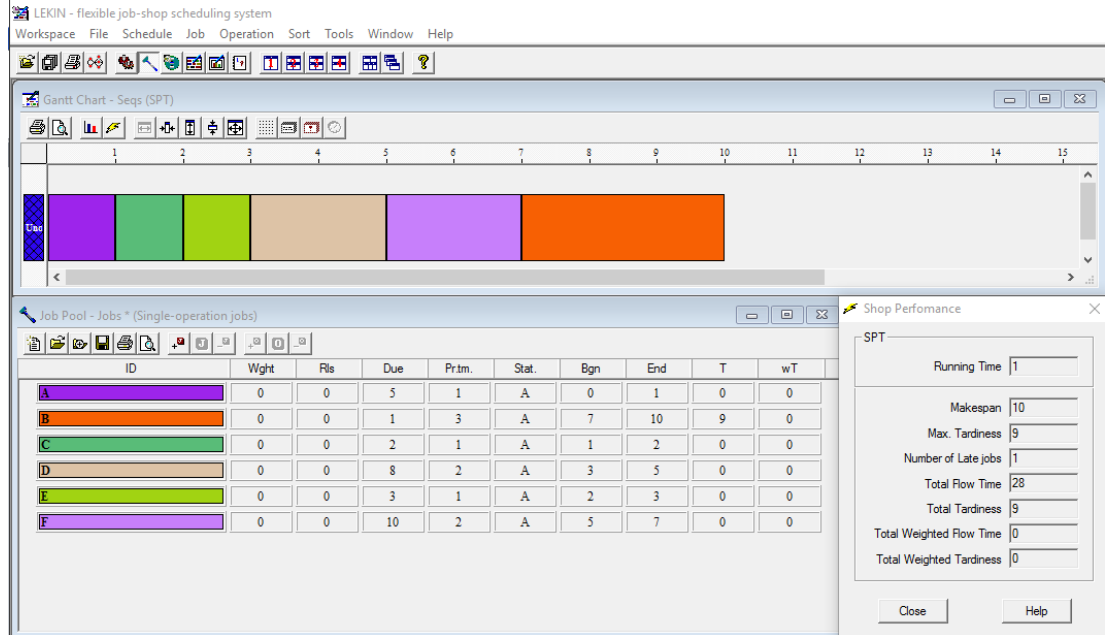
Aşağıda Çizelge EK A.3'te verilen örnek problem SPT, EDD, FCFS ve LPT yöntemlerine göre LEKIN programıyla çözülmüştür.

Çizelge EK A.3. Gelen siparişler

	Siparişler	İşlem Süresi(h)	Toplam Zamanları(h)
1	A	1	5
2	B	3	1
3	C	1	2
4	D	2	8
5	E	1	3
6	F	2	10

EK A.3.1. SPT (En Kısa İşlem Süresi)

Çizelge EK A.3.1. SPT lekin çözümü



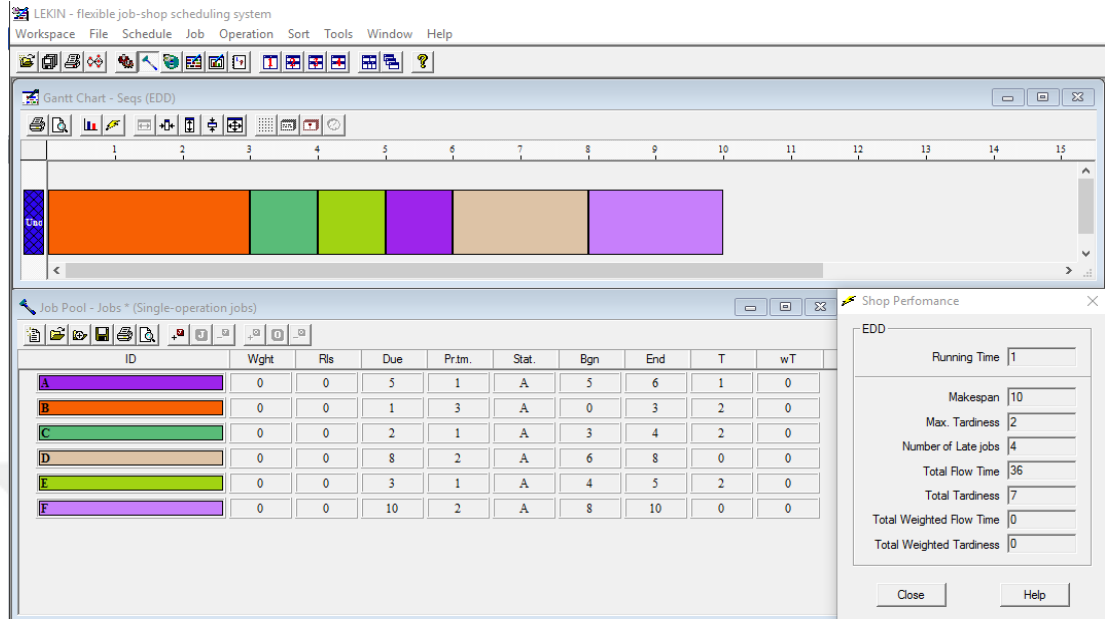
Kaynak: (Lekin, 2016)

Makespan 10 saattir. Maksimum gecikme süresi 9 saattir, toplam gecikme süresi 9 saattir ve toplam iş akış süresi 28 saattir. Ortalama iş akış süresi 4,67 saattir. B siparişi gecikmiştir.

