

**T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**OTOMOTİV MONTAJ HATLARINDA OPTİMAL  
ARASTOK MİKTARININ BELİRLENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**End.Müh. E. Elçin KABELOĞLU**

**Enstitü Anabilim Dalı : ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ**

**Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Ufuk KULA**

**Haziran 2009**

T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

OTOMOTİV MONTAJ HATLARINDA OPTİMAL  
ARASTOK MİKTARININ BELİRLENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

End.Müh. E. Elçin KABELOĞLU

Enstitü Anabilim Dalı : ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ

Bu tez 12/06/2009 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.

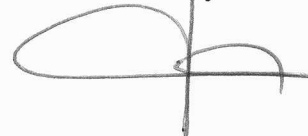
Y.Doç.Dr.Ufuk Kula  
Jüri Başkanı



Doç.Dr.Ayhan Demiriz  
Üye



Y.Doç.Dr.Mehmet Fırat  
Üye



## **TEŞEKKÜR**

Bu çalıőmamın oluőmasında bana yol gősterici olan, çalıőmam sırasında sabır ve desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen Danıőmanım Yrd. Doç. Dr. Ufuk Kula ‘ya fikir ve önerileri ile beni motive eden Doç. Dr. Ayhan Demiriz ve Arş. Gör. Beyazıt Ocaktan’a teőekkürlerimi sunarım.

Her zaman yanımda olan aileme, arkadaşlarıma ve eğitimimim süresince saėlamıő olduğu burstan dolayı TÜBİTAK’a teşekkür ederim.

# İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	ii
İÇİNDEKİLER .....	iii
ŞEKİLLER LİSTESİ .....	v
TABLolar LİSTESİ.....	vii
ÖZET.....	viii
SUMMARY.....	ix
BÖLÜM 1.	
GİRİŞ.....	1
BÖLÜM 2.	
ARABA SIRALAMA PROBLEMİ.....	3
2.1. Araba Üretim Süreci.....	3
2.1.1. Karoser-Montaj üretim süreci.....	3
2.1.2. Pres departmanı.....	3
2.1.3. Kaporta departmanı.....	4
2.1.4. Boya departmanı.....	4
2.1.5. Montaj departmanı.....	4
2.2. Araba Sıralama Probleminin Genel Tanımı.....	5
2.3. Araba Sıralama Problemleriyle İlgili Literatür Çalışması.....	10
2.4. İncelenen Problemin Tanımı.....	18
2.4.1. Problem için motivasyon.....	18
2.4.2. Geliştirilen çözüm yöntemi.....	19
2.4.3. Açıklayıcı örnek.....	28

BÖLÜM 3.	
UYGULAMA ÇALIŞMASI .....	38
3.1. Giriş.....	38
3.2. Simulasyon Modeli.....	40
BÖLÜM 4.	
SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	68
KAYNAKLAR.....	70
EKLER.....	73
ÖZGEÇMİŞ.....	85

## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1	Üretim kısıtları .....	9
Şekil 2.2	Departmanlar arası etkileşim.....	12
Şekil 2.3	Yeniden sıralama lokasyonları.....	24
Şekil 2.4	Geliştirilen çözüm yöntemi.....	25
Şekil 2.5	Tekrarlı(Rolling) sıralama.....	26
Şekil 2.6	Üretim karnesi .....	29
Şekil 2.7	Programlanan sıraya uyum-1 .....	30
Şekil 2.8	Programlanan sıraya uyum-2.....	30
Şekil 2.9	Programlanan sıraya uyum-3.....	31
Şekil 2.10	Boyahane-Tristock-Montaj ilişkisi.....	34
Şekil 2.11	Yeni bir modelin sisteme eklendiği durum.....	36
Şekil 3.1	Lokasyonların oluşturulması.....	41
Şekil 3.2	Lokasyonlar.....	42
Şekil 3.3	Entities.....	44
Şekil 3.4	Arrivals.....	46
Şekil 3.5	Arrivals da Logic sütununun doldurulması.....	49
Şekil 3.6	Array.....	50
Şekil 3.7	Attributes.....	52
Şekil 3.8	Variables.....	53
Şekil 3.9	Megane nın Body de görmüş olduğu işlemler.....	54
Şekil 3.10	Symbol un Body de görmüş olduğu işlemler.....	55
Şekil 3.11	Clio nun Body de görmüş olduğu işlemler.....	55
Şekil 3.12	Beyaz renkli araçların Sorting area ya taşınması.....	56
Şekil 3.13	Sorting Area da beyaz araçların toplanması.....	57
Şekil 3.14	Sorting Area da kırmızı araçların toplanması.....	57
Şekil 3.15	Sorting area da mavi araçların toplanması.....	58

Şekil 3.16	Beyaz araçların boyaya girmesi.....	59
Şekil 3.17	Kırmızı araçların boyaya girmesi.....	59
Şekil 3.18	Mavi araçların boyaya girmesi.....	60
Şekil 3.19	Boya işlemi.....	61
Şekil 3.20	Repair de geçen işlemler.....	62
Şekil 3.21	Clio için Paint konveyöründeki işlemler.....	63
Şekil 3.22	Symbol için Paint konveyöründeki işlemler.....	63
Şekil 3.23	Megane için Paint konveyöründeki işlemler.....	64
Şekil 3.24	Dumy deki işlemler.....	65
Şekil 3.25	Megane ın Station1 e gönderilmesi.....	66
Şekil 3.26	Megane ın Station1 den Station2 ye gönderilmesi.....	66
Şekil 3.27	Simülasyonun ekran görüntüsü.....	67

## **TABLolar LİSTESİ**

Tablo 2.1. İstasyonlararası programlanan sıraya uyum oranları.....	32
Tablo 2.2. Tristock ve montaj girişlerinde istenen sıraya uyum oranları.....	33



## ÖZET

Anahtar kelimeler: Araç Sıralama, Yeniden sıralama problemi, Stok

Değişen müşteri taleplerini karşılamak için bütün endüstrilerde olduğu gibi, otomotiv endüstrisinde de farklı model ve özellikte ürünler üretilmektedir. Bu durumda otomotiv işletmeleri, kendi kısıtlarını göz önünde bulundurarak maliyetlerini arttırmadan talebi karşılayacak araç sırasını bilmek isterler.

İşletmeler için araç sıralarını belirlemek, işlem ve istasyon sayısı arttıkça karmaşıklaşmaktadır. İşlem ve istasyon sayısının artması kısıtları arttırmaktadır ki bu da problemin çözümünü iyice zorlaştırmaktadır. Buna ek olarak belirlenen bu sıralar istasyonların herhangi birinde meydana gelen hatalar sonucunda bozulmaktadır. Bozulan sıraya tekrar uyum, sıralarda bozulma meydana gelen istasyonlardan sonra stok tutulması ile önlenecektir. Tutulan stoklar sıradaki hatalı araçlar ile yer değiştirecektir. O zaman da problem tutulması gerekli stok miktarlarının hesaplanması olacaktır. Stok tutmak işletmelerin hem maliyet hem de yer kısıtından dolayı kaçındıkları bir durumdur. Yani sıra bozulmalarından en az düzeyde etkilenmek için stok tutulması gerekli iken, işletmeler stok tutma maliyetlerinden kaçındıkları için stok tutmak istemezler. Bu durumda karşımıza çıkan ikilem ancak optimal stok miktarlarının bulunması ile aşılr.

Çalışmamızda kurulan simülasyon modeli ile tüm bu kısıtlar altında sistem modellenmiş ve tutulması gerekli optimum stok miktarları belirlenmiştir.

# **OPTIMUM BUFFER STOCK QUANTITIES IN AUTOMOTIVE ASSEMBLY LINES**

## **SUMMARY**

Key Words: Car Sequencing, Resequencing Problem, Stock

The automotive industry, like most other industries, has long been dependent on changing customer demands. That is the reason of producing different types of cars. In this case automotive industries, according to their constraints, focus on minimizing the costs. They are working for the right sequence for the minimum costs.

Sequencing cars, getting more and more difficult when processing types and workstations increases, which turns to really hard problem.(NP hard problem) In addition to this sequencing constraints, firms will face to face with defects.

The sequence can be altered intentional and unintentional. Intentional sequence alteration to fix different sequencing considerations between departments. Unintentional sequence alteration can be seen because of defects or machine breakdowns. In each situation firms should have stock areas against system stop. In this case the difficult question is determining the optimum stock quantities in stock areas.

In this study we are trying to find an answer to this difficult question by doing simulation of the car assembly line.

## BÖLÜM 1. GİRİŞ

Yaklaşık 100 yıl önce Ford tarafından sunulan Model T, montaj hattında kitle halinde üretilen ilk araba idi. Ford'un yeni üretim sisteminin avantajı maliyeti azaltmasıydı, dezavantajı ise tek montaj hattında sadece bir çeşit arabanın üretilmesiydi. Fakat günümüzde gereksinimler ve müşteri beklentileri değişmiştir. Aratan rekabet, otomobil firmalarını farklı model ve özelliklerde araba üretmek zorunda bırakmıştır. Fakat ekonomik baskı otomotiv endüstrisini daha düşük maliyetli araba üretmeye itmiştir [25].

Üretim hattı masraflarından dolayı farklı özellikli arabalar aynı hat üzerinde üretilmektedir. Bu sistemler karma model montaj hatları(mixed-model assembly line) olarak adlandırılırlar [18]. Karma model montaj hatları ile ayrıca farklı model ve özellikte arabalar daha az stok miktarları ile üretilmektedir [5].

Farklı özellikli araba taleplerini karşılamak için hem planlama hem de optimizasyon yapan sistemlere ihtiyaç duyulmaktadır. Önemli bir planlama adımı, montaj hattındaki günlük üretimi en düşük maliyetle gerçekleştiren sıranın bulunmasıdır. Bir gün içerisinde bir vardiya da üretilen araçlar birbirinden farklıdır. Yani hepsinin özelliklerine göre uğrayacakları istasyonlar farklıdır. Birinci araba için otomatik cam, vinil(plastik) tavan ve klima gerekli iken, ikinci araba normal tavanlı ve camları kullanıcı kontrollü olabilir, üçüncü arabanın ise hiçbir özelliği olmayabilir [23]. Montaj hattında bazı operasyonlar için fazla işgücü ve/ya fiziksel kaynak gerekebilir. Böyle olunca da araç karakteristiklerine göre istasyonların iş yükleri değişmektedir. Ele alınan bu problem araç sıralama problemi olarak adlandırılır. Araç sıralama probleminde amaç, üretim kısıtlarını sağlamanın yanında üretim masraflarını minimize eden bir araç sıralama çözümlenmesi oluşturmaktır[18].

Ayrıca montaj hatları, araçlarla ilgili özelliklerin montajına imkan verecek şekilde tasarlanmalıdır. Örneğin araçların % 60'ına klima montajı gerekirse ve hat bir

arabanın klima montajına imkan verecek hızda akıyorsa, bu oranı sağlamak için üç adet klima montaj birimi olmalıdır ki % 60'lık oran sağlanmış olsun. Eğer iki arabaya klima takılması gerekirse, bu durumda klima montaj birimlerinden iki tanesi çalışacaktır. Dört araba için klima gerekli olsaydı o zaman da hat dördüncü arabaya klima takmayı yetiştiremeyecektir. Böyle bir durum için her beş arabadan üç tanesine klima takılabilir gibi bir kısıtımız olacaktır [23]. Tüm bu kısıtlar altında uygun sırayı bulmak firmayı rekabetçi Pazar koşullarında bir adım öne taşıyacaktır.

## **BÖLÜM 2. ARAÇ SIRALAMA PROBLEMİ**

### **2.1. Araba Üretim Süreci**

#### **2.1.1. Karoseri-Montaj üretim prosesi**

Sac levhalar fabrikaya ulaşır. Pres bölümü, sac levhaları kapı, tavan, ön ve arka kaput, vs. olacak biçimde şekillendirir. Kapı, ön ve arka kaput, tavan vs. şekline sokulan sac parçalar kaporta bölümünde kaynak yoluyla birleştirilir. Böylece otomobilin kasası ortaya çıkar. Sac kasanın doğal etkilerle (yağmur, çamur, toz, nem, vs.) zarar görmesini, örneğin paslanmasını engellemek ve göze hoş görünmesini sağlamak için boyahane bölümünde paslanmaya karşı koruyucu işlem, astar boyama, boya ve cila işlemleri yapılır. Montaj departmanında, boyanmış otomobil kasasının üzerine koltuk, direksiyon, lastikler, farlar, gösterge tablosu, elektrik tesisatı ve mekanik fabrikasında üretilen motor, vites kutusu gibi parçalar takılır [15].

#### **2.1.2. Pres departmanı**

Pres departmanı, otomobil üretim prosesinde ilk başlama noktasını oluşturmaktadır. Otomobilin kaportasını oluşturan parçalar pres hatlarının çalışmasıyla meydana gelir. Düz levha sac, ilk preste şekil verme operasyonu ile ilk formunu alır. Bunu izleyen ikinci preste, ilk şekli verilen parçanın kenarlarında ve iç kısmında bulunan fazlalıklar kesilerek çıkarılır. Parçaya son şeklini verebilmek için gerekli son kesme ve delme işlemleri yapılır. Üçüncü preste parça üzerinde bulunması gereken delikler açılır ve parçanın kenarları kıvrılır [15].

### **2.1.3. Kaporta departmanı**

Prete basılmış kaporta parçaları, taşıma araçlarıyla (forklift) belirlenmiş bir sürece göre kaporta bölümüne gönderilir. Pres kalıplarında basılıp şekillendirilmiş parçaların kaynak ile birleştirilmesine, yani otomobil şekline girmesine kaporta adı verilir. Kaportanın, aracın gövdesi olduğu söylenebilir. Parçalar, tabandan başlayarak kaynak yoluyla birleştirilir. Birleştirilmesi bitmiş araçlar, genel bir kontrolden sonra boyahaneye gönderilir [15].

### **2.1.4. Boya departmanı**

Boya departmanında uygulanan işlemlerin amacı, kasayı oluşturan sac parçaların paslanmasını önlemek, bu parçaların birleşim yerlerinde sızdırmazlığı sağlamak, titreşim ile oluşabilecek sesi engellemek ve kasaya rengini vermektir. Bunların gerçekleşebilmesi için temel olarak uygulanan işlemler sırayla: yüzey işlem tüneli (yağ alma ve fosfat kaplama), kataforez banyosu, mastikleme, astar boya, sonkat boya vernik, finisyondur. Kasa, Yüzey İşlem Tüneli ve Kataforez tesisinden banyoların içine dalıp çıkarak ilerlerken her yüzeyine (iç+dış) işlem yapılması fosfat ve kataforez kaplanması sağlanır. Daha sonra dış yüzeye astar, son kat ve vernik uygulamaları yapılır. Bu uygulamaların her birinden sonra 140-180 °C sıcaklıklardaki fırınlardan 35-45 dakika arasındaki sürelerde geçerek üzerindeki boya ve mastik pişirilir. Son olarak finisyon bandında kasa montaj departmanına gönderilmek üzere hazırlanır [15].

### **2.1.5. Montaj departmanı**

Montaj departmanı, üretim prosesindeki son etaptır. Burada, boyanmış otomobil kasasının üzerine koltuk, direksiyon, lastikler, farlar, aynalar, iç giydirmeler, gösterge tablosu, elektrik tesisatı, kapılar ve mekanik fabrikasında üretilen motor, vites kutusu gibi parçalar takılır. Montaj departmanının son evresi olan Teslim departmanına gönderilir [15].

## 2.2. Araç Sıralama Probleminin Genel Tanımı

Araba üretimi bir sıra dahilinde belirli adımları içerir. Her arabaya farklı iş istasyonlarında farklı parçalar monte edilir. Arabaların hat boyunca akış kalitesini arttırmak için bu iş istasyonlarında iş yükü dengelemesi yapılmalıdır. İş yükü dengelenmesi fazla iş yükü verilen işçilerin bundan dolayı yorulup hata yapmasını, boşta kalan işçilerin maliyeti yükseltmesini ve boşta kalan istasyonlardaki zaman ve para kaybını önlemek açısından önemlidir.

Arabalar hat boyunca ilerlerken uğramış oldukları iş istasyonlarının birbirinden bağımsız kısıtları vardır. Araç sıralama probleminde amaç iş istasyonlarının kısıtlarını sağlayan bir sıra bulmaktır. Bu problem NP-hard bir problemdir. Araba üretimi kalıp, pres, kaynak, boya, montaj gibi çeşitli üretim aktivitelerini içerir. Üretim Hattı kaporta atölyesi, boya atölyesi ve montaj atölyesi olmak üzere üç bölümden oluşur. Bu atölyelerde araba üzerine farklı işlemler uygulanır ve araç sıralaması yapılırken hat boyunca tüm aşamaların kısıtları sağlanmaya çalışılmalıdır. Montaj ve kaporta atölyesinin kısıtları birbirine benzer iken boya atölyesi renk değişimlerini minimum tutmaya çalışmaktadır [25].

Montajda istasyon sayısının fazla olduğu, farklı departmanlardan farklı sıralama kısıtlarının gerektiği durumlarda Karma model montaj hattı oldukça yaygın olarak kullanılmaktadır. Karma model montaj hattının stok ve fabrika yerleşim maliyetlerini azaltmak, iş yükü ve parça kullanımını daha iyi dengelemek gibi faydaları vardır. Araba üretiminde model sırasının, farklı departmanlarda üretimin etkinliğini arttırmada çeşitli faydaları vardır. Her bir departmanın kısıtları ve buna bağlı olarak istedikleri sıra birbirinden farklıdır. Şimdi bu atölyelerde karşılaşmış olduğumuz kısıtları inceleyelim [25].

Montaj- Kaporta Atölyesi Kısıtları:

M araç içerisinde, I araçtan fazlası için c bileşeni kullanılamaz.

C bileşeni kullanılması gerekli olan I sayıda araç, M araçtan sonra gelmelidir.

C1 bileşeni olmayan araç, C2 bileşeni olan aracı takip edemez.

C bileşeni monte edildikten sonra arkasından C bileşeni olmayan en az I araç gelmelidir.

Montaj departmanının en önemli amacı farklı iş istasyonlarındaki iş yüklerini dengelemektir. Bu sağlanırken farklı özellik arz eden araçların aşırı yüklemeye yol açmaması için belli bir sayıyı aşmaması gerekir [28]. Montaj departmanında iş yükü dengesini sağlamak için, birtakım özel montaj operasyonları gerekli araçların, montaj operasyonu kısıtlarına göre sıralanması gerekir. Bu, oran kısıtı olarak adlandırılır. Oran kısıtı her bir özellik için N/P olarak gösterilir ve P araçtan en fazla N tanesine o özelliğin monte edilebileceğini ifade eder. Örneğin sunroof için bu kısıt  $N/P=3/5$  ise beş araçtan en fazla üç tanesine sunroof takılabilir. N/P yi şu şekilde de gösterebiliriz, X\_ \_ \_X, bu kabul edilebilir bir sıradır. X istenen özelliğin monte edildiğini \_ ise araca, o özelliğin monte edilmediğini gösterir.

Montaj hattındaki farklı istasyonlarda aşırı yüklemeye neden olmamak, iş yükü dengesini sağlamak için araçların sıraları iş yükü fazla olan operasyonlar dikkate alınarak belirlenmelidir. Bu montaj hattında çok fazla iş yükü olan araçların yoğunluğunun azaltılıp, fazla iş yüklemesinden kaçınılmayla sağlanır. Örneğin 3/7 kısıtı olan bir özellik için yedi araç içerisinde aynı özellikli en fazla üç tane araca bu operasyon uygulanabilir. Her bir özellik için bu oranların sağlanıp sağlanamayacağı tam olarak bilinmemekle birlikte bu oranlardan sapmalar minimize edilmelidir [2],[6],[11],[13],[24],[26],[28].

Ayrıca, montaj hattı tasarlanırken dikkat edilmesi gereken bir nokta da, hat sabit bir hızda akarken hatta bulunan iş istasyonlarının büyüklüğünün o istasyondaki işlem zamanına bağlı olduğudur. Örneğin sunroof u monte etmek, araba ön camını monte etmekten daha uzun sürdüğü için sunroof iş istasyonu araba ön camı istasyonuna göre daha uzun olmalıdır.



Boya Atölyesinin Kısıtları:

- En fazla s adet araç aynı renkte olmalıdır.
- Boya atölyesinde en fazla ardışık s tane araç aynı renge boyanırken s+1 araçtan en az 1 tanesi farklı renge boyanmak zorundadır. Bu s+1 araçtan en fazla s tanesinin f rengine boyanması olarak formüle edilebilir [25].

Bu kısıta ek olarak renk değişimleri minimum olmalıdır. Bunun iki nedeni vardır. Enjektörlerdeki renk değişimi para ve zaman kaybettirmenin yanında çevre açısından da zararlıdır. İkinci neden ise belli sayıda araç boyandıktan sonra enjektörün iyi performans göstermesi ve boya kalitesinin sağlanması açısından enjektörün temizlenmesi gereklidir.

Boya departmanında, renk değişiminde kullanılan solüsyonun tüketimi minimize edilmek istenir, böylelikle mümkün olan en fazla sayıda aracı aynı renge boyayıp, renk değişimleri minimize edilmiş olunur. Bunu yanında, aynı renge boyanan belli sayıda araçtan sonra boyada kullanılan ekipmanların temizlenmesi gerekir. Maksimum aynı sayıda boyanabilecek araç sayısı, boyama sınırı, aşılmamalıdır. Bu yüksek öncelikli bir kısıt olup sağlanmadığında kalite problemleri ile sonuçlanır [28].

Araç sıralama probleminde boya atölyesi ile montaj atölyesi arasındaki dengeyi kurmak için kısıtlar iki kategoride toplanabilir. Bunlar yüksek öncelikli kısıtlar ve düşük öncelikli kısıtlardır. Yüksek öncelikli kısıtlar fabrikadaki kritik öneme sahip kısıtlardır. Düşük öncelik kısıtlar ise genellikle iş yükünü hafifletmeye yarayan kısıtlardır [28].

ROADEF(Fransız Yöneylem araştırma topluluğu) önem dercesine göre karşılaşılan kısıtları 3 sınıfa ayırmıştır.

- 1-Boya atölyesi kısıtları
- 2-Önemli montaj hattı kısıtları
- 3-Daha az önemli montaj hattı kısıtları

Önemli veya yüksek öncelikli kısıtları sağlayamamanın(bu kısıtlardan sapmanın) etkileri düşük öncelikli kısıtları sağlayamamaya göre daha fazladır.

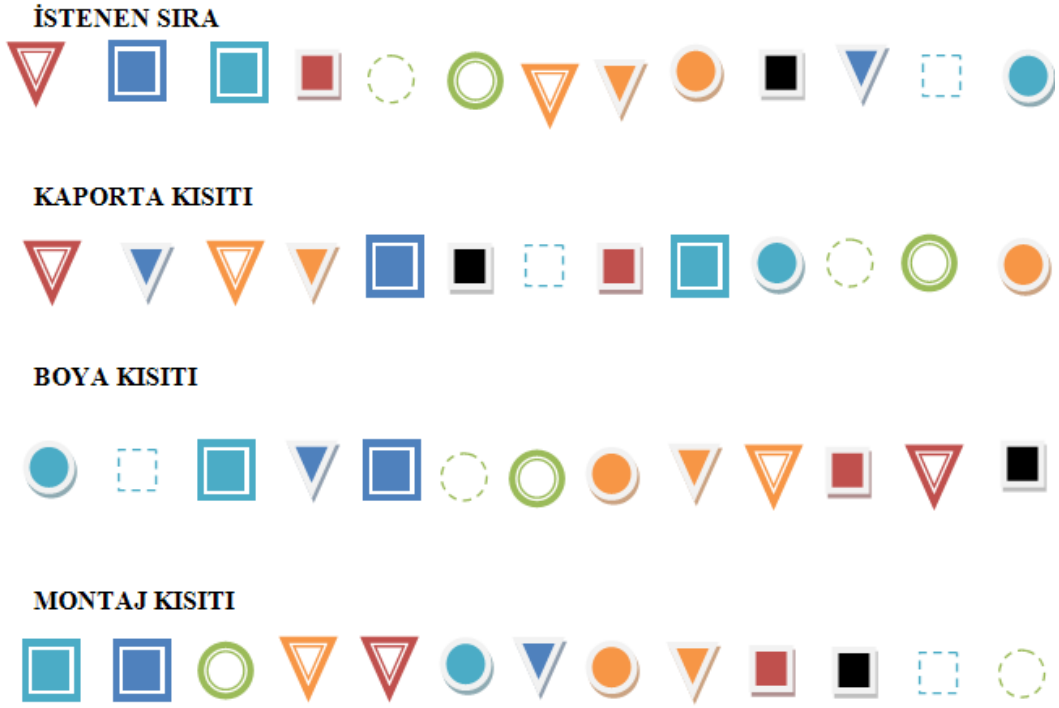
Araç sıralama probleminde amaç fonksiyonu, tüm sapmaları maliyet açısından içermelidir. Bu, tüm renk ve kısıt değişimlerine(değişkenlerine) önem derecelerine göre ağırlık verilerek yapılabilir.

Araç sıralama problemini tekrar ele alacak olursak:

- N adet araba vardır
- M farklı renk vardır
- Her aracın rengi önceden bilinmektedir
- Her defasında renk değiştirmek çok maliyetli olmaktadır
- Her araç işlem görmek için çeşitli istasyonlardan geçmektedir. Sunroof, Klima... gibi. Her bir iş istasyonunun kapasite kısıtları vardır. Her işlemin r/s diye adlandırılan (örneğin her 3 araçtan 1 tanesine klima takılmalı) kapasite kısıtları vardır.
- Her iş istasyonunda parça kullanımı mümkün olduğunca sabit olmalıdır [16]

Amaç fonksiyonumuz, tüm bu koşullar altında renk değişimlerini, yüksek öncelikli kısıtlardan sapmaları, düşük öncelikli kısıtlardan sapmaları ve toplam maliyeti minimum yapan sırayı bulmaktır.

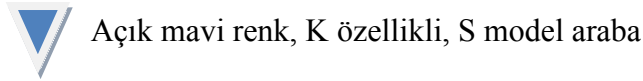
Amaç fonksiyonumuzdaki kısıtlar farklı önceliklerle ele alınabilir. Örneğin renk değişimi / yüksek öncelikli kısıtlardan sapmaların sayısı / düşük öncelikli kısıtlardan sapmaların sayısı olarak ele alınan problem, ilk olarak renk değişimini minimize etmeye çalışır, daha sonra yüksek öncelikli kısıtlardan sapmaları minimize etmeye çalışır en sonra da düşük öncelikli kısıtlardan sapmaları minimize etmeye çalışır [2],[6],[11],[13],[24],[26],[28].



Şekil 2.1. Üretim kısıtları

#### Açıklamalar

-  Açık mavi renk, L özellikli, M model araba
-  Koyu mavi renk, L özellikli, M model araba
-  Kırmızı renk, K özellikli, M model araba
-  Siyah renk, K özellikli, M model araba
-  Açık mavi renk, H özellikli, M model araba
-  Turuncu renk, L özellikli, S model araba
-  Kırmızı renk, L özellikli, S model araba



Açık mavi renk, K özellikli, S model araba



Turuncu renk, K özellikli, S model araba



Yeşil renk, L özellikli, C model araba



Turuncu renk, K özellikli, C model araba



Açık mavi renk, K özellikli, C model araba



Yeşil renk, H özellikli, C model araba

Şekiller farklı renk ve özellikte araçları temsil etmektedir. Her departmanın kendi kısıtları farklı olacağından her bir departman için istenen sıranın farklı olduğunu göstermek için yukarıdaki şekil kurgulanmıştır. Örneğin kaporta departmanı aynı model arabaları arka arkaya üretmek isterken, boya departmanı aynı renkte araçları arka arkaya üretmek isteyecektir.

### 2.3. Araç Sıralama Problemi ile İlgili Literatür Çalışması

Araç sıralama problemini ilk olarak B. D. Parello, W. C. Kabat [23] ele almışlardır, ve sadece montaj hattının kısıtları üzerinde durmuşlardır. Çalışmada her birinin farklı özellikleri olan çeşitli arabaları üretmek için tasarlanmış montaj hatları incelenmiştir. Ekonomik kısıtlar altında optimum sıra bulunmaya çalışılmaktadır. Montaj hattında akan arabalar homojen yani birbirinin aynısı arabalar değildir. Her birinin farklı özellikleri vardır. Örneğin biri için sunroof gerekirken, diğeri için gerekmez.

Montaj hattı, arabaya gerekli bütün özelliklerin monte edilmesine imkan tanıyacak hızda olmalıdır. İstasyonlar bu durumda belirli oranda arabalara gerekli özellikleri monte edebilirler. Örneğin ortalama olarak arabaların %80 ine klima gerekli ise hattın akan her 5 araba için 4 tane klima montaj ekibi gerekecek ve bu oran sağlanmış olacaktır (4/5 oranı,%80). Bunun gibi montaj hattındaki her bir istasyonun kısıtları vardır. B. D. Parello, W. C. Kabat sıralama esnasında istenen sıradan

sapmaları minimum yapmak için bir ceza fonksiyonu oluşturup modeli öyle kurmuşlardır.

M. Lahmar, H. Ergan, S. Benjaafar [20] farklı departmanların farklı ihtiyaçlarından dolayı tek bir sıralamanın sistemin geneli için optimal olmayacağını, arabaların bir sonraki departmana gelmeden önce yeniden sıralanmaları gerektiğini vurgulamışlardır. Montaj hattında değişim maliyetlerini en azlamak, araçları yeniden sıralamak üzerine çalışmışlardır.

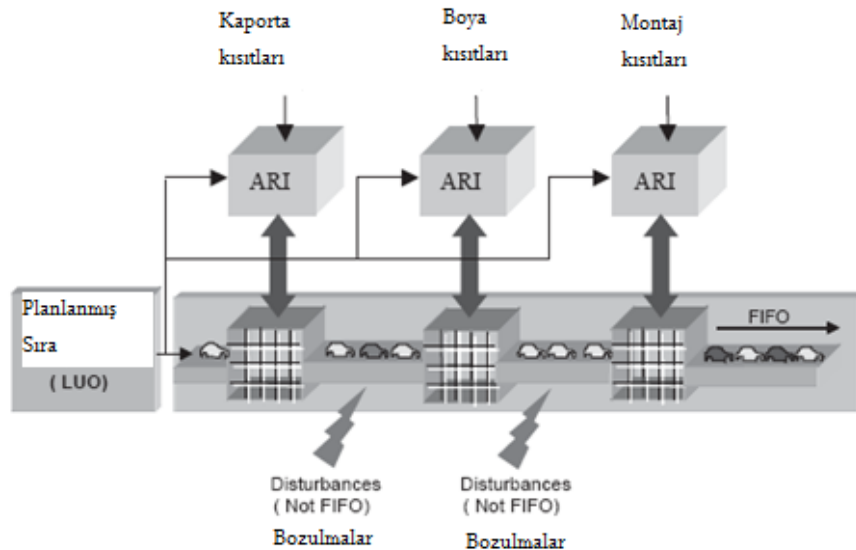
Değişim maliyetleri ardışık iki işin ortak özellik taşıyor olmasından dolayı hazırlık zamanı maliyetlerini içerir. Yani birbirine benzer işler ne kadar çok arka arkaya sıralanırsa değişim maliyeti o kadar azalacaktır. Ardışık iki araç ortak özellik taşıyorsa değişim maliyeti çok yüksek olur.

İşler farklı atölyelerde yürütüldüğünden biri için uygun olan bir sıra diğeri için uygun olmamaktadır. Bundan dolayı her atölye için işler yeniden sıralanmalıdır. Ele alınan problem, boya atölyesinin kısıtlarını göz önüne alarak, araçları boya atölyesine girmeden değişim maliyetleri minimize edilerek yeniden sıralamaktır. Yeniden sıralama off-line buffer lar ile sınırlanmıştır. Off-line buffer lar, hattan geçici bir süre alınıp yeniden hatta yükleninceye kadar geçici bir süre depolanan stoklardır. M. Lahmar, H. Ergan, S. Benjaafar da araç sıralama probleminde bu kısıtları göz önünde bulundurarak yeniden sıralama üzerinde çalışmışlardır. Benzer çalışmayı F.Y.Ding ve Sun [8] da yapmıştır. Parçaların sıralarının önemli olduğu karma montaj hatlarında, atölyelerin farklı kısıtları olacağından, araçları bir sonraki departmana girmeden önce, o departmanın kısıtlarına göre yeniden sıralaması gerektiğinden yola çıkarak çalışmalarını yürütmüşlerdir.

Yakın bir diğer çalışma ise E.Muhl, P. Charpentier, F. Chaxel [22] tarafından ele alınmıştır. Otomotiv montaj hatlarında araç akışları üzerine çalışmışlardır. Araçlar kaporta, boya, montaj gibi üç farklı atölyelerden geçmektedirler. Her istasyonun kendine has birtakım kısıtları vardır. Her istasyondaki araç akışları lokal sıralama algoritmaları(ARI) ile sağlanmaktadır. Hattın toplam akış kalitesini arttırmak için bu lokal sıralama algoritmalarını koordine etme üzerine çalışmışlardır. Bu, her bir ARI

nın sadece kendi kısıtlarının değil, sonraki istasyonların kısıtları da düşünülerek araçların sıralanmasıyla sağlanmaktadır. Örneğin kaporta atölyesi için sadece kaporta atölyesinin kısıtları değil, sonraki istasyonlar olan boya ve montaj istasyonlarının kısıtlarının da düşünülmesi gereklidir. Benzer olarak boya atölyesinin de sadece kendi kısıt ve hedeflerini düşünmeyip boya atölyesini takip eden montaj atölyesinin kısıt ve hedeflerinin hesaba katılması toplam akış kalitesini arttıracaktır.(Bkz. Şekil 2.2.) İstasyonlar arası koordinasyon problemi, ARI parametrelerinin ileri sezgisel yöntemler (meta-heuristic) kullanılarak optimize edilmesiyle çözülür.

Burada birbiriyile çakışan kısıtlar olacaktır. Bu durumda bir uzlaşma sağlanmalıdır. Bazen sistemin genel performansı artarken lokal performans düşüklükleri oluşabilir.



Şekil 2.2. Departmanlar arası etkileşim

W.Choi ve H. Shin [5] ise otomobil sektöründe karma modellenli montaj hatlarında tutulan büyük stokları dikkate almıştır. Otomotiv endüstrisinde farklı modellerin tek bir hatta üretildiği, karma model montaj hattı yaygın olarak kullanılan bir sistemdir. Karma model montaj hattı, yüksek stok miktarı olmadan kullanılan bir sistemdir. Bu hattın verimliliği dinamik sıralama sistemi ile ilgilidir. Çalışmalarında yeni bir dinamik sıralama algoritması ile boyanmış araç stoğu sistemi için otomatik dinamik sıralama sistemi sunmuşlardır. Otomotiv montaj hattı kaporta, boya ve montaj departmanlarından oluşur. Fakat oluşturulan pek çok sıralama modeli ilk iki

departmanı dikkate almayıp montaj departmanı kısıtlarını göz önünde bulundurur. C. Gagne, M. Gravel, W. L. Price [12] da benzer olarak çalışmalarında boya ve montaj departmanları için ayrı matematiksel modeller(tam sayılı programlama) geliştirerek sıralama oluşturmuş, daha sonrasında bu çoklu amaç fonksiyonunun çözüm için Karınca Kolonisi algoritması geliştirmişlerdir. Çalışmalarında Karınca kolonisi optimizasyonu ile Tam sayılı programlamanın karşılaştırmasını yapmışlardır. Olurlu (feasible) çözüm olduğu sürece Karınca Kolonisi Optimizasyonunun, Tam sayılı programlamaya göre daha hızlı sonuç verdiğini göstermişlerdir.

Boya ve montaj atölyelerinin kısıtlarını da dikkate alarak yapılan çalışmalara bakacak olursak;

A. Joly, Y. Frein [18] montaj ve boya atölyelerinin kısıtlarını ele alarak araç sıralama problemi ele almışlardır. Bir tane heuristic(construction sequence) üç tane meta heuristic(Simulated-annealing, VNS, Evolutionary) algoritma geliştirerek bunları karşılaştırmışlardır. En hızlı sonucu VNS nin verdiği bulunmuştur. Sonuçları Peugeot Citroen de kullanılmıştır. Bu çalışmaya yakın bir çalışmada C. Gagne, M. Gravel, W. L. Price [14] tarafından yapılan boya ve montaj kısıtlarını göz önüne alan bir optimizasyon çalışmasıdır. Amaçlar boya atölyesinde renk değişimlerini minimum tutmak, yüksek öncelikli parçaların montajında kapasite kısıtlarından sapmayı minimum tutmak, düşük öncelikli parçaların montajında kapasite kısıtlarından sapmayı minimum tutmaktır. Yazarlar Karınca kolonisi optimizasyon yöntemiyle Group Renault' un ROADEF 2005'e konu olan problemini çözüme yönelmişlerdir. Aynı yöntemle C.Solnon [27] da araç sıralama problemi ile ilgili çalışmıştır. Algoritmada iki tane fenomen bulunmaktadır. Birinin amacı araçlar için iyi bir sıra bulmak iken diğeri arabalar için kritikleri(kısıtları) öğrenmektir. Çalışma karınca kolonisi optimizasyonunun çok hızlı ve etkili sonuçlar verdiğini göstermektedir.

C.C. Ribeiro, D. Aloise, T.F. Noronha, C. Rocha, S. Urrutia [26] Montaj kısıtlarından sapmanın, boya kısıtlarından saptmaya göre etkilerinin daha büyük olacağından yola çıkarak montaj kısıtlardan saptmaları minimum düzeyde tutmayı hedeflemişlerdir. Yüksek öncelikli kısıtlar, araba karakteristiklerine bağlı,

gerçekleşmediğinde etkileri büyük olan montaj hattı kısıtlarıdır. Küçük öncelikli kısıtlar ise gerçekleşmediğinde üretimde küçük aksaklıklara neden olmaktadır. Yüksek öncelikli kısıtları sağlamanın, düşük öncelikli kısıtları sağlamaya tercih edilmesi gerekir.

Üç amaç ele alınmıştır;

- 1- Yüksek öncelikli kısıtlardan sapmayı minimize etmek(HPRC)
- 2- Düşük öncelikli kısıtlardan sapmayı minimize etmek(LPRC)
- 3- Renk değişimlerini minimize etmek(PCC)

Bu kısıtlar üretimin gerçekleştiği fabrikaya göre farklı önem derecelerine göre yeniden ele alınabilir. Çalışmada yukarıda bahsedilen problem yaklaşık olarak çözülmeye çalışılmıştır. Çözüm stratejisi olarak ilk adımda HPRC'den sapmalar minimize edilmiş, sonra HPRC'den sapmaları arttırmadan LPRC den sapmalar minimize edilmiş, son olarak da PCC'den sapmalar HPRC ve LPRC'den sapmalar arttırılmadan minimize edilmiştir.

F. G. Chaley, Y. Frein, R. B. Verelli [4] araç sıralama probleminde, teslim zamanına uyum oranını arttıran, gün içerisinde araba üretim sırasından sapmaları minimize eden, aracın buffer, tampon, stokta uzun süre kalmasına izin vermeyen bir algoritma geliştirmişlerdir.

C. J. Hyun, Y. Kim, Y.K.Kim [17] parça kullanım oranını sabit yapan, toplam hazırlık maliyetini minimum tutan çok amaçlı bir sıralama fonksiyonu tanımlayıp matematiksel modelini sunmuşlardır. Genetik algoritma ile çözüm geliştirilmiştir.

P.R. McMullen, P. Tarasewich, G. V. Frazier [21] çoklu ürün senaryolarında ürünler arası hazırlığın gerektiği durumlarda JIT sıralama problemini çözmek için bir metodoloji geliştirmişlerdir. Genetik algoritmalar, Simulated annealing ve Tabu arama algoritması ile çözümler karşılaştırılmıştır. Mixed-model assembly line da yöneticiler sıralamayı yaparken farklı modelde ürünleri, hazırlık zamanını arttırmadan üretmek isterler. İyi bir ürün sırası hazırlanırken sadece iyi bir ürün



karması değil, aynı zamanda kabul edilebilir hazırlık süreleri de dikkate alınmalıdır. Bu durumda sıralama problemi çok amaçlı bir problem haline dönüşmektedir. Bu çalışmada iki özel sıralama amaçları ele alınmıştır.

1-Gerekli hazırlık zamanı

2- Kullanım oranı

Hazırlık süresi birbirini takip eden iki ürünün farklı olması sonucu oluşur. Kullanım oranı ise işletmenin çizelgelemeye uyma seviyesini gösterir. JIT uygulayan işletmelerde bu kullanım oranı çok önemlidir. Bu sistemler, gerekli parçaların, gerekli zamanda, gerekli yerde olmaları felsefesiyle çalışmaktadırlar.

Çoklu ürün karmaları olan üretim çizelgelerinde daha fazla hazırlık süreleri olacaktır. Burada birbiriyle çelişen iki durum söz konusudur. Çalışma, çoklu ürün karmasına bağlı olarak farklı ürünler arası oluşan hazırlık zamanlarını ele alan JIT sistemlerinde, sıralama problemini çözmek için bir metodoloji sunmuştur.

T. Kis araç sıralama probleminin NP-Hard problem olduğunu göstermekle birlikte NP-Hard problemler üzerinde durmuştur.

N.Boysen, M. Flicdner, A. Scholl [3] çoklu model sıralaması, araç sıralaması ve seviye çizelgeleme üzerine çalışmalarını inceleyerek bir literatür taraması yapmışlardır.

H. Yan, Q. Xia, M. Zhu, X. Liu, Z. Guo [29] araçların aşırı ve az üretilmesi durumunda geliştirilen üç tabu arama algoritması ile hazırlık maliyetleri ve iş istasyonlarının boş kalma zamanlarını yaklaşık olarak optimize eden bir amaç fonksiyonu dahilinde üretim planı, sırası bulmaya çalışmışlardır. Araştırmalarında otomotiv montaj hatlarında bütünleşik üretim planlama ve çizelgeleme problemini ele almışlardır. Tam sayılı programlama modeli ile kaba üretim planı elde etmişlerdir. Bulunan sonuç tabu arama algoritması ile birlikte küçük bir simülasyonla bütünleşik üretim planlama ve çizelgeleme elde etmişlerdir.

A.Davanport, E. Tsang [7] Seviye çizelgeleme(montaj hattında bütün parçaların kullanım oranını sabit tutmak) ve araç sıralama probleminin kısıtlarını dengeleyen yeni bir sayısal programlama modeli sunmuşlardır.

M. Gravel, C. Gagne, W. L. Price [14] araç sıralama problemi için üç model ve bunların çözümlerini karşılaştırmışlardır. Sunmuş oldukları sayısal programlama ve karınca optimizasyon teknikleri ile kısıt sağlama programlamasını karşılaştırmışlardır.

T. Benoist [2] birbirine yakın özellikli araçlarda, araçların özelliklerine bağlı kısıtlarının çok önemli olmadığı, renk kısıtının ön plana çıktığı durum için araç sıralama problemini ele almıştır. Renk değişimlerini ve montaj hattı oran kısıtlarından sapmayı minimize etmek için bir ceza fonksiyonu kullanmışlardır.

A. Dolgui, G. Levin ve M. A. Louly [9] üretim hatları için optimal parti büyüklüğü ve sıralamayı bulma problemini ele almıştır. Ele alınan faktörler işlem zamanları, hazırlık zamanları, rassal makine bozulmalarıdır. Amaç verilen belli bir zaman dahilinde maksimum çıktı elde etmektir. Matematik model sunulup, optimizasyon yaklaşımı tartışılmıştır. Bu yaklaşım üç tane alt problemi içermektedir. Sıralama, gezgin satıcı problemi ve sırt çantası problemidir. Çözümü bu optimizasyona bağlı olarak ortaya koymuşlardır. Optimal sıra, problemin gezgin satıcı problemine dönüştürülmesi ile bulunur, bulunan sıraya bağlı optimal parti büyüklüğü de sırt çantası problemi ile çözülmektedir.

C. Solnon , v. D. Cung, A. Nguyen, C. Artigues [28] Fransız yöneylem araştırması topluluğu tarafından düzenlenen ROADEF 2005 e konu olan araç sıralama problemini ele almaktadır. Bu problemin çözümü için ROADEF 2005 de bir yarışma düzenlenmiştir. Yazarlar bu yarışmaya katılıp başarı elde eden çalışmalarını incelemişlerdir. Makalede sezgisel çalışmaların başarılarına dikkat çekilmiştir.

H. Gavranovic [13] parti renk sayısının ikincil veya üçüncül önemli olduğu durumda yeni bir yaklaşım sunmuştur. Yapıcı greedy algoritması ve variable neighborhood arama algoritmasını kullanmışlardır. Tabu metaheuristic, VNS den elde edilen

sonuçları geliştirmek için kullanılmıştır. Amaç yine önem derecesine göre yüksek öncelikli parçaların montajında kapasite kısıtından sapmayı minimum tutmak, boya atölyesinde renk değişimini minimum tutmak, düşük öncelikli parçaların montajında kapasite kısıtından sapmayı minimum tutmaktır.

B. Estellon, F. Gordi, K. Nouioua [11] araç sıralama problemi için iki yerel arama tekniklerini, VFSL-VLNS, kullanarak araç sıralama problemine çözüm aramışlardır. Bu çalışma onlara ROADEF 2005 i kazandırmıştır.

M. Prandtstetter, G. R. Raidl [24] ,” Mc ardışık arabadan sonra c bileşenini, Lc arabadan fazlası içeremez” kısıtından yola çıkarak ILP ve ILP-VNS hibrit teknikleriyle çözüm aramışlardır. Çalışma yine ROADEF 2005 de sunulmuştur.

J. F. Cordeau, G. Laporte, F. Pasin [6] boya ve montaj hattı kısıtlarını düşünerek araç sıralama problemleri için iterated tekrarlı tabu arama algoritması sunmuşlardır. Tekrarlı tabu arama algoritması, sezgisel arama, tabu algoritma lokal optimumlardan sakınmayı sağlayan operatörlerle birleştirilmiş, elde edilen heuristic, esnek, uygulaması kolay ve hızlı çözümler verir. Sundukları algoritma ayrıca daha karışık problemlerin çözümünde de kullanılmaktadır.