Sıralama: A-C-E-D-F-B

EK A.3.2. EDD (En Erken Teslim Süresi)

Çizelge EK A.3.2. EDD lekin çözümü



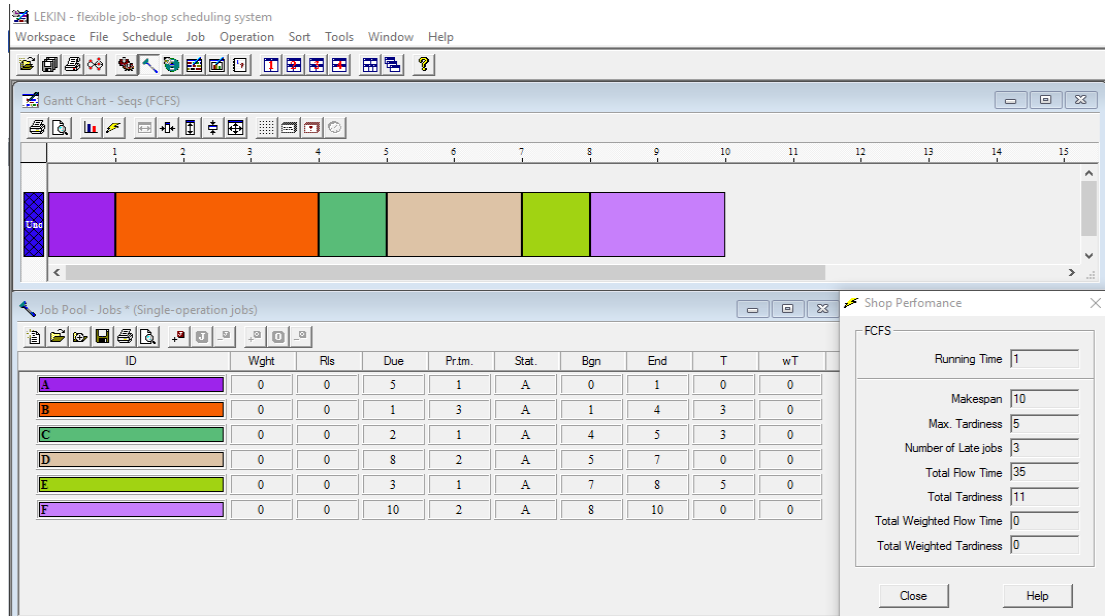
Kaynak: (Lekin, 2016)

Makespan 10 saattir. Maksimum gecikme süresi 2 saattir, toplam gecikme süresi 7 saattir ve toplam iş akış süresi 36 saattir. Ortalama iş akış süresi 6 saattir. B, C, E ve A siparişleri gecikmiştir.

Sıralama: B-C-E-A-D-F

EK A.3.3. FCFS (İlk Gelen İlk Hizmet Görür)

Çizelge EK A.3.3. FCFS lekin çözümü



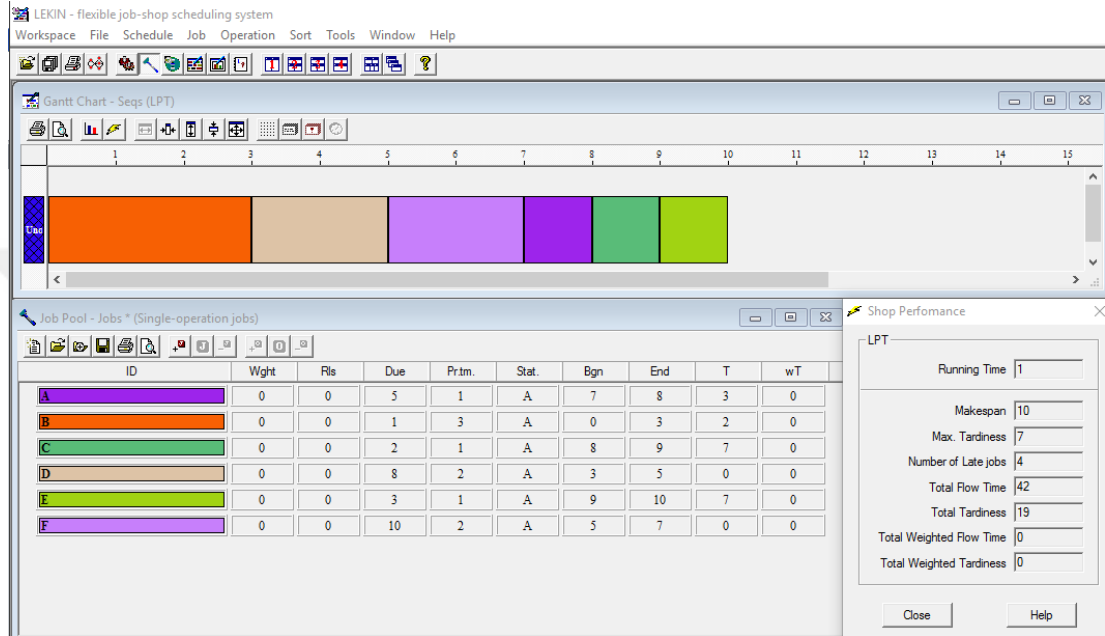
Kaynak: (Lekin, 2016)