A. Drexl, A. Kimms, L. Matthieben [10] araç sıralama problemi ve seviye çizelgeleme problemini ele almışlardır. İlk olarak dallanma şeması ve sınır algoritması ile araç sıralama problemi için olurlu (feasible) sıra oluşturulmuş, ikinci olarak seviye çizelgeleme araç sıralama kısıtları göz önüne alınarak optimum yakalanmaya çalışılmıştır.

J. Bautista, J. Peretra, B. A. Diaz [1] araç sıralama problemine GRASP metaheuristic kullanarak yeni bir yaklaşım getirilmiştir. Amaç maksimum sayıda arabayı spesifik zaman içinde diğer üretim gereksinimlerini de göz önünde bulundurarak sıralamaktır.

## 2.4. İncelenen Problemin Tanımı

Üretimdeki sıra kasıtlı veya kasıtsız olarak bozulabilmektedir. Bazı durumlarda bir sonraki departmanın ihtiyaçlarını karşılamak adına sırada kasıtlı düzenlemeler yapılabilir. Örneğin arabaları daha büyük parti büyüklüğünde boyamak için arabaların sıraları değiştirilebilir. Diğer yandan ekipmandaki bozukluklar, hatalı ürünler, nedeniyle sıra kasıtsız olarak da bozulabilir [8].

Sıra montaj departmanına girmeden önce kasıtlı veya kasıtsız olarak bozulduğunda bu sırayı montaj departmanına önceden bildirmek zor olmaktadır ki montaj departmanında son montaj için pek çok parçaların ilgili istasyonlara gönderilmesi, operatörlerin ve tedarikçilerin bu sırayı önceden bilmesi akışı hem hızlandırmakta hem de daha dengeli üretimin yapılmasını sağlamaktadır. Bir diğer neden de montaja gerekli parçaların istenen sırada yollanmasının gerekliliğidir. Yani araba montaja gelmeden önce, parçaların arabaların üretim sırasına göre önceden gelmesi gerekmektedir [8].

Çalışmamızda bozulan sıralamayı tekrar düzeltmek ve/ya bir sonraki departmanın kısıtlarına uygun bir sıra elde etmek için montaja girmeden önce, boya ile montaj departmanı arasında Tristock adını verdiğimiz bölgede tutmamız gerekli stok miktarlarını araştırıyoruz.

### 2.4.1. Problem için motivasyon

Boya departmanı hem hatanın en çok görülen yer olmasından dolayı hem de montaj giriş kısıtları ile boya departmanı arasındaki farklı kısıtlardan dolayı sıralamanın en çok bozulduğu departmandır. Boya departmanından çıkan araçların montaja girmeden önce tristock adını verdiğimiz yerde yeniden sıralanması, boya departmanındaki hatadan dolayı istenilen araçların montaja istenilen sıra ile gelmemesi durumunda tristocktan araç temin etmek adına stok tutulmalıdır. Tristock, boya departmanı ile montaj departmanı arasında yer alan bir stok alanıdır. Tristock tan ileri de ayrıntılı olarak bahsedilecektir. Kasıtlı ve/ya kasıtsız olarak bozulan

sırayı kontrol etmek için tristock a ihtiyaç vardır. Ayrıca hatadan kaynaklanan gecikmeyi önlemek, (hatalı araçla sağlam aracın değişiminin sağlanmasıyla) açısından tutulan stok miktarı müşteriye verilen temrin süresindeki gecikmeyi önleyecektir. Diğer yandan stok tutmak bizim için maliyetli bir durumdur. Böyle bir durumda stok miktarlarının belirlenmesi büyük önem taşımaktadır. Bütün bu durumlar göz önünde bulundurulduğunda boya departmanının kritik bir nokta olduğu yorumunu bir kez daha yapabiliriz. Biz de boya montaj arasındaki darboğazın giderilmesine çözüm bulmak amacıyla bu problemi ele aldık.

#### **2.4.2.Geliştirilen çözüm yöntemi**

Üretim ilk olarak body departmanında araçların şekillenmesiyle başlayacaktır. Body departmanının kısıtlarına göre üretilen araçlar bir sonraki aşama olan boya departmanına girmeden önce boya departmanını kısıtlarına göre sıralanmalıdır. Sıralama Sorting area [8], adını verdiğimiz bölümde gerçekleşecektir. Boya departmanı için en önemli kısıt mümkün olduğunca aynı renkli araçların üretilmesi olacaktır. Bu sıralamada mümkün olduğunca büyük partilerde, aynı renk araçlar birlikte olmalıdır. Sorting Area da araçlar hatta yerleştirilirken, hem boya için uygun sıra oluşturulmaya çalışılmalı, hem de stok alanı mümkün olduğunca iyi kullanılmalıdır. Alanın iyi kullanılması gereksiz taşımaları da ortadan kaldıracığı için önemlidir.

Boya departmanına uygun olarak sıralanan araçlar boya departmanına girerler. Boya departmanı araba üretimi boyunca hem hataların en çok gerçekleştiği departman olması sebebiyle, hem de arabaların boya işleminin diğer işlemlere göre daha uzun sürmesi nedeniyle en kritik noktadır. Araba üretimini bir zincire benzetirsek en zayıf halka boya departmanıdır. O zaman sistemimiz en zayıf halka kadar güçlüdür. Sistemdeki güçlendirme boya departmanına yapılabilecek olan iyileştirmelerle sağlanacaktır. O zaman ilk olarak hatalı araçların hattan alınması gerekmektedir. Bu araçlar tamir edilmek üzere sistemden ayrılırlar. Hataların tamir süresi hata oranına göre değişecektir. Büyük hataların tamir süresi uzun iken küçük hataların tamir süresi kısadır. Hata oranı renge ve modele göre değişebilmektedir.

Sistemimiz hattan ayrılan bu araçların yerine araç koymaya da olanak sağlamalıdır. Bu durum için Tristock adını verdiğimiz alanda boyadaki hata oranlarına ve tipine göre (büyük hataların tamir süresi uzun, küçük hataların tamir süresi) bu süre zarfında sistemin araçsız kalmaması ve montaja uygun sıranın sağlanması için stok tutulmalıdır. Hatalı araçlar için stok tutulurken bir yandan da arabaların sırası montaj departmanının kısıtlarına göre yeniden sıralanmalıdır. Sıralama Shuffling area diye F. Ding [8], tarafından ifade edilen, bizim Tristock diye belirttiğimiz yerde gerçekleştirilir. Öncelikle boya departmanı ve montaj departmanı arasında tampon stoğun ( tristock ) bulunmasının sebebini açıklayalım;

Tristock, boya departmanında oluşan hatalı araç kasalarının, araçların üretime girme sıralarını bozmalarından dolayı montajı aksatmamak adına ihtiyaç duyulan bir sistemdir. Bu sistemin kullanılmaması halinde, rastgele montaja gelen araçlar, operatörlere zorluk çıkartacak ve bir noktadan sonra operatörler ya bazı parçaları takmayı unutup, kalite problemi yaratacaklar ya da işlerini yetiştiremediklerinden dolayı bandı durdurmak zorunda kalacaklardır. Bu durum işlerini yetiştirebilme telaşı içerisinde olan operatörlerin iş kazasıyla bile sonuçlanabilir. Ayrıca standart bir üretim sağlanamadığından dolayı, sipariş esnasında müşteriye verilen teslim tarihinde de tutarlılık sağlanamayacaktır. Bu olumsuzluklarla karşılaşmamak ya da en aza indirgeyebilmek için belirtilen bölgede tampon stok tutulmaktadır.

Tristock'a girişler iki koldan sağlanmalıdır. Hat boyunca gelen araçlara, tristocktaki araçlara ve isten sıralamaya bakılarak araçlar Tristock ta sıralanmalıdır. Örneğin Kırmızı renkli M model araca ihtiyacımız varsa, bu hattan sağlanamıyorsa tristocktan kırmızı renkli M model araba sağlanmalıdır ki montaj için uygun sıralama sağlanabilsin. Eğer hattan veya tristocktan da kırmızı renkli M model araba sağlanamıyorsa o zaman en azından montaj kısıtına uyum sağlamak için farklı renk M model araba Tristock a gönderilmelidir. Bu durumda da Kırmızı renkli M modeli için verilen teslim zamanında gecikme olacaktır.

Tampon stok bölgesinde kaç tane boyanmış araç tutulması gerektiği, boya ve montaj kısıtları, maliyet analizi, talep durumu gibi birçok faktör göz önünde bulundurularak belirlenmektedir. Bu kısıtlar;

### a) Boya Departmanı

Boya işlemini gerçekleştiren robotların boya püskürtme uçları renk geçişlerinde tiner ve benzeri solüsyonlar ile temizlendiğinden dolayı her farklı renk değişimi için bir hazırlık zamanı oluşturmaktadır. Bunu en aza indirmek için de aynı renkler mümkün olduğunca beraber boyanmaktadır. Kaporta da oluşabilecek olası sorunlara karşı boya departmanı girişinde bir ara stok noktası, sorting area, bulunmaktadır.

### b) Montaj Departmanı

Montaj departmanındaki kısıtları belirleyen 2 temel unsur vardır.

#### 1-Angajman

Hat dengeleme yapılırken üretilen arabalarının işlerindeki zorluklara göre operatörlere yoğun işten sonra kolay iş verme gibi ayarlamalarla montaj hattının devamlılığı sağlanmak istenir. İstasyonlardaki operatörlerden belli bir verimlilikle çalışılması beklenir. Üretilen üç modele göre, 1. istasyon için S, iş olarak en az işe sahip modeldir. C serisi normal, M de en ağır olarak değerlendirilir. Angajman hazırlanırken istasyonların kapasite ve kısıtlarına göre işçilerden beklenen verimlilik belirlenir ve bunu yakalayabilmek için işçilere yüklenecek işler oluşturulur. Her operatörün belli bir bölgesi vardır. Bu bölge, yükümlü olduğu işleri yetiştirebileceği şekilde ayarlanmıştır. Her operatörün çalışma alanı yani montaj hattına paralel uzunluğu birbirinden farklıdır. Araçların istasyonlardaki işlerinin ağırlık oranına göre örneğin 1.istasyonda, üzerinde yoğun çalışma gerektiren M model sonrasında daha az çalışma gerektiren S modeli gelir ve operatör angajman sayesinde kendini dengeleyerek işlerini yetiştirebilir. M modeli geldiğinde operatör görev bölgesini aşarak, kendisinden sonra gelen operatörün bölgesine geçer ve işlerini yetiştirmek için onun bölgesinde devam eder. Bu sırada M modelinden sonra gelen araç o operatörün görev bölgesindedir. Operatör M modelindeki işini bitirip kendi bölgesine döndüğünde daha az çalışma gerektiren S modeli ile karşılaşır. Bu araçtaki işlerini kendi bölgesinde ya da sonraki bölgeye biraz sarkıtarak tamamlar. Ama S modelinden sonra M modeli gelmeyeceğinden dolayı, sonrasında gelecek C modeli ile düzenini sağlar, işlerini yetiştirme imkanı bulur.

Bu en genel montaj kısıtının haricinde istasyonların belirlediği ve daha sonra üretim planlamaya aktardığı kısıtlarda vardır. Bunların yorumu ,” ben en fazla 5 C modelini arka arkaya alabilirim ondan sonrasını kaldıramam, arada boşluk bırak ” gibi her istasyon kapasitesini belirtilir ve üretim planlamaca uygun sıra oluşturulur. Ancak bu durum olağanüstü haller için geçerlidir. Yıllık talep öngörülerini doğrultusunda montaj giriş kısıtları belirlenir ve tüm yıl hiç değiştirilmeden uygulanır. Böylece arka arkaya 2 M modeli ya da 5 C modeli gelmesi söz konusu değildir. Eğer böyle bir durum oluşacak olsa bile aralarında boşluk bırakma gibi yöntemlerle arabaların ardışık gelmesi engellenir. Buna göre teslim tarihleriyle oynama, erteleme gibi durumlar söz konusu değildir. Yalnızca aracın fabrikadan çıkış tarihi  $\pm 1$  gün oynayabilir. Montaj giriş kısıtları dışında istasyonların kendi içlerindeki kısıtlar da vardır. Üretim planlanırken bunlar göz önünde bulundurulmaktadır

## 2-Tesis

Tesis kısıtları, tesisin kapasitesini ve makine kısıtlarını içeren, montajdaki diğer kısıtlardır. Örnekleyecek olursak, arka cam mastik makinesinin süresi bandı direkt olarak etkileyen bir unsurdur. Buna göre bir ayarlama yapılması zorunludur. Aynı şekilde aracın yürüyen aksamının oturduğu paletlerin sayısı da optimal olarak belirlenmiştir. Sıranın bozulması halinde bu paletler yetişmeyecek ve üretim aksayacaktır.

Toparlayacak olursak, kısıtların sebebinin angajman ve tesis bir başka değişle işçilik ve makine kısıtları olarak ele alabiliriz.

Tristock sistemi boya departmanından çok montaj departmanı ile entegre olan bir kısımdır. Fakat boya departmanı tristock un dengesini bozar. Sürekli aynı modellerde hata oluşması tristock taki araçları eritir. Bir vaka kurgulayacak olursak;

Montaj giriş kısıtları, istasyonlardaki kısıtların bir sonucu olduğu gibi taleple de doğrudan ilişkilidir. Buna göre üretilen araçlar, montaj giriş kısıtları ve tristock taki araç sayısı ile doğrudan ilişki kurabiliriz. Sabit olmamakla birlikte tristock taki ideal durumu 15 S modeli, 9 M modeli ve 36 C modeli olarak belirleyelim. Boya



departmanında sürekli olarak M modelinden hata oluştuğunu varsayalım. Rötuştan tristock a geçme hızını da, tristock un montaja araç verme hızından az olarak belirleyelim. Böyle bir durumda tristock, montaj kısıtlarını sağlamak adına, sürekli M modeli verecektir ve stoktaki M modelinin sayısı zamanla azalacaktır. Bunun sonunda montajda problemle karşılaşma durumu ortaya çıkacaktır.

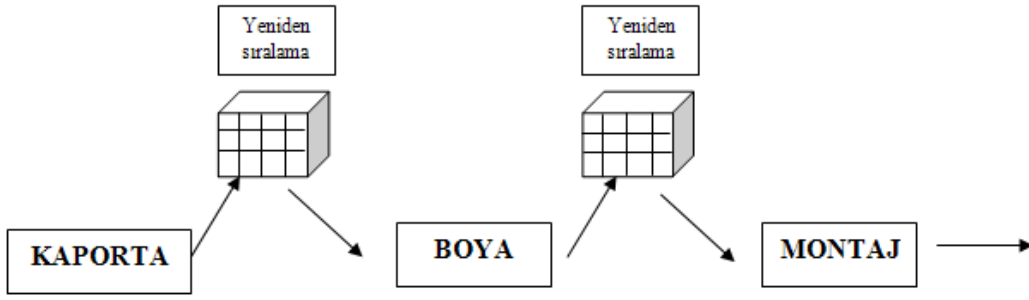
Çalışma prensibi olarak tristock bir park alanı gibi olup, üretim planlamanın planladığı, montaj departmanı kısıtlarının müsaade edebildiği sınırdan montaj departmanına araçları yollayacaktır.

Sipariş verilen araç beyaz renkli S model bir araba olsun. Kasanın boya işlemi devam ederken finisyon kısmında bir hata yaşandığını ve kasanın rötuşa hatanın gönderilmesi için döndüğünü düşünelim. Tristock elindeki kasalara bakar ve elindeki beyaz renkli S modelini montaj departmanına gönderilmek üzere Tristock a yollar, böylelikle montaj giriş kısıtı sağlanmış olunur.

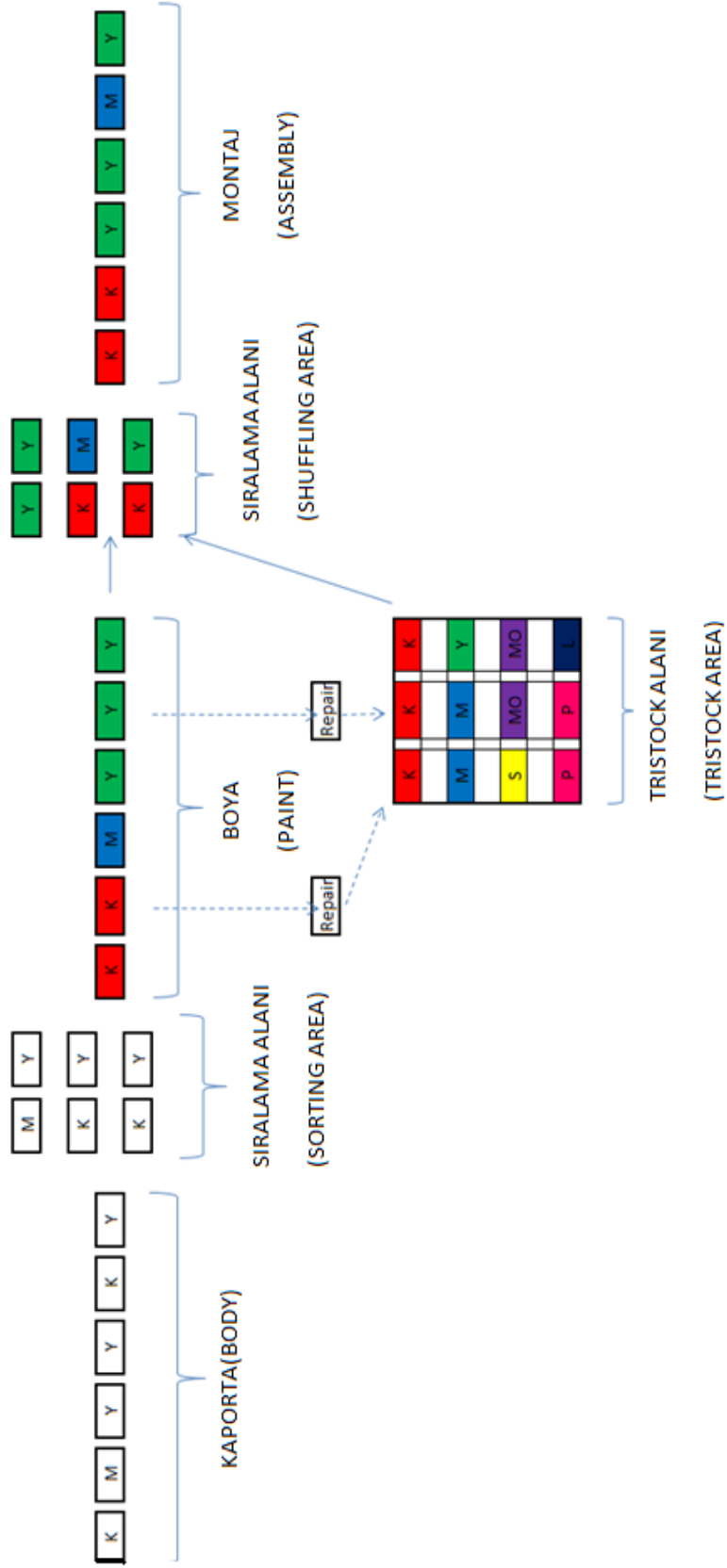
Sipariş verilen araç sunrooflu siyah C model bir araç olsun. Boyada karşılaşılan sorun nedeniyle kasa rötuşa döner. Tristock montaj giriş kısıtını sağlayabilmek için stoğu kontrol eder. Sunrooflu siyah renkli C model araca rastlanmadığı zaman, montaj kısıtını sağlamak için elinde bulundurduğu kırmızı renkli C modelini koyar fakat öngörülen teslim tarihi ertelenmiş olur. C modelinin rötuştaki işlemini bitirip tristock a gelmesi ve tristock da montaj kısıtını sağlayabilmesi için beklemesi ile teslim tarihi ileriki bir tarihe ertelenmiş olmaktadır.

Tristock dan montaj departmanının kısıtlarına göre sıralanmış olan araçlar montaj departmanına girerek işleme devam ederler.

Her departmanın kendine özel kısıtları olacağından karşılaşılan bu sıralama problemini çözmek için, üretim sırasını montaj kısıtlarına göre belirleyelim. İlk olarak kaportaya göre üretelim, sonra boya için sıralayalım sonra da montaj için yeniden sıralayalım [8].(Bkz. Şekil 2.3.)



Şekil 2.3. Yeniden sıralama lokasyonları



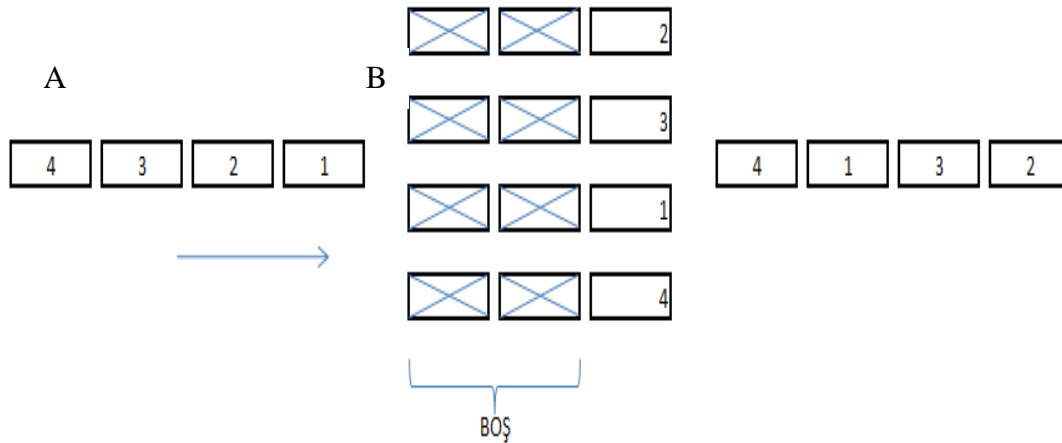
Şekil 2.4. Geliştirilen çözüm yöntemi

Şekil 2.4’de sunulan çözüm yöntemi görülmektedir. Farklı departmanların farklı kısıtları olacağından, her bir departman için istenen sıra farklıdır. Geliştirilen çözüm yöntemi ile kaportanın kısıtlarına göre üretim yapılır daha sonra araçlar sorting area diye adlandırılan kısımda boya departmanına uygun olacak şekilde yeniden sıralanır. Boya departmanından geçen araçlar, bir sonraki departman olan montaja gelmeden önce tristock da yeniden sıralanır. Ayrıca boya departmanında hata oluştuğunda araç yeniden işlenmek üzere hattan alınır, hattın akışının devamlılığının sağlanması için tristock tan hatalı aracın yerine başka bir araç konmalıdır. Bu durum için tristock ta stok tutulması gereklidir. Sonrasında hataları giderilen araçlar tristock a gönderilir. Modelimizde tristock ta tutulması gerekli stok miktarları simülasyon ile bulunur.

Şimdi Tristock daki yapılan yerleştirmeden, sıralamadan bahsedelim:

Yerleştirme Blok sıralama ve Tekrarlı (Rolling) sıralama olmak üzere iki şekilde gerçekleşir [8].

Blok sıralamada hattan akan Tristock daki hat sayısı(k) kadar araca bakılır ve hepsine hangi hatta gideceklerini gösteren numaralar verilir. Böylece k tane araç tek bir iterasyonda sıralanmıştır. Sıralanan k tane araç Tristock daki hatlara sıralandıktan sonra takip eden k tane araç için yine aynı işlem gerçekleştirilir [8].