Makespan 10 saattir. Maksimum gecikme süresi 5 saattir, toplam gecikme süresi 11 saattir ve toplam iş akış süresi 35 saattir. Ortalama iş akış süresi 5,83 saattir. B, C ve E siparişleri gecikmiştir.

Sıralama: A-B-C-D-E-F

EK A.3.4. LPT (En Uzun İşlem Süresi)

Çizelge EK A.3.4. LPT lekin çözümü



Kaynak: (Lekin, 2016)

Makespan 10 saattir. Maksimum gecikme süresi 7 saattir, toplam gecikme süresi 19 saattir ve toplam iş akış süresi 42 saattir. Ortalama iş akış süresi 7 saattir. B, A, C ve E siparişleri gecikmiştir.

Sıralama: B-D-F-A-C-E

EK A.4. Örnek4 Sıralama Probleminin Çözümü

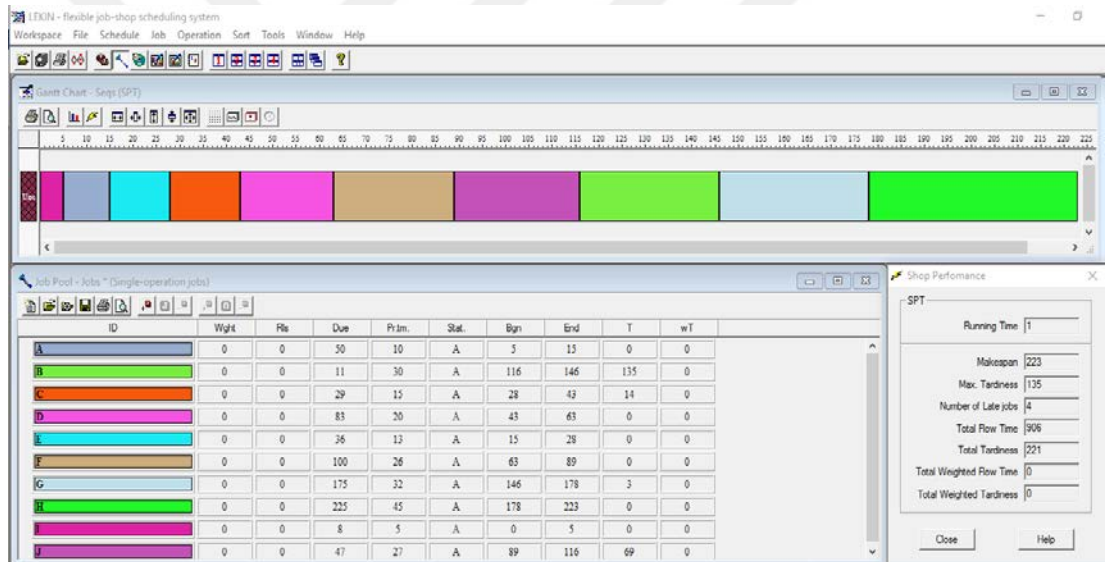
Aşağıda Çizelge EK A.4'te verilen örnek problem SPT, EDD, FCFS ve LPT yöntemlerine göre LEKIN programıyla çözülmüştür.

Çizelge EK A.4. Gelen siparişler

	Siparişler	İşlem Süresi(sn.)	Toplam Zamanları(sn.)
1	A	10	50
2	B	30	11
3	C	15	29
4	D	20	83
5	E	13	36
6	F	26	100
7	G	32	175
8	H	45	225
9	I	5	8
10	J	27	47

EK A.4.1. SPT (En Kısa İşlem Süresi)