Şekil 2.5. Tekrarlı (Rolling) sıralama

Tekrarlı (Rolling) sıralamada ise yine hattın akan k tane araca bakılır, bir sonraki departmanın ihtiyaçlarını sağlayan araca numara verilir, k sabit tutularak araçlar sırayla numaralandırılır. numara verilen her araca karşılık hattın akan yeni araçlar k ya dahil edilir ve sıralama gerçekleştirilir. Şekilde sol taraftaki 1, en son numara verilen araçtır ve aynı zamanda yapılan sıralama sonucunda en sondaki araçtır.

Hattın bir araç sola ilerlemesiyle k yı sabit tutmak için hattın sonundaki(4 ten sonra gelen) araç sıralamaya dahil edilir ve yeniden bir sıralama oluşturulur böylelikle her bir iterasyonda sıralama yeniden oluşturulmuş olur. Tekrarlı (Rolling) sıralama, blok sıralamasına göre daha esnek bir sıralama yapmamızı sağlar, çünkü blok sıralama da blok sayısı kadar araç arasından tek iterasyonla sıralama yapılırken Tekrarlı (Rolling)sıralamada ise yine k tane araç sıralanmaktadır ama her bir adımda farklı araçlar sıraladığı için gelen araçları istenilen sıraya göre sıralamak daha kolay olmaktadır [8].

Bozulan sırayı yeniden düzenlemenin farklı yolları vardır. Kasıtlı olarak, bir sonraki departmanın kısıtlarını sağlamada, bozulan sıralama için bir yol bozulan sıralamanın sorting line ile yeniden düzenlenmesidir. Kasıtsız, hatalardan kaynaklanan, bozulmaları düzeltmek için bir yol, taşıyıcı sistemler kullanmaktır. Taşıyıcı sistemler ile gerekli araçlar stokta tutularak bozulan araçla yer değiştirilir. Bir diğer yöntem sıraya boşluklar koymaktır. Örneğin iki araba sıralanır 1 boşluk bırakılır.

Depolama ve taşıma sisteminin yapısı stok kapasitesine bağlıdır. Gerekli stok kapasitesi fazla ise otomatik taşıma depolama sistemleri kullanılabilir. Gerekli stok kapasitesi az ise küçük bir taşıma depolama sistemi veya daha düşük maliyetli bir sorting line sistemi yeterli olacaktır.

Hatalı araç fark edilip, sistemden alındığında sistemin durmaması için, daha önceden hesaplanan miktarda araç stokta tutulmalıdır. Bu araçlar vardiya başlarında veya gün başlarında üretilip, vardiya veya gün sonunda belirlenen üretim çizelgesine göre üretime katılırlar. Bu sistemde stoklanan araçlar için ayrılan yerler ve bunları gerektiğinde getirip, götürebilen taşıma sistemleri olmalıdır [8].

### 2.4.3. Açıklayıcı örnek

Örneğimizde Renault işletmesinin verileri kullanılmıştır.

Modellerin üretim planlaması yapılırken bazı kriterler göz önünde bulundurulur ve buna göre üretim planlanır. Bu kısıtların en başında araçların işlem süreleri gelir ve bununla doğru orantılı olarak operatöre yüklenecek işlemler belirlenir. Kapasite planlanırken birçok kısıt ortaya çıkmaktadır. Temelde maliyeti en azda tutmak ilk hedeftir. Hat dengelenirken çok yönlü çalışmalar yapılır ve modellerin işlemleri bölünür, yapılması gereken işlemler adım adım belirlenir. Buna göre istasyon sayısı ve her bir istasyonda yapılacak işlemler saptanır. Sonrasında operatör sayısı belirlenir. Optimizasyonlar yapılarak gerekli düzenlemeler sağlanır. Montajdaki temel kısıt, modellerin montaj giriş kısıtlarıdır. Buna göre araçlar;

-Symbol = 1/3

-Megane = 1/3

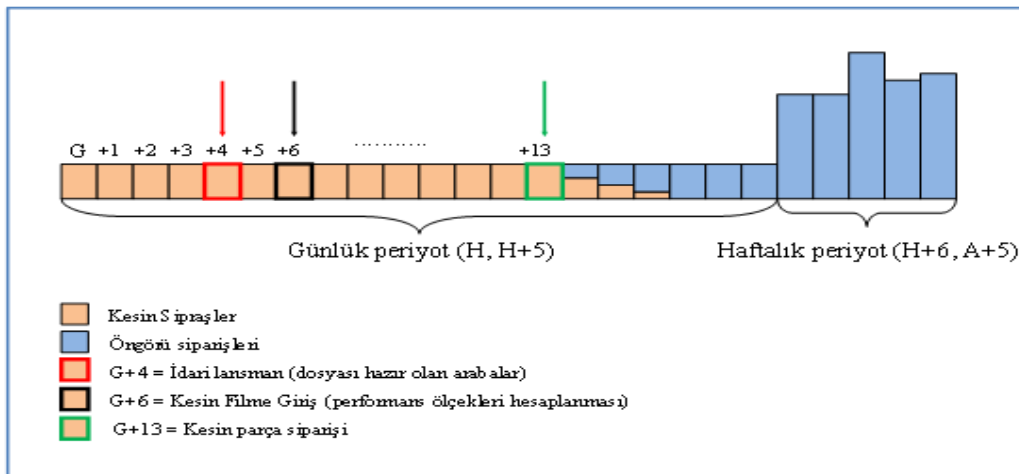
-Clio = 2/3

Oranında kaportadan başlayarak boyahane ve montaja bant üzerinde bu montaj giriş kısıtlarıyla gelmektedir. Bu kısıtların oluşturulmasında temelde araçların işlem süreleri ve buna bağlı olarak operatörlerin kapasitesi göz önünde bulundurulmuştur. Bunun yanında talep de önemli bir etmendir. Eğer Megane'ın talebi Clio ya göre daha fazla olsaydı bu durumda istasyonların ve her bir istasyonda yapılan işlemlerin yeniden şekillendirilmesi gerekebilir ve en basit olarak daha fazla operatöre ihtiyaç duyulabilirdi. Bir başka seçenek olarak; banttan geçen her 3 araçtan 2 sinin Clio olduğunu görüyoruz. Fakat bu orandan yola çıkarak Clio'nun talebinin Megane'ın talebine göre bu oranda daha fazla olduğunu söyleyemeyiz. Buradan da şu sonuca varılabilir, Meganın teslim süresi Clio ya göre daha fazladır. Megane'a talep çoktur ama müşteriye ulaşma süresi uzundur. Bu açıdan değerlendirildiğinde müşteriye teslim süresi de montaj kısıtlarının belirlenmesinde önemli bir kısıt olabilir.

Tristock: Boya departmanı ile montaj departmanı arasında, boya proseslerinde - özellikle finisyon kısmında - sorunla karşılaşılması durumunda üretim planlama departmanının montaj giriş kısıtlarını gözetererek oluşturduğu üretim planına uyulabilmesi için bulundurulmuş stok noktasıdır. 60 araçlık bir tampon stok kapasitesi vardır. Finisyon kısmından sorunsuz gelen araç tristock tan geçerek montaj departmanına gider. Finisyonun hatalı çıkması durumunda tristock tan benzer model ile karşılanır. Hatalı araç rötuşa döner, hatası giderildikten sonra tristock ta yerine karşılanan kasanın boşluğunu doldurur.

Araç sırası : Üretim planlama departmanı sipariş geldiğinde 13 gün sonraki araç üretimini planlar. Fakat bu plan, üretime 6 gün kalaya kadar değişikliğe uğrayabilir. Üretime 6 gün kaldığında plan kesinleşmiş olur. Bu 6 günlük üretim sırasına “film” adı verilir. Filmin oluşturulmasının belli amaçları vardır. 6 günlük kesin üretim planlandığında yani film oluşturulduğunda, öncelikle stoklar azaltılmış olur. İkmal güvenilirliği sağlanır, Üretim zamanı kesin olduğundan hammadde ve yarı mamul ihtiyacı tedarikçilerden zamanında karşılanır. Saatlik ve senkronize parça ikmal yapılır, bu sayede “tam zamanında üretim” (just in time production) sağlanır. Böylece elde gereksiz stok tutulmaz. Dolayısıyla stoğun olumsuzluklarından en az şekilde etkilenilmiş olunur. İkinci faydası ise müşteriye verilen teslimat sürelerine uyulur.

### Üretim Karnesi

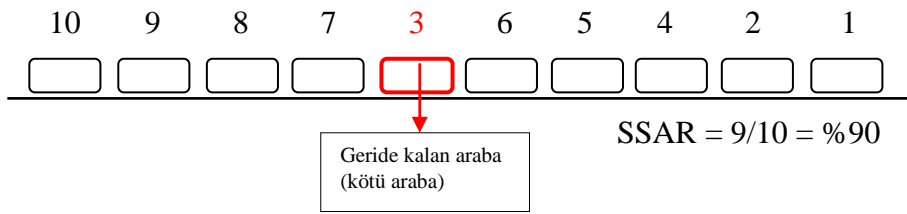


Şekil 2.6. Üretim karnesi

Araç sırası Göstergeleri: Oluşturulan filme uyum kontrol edilmektedir. Geçilmeyen araba (programlanan sıraya uyan) iyi araba, geride kalan araba kötü araba olarak adlandırılır.

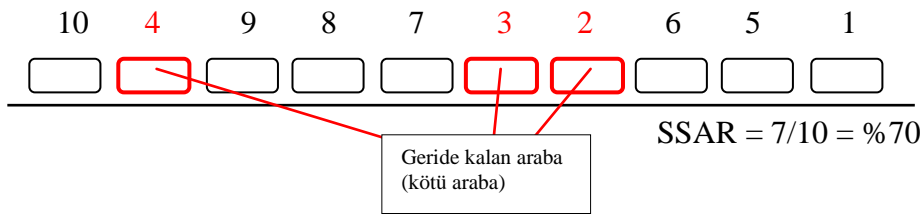
Kaporta atölyesinden boyahaneye gelen 10 aracı inceleyelim. Sonrasında iyi araba – kötü araba oranlarını bulalım.

S.S.A.R: Programlanan Sıraya Uyum (Scheduled Sequence Achievement Ratio)



Şekil 2.7. Programlanan sıraya uyum-1

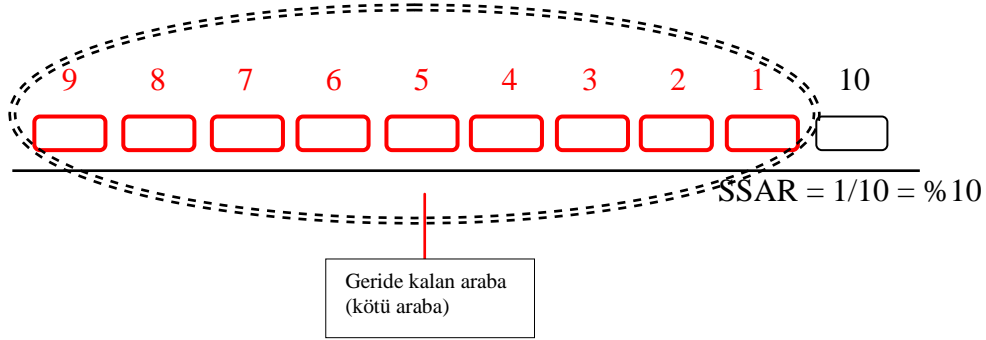
Boya departmanına gelen 10 araçtan 9'unun filme uyum sağladığını, sadece 3 numaralı aracın filmi bozduğunu görüyoruz. 3 numaralı aracın boya işlemlerinin herhangi birinde hata olması sonucu, hatanın giderilme çalışmaları sırasında yerini kaybetmesi ile film bozulmuştur. 3 numaralı aracın hataları giderilirken, işlem gören araçlar bant sisteminde devam etmiş, 3 nolu aracın düzeltme işlemleri sonlanınca 6 numaralı aracın arkasından banda dahil olmuştur. Bu durumda programlanan sıraya uyum %90'dır.



Şekil 2.8. Programlanan sıraya uyum-2



Bu örnekte 2, 3 ve 4 nolu araçlarda probleme rastlanmış ve sorunları giderilirken yerlerini kaybetmişlerdir. Filmdeki normal şartlarda 3 ardışık arabanın sorun yaşamış olması sebebiyle, boya işleminde belli bir süre aynı problemin tekrarlandığı düşünülebilir. Bu grubun filme uygunluğunu test ettiğimizde, 3 aracın yerini kaybettiğini ve dolayısıyla SSAR ' ın %70 olarak hesaplandığını görüyoruz.



Şekil 2.9. Programlanan sıraya uyum-3

Son örneğimizde ilk 9 araçta da sorun olduğuna rastlıyoruz. Burada da yukarıdaki örneğimizde olduğu gibi 9 araçlık sürekli bir problemin meydana geldiğini ve 10. araçtan önce sorunun giderildiğini yorumlayabiliriz. Filme uygun araç sayısı 1 olduğundan SSAR %10 olarak hesaplanır.

Araç sırasının daha iyi somutlaştırılması adına, boya departmanı için 2008 yılının ilk yarısının filme uygunluğunu inceleyelim.

Tablo 2.1. İstasyonlararası programlanan sıraya uyum oranları

Tarih	Boya Giriş	Kataforez Fırın Stoğu	Çıkış	Astarlı Stok Giriş	Finisyon Çıkış	Cire Çıkış
2008 / 01	65.4	24.8		22.3	13.8	11.6
2008 / 02	81.1	35.7		30.7	17.9	15.1
2008 / 03	70.7	44.1		32.3	18.8	16.8
2008 / 04	81.1	40.9		34.1	18.9	27.9
2008 / 05	81.8	37.5		32.4	18.4	30.1
2008 / 06	60.6	24.7		20.9	12.9	20.0

Tabloyu açıklamasını ve yorumlamasını şu şekilde yapabiliriz:

Değerler yüzde cinsinden, verilen tarihlerde, belirtilen bölümler için filme uygunluğu ifade etmektedir. 2008'in Ocak ayında, Boya girişe gelen araçların %65,4 'ünün üretim planlama departmanınca oluşturulan filme uygunluğu ifade etmektedir. Bu, ocak ayında Boya Girişe gelen her 100 aracın 34,6'sında sorun olmuş ve film burada bu oranda bozulmuş anlamındadır.

Aynı yorumları diğer bölümler için de yapılabilir. Nisan ayı için Finisyon prosesinden çıkan araçların %18,9'u filme göre uygun yerdeyken , %81,1 oranında kasalar üretim planlamanın filmine göre olması gereken yerde değildir.

Kasaların, Tristock ve Montaja girişlerinin filme uygunluğunu 2008'in ilk yarısı için inceleyelim.

Tablo 2.2. Tristock ve montaj girişlerinde istenen sıraya uyum oranları

Tarih	Tristock Giriş	Montaj Giriş
2008 / 01	11.5	45.2
2008 / 02	15.1	59.8
2008 / 03	16.8	51.3
2008 / 04	27.6	57.5
2008 / 05	29.6	54.3
2008 / 06	19.8	37.5

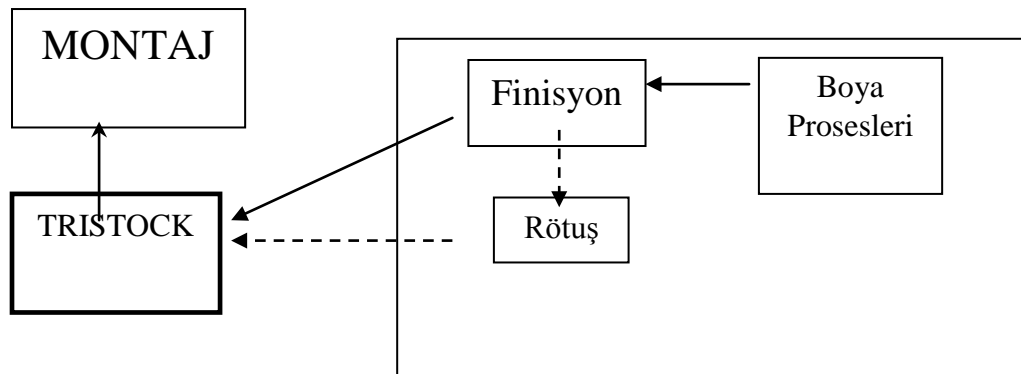
Burada ki değerler de yüzde cinsinden olup, araçların Tristock ve montaja girişlerinde filme uygunluğunu göstermektedir.

Yukarıda yapmış olduğumuz gibi aynı değerlendirmeleri burada da yapıyoruz. Ocak ayında, Tristocka gelen araçların %11,5'i filme göre olması gereken yerdeler. Geri kalanı, yani %88,5'i olmaları gereken yerlerde değiller. Fakat burada tabloyu okumanın haricinde , bir de yüzdelere göre değerlendirme yapalım.

Boya işlemi bitip Tristock a gelen araçlarda filme uygunluğun düşük olduğunu görüyoruz. Matematiksel olarak değerlendirdiğimizde, 2008'in ilk 6 ayında Tristock a gelen araçların sadece %20.06'sı olmaları gereken yerdeler. Yani 100 araçtan 20'sinin, Tristock a filme uygun bir şekilde girdiğini söyleyebiliriz. Montaja girişi değerlendirdiğimizde, bu 6 ayın ortalamasının %50,03 olduğunu görüyoruz. Bu verilerden yola çıkarak, iki tabloyu da birleştirdiğimizde şu değerlendirmeleri yapmamız mümkün olur; Boya bölümünde son proseslere gelindikçe sorunlu kasa sayısı artış gösteriyor ve dolayısıyla finisyon prosesinin çıkışında filme uygunluk boya departmanın en az olduğu nokta oluyor. İlk üç ayda cire çıkışı finisyon çıkışına göre daha az değere sahipken, Nisan, Mayıs ve Haziran aylarında filme uygunluğun finisyon çıkışına göre arttığı gözlemlenmektedir. Bu noktada aklımıza yeni bir sisteme geçilmiş (o noktada stok tutulması gibi ) ya da rötuşa bir iyileştirmeye gidilmiş olunabileceği gelmektedir. Filme uygunluk yüzdesinin tristocka girişte çok düşük olduğunu görüyoruz. Bunu boya departmanında oluşan hatalara ve finisyon çıkışında filme uygunluğun düşük olmasına bağlayabiliriz. Fakat montaja girişe

baktığımızda filme uygunluğunun, tristock girişine göre ilk üç ayda yaklaşık 4 katı son üç aya baktığımızda ise yaklaşık 2 katı olduğunu gözlemliyoruz. Buradan şu sonuca varabiliriz, tristock a hatalı gelen kasaların montaja gidememesi, tristock tan aynı özellikte kasalar tarafından karşılanmasıyla yukarıda bahsettiğimiz oranlarda giderilmiştir. Farklı bir açıdan bakacak olursak, küçük hataların rötuşa çabuk karşılanmasıyla, kasalar tristock taki yerlerini alabilmişler ve filme uygun bir şekilde montaja girmişlerdir.

Film oluşturulurken ki en önemli etmen montaj giriş kısıtlarıdır. Montaj giriş kısıtları sağlanmazsa ya da böyle bir kısıtımız olmazsa modeller sipariş sırasına göre oluşturulan plan dahilinde kaportadan başlayarak boyahane ve montaj departmanlarına gelir ve karışık bir şekilde üretilmiş olur. Standart bir şekilde üretim sağlanmadığı takdirde, modeller için üretim süresi belirlememiz mümkün olmaz. Çünkü operatörlerin de belli kapasiteleri olduğu için arkaya arkaya aynı modele bakmaları durumunda, yorgunluk olumsuzluğu da göz önünde bulundurduğumuzda işlerini yetiştirmelerinden söz edemeyiz. Hat dengeleme yapılırken, operatörlere dinlenme süresi de ayrılmaktadır. Bir operatörün Megane modelinde işi fazlaysa, Megane'dan sonra gelecek Clio modelinde işi azdır. Bu şekilde hem dinlenme hem de montaj kısıtları sayesinde hangi modelin geleceğini bildiğinden dolayı, gelen modele hazırlık yapma fırsatı bulur. Standart bir üretim sağlanmadığı takdirde üretim süresinden bahsedemeyeceğimiz gibi bu sebepten dolayı da hedef belirleyemeyiz.



Şekil 2.10. Boyahane-Tristock-Montaj ilişkisi

En basit şekliyle simule edilmiş bu 3 bölümü inceleyelim. Sırasıyla boya proseslerinden geçen kasa finisyon bölümüne geldiğinde eğer herhangi bir hata olmazsa tristock a gider ve buradan montaj departmanına doğru yol alır. Hata olması durumunda, hatalı kasa finisyondan rötuşa döner ve rötuşa hatanın derecesine göre işlem görür. Bu sırada tristock filmi bozmamak adına hatalı aracın yerine stoğundan aynı model aracı koyarak montaj departmanına yollar. Rötuşa işlem gören kasanın işlemi bittiğinde, kasa tristock a gider ve kendi yerine karşılanan kasanın boşluğunu doldurur. Hatalı araçların arka arkaya gelmesi durumunda, tristock montaj giriş kısıtlarını sağlamaya devam eder. Elinde bulundurduğu stok sayısı hatalı araçlar oranında azalsa da rötuştaki kasaların işleminin bitmesiyle tampon stok sayısı tekrar 60'a tamamlanır.

Tristock un hatalı kasaların yerine stoğundan kasa koyarak montaj giriş kısıtlarının sağlanmış olması hiçbir sorunun kalmadığını ifade etmez. Bu şekilde montaj giriş kısıtları sağlanmış olsa da, sorunlu araba için öngörülen üretim zamanı ertelenmiş olur.

### Montaj Departmanı

Boya departmanından boyanmış kasa, tristock u geçerek hat üzerinde montaj departmanına gelir ve aracın; koltuk, direksiyon, lastikler, farlar, aynalar, iç giydirmeler, gösterge tablosu, elektrik tesisatı, kapılar ve mekanik fabrikasında üretilen motor, vites kutusu gibi parçalarının montajı yapılır. Aracın montajı bittikten sonra teslim bölümünde far, rot-balasn vs. kontrolleri yapılır ve test sürüşü yapılmak üzere montaj departmanını terk eder.

Montaj departmanında ne gibi sorunlar çıkabilir ve üretim aksayabilir?

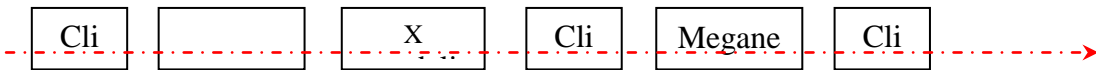
Operatörler kendilerine verilen görevleri, metotcular tarafından belirlendiği üzere yerine getirmeye çalışırlar. (ÖR: 4 adım at, tabancayı sağ elle al, kablo montajını kontrol et vs. ) Herbir operatörün 3 model için yapmaları gereken işler belirlenmiştir. Bazı modellerin işlem süresinin diğerlerine göre daha fazla ve yorgunluk anlamında daha ağır olduğunu söyleyebiliriz. Hat dengelenirken operatörlere o modellerden

sonra dinlenme payı bırakılmıştır. Çünkü işlerini yetiştiremedikleri durumda bant durur ve bant her durduğunda üretim süresi uzar, günlük ve dolayısıyla haftalık, aylık üretim hedeflerine ulaşamaz. Tabi her yetişmeyen iş için bant durmaz. Yetiştirilemeyen işin ciddiyetine göre;

- Eğer bir vida sıkılamamış ya da bir kablonun montajı yapılmış ama soketi takılamamışsa sonraki operatöre söyler, o operatör yerine getirir.
- Sonraki operatörün de vidayı sıkmaya ya da soketi takmaya vakti yoksa, asıl görevi bantın kontrolü ve istasyon şefine yardımcı olmak olan esnek adam olarak nitelendirebileceğimiz şef yardımcılarına haber verilir ve onlar yerine getirir.
- Bir başka seçenek olarak işini yetiştiremeyen operatöre Check-man adı verilen, hattın belli bölgelerinde kontrol yapan görevliye söyler ve o eksigi giderir.
- Son ve en önemli çözüm: Bant durur.

Bant durduğunda sorunlu bölümde eksik giderilirken diğer istasyonlar bantın çalışmasını beklerler. Bu onlara bir hazırlık ve dinlenme fırsatı verse de üretimin aksamasından ve zaman maliyetinin artmasından kaçınılamaz. Boya departmanında sorun çıktığında meydana gelen gecikme kadar ciddi olmasa da yine de belli bir gecikme meydana gelir ve teslim süresi ertelenmiş olur. ( Montaj üretimin son aşaması olsa da montajdan çıkan arabanın test ve teslim süreçleri oluyor ki bu işlemler yüzünden teslim süresinde gecikmeye sebebiyet verilmiş oluyor. )

Yeni bir model üretime girdiğinde, operatörlere yeni modelde yapmaları gereken görevler belirtilse ve bunun eğitimi verilse de, operatörün yeni modele uyum sağlaması ve el yatkınlığını kazanması hiç de kolay olmamaktadır. Bu yüzden şu şekilde önlem alınır



Şekil 2.11.Yeni bir modelin sisteme eklendiği durum

Üretim normal bir şekilde devam ederken yani montaj giriş kısıtları sağlanırken, yeni üretime girecek modelden sonra gelmesi gereken araç yerine boşluk gelir. Operatörler yeni modele alışıp, el yatkınlığı kazanana kadar o modelin hemen arkasından araç gelmez. Zaman baskısı olmadığından yani işini gerçekleştirebilecek yeteri kadar süreye sahip olduğundan hem daha rahat kavrama hem de işlerin yetişmesi sağlanır.

#### Montaj Departmanı - İstasyon Bilgileri

1. İstasyon: Boya Departmanından gelen boyanmış kasaların ilk ulaştığı yer 1. İstasyondur. İlk işlem kapıların sökülme işlemidir. Bu sayede kapıların ve araçların montajı daha rahat bir şekilde yerine getirilir. Bunun haricinde yapılan işlerin başlıcaları, tesisat kabloları döşenir açılır tavan ile ilgili hazırlık işlemleri ve montajı gerçekleştirilir, kapı bagetleri, ön göğüs sessizleştirici, motor içi kaplama, pedalların hazırlanması ve montajıdır.
2. İstasyon: Ön arka cam montajı, tavan çıtaları, küstad giydirmeler ve motor kulağı hazırlama ve montajı yapılmaktadır.
3. İstasyon: 9.istasyonda hazırlanan yürüyen aksam, araç gövdesiyle birleştirilir. Kasa altı tespit işlemleri yapılmaktadır.
4. İstasyon: Klima ve el freni takılır, taban halısı yerleştirilir, orta konsol, akü, hava filtresi ve hava boruları monte edilir.
5. İstasyon: Klima dolum, küstad cam montajı, koltuk montajı, araç kitapçığı, anahtar hazırlama, tampon montajı, far montajı, 10&11. istasyonda hazırlanan kapıların takılma işlemleri yapılmaktadır.
6. İstasyon: Emniyet kemerlerinin montajı, torpido takma, ABS hazırlanması ve montajı, tavan hazırlama ve montajı, motor içi bazı operasyonlar, fren boruları hazırlama ve montajı gibi operasyonları içerir.

7. İstasyon: Tekerlekleri hazırlanması ve montajı, silgi kolu montajı, cam suyu dolumu, benzin dolumu, arka stop montajı, ön ve arka cam giydirmeleri, stepne montajı yapılmaktadır.
8. İstasyon: Fren antifriz dolumu, aracın elektrik kontrolü ve elektriksel programlanması (beyninin yazılması) , paralellik ayarları, rötuş işlemleri ( elektrik, mekanik, döşeme) bu istasyonda gerçekleşir.
9. İstasyon: Arabanın kasa altı yakıt ve fren borularının montajı, amortisörlerin sıkılması, motor ve yürüyen aksamın montajı 9. istasyonda, yer bandı üzerinde yapılır ve 3. istasyona kasa ile birleştirmek üzere yollanır.
10. &11. İstasyon: Bu iki istasyon yer bandından oluşmaktadır. Kapılar sağ-sol olarak birbirleriyle sırt sırta gelecek şekilde hat üzerinde ilerlerler. Bu esnada kapı panolarının hazırlanması ve montajı, kapı camlarının montajı, kısaca kapının tüm işlemlerini içerir.
12. İstasyon: Torpidonun hazırlanması yer bandında olup, tüm işlemlerinin yapılması ile, araca monte edilmek üzere 6. istasyona gider.



## **BÖLÜM 3. UYGULAMA ÇALIŞMASI**

### **3.2. Giriş**

Simülasyon, bir model çerçevesinde, çalışmak, test etmek veya eğitim amaçlı durumun koşullarını yeniden ortaya koymaktır. Bu amaçtan dolayı dinamik sistemlerin operasyonları yeniden belirlenmektedir. Kullandığımız model, bilgisayar modelidir. Böylelikle simülasyon, bilgisayar modeli kullanarak, sistemin performansını değerlendirmek ve arttırmak için kullandığımız, dinamik sistemin bir taklididir. Modelin davranışları üzerine çalışarak gerçek sistemin nasıl davranacağı konusunda öngörülerde bulunabiliriz. Simülasyon sanal ortamda deney yapmaktır.

Bilgisayar modeli kullanılarak, sistem kurulmadan önce nasıl davranacağı, ne gibi zorluklar olacağı görülmektedir. Aylar, yıllar süren geliştirmeler, birkaç saat ve gün içinde gerçekleştirilebilir. Çünkü simülasyon sıkıştırılmış zamanda çalışır. Haftalar süren işlemler birkaç dakikada veya saniyede gerçekleşir.

Simülasyon kullanıcılarına sonsuz özgürlük tanır. Kullanıcılar risksiz bir ortamda fikirlerini deneyebilirler. Bunun ne bir para kaybı, ne bir zaman kaybı ne de mevcut sisteme bir zararı olacaktır. Ek olarak sonuçlar hem görsel hem de performansları istatistiksel olarak raporlanmış olacaktır. Sistemin çıktıları incelenirken problemler olmasa bile bunun sistemi daha iyi anlama, operasyonların detayları üzerine düşünme gibi bir faydası olacaktır. Deneme yanılma yöntemlerinin ise zaman ve para kaybının yanında başka olumsuz sonuçları da olabilmektedir.

Unutulmamalıdır ki, simülasyon kendi başına bir çözüm yöntemi değildir. Simülasyon sistemin nasıl olması gerektiğini değil, tanımlanan sistemlerin nasıl işleyeceği gösterir.

Kurduğumuz simülasyon hakkında detaylı bilgi vermeden önce, genel olarak kurduğumuz modelden bahsedelim.

BODY diye adlandırılan kaporta departmanında sac levhalar preste basılıp, kaynak işlemleri yapıp şekillendirilirler. BODY departmanındaki prosesler ayrı ayrı ele alınmamıştır.

Genel itibariyle BODY departmanını araçların şekillendirildiği yer olarak düşünebiliriz.

BODY departmanı kendi kısıtlarına göre üretimini gerçekleştirecektir. Yani son montaj hattından çıkması istenen sıraya göre değil kendisi için optimum olan sıra ile BODY de üretim gerçekleşecektir.

BODY den sonra araçların PAINT, boya, departmanına girmeleri gerekir. Boya departmanında amaç mümkün olan en az renk değişimidir. Yani mümkün olduğunca büyük partiler halinde aynı renk araçları boyamak hedeflenir.(belli bir sayıyı aşmamak kaydıyla) Aynı renk araçların partiler halinde PAINT departmanına girmesini sağlamak için SORTING AREA diye adlandırdığımız yerde sıralanırlar. SORTING AREA her renge ait araçların boya departmanına girmeden önce boya departmanının kısıtlarına göre sıralandığı yerdir. Örneğin bizim modelimizde üç farklı renkte araçlar mevcut ve biz her bir renk için SORTING AREA oluşturduk. Böylece BODY nin kısıtlarına göre üretilmiş olan araçlar PAINT departmanına girmeden önce PAINT departmanının istediği şekilde sıralanmış olmaktadır.

PAINT ile BODY departmanının farklı üretim hızlarından dolayı BODY de ek stok tutulmaktadır.

PAINT ten çıkan araçların yeniden montaj departmanının kısıtlarına göre sıralanması gereklidir. Bu işlem TRISTOCK ta sağlanacaktır. TRISTOCK diye kullandığımız sistem, simülasyon modelinde belirtilen TRISTOCK ve DUMY nin birleşiminden oluşur. Sıralama TRISTOCK ta yapılırken, stoklar DUMY de tutulur. DUMY hem sıralama hem stok tutma işlemini kolaylaştırmak için kullanılan hayali bir

lokasyondur. Gerçek sistemde hem sıralamayı hem de stok tutma işlemini gerçekleştiren TRISTOCK dur. TRISTOCK tan çıkan araçlar montaj hattında istasyonlara uğrayarak işlem görmektedirler. Modelimizde elimizde body de 4 tane farklı renk ve modellerde MEGANE, 2 tane farklı renk ve modellerde SYMBOL, 1 tane farklı renk ve modellerde CLIO bulunmaktadır. Ayrıca TRISTOCK ta 12 tane farklı renk ve modellerde MEGANE, 6 tane farklı renk ve modellerde SYMBOL, 3 tane farklı renk ve modellerde CLIO bulunmaktadır. Bu veriler ışığında TRISTOCK TA tutulan stok miktarları test edilecektir.

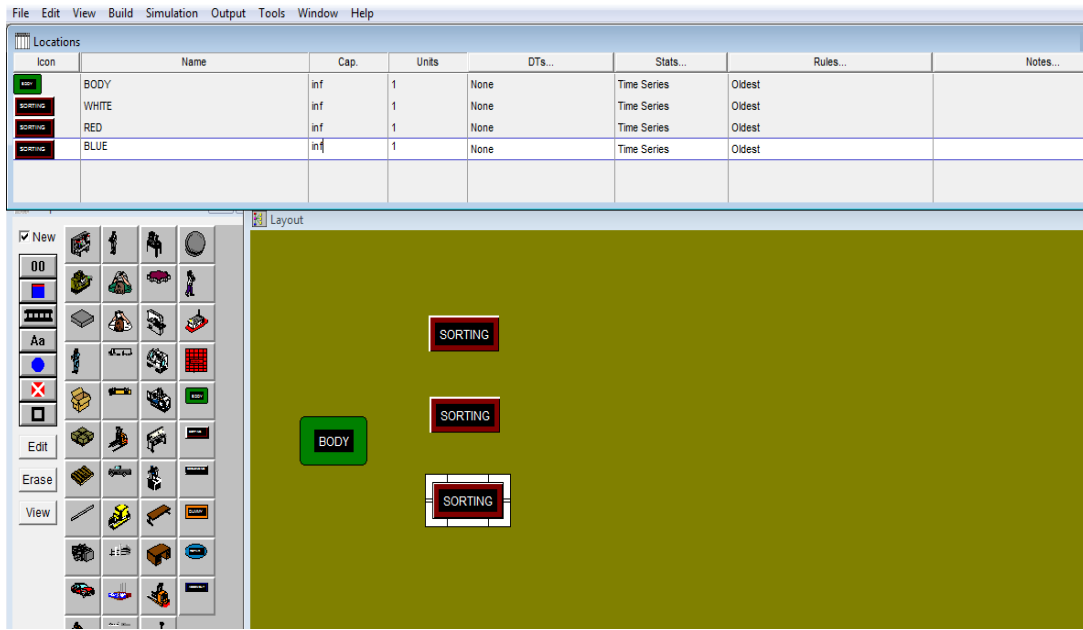
Günlük olarak üretmek istediğimiz araç bilgisi ve sırası modele girilmiştir. Amaç girilen bu sıraya mümkün olduğunca uyum göstererek, kasıtlı ve/ya kasıtsız olarak bozulan sırayı düzeltmek için tutulması gerekli stok miktarlarını simülasyonla test ederek bulmaktır.

### **3.2. Simülasyon Modeli**

Promodel da kurmuş olduğumuz modelden bahsedelim;

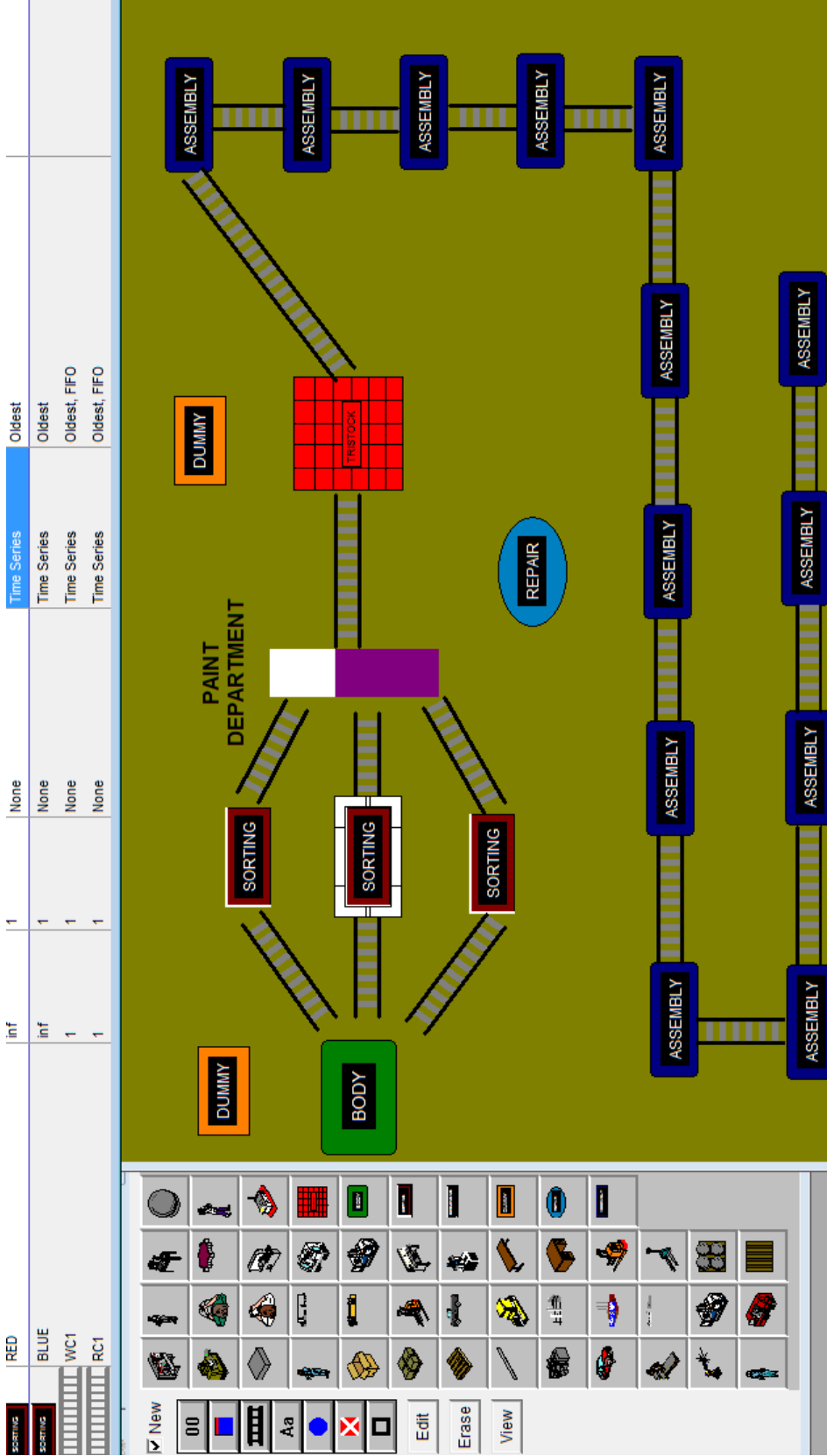
Locations

İlk olarak Build-Locations dan eklemek istediğimiz lokasyonlar aşağıdaki gibi seçilir.



Şekil 3.1. Lokasyonların oluşturulması

Sistemimizdeki tüm lokasyonlar şekil 3.4. deki gibidir.



Şekil 3.2. Lokasyonlar

BODY: Kaporta Atölyesi

SORTING AREA: Araçların Boya Atölyesine girmeden önce renklere göre ayrıldığı alan. Birinci SORTING AREA beyaz, ikinci SORTING AREA kırmızı, üçüncü SORTING AREA mavi renge boyanacak araçların boya departmanına girmeden önce toplandığı alanı göstermektedir.

PAINT DEPARTMENT: Boya Atölyesi

ASSEMBLY: Montaj Atölyeleri

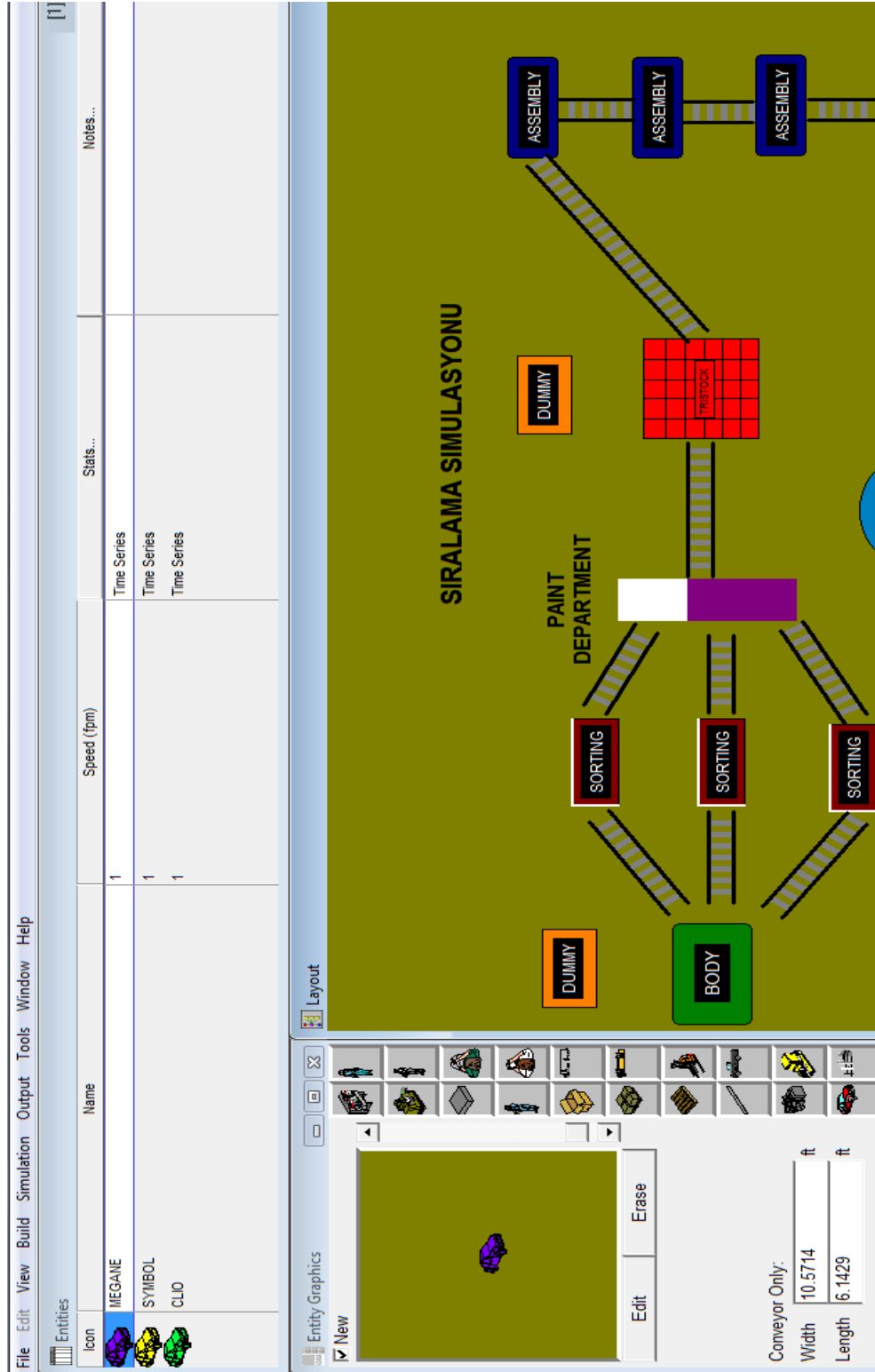
REPAIR: Tamir Atölyesi

TRISTOCK: Tristock

DUMY: Sıralama yapmayı kolaylaştıran hayali alan

Entities

Modelimizde 3 farklı entity tanımlanmıştır. Bunlar Megane, Symbol ve Clio markalı araçlardır.



Şekil 3.3. Entities

Modelimizde ilgilendiğimiz kısım boya ile montaj arasında tristock ta tutulan stok miktarları olduğu için Megane, Symbol ve Clio ya ait üretim bilgilerini ele almadık.(hammadde, kaportadaki işlemler...) Gerçek sistemde BODY e gelen sac levhalar preste basılıp kaynak olup, otomobilin görmüş olduğumuz hale gelmesi aşamalarını içerir, biz entity olarak sac levhaların BODY e gelip kaportanın oluşumuna kadar olan detaydan bahsetmedik bundan dolayı entity sayısını 3 ile sınırlı tuttuk.

### Arrivals

Sistemimize dışarıdan gelen entities(varlıkların) arrivals da geliş bilgilerini girelim.



File Edit View Build Simulation Output Tools Window Help

Arrivals [5]

Entity....	Location....	Qty each...	First Time	Occurrences	Frequency	Logic	Disabl
MEGANE	BODY	1		10	10	color=1 model=1	No
MEGANE	BODY	1		10	9	color=1 model=2	No
MEGANE	BODY	1		10	8	color=2 model=1	No
MEGANE	BODY	1		10	7	color=2 model=2	No
SYMBOL	BODY	1		10	6	color=1 model=3	No
SYMBOL	BODY	1		10	5	color=2 model=4	No
CLIO	BODY	1		10	4	color=3 model=5	No
MEGANE	TRISTOCK	3		1		color=1 model=1	No
MEGANE	TRISTOCK	3		1		color=1 model=2	No
MEGANE	TRISTOCK	3		1		color=2 model=1	No
MEGANE	TRISTOCK	3		1		color=2 model=2	No
SYMBOL	TRISTOCK	3		1		color=1 model=3	No
SYMBOL	TRISTOCK	3		1		color=2 model=4	No
CLIO	TRISTOCK	3		1		color=3 model=5	No
MEGANE	DummyforBody	1		1		color=1 model=1	No
MEGANE	DummyforBody	1		1		color=1 model=2	No
MEGANE	DummyforBody	1		1		color=2 model=1	No
MEGANE	DummyforBody	1		1		color=2 model=2	No
SYMBOL	DummyforBody	1		1		color=1 model=3	No
SYMBOL	DummyforBody	1		1		color=2 model=4	No
CLIO	DummyforBody	1		1		color=3 model=5	No

Şekil 3.4. Arrivals

BODY lokasyonunda hem hali hazırda stoklar bulunmakta, hem de bir yandan üretimin yapılmaktadır.