Çizelge EK A.4.1. SPT lekin çözümü



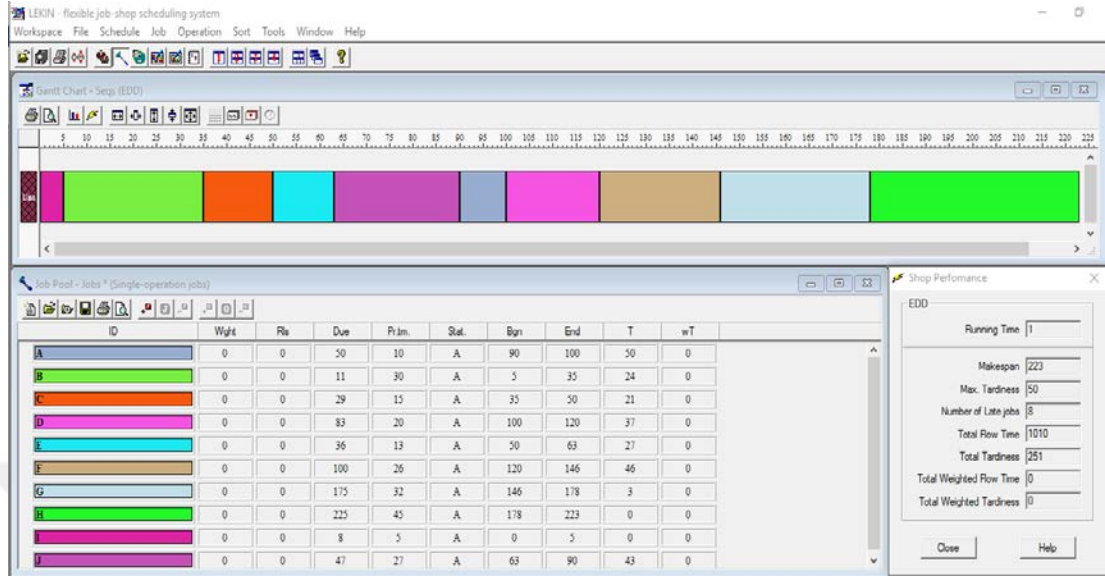
Kaynak: (Lekin, 2016)

Makespan 223 saniyedir. Maksimum gecikme süresi 135 saniyedir, toplam gecikme süresi 221 saniyedir ve toplam iş akış süresi 906 saniyedir. Ortalama iş akış süresi 90,6 saniyedir. C, J, B ve G siparişleri gecikmiştir.

Sıralama: I-A-E-C-D-F-J-B-G-H

EK A.4.2. EDD (En Erken Teslim Süresi)

Çizelge EK A.4.2. EDD lekin çözümü



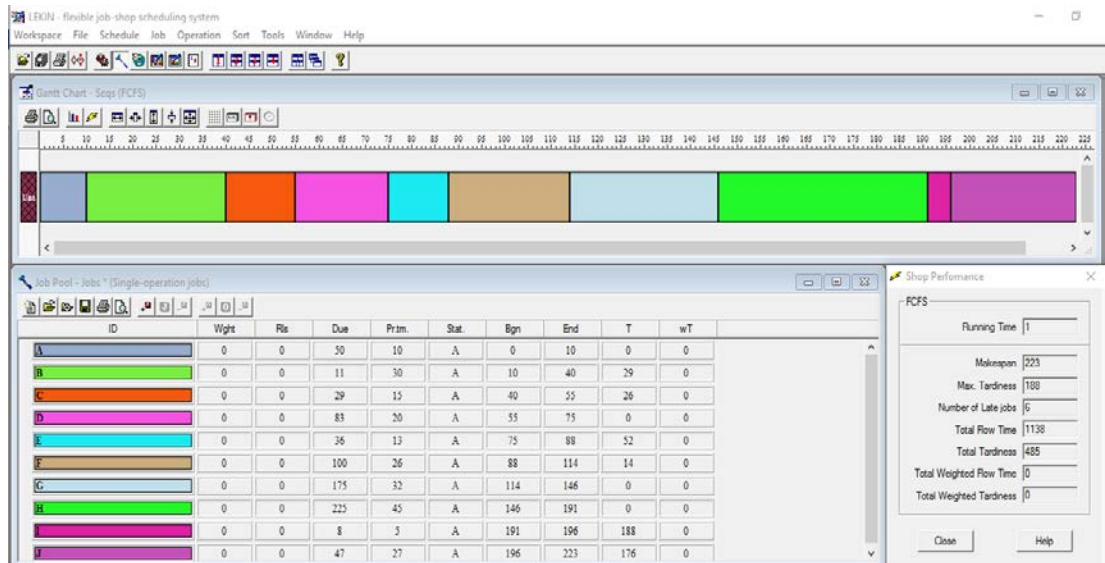
Kaynak: (Lekin, 2016)

Makespan 223 saniyedir. Maksimum gecikme süresi 50 saniyedir, toplam gecikme süresi 251 saniyedir ve toplam iş akış süresi 1010 saniyedir. Ortalama iş akış süresi 101 saniyedir. Bu çözüm yöntemi ile siparişlerin tamamı gecikmiştir.