BODY e Megane, Symbol ve Clio için tanımlanmış olan Qty each... modellerin teker teker üretildiğini göstermektedir. Araçların üretim hızına bağlı olarak sisteme gelişleri Frequency de verilmiştir. Yani bu ne kadar sürede bir Megane, Symbol, Clio üretildiğini göstermektedir. Logic kısmında ise araçların farklı renk ve model bilgileri girilmiştir. Böylelikle biz modelimizi sistemimize gelen(üretilecek olan) farklı renk ve modellerde 40 Megane, 20 Symbol, 10 Clio için çalıştıracağız. BODY ile PAINT departmanlarının üretim hızları farklıdır. BODY departmanı günde 2 vardiya çalışırken PAINT departmanı ise günde 3 vardiya çalışmaktadır. Bundan dolayı BODY de stok bulunmaktadır. Model çalıştığında ilk olarak bu stoklar PAINT departmanına gönderilecek sonra ise üretimden yeni çıkan araçlar PAINT e gönderilecektir. BODY ye o an mevcut olan stokları tanımlamak için Dumy bir lokasyon ekledik. Bu lokasyon gerçek sistemde olmayıp sadece BODY de mevcut olan stokları modelimize tanıtılabilmek amacıyla kullandığımız hayali bir lokasyodur. Hayali olarak Dumy BODY e araçları yollayacaktır. Bunu processing de daha detaylı anlatacağız. Böylelikle BODY de 4 Megane, 2 Symbol, 1 Clio bulunmaktadır.

Ayrıca boya ile montaj arasındaki Tristockta tutmuş olduğumuz stok bilgilerini de burada girmemiz gereklidir. Tristock ta ise 12 Megane, 6 Symbol, 3 Clio bulunmaktadır. Araçlara ait renk ve model bilgilerine ait detaylar logic kısmında girilmiştir. Logic kısmında kullandığımız ifadelerden bahsedelim; üretim yapılmadan önce biz o gün, vardiya ... için hangi model hangi renkte kaç adet araç üreteceğimizi biliyoruz. Örneğin bir vardiyada 100 Megane, 90 Symbol, 200 Clio üretileceği, Megane ların 60 tanesinin beyaz, 10 tanesinin kırmızı, 30 tanesinin mavi olacağını, Symbol lerin 40 tanesinin beyaz, 30 tanesinin kırmızı, 20 tanesinin beyaz olacağı, Clioların 100 tanesinin beyaz, 60 tanesinin kırmızı, 40 tanesinin mavi olacağını benzer şekilde Megane ların 40 tanesinin X1 model, 30 tanesinin X2, 30 tanesinin X3 model olacağını, Symbol lerin 50 tanesinin X4, 40 tanesinin X5 model olacağını, Clio ların 150 tanesinin X6 model 50 tanesinin X7 model olacağını biliyoruz. İşte bu bilgilerin araçların sisteme ilk geldiklerinde girilmesi gereklidir. Modelde color ve model diye iki tane attribute tanımlanmıştır. Color araçların renkleri belirtirken,

model ise araçların modellerini belirtmektedir. Modelimizde 3 farklı renk, 5 farklı model tanımlanmıştır.

Color için tanımlamalar aşağıdaki gibidir,

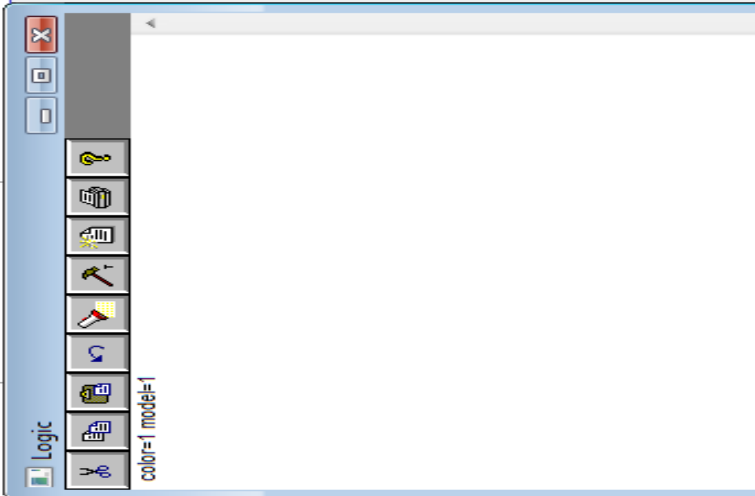
- 1: beyaz
- 2: kırmızı
- 3: mavi

Model için tanımlamalar ise,

- 1: X1
- 2: X2
- 3: X3
- 4: X4
- 5: X5

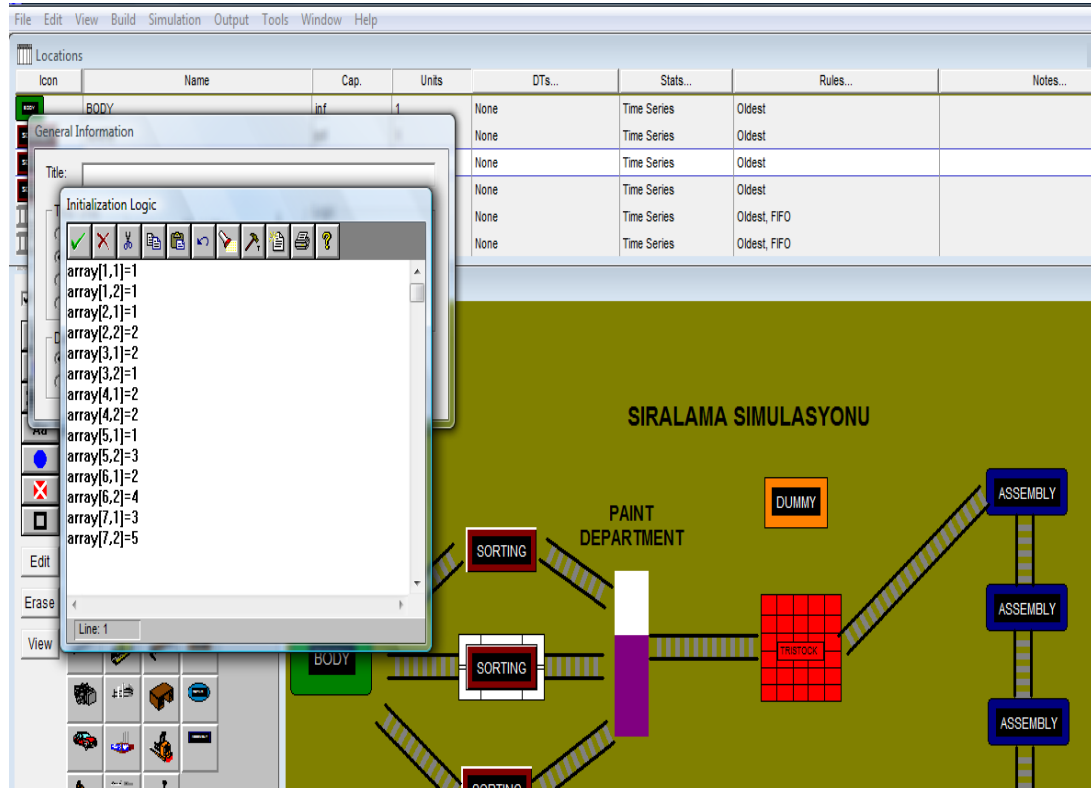
Logic de color=1 model=1 yazdığımızda beyaz renkli, X1 model araba anlamına gelmektedir.

Entity...	Location...	Qty each...	First Time	Occurrences	Frequency	Logic	Disable
MEGANE	BODY	1	10	10	color=1 model=1	No	
MEGANE	BODY	1			color=1 model=2	No	
MEGANE	BODY	1			color=2 model=1	No	
MEGANE	BODY	1			color=2 model=2	No	
SYMBOL	BODY	1			color=1 model=3	No	
SYMBOL	BODY	1			color=2 model=4	No	
CLIO	BODY	1			color=3 model=5	No	
MEGANE	TRISTOCK	3			color=1 model=1	No	
MEGANE	TRISTOCK	3			color=1 model=2	No	
MEGANE	TRISTOCK	3			color=2 model=1	No	
MEGANE	TRISTOCK	3			color=2 model=2	No	
SYMBOL	TRISTOCK	3			color=1 model=3	No	
SYMBOL	TRISTOCK	3			color=2 model=4	No	
CLIO	TRISTOCK	3			color=3 model=5	No	
MEGANE	Dummy for Body	1			color=1 model=1	No	
MEGANE	Dummy for Body	1			color=1 model=2	No	
MEGANE	Dummy for Body	1			color=2 model=1	No	



Şekil 3.5. Arrivals da Logic sütununun doldurulması

## Array



Şekil 3.6. Array

Array de montaj kısıtlarına göre belirlenmiş olan sırayı girdik. Yani tristock ta araçlar, modele girilmiş olan araç giriş sırasına göre sıraya girecek daha sonra montaj departmanlarına gideceklerdir.

Biz ilk olarak araç sırasını oluşturduk. Yani hangi model hangi renk aracın hangi sırada üretime alınacağını belirledik. Modelimizde 7 araç için sıra girildi, araçlar 7 şerli partilerde bu sırayı takip edeceklerdir. Yani sisteme gelen 8 inci araç 1 inci araçla , 9 uncu araç 2 inci araçla aynı özellikte olacaktır.

color	model
1	1
1	2
2	1
2	2
1	3
2	4
3	5

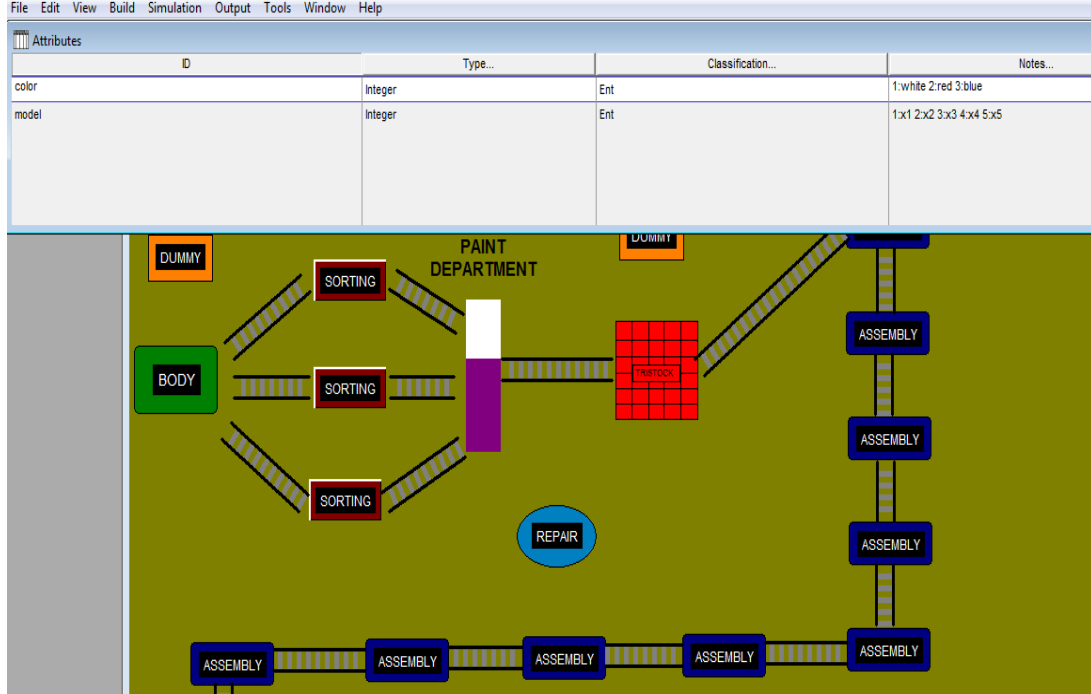
Yukarıdaki matrisin ne ifade ettiğine bakarsak,

1. araç Megane, beyaz renkli, X1 modeldir.
2. araç Megane, beyaz renkli, X2 modeldir.
3. araç Megane, kırmızı renkli, X1 modeldir.
4. araç Megane, kırmızı renkli, X2 modeldir.
5. araç Symbol, beyaz renkli, X3 modeldir.
6. araç Symbol, kırmızı renkli, X4 modeldir.
7. araç Clio, mavi renkli, X5 modeldir.

#### Attributes

Attribute, entity lere ait özellik tanımlamak istediğimizde kullanılır. Modelimizde 3 çeşit arabamız ve bunların farklı renk ve modelleri olacağından renk ve modeli attribute olarak tanımlarız.

Color farklı renkleri tanımlamak için, Model ise farklı modelleri tanımlamak için kullanılmıştır.



Şekil 3.7. Attributes

## Variables

Tanımlamış olduğumuz aşağıdaki değişkenler, processing de işlem yapmada, kod yazmada kullanılacaktır.

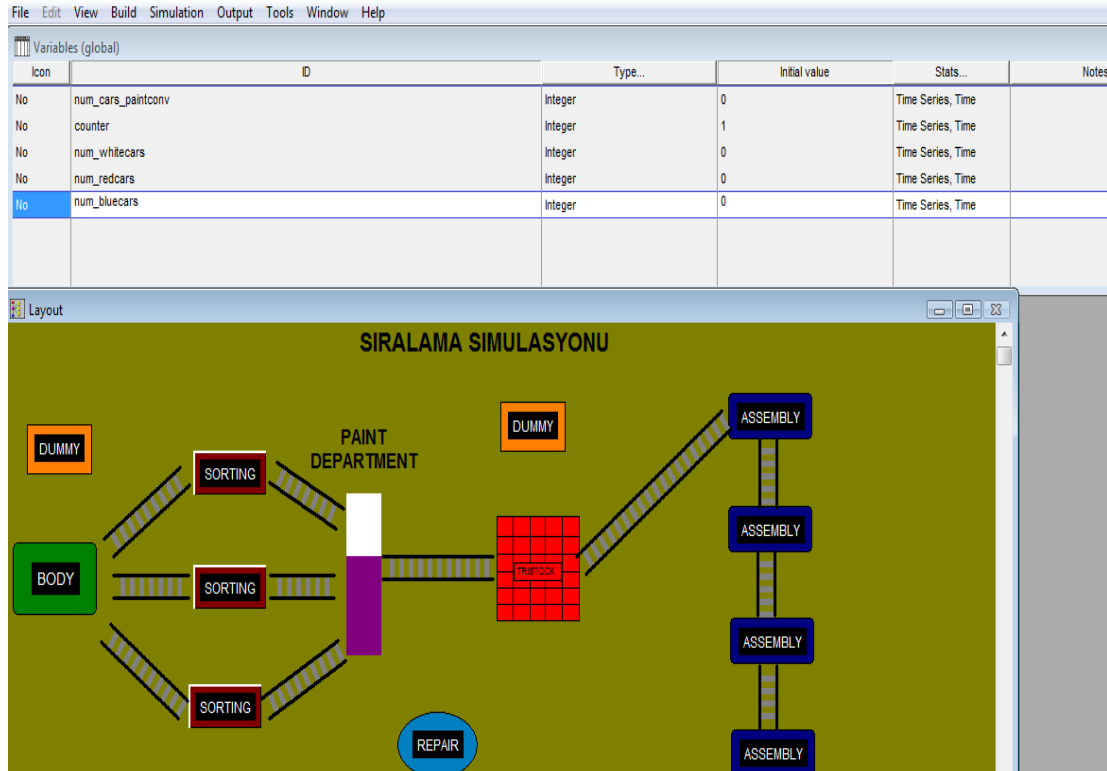
Num\_cars\_paintconv:

Counter:

Num\_whitecars:

Num\_redcars:

Num\_bluecars:



Şekil 3.8. Variables

## Processing

Processing de yapılan işlemleri tanımlarız. Aşağıdaki şekilde ilk satıda tanımlamış olduğumuz işlem gelen, megane ların renklerinin sayılmasıdır. Yani gelen megane lardan kaç tanesinin beyaz, kaç tanesinin kırmızı, kaç tanesinin mavi olduğu burada sayılır. Aynı işlemler Symbol ve Clio içinde yapılır. Böylece toplamda kaç tane kırmızı, kaç tane beyaz, kaç tane mavi araba olduğu öğrenmiş oluruz. Bu işlem tamamen toplamda renklere göre arabaların sayılarını bilmek amaçlı yazılmış olup, programın işleyişinde doğrudan etkisi yoktur. Destination ise o entity nin nereye gideceğini gösterir. Şekilde kullandığımız logic, eğer aracın rengi beyaz ise WC1 yani beyaz araçların toplandığı SORTING AREA ya gitmek için ilgili araç kuyruğuna, kırmızı ise RC1 yani kırmızı araçların toplandığı SORTING AREA ya gitmek için ilgili araç kuyruğuna gittiğini göstermektedir. MEGANE için gösterilen işlemler, aynı mantıkla SYMBOL ve CLIO için de tekrarlanır.



File Edit View Build Simulation Output Tools Window Help

[1] [X]

Entity...	Location...	Operation...
MEGANE	BODY	THEN{ num_bluecars=num_bluecars+1}
SYMBOL	BODY	IF color=1 THEN
CLIO	BODY	IF color=1 THEN
ALL	WC1	
ALL	RC1	
ALL	BC1	
ALL	WHITE	ACCUM num_whitecars
ALL	RED	ACCUM num_redcars
ALL	BLUE	ACCUM num_bluecars
ALL	WC2	
ALL	RC2	WAIT UNTIL num_whitecars = 0
ALL	BC2	WAIT UNTIL num_redcars = 0
CLIO	PAINT	wait 5
SYMBOL	PAINT	IF color = 1 AND model = 3 THEN
MEGANE	PAINT	IF color = 1 AND model = 1 THEN
MEGANE	repair	wait 1
SYMBOL	repair	wait 2
CLIO	repair	wait 1
CLIO	PAINT_COWV	INC num_cars_paintconv, 1
SYMBOL	PAINT_COWV	INC num_cars_paintconv, 1
MEGANE	PAINT_COWV	INC num_cars_paintconv, 1
CLIO	DUMMY	
SYMBOL	DUMMY	
MEGANE	DUMMY	
MEGANE	TRISTOCK	
SYMBOL	TRISTOCK	

Routing for MEGANE @ BODY

Blk	Output...	Destination...	Rule...	Move Logic...
1	MEGANE	WC1	IF color=1, 1	move for 20
	MEGANE	RC1	IF color=2	move for 20

Operation

```

IF color=1 THEN
{
num_whitecars=num_whitecars+1
}
ELSE IF color=2 THEN
{
num_redcars=num_redcars+1
}
ELSE IF color=3 THEN
{
num_bluecars=num_bluecars+1
}
}

```

Şekil 3.9. Megane nın Body de görmüş olduğu işlemler

Routing for SYMBOL @ BODY

Bk	Output...	Destination...	Rule...	Move Logic...
1	SYMBOL	RC1	F color=2, 1	move for 20
	SYMBOL	WC1	F color=1	move for 20

Operation

```

F color=1 THEN
{
num_whitecars=num_whitecars+1
}
ELSE IF color=2 THEN
{
num_redcars=num_redcars+1
}
ELSE IF color=3 THEN
{
num_bluecars=num_bluecars+1
}

```

Şekil 3.10. Symbol un Body de görmüş olduğu işlemler

Routing for CLIO @ BODY

Bk	Output...	Destination...	Rule...	Move Logic...
1	CLIO	BC1	F color=3, 1	move for 20

Operation

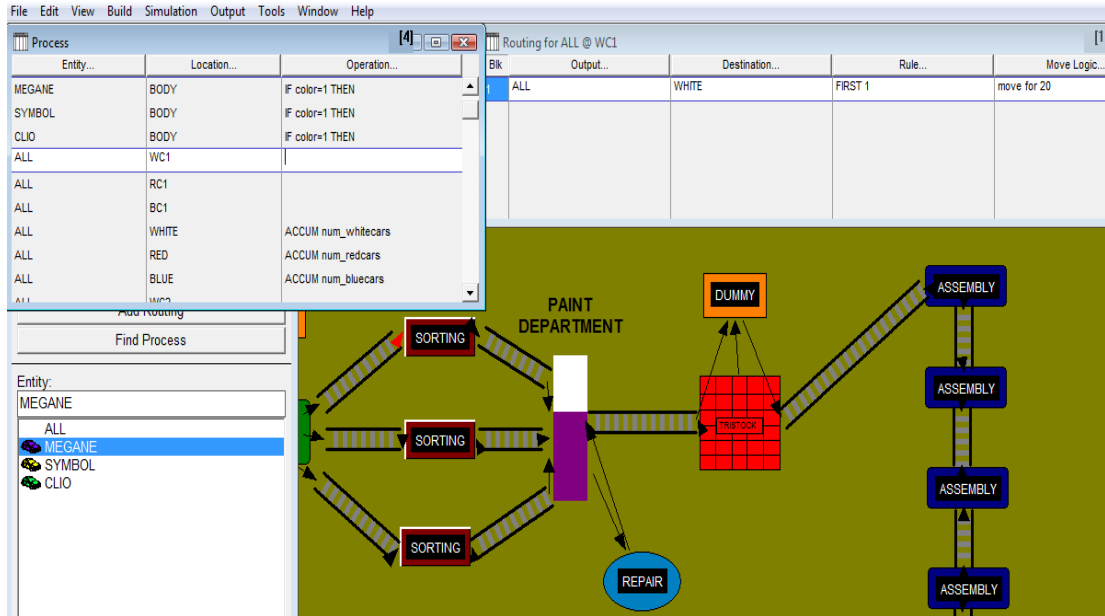
```

F color=1 THEN
{
num_whitecars=num_whitecars+1
}
ELSE IF color=2 THEN
{
num_redcars=num_redcars+1
}
ELSE IF color=3 THEN
{
num_bluecars=num_bluecars+1
}

```

Şekil 3.11. Clío nun Body de görmüş olduğu işlemler

Aşağıda SORTING AREA ya doğru giden araçların, hangi renge göre ayrılmışsa, o rengin lokasyonuna doğru ilerledikleri görülmektedir. WC1 kuyruğu için tanımlanan bu işlem RC1 ve BC1 için de tekrarlanır.



Şekil 3.12. Beyaz renkli araçların Sorting area ya taşınması

Bir sonraki adımda renklerine göre ayrılıp ilgili SORTING AREA gönderilmiş olan araçların boyaya girmek üzere ilerlemesi gerekir. Boya departmanının renk değişimlerini minimum tutulmak kısıtından dolayı aynı renkli araçlar ardı ardına boya departmanına yollarır.

Aynı renk grubundaki araçları birlikte hareket ettirmek için ACCUMULATE komutu kullanılır. Aynı SORTING AREA dan birlikte hareket eden araçlar, aynı renk olacağı için aynı araçların arka arkaya ilerlemesi sağlanacaktır. Aşağıdaki şekillerde her bir SORTING AREA, için tekrarlanan işlemler görülmektedir.

The screenshot displays a simulation software interface with a routing table and a 3D factory floor diagram. The routing table is titled "Routing for ALL @ WHITE" and contains the following data:

Blk	Output...	Destination...	Rule...	Move Logic
1	ALL	WC2	FIRST 1	move for 20

The 3D diagram shows a factory floor with a green background and a red grid area labeled "TRISTOCK". A blue circle labeled "REPAIR" is visible, and several blue rectangular blocks labeled "ASSEMBLY" are arranged in a line. The "Process" window on the left lists various car models and their operations, including "ACCUM num\_whitecars" for white cars.

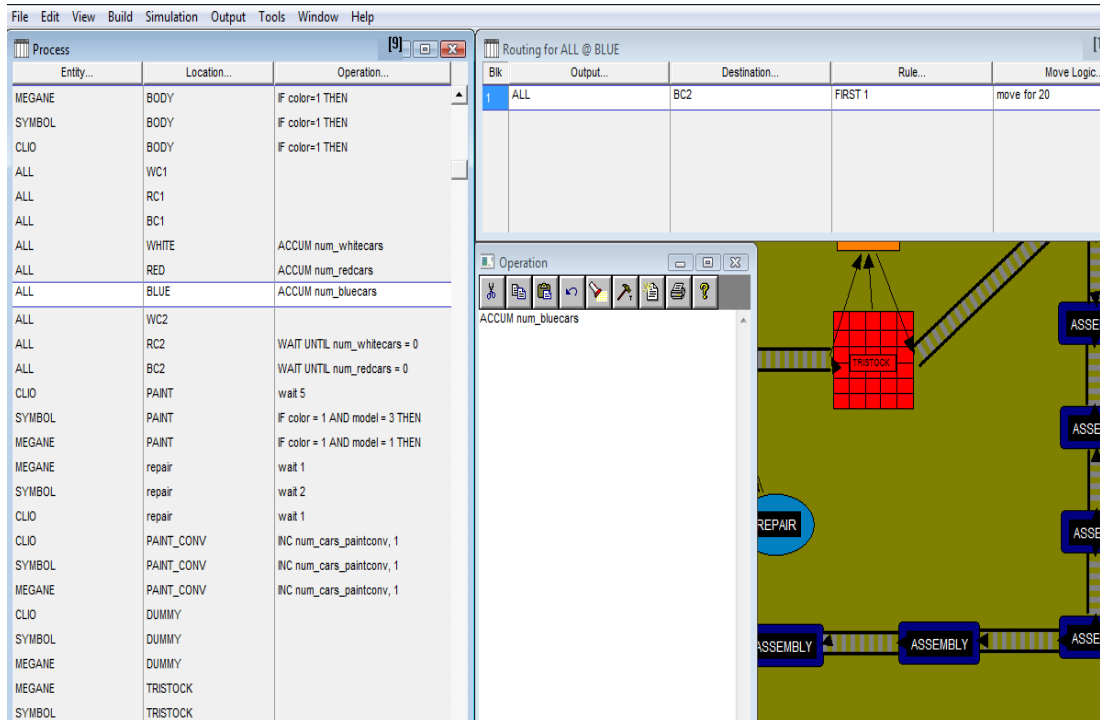
Şekil 3.13 Sorting Area da beyaz araçların toplanması

The screenshot displays a simulation software interface with a routing table and a 3D factory floor diagram. The routing table is titled "Routing for ALL @ RED" and contains the following data:

Blk	Output...	Destination...	Rule...	Move Logic
1	ALL	RC2	FIRST 1	move for 20

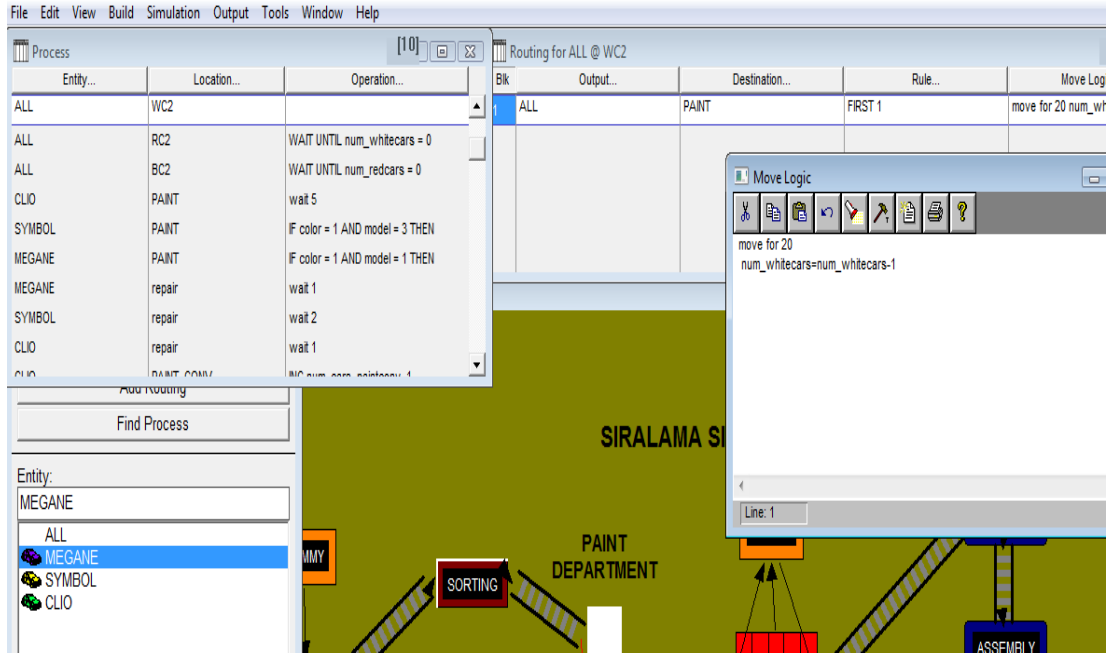
The 3D diagram shows a factory floor with a green background and a red grid area labeled "TRISTOCK". A blue circle labeled "REPAIR" is visible, and several blue rectangular blocks labeled "ASSEMBLY" are arranged in a line. The "Process" window on the left lists various car models and their operations, including "ACCUM num\_redcars" for red cars.

Şekil 3.14. Sorting Area da kırmızı araçların toplanması



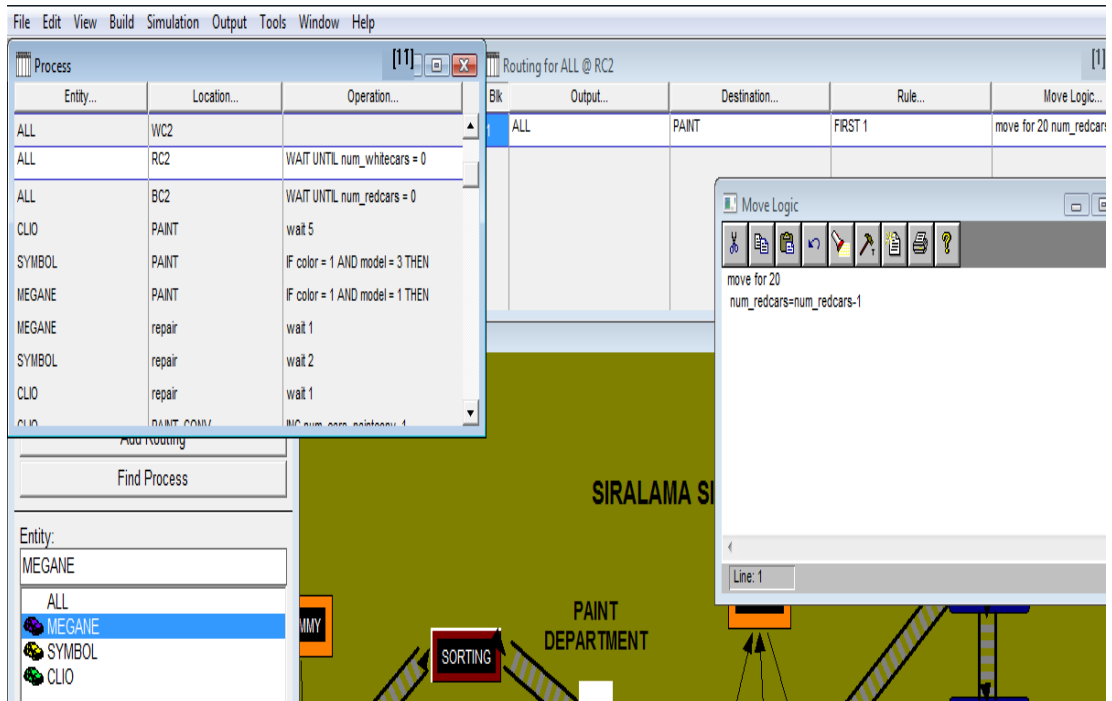
Şekil 3.15. Sorting area da mavi araçların toplanması

Aynı renk araçlar birbirini takip ederek renklerine göre WC2, RC2, BC2 konveyörlerine yönelmişlerdir. Bir sonraki aşama ise boyaya giriştir. Modelimiz ilk olarak beyaz araçların boyanacağı, sonra kırmızı en son mavi araçların boyanacağı şekilde tasarlanmıştır. Yani sistemdeki bütün beyazlar boyandıktan sonra kırmızılar boyanmaya başlayacaktır. Num\_whitecars ile bütün beyaz arabalar sayılmıştır, şimdi ise SORTING AREA dan boyaya giden beyaz renkli arabalar sırayla düşülür, bütün beyaz renkli araçlar boyaya gönderildikten sonra aynı işlem kırmızılar ve maviler için de tekrarlanır. (örneğin beyaz için num\_whitecars=0 olduktan sonra kırmızı renkli araçlar boyaya alınır)

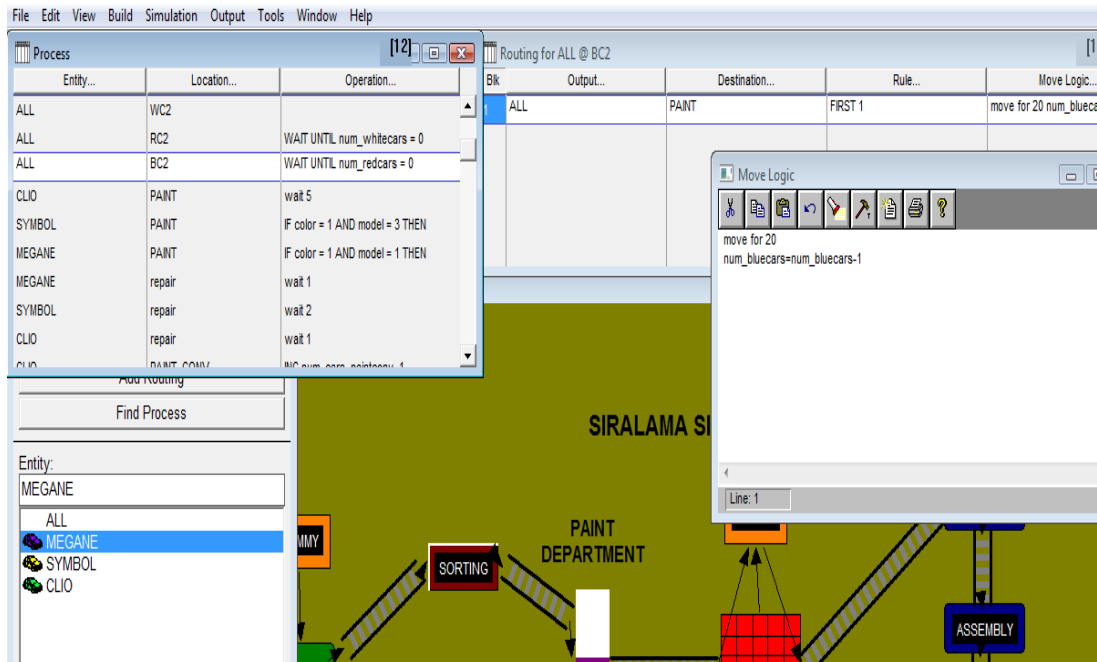


Şekil 3.16. Beyaz araçların boyaya girmesi

Kırmızı ve mavi için de gerçekleşen işlemler aşağıdaki gibidir



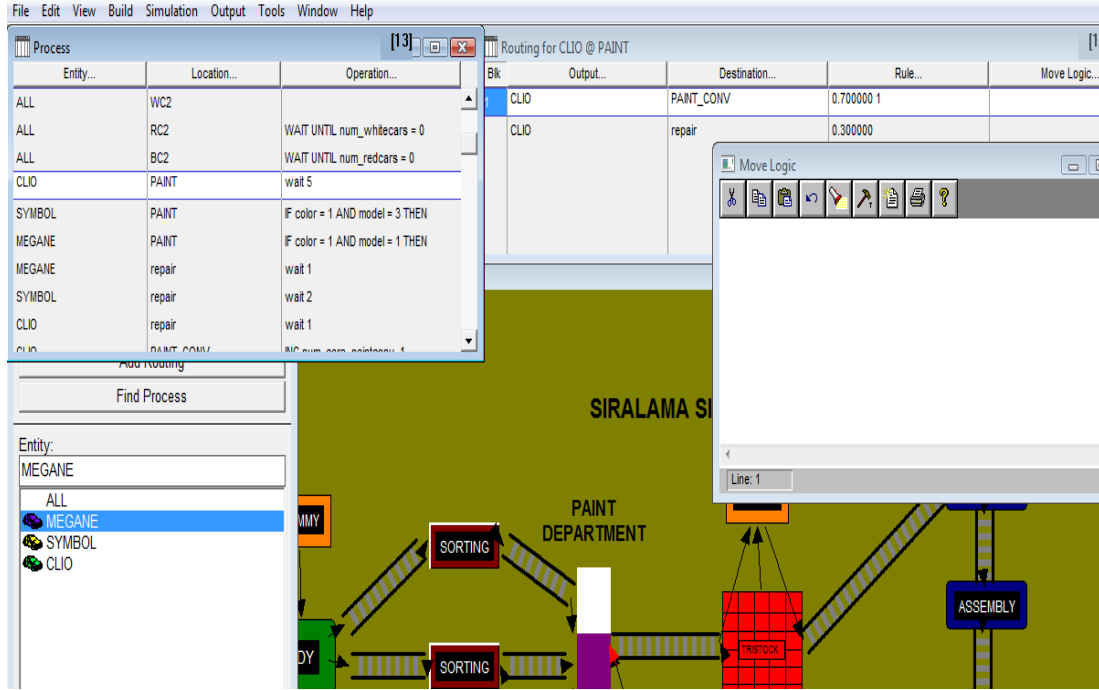
Şekil 3.17. Kırmızı araçların boyaya girmesi



Şekil 3.18. Mavi araçların boyaya girmesi

Yukarıda kullanılan Wait until num\_redcars=0 demek, num\_redcars=0 oluncaya kadar yani hiç kırmızı araç kalmayınca kadar bekle anlamındadır.

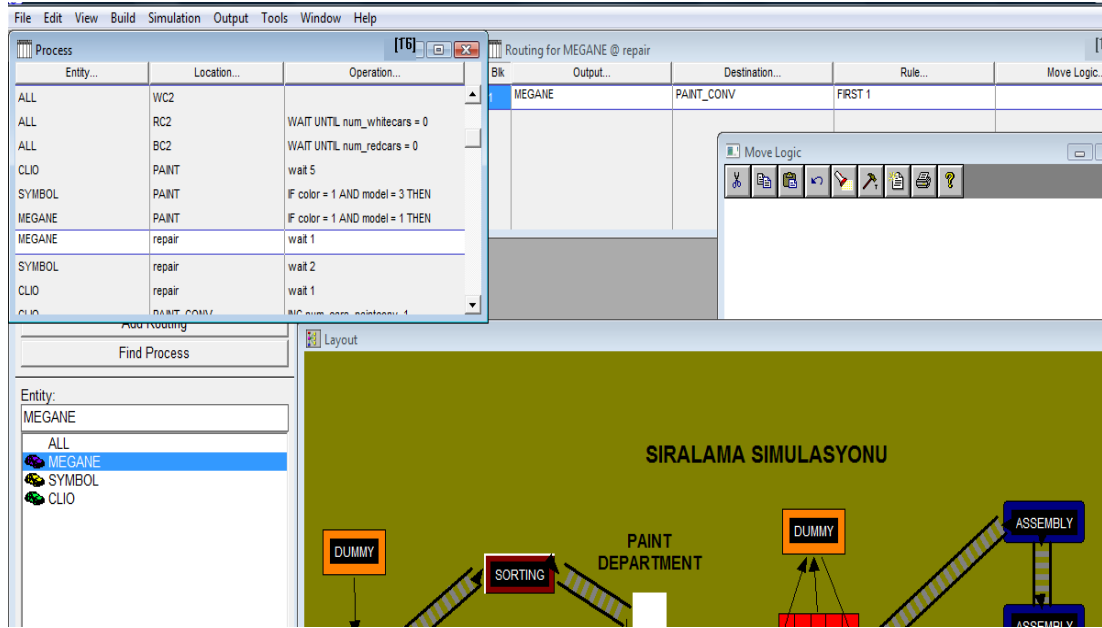
Boyamadan kaynaklanan hatalardan dolayı boyadan çıkan araçların bir kısmı yeniden işlenmek üzere REPAIR lokasyonuna, diğer kısmı ise TRISTOCK a gitmek üzere konveyöre yönelecektir. Bu satırın, Rule sütununa yazılan oranlar, PAIN ten çıkan araçların yüzde kaçının REPAIR e, kaçının PAIN\_CONV e gittiğini gösterir. Şekilde Clio için gösterilen işlemler SYMBOL ve MEGANE için de tekrarlanır.



Şekil 3.19. Boya işlemi

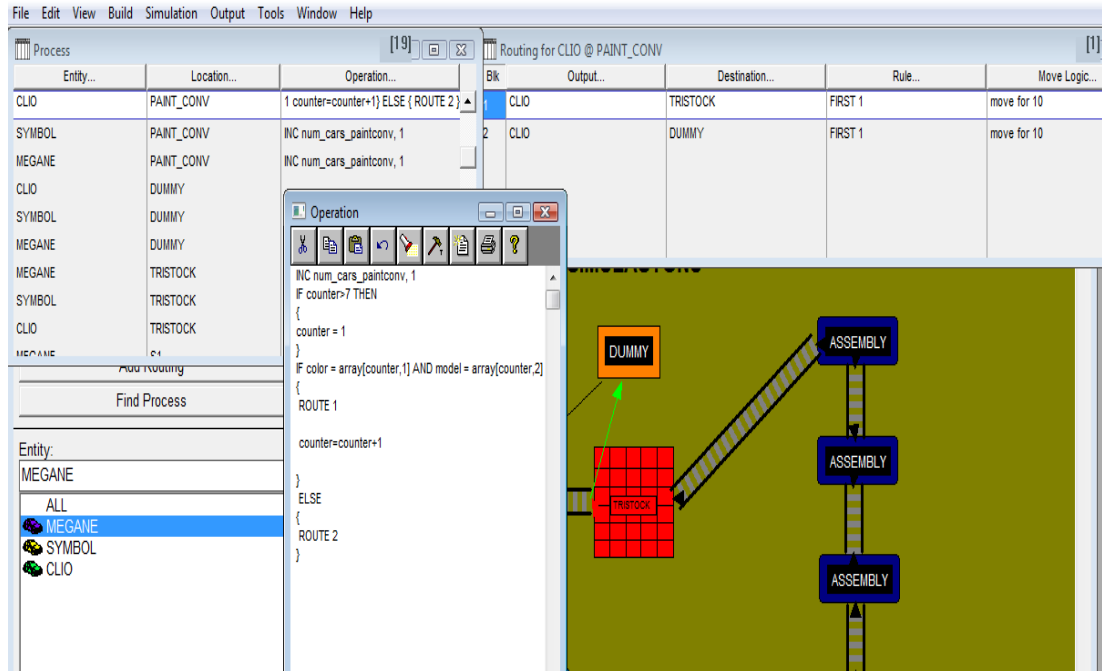
Daha sonra REPAIR den çıkan araçlar, TRISTOCK a gitmek üzere PAINT\_CONV a yönelirler. Wait komutu ile REPAIR da geçirdikleri işlem süreleri tanımlanmıştır.





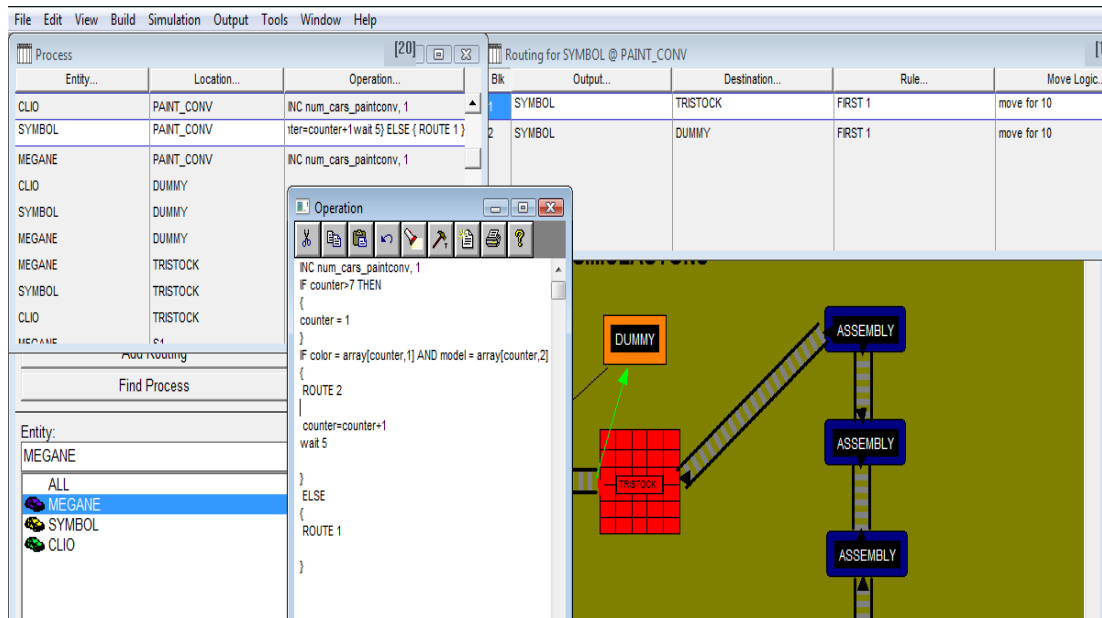
Şekil 3.20. Repair de geçen işlemler

PAINT\_CONV den araçlar TRISTOCK a girerler. Buraya gelen araç istenilen sıradaki araç ise ASSEMBLY e gönderilmesi gerekir, eğer gelen araç istenilen araç değilse o zaman DUMMY de bir sonraki sıra kendisine gelinceye kadar beklemelidir. TRISTOCK ta stok tutmak için DUMMY bir lokasyona ihtiyaç duyuyoruz. Aşağıdaki şekilde Operation kısmına yazılan koddan anlaşılacağı gibi, gelen araç istenilen renkte ve modelde bir araç ise TRISTOCK a gönderilir buradan ASSEMBLY e yol alır, araç istenilen renk ve/ya modelde değilse o zaman DUMMY de kalır. DUMMY, TRISTOCK la birlikte düşünülen bir alandır, modelimizde sıralamada kolaylık yaratmak açısından kullanılmıştır. TRISTOCK tan bağımsız bir lokasyon olmayıp, u depolamanın yapıldığı alandır.