Sıralama: I-B-C-E-J-A-D-F-G-H

EK A.4.3. FCFS (İlk Gelen İlk Hizmet Görür)

Çizelge EK A.4.3. FCFS lekin çözümü



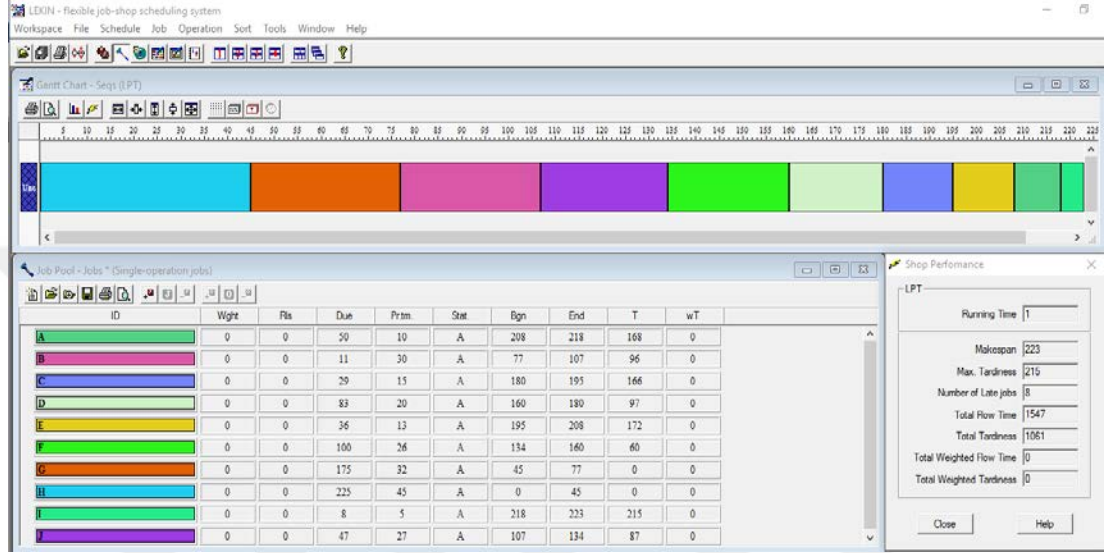
Kaynak: (Lekin, 2016)

Makespan 223 saniyedir. Maksimum gecikme süresi 118 saniyedir, toplam gecikme süresi 485 saniyedir ve toplam iş akış süresi 1138 saniyedir. Ortalama iş akış süresi 113,8 saniyedir. B, C, E, F, I ve J siparişleri gecikmiştir.

Sıralama: A-B-C-D-E-F-G-H-I-J

EK A.4.4. LPT (En Uzun İşlem Süresi)

Çizelge EK A.4.4. LPT lekin çözümü

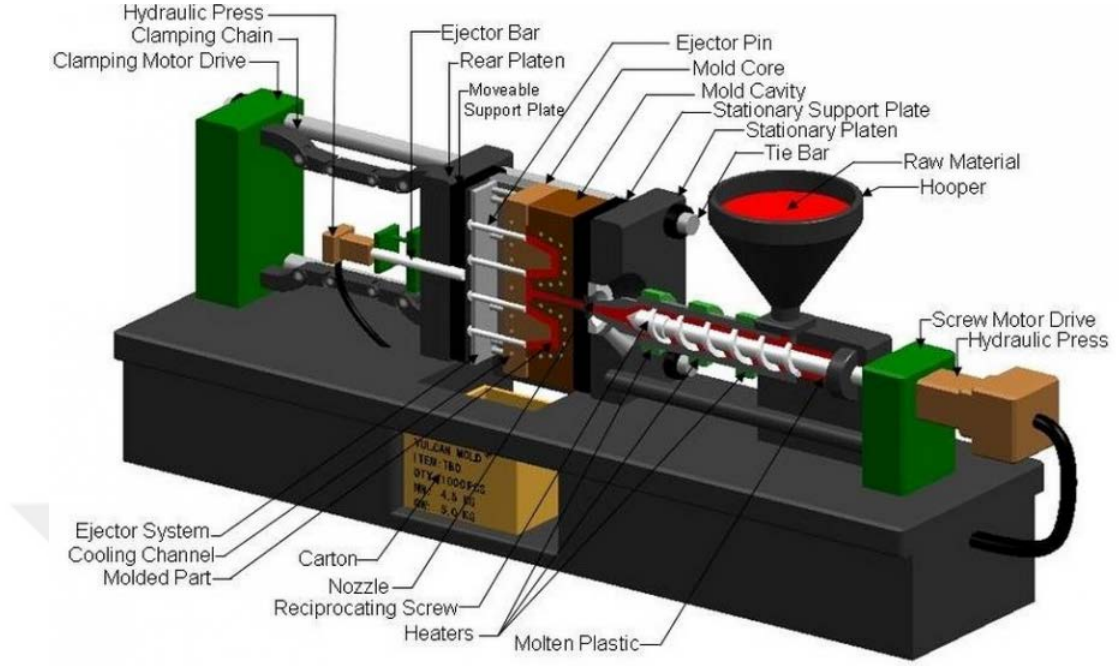


Kaynak: (Lekin, 2016)

Makespan 223 saniyedir. Maksimum gecikme süresi 215 saniyedir, toplam gecikme süresi 1061 saniyedir ve toplam iş akış süresi 1547 saniyedir. Ortalama iş akış süresi 154,7 saniyedir. Bu çözüm yöntemi ile B, J, F, D, C, E, A ve I siparişleri gecikmiştir.

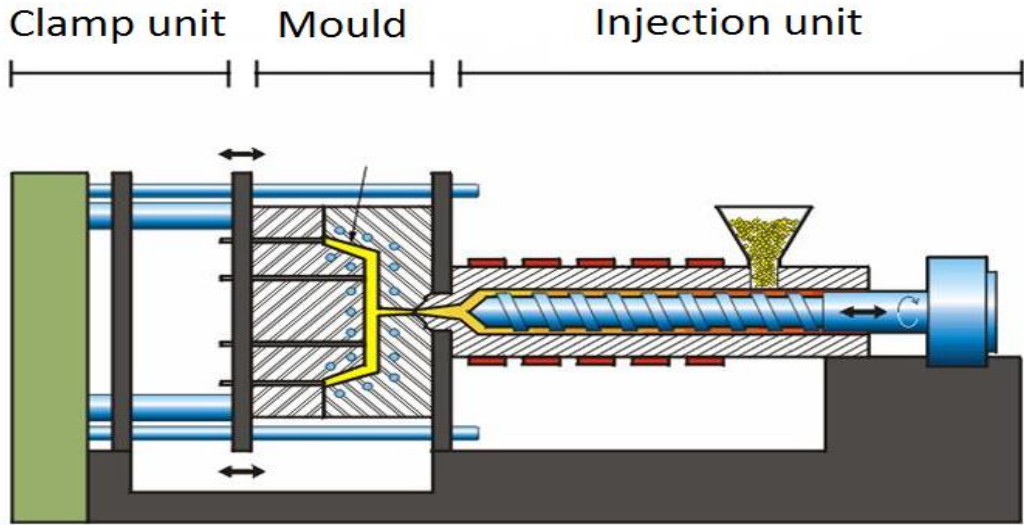
Sıralama: H-G-B-J-F-D-C-E-A-I

EK B. Fotoğraflar



Şekil EK B.1. Enjeksiyon makinesi genel görünüm

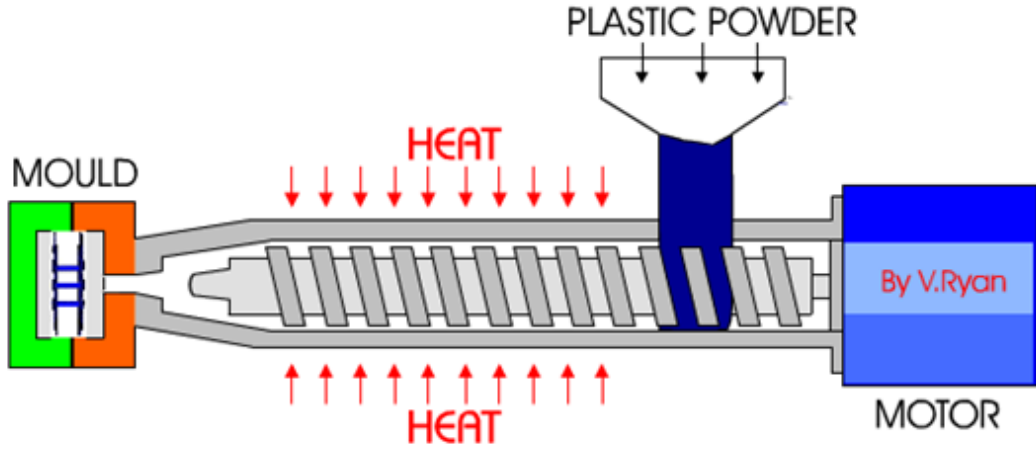
Kaynak: (Enjeksiyon Makinası, 2016)



Şekil EK B.2. Enjeksiyon makinesi bölümleri

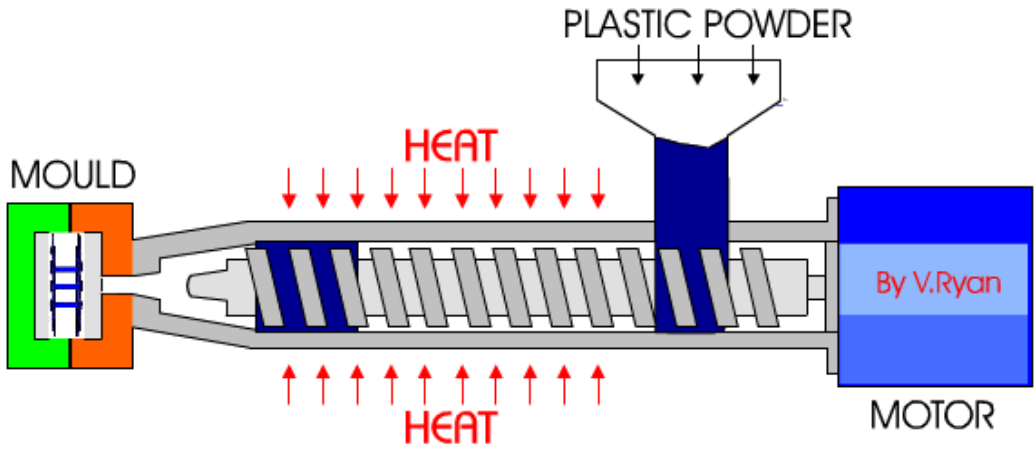
Kaynak: (Enjeksiyon Makinası, 2016)

PLASTIC GRANULES DROPPING ON TO SCREW THREAD



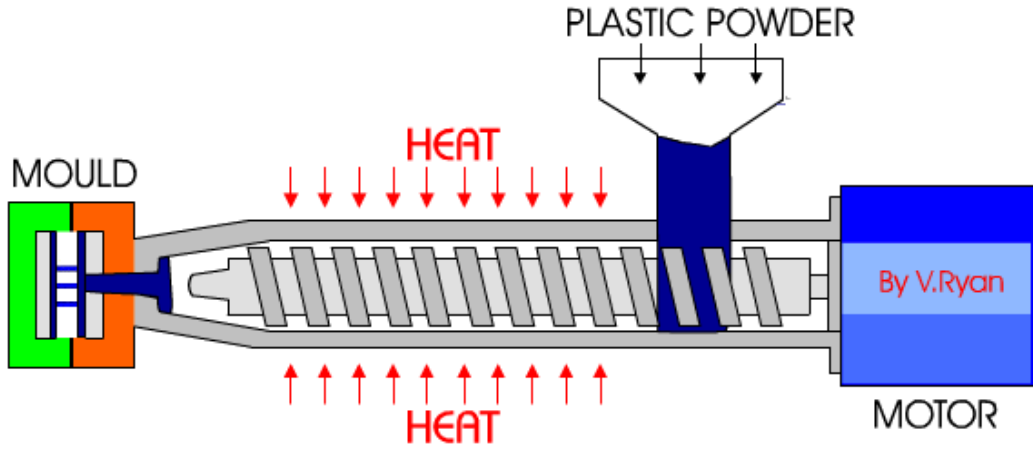
Şekil EK B.3. Hammaddenin hazneden iticiye dökülmesi
Kaynak: (Enjeksiyon Makinası, 2016)

FLUID PLASTIC MOVED BY ROTATING SCREW THREAD



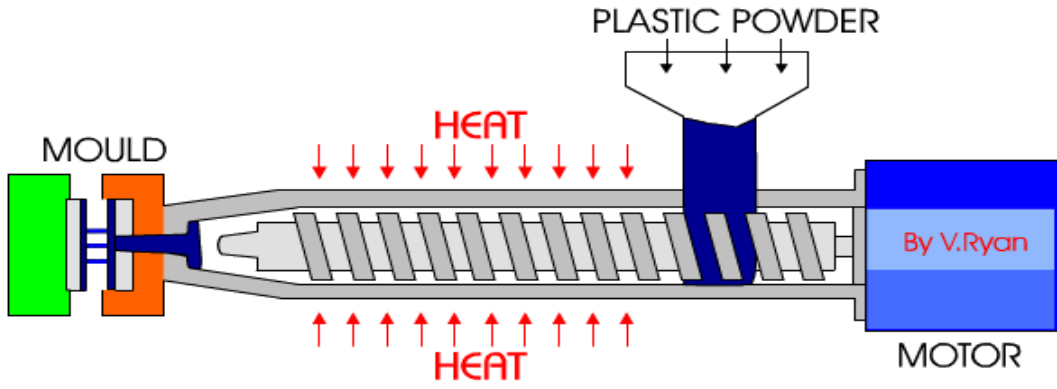
Şekil EK B.4. Hammaddenin itici içerisinde eriyerek ilerlemesi
Kaynak: (Enjeksiyon Makinası, 2016)

FLUID PLASTIC FORCED INTO MOULD



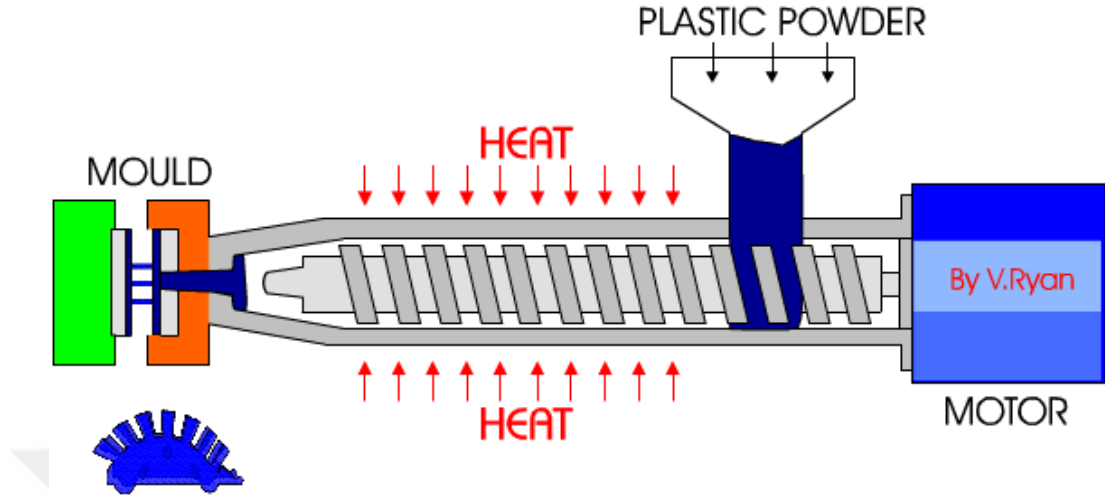
Şekil EK B.5. Hammaddenin kalıp içine enjeksiyonu
Kaynak: (Enjeksiyon Makinası, 2016)

MOULD OPENS - FINISHED PRODUCT TAKEN OUT



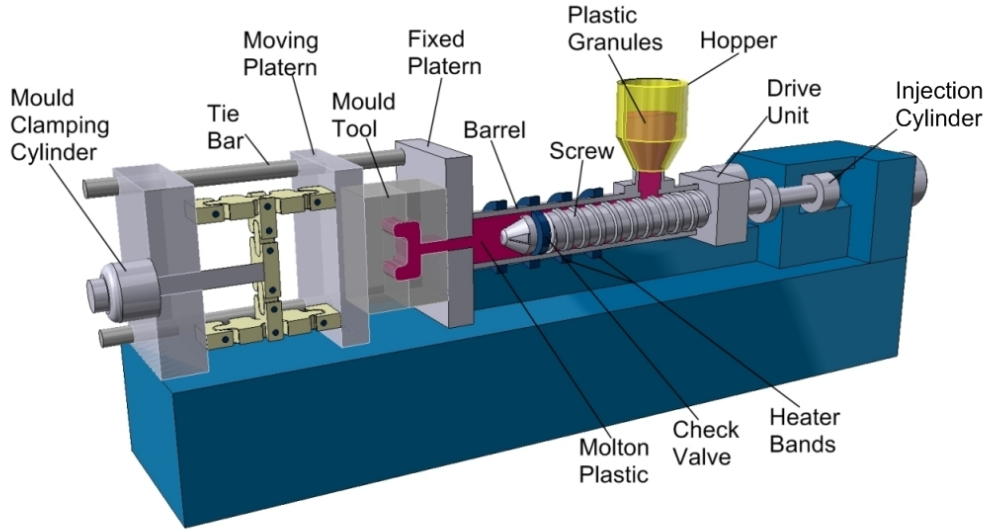
Şekil EK B.6. Kalıbın açılması
Kaynak: (Enjeksiyon Makinası, 2016)

MOULD OPENS - FINISHED PRODUCT TAKEN OUT



Şekil EK B.7. Plastik parçanın kalıptan düşmesi

Kaynak: (Enjeksiyon Makinası, 2016)



Şekil EK B.8. İtici geriye doğru dönerken hammaddeyi kalıbın alması

Kaynak: (Enjeksiyon Makinası, 2016)

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Berk ÖZER
Doğum Yeri ve Yılı : İZMİR, 22/08/1989
Medeni Hali : Bekâr
Yabancı Dili : İngilizce
E-posta : berkozer130@gmail.com

Taranmış
Fotoğraf
(3.5cmx3cm)

Eğitim Durumu

Lise : Maltepe Askeri Lisesi, 2007
Lisans : İstanbul Ticaret Üniversitesi, Mühendislik ve Tasarım
Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, 2013
Lisans : Anadolu Üniversitesi, İktisat Fakültesi,
Uluslararası İlişkiler Bölümü, (devam ediyor)
Yüksek Lisans : İstanbul Ticaret Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,
Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, (devam ediyor)

Mesleki Deneyim

İHYA Makine,
Envanter Mühendisi 2013-2014
EMAS A.Ş.,
İş Etüdü ve Süreç İyileştirme Mühendisi 2014-2016
EMAS A.Ş.,
ERP Sorumlusu ve Raporlama Uzmanı 2016-...(devam ediyor)

Yayımları

Köksal M., Özer B., Hammadde ve Renk Tabanlı Çizelgeleme ve Bir Elektroteknik Fabrikasında Uygulaması, İstanbul Ticaret Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 2017 (Kabul Edildi).