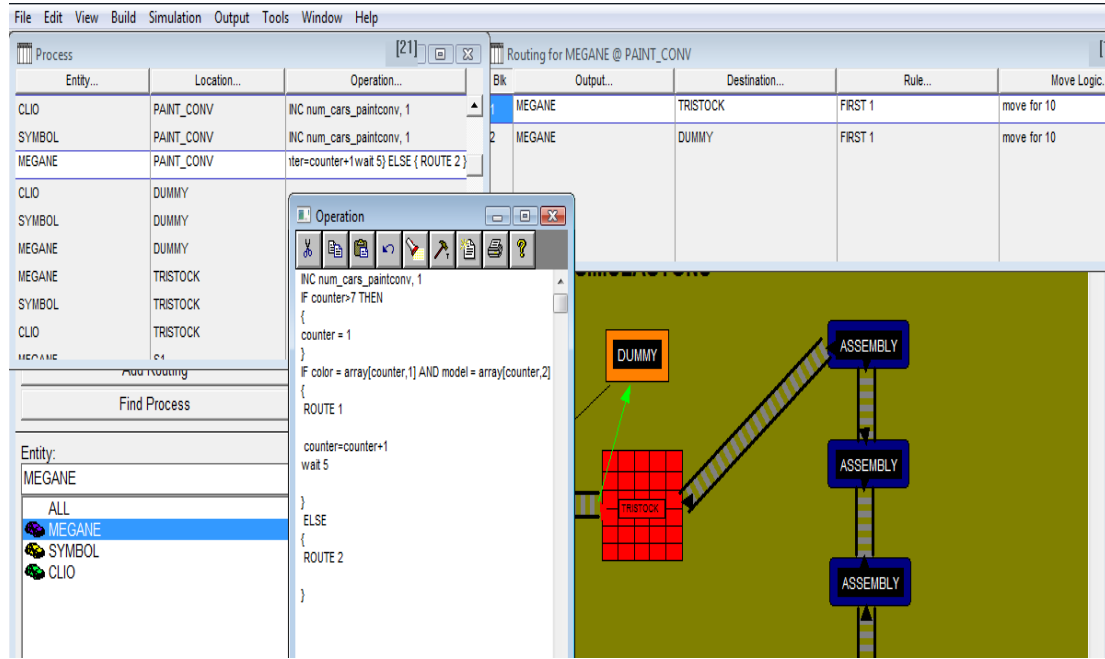


Şekil 3.21. Clio için Paint konveyöründeki işlemler

Aşağıdaki şekillerde, MEGANE ve SYMBOL için de tekrarlanan işlemler görülmektedir.



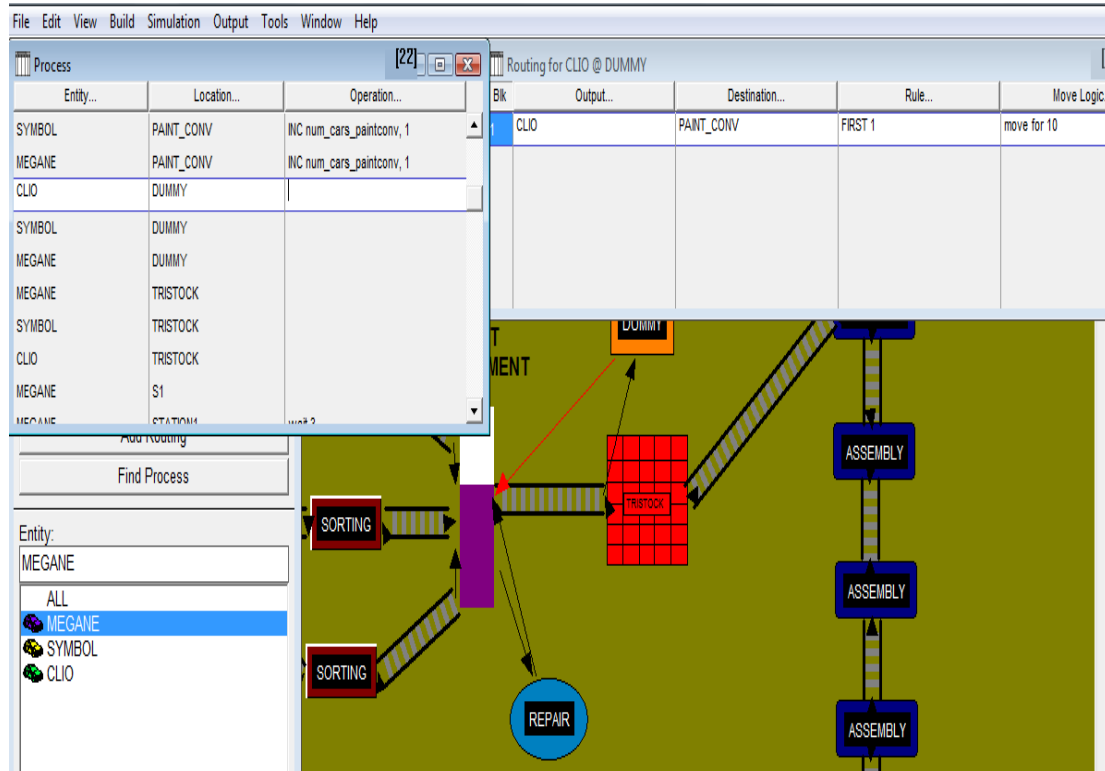
Şekil 3.22. Symbol için Paint konveyöründeki işlemler



Şekil 3.23. Megane için Paint konveyöründeki işlemler

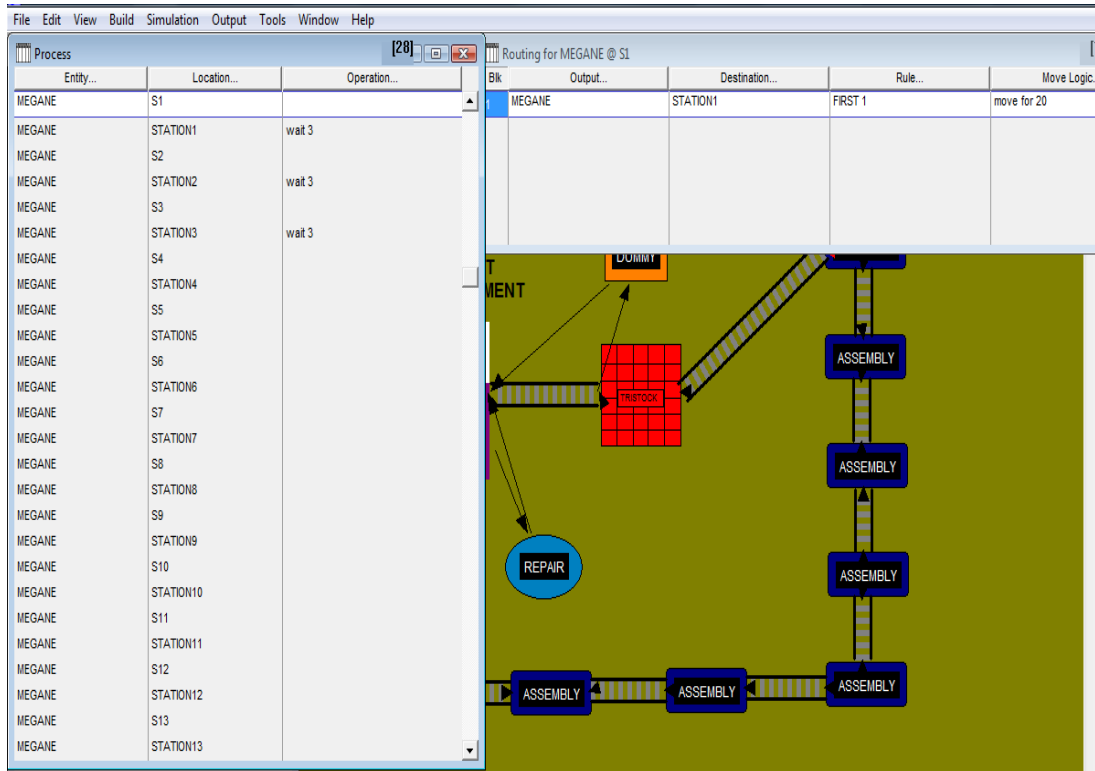
Modeldeki sıralama mantığı; istenilen sırada olmayıp DUMY ye gönderilen araçların hayali olarak PAINT\_CONV e gönderilip, yeniden PAINT\_CONV de sorgulanıp(istenilen araç olup olmadığı konusunda) DUMY veya TRISTOCK a gönderilmesidir. İşlemler hayali olduğu için taşıma ve işlem süreleri girilmemiştir. Bunu bir örnek ile açıklarsak, istenilen sıraya göre gerekli araç beyaz renk X1 model MEGANE olsun. PAINT\_CONV den gelen araç ise kırmızı renkli X3 model SYMBOL olsun. Kırmızı renkli X3 model SYMBOL istenen araç olmadığı için DUMY e, oradan da PAINT\_CONV yollanacaktır. Yani sisteme Kırmızı renkli X3 model SYMBOL ilk defa geliyor gibi düşünülecektir. Bu arada PAINT ten eğer beyaz renkli, X1 model MEGANE çıkarsa TRISTOCK a o araç yollanacaktır. Eğer çıkmazsa bu işlemler beyaz renk X1 model MEGANE çıkıncaya kadar devam edecektir.

Aşağıda CLIO için gösterilen işlemler, SYMBOL ve MEGANE için de tekrarlanacaktır.

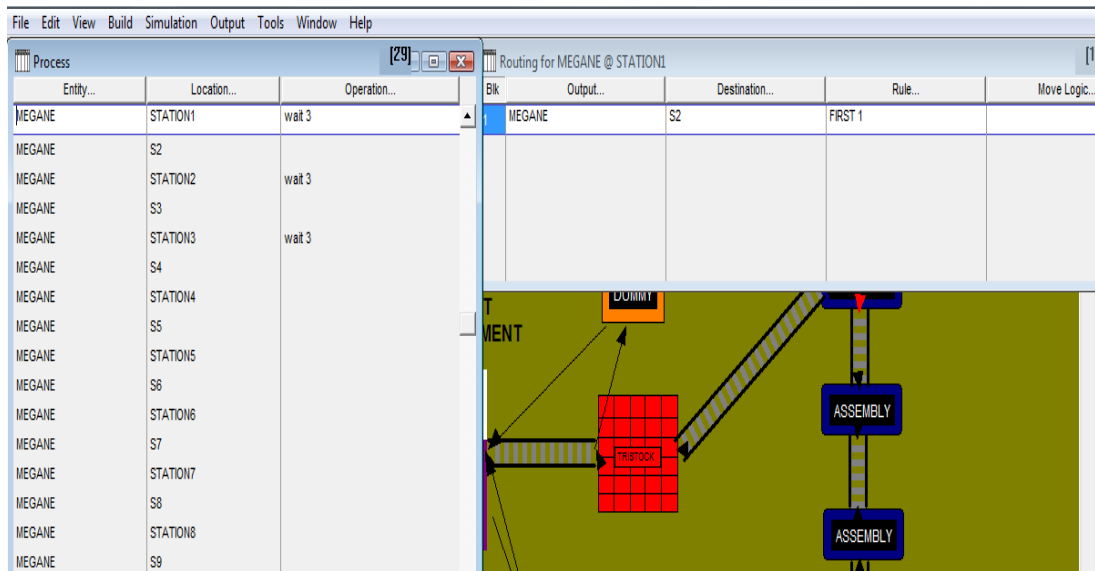


Şekil 3.24. Dummy'deki işlemler

TRISTOCK'tan araçlar montaj istasyonuna ilerlerler. Aşağıdaki şekillerde birkaç örnek gösterilmiştir.



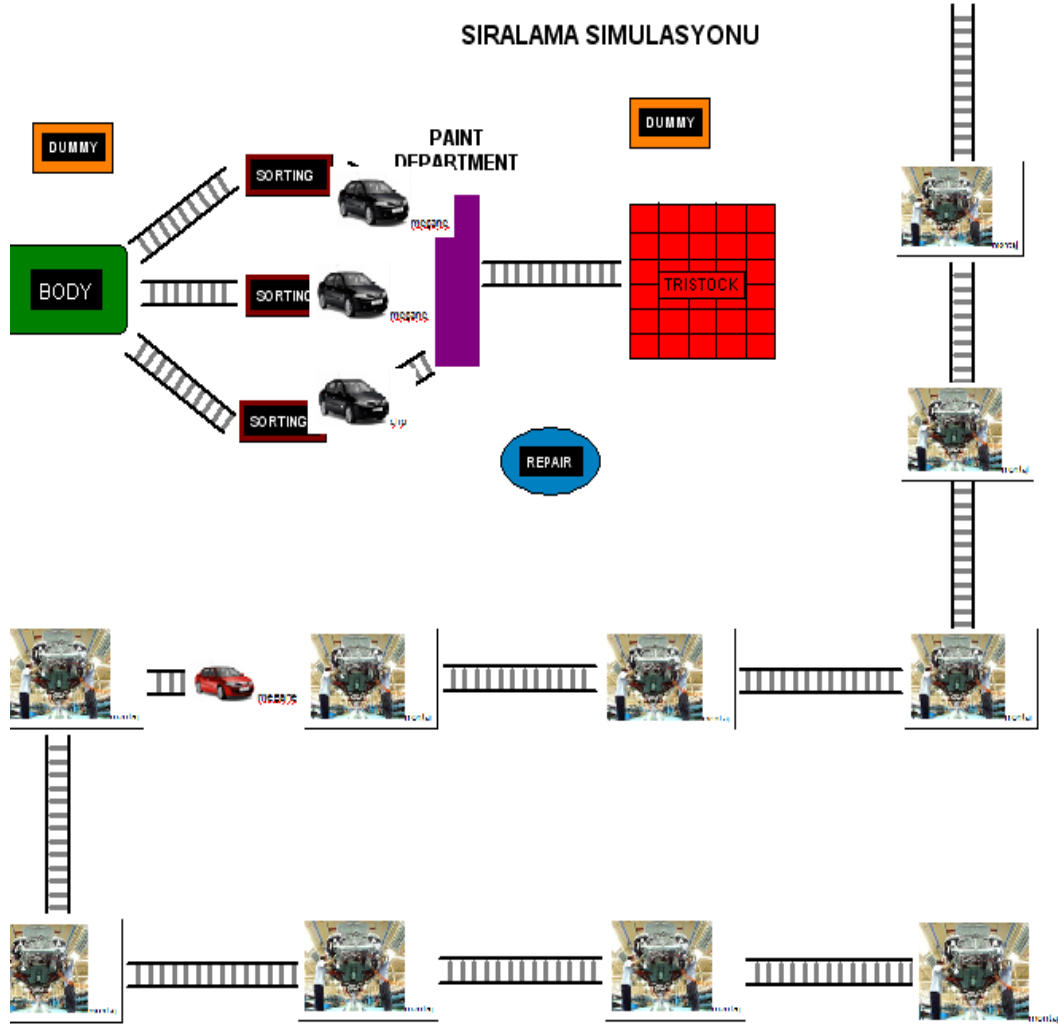
Şekil 3.25. Megane ın Station1 e gönderilmesi



Şekil 3.26. Megane ın Station1 den Station2 ye gönderilmesi

MEGANE için aşağıda tanımlanan işlemler, SYMBOL ve CLIO için de benzer olarak tekrarlanır

Aşağıda çalışan sistemin ekran görüntüsü gösterilmektedir.



Şekil 3.27. Simülasyonun ekran görüntüsü

## BÖLÜM 4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Üretim sırası, çevrim zamanı göz önünde bulundurularak oluşturulur. Sıralamayı oluştururken çevrim zamanını arttırmadan tüm departmanların kısıtlarını karşılayan optimum sıra bulmak hedeflenir. Belirlenen sıradan sapmalar olduğunda, peş peşe gelen yorucu işler, montaj departmanındaki işçilerin işlemini yetiştirmek için çok yoğun bir şekilde çalışmasına, sonraki işlemlerin yetiştirememesine, dolayısıyla çevrim zamanının uzamasına yol açacaktır. Artan çevrim zamanı ile kapasite istenildiği gibi kullanılamayacak ve birim maliyetlerde artış olacaktır.

Departmanların çelişen kısıtlarından dolayı, tüm departmanların kısıtlarını sağlayan uygun bir sıra bulmak bazen imkansız olmaktadır. Bu durumda departmanlar için ayrı ayrı sıra belirlenip, bir sonraki departmana gelmeden önce yeniden sıralama ile o departman için optimum olan sıra sağlanmaya çalışılmaktadır.

Çalışmamızda üretim esnasında kasıtlı ve/ya kasıtsız olarak bozulan sırayı yeniden düzeltmeyi hedefledik. Sırayı düzeltmek için boya ile montaj departmanları arasında tristock diye adlandırılan yerde kaç adet tampon stok buldurmamız gerektiğinin cevabını bulmaya çalıştık.

Karşılaşılan problemleri daha iyi gözlemleyebilmek adına gerçek sistemi Promodel simülasyon programında modelledik. Simülasyon çalışmalarımızda stok seviyeleri arttıkça belirlenen sıraya uyumun arttığı, fakat stok maliyetlerinin arttığını görmekteyiz, tersine düşük stok seviyelerinde belirlenen sıraya uyum azalırken, stok maliyetleri düşmektedir. Her iki durumda da belli bir noktadan sonra maliyetlerin arttığı gözlenmiştir. Böylelikle her firma kendisi için optimum stok seviyelerini, simülasyon programı(ları) yardımıyla kendi üretim kısıtlarına göre belirlemiş olduğu sıraya uygunluğu bozmayacak şekilde, üretime geçmeden önce deneyip, bulmalıdır.

## KAYNAKLAR

- [1] BAUTISTA, J., PERETRA, J., DIAZ, B.A., A GRASP Approach for the extended car sequencing problem, *Journal of Scheduling*, 11, pp. 3-16, 2007.
- [2] BENOIST, T., Soft car sequencing with colors: Lower bounds and optimality proofs, *European Journal of Operational Research*, 191, pp. 957-971, 2007.
- [3] BOYSEN, N., FLIEDNER, M., SCHOOL, A., The product rate variation problem and its relevance in real world mixed-model assembly lines , *European Journal of Operational Research*, 197, 2, pp. 818-824, 2008.
- [4] CHALEY, F.G., FREIN, Y., VERECCELLI, R.B., An efficient procedure for solving a car sequencing problem, *IEEE 1995 INRIA/IEEE Symposium*, 2, 10, pp. 385-395, 1995.
- [5] CHOI, W., SHIN, H., A real time sequence control system for the level production of the automobile assembly line, *Computers ind. Engng*, 33, pp. 769-772, 1997.
- [6] CORDEAU, J.F., LAPORTE, G., PASIN, F., Iterated tabu search for the car sequencing problem, *European Journal of Operational Research*, 191, pp. 945-956, 2007.
- [7] DAVENPORT, A., TSANG, E., Solving constraint satisfaction sequencing problems by iterative repair, <http://dces.essex.ac.uk/CSP/papers/DavTsa-Genet-planning.sig95.pdf>, Mart 2009.
- [8] DING, F.H., SUN, H., Sequence alteration and restoration related to sequenced parts delivery on an automobile mixed-model assembly line with multiple departments, *International Journal of Production Research*, 42, 8, pp. 1525-1543, 2004.
- [9] DOLGUI, A., LOULY, M.A., Decomposition approach for a problem of lot-sizing and sequencing under uncertainties, *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 18, 5, pp. 376-385, 2005.
- [10] DREXL, A., KIMMS, A., MATTIEBEN, Algorithms for the car sequencing and the level scheduling problem, *Journal of Scheduling*, 9, 2, pp. 153-176, 2006.



- [11] ESTELLON, B., GARDI, F., NOUIOUA, K., Two local search approaches for solving real-life car sequencing problems, *European Journal of Operational Research*, 191, pp. 928-944, 2007.
- [12] GAGNE, C., GRAVEL, M., PRICE, W.L., Solving real car sequencing problems with ant colony optimization, *European Journal of Operational Research*, 174, pp. 1427-1448, 2005.
- [13] GAVRANOVIC, H., Local search and suffix tree for car sequencing problem with colors, *European Journal of Operational Research*, 191, pp. 972-980, 2007.
- [14] GRAVEL, M., GAGNE, C., PRICE, W.L., Review and comparison of three methods for the solution of the car sequencing problem, *The Journal of the Operational Research Society*, 56, 11, pp. 1287-1295, 2005.
- [15] <http://www.oyak-renault.com.tr/page.aspx?id=80> , Mart 2009.
- [16] <http://www.stern.nyu.edu/om/faculty/pinedo/book2/Lec13.ppt> , Mart 2009.
- [17] HYUN, C.J., KIM, Y., KIM, Y.K., A genetic algorithm for multiple objective sequencing problems in mixed-model assembly lines, *Computers Ops Res.*, 25, pp. 675-690, 1998.
- [18] JOLY, A., FREIN, Y., Heuristics for an industrial car sequencing problem considering paint and assembly shop objectives, *Computers&Industrial Engineering*, 55, pp. 295-310, 2007.
- [19] KIS, T., On the complexity of the car sequencing problem, *Operation Research Letters*, 32, pp. 331-335, 2003.
- [20] LAHMAR, M., ERGAN, H., BENJAAFAR, S., Resequencing and feature assignment on an automated assembly line, *IEEE Transactions on Robotics and Automation*, 19, pp. 89-102, 2003.
- [21] McMULLEN, TARASEWICH, P., FRAZIER, G.V., Using genetic algorithms to solve the multi-product JIT sequencing problem with set-ups, *International Journal of Production Research*, 38, 12, pp. 2653-2670, 2000.
- [22] MUHL, E., CHARPENTIER, P., CHAXEL, F., Optimization of physical flows in an automotive manufacturing plant: some experiments and issues, *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 16, pp. 293-305, 2003.
- [23] PARRELLO, B., KABAT, W.C., Job-Shop scheduling using automated reasoning : A case study of the car sequencing problem, *Journal of Automated Reasoning*, 2, pp. 1-42, 1986.

- [24] PRANDSTETTER, M., RAIDL, G.R., An integer linear programming approach and hybrid variable neighborhood search for the car sequencing problem, *European Journal of Operational research*, 191, pp. 1004-1022, 2007.
- [25] PRANDTSTETTER, M., Exact and heuristic methods for solving the car sequencing problem, *Institut für Computergrafik und Algorithmen der technischen Universität Wien*, pp. 1-10, 2005.
- [26] RIBEIRO, C.C., ALOISE, D., NORONHA, T.F., ROCHA, C., URRUTIA, S., An efficient implementation of a VNS/ILS heuristic for real-life car sequencing problem, *European Journal of Operational Research*, 191, pp. 596-611, 2007.
- [27] SOLNON, C., Combining two pheromone structures for solving the car sequencing problem with ant colony optimization, *European journal of operational research*, 191, pp. 1043-1055, 2007.
- [28] SOLNON, C., CUNG, V.D., NGUYEN, A., ARTIGUES, C., The car sequencing problem: overview of state-of-the-art methods and industrial case-study of the ROADEF'2005 Challenge problem, *European journal of operational research*, 191, pp.912-927, 2007.
- [29] YAN, H.-S., XIA, Q.-F., ZHU, M.-R., LIU, X.-L., GUO, Z.-M., Integrated production planning and scheduling on automobile assembly lines, *IEE Transactions*, 35, 8, pp. 711-725, 2003.

```

*****
*****
*
*
*
*           Formatted Listing of Model:
*
*           C:\Users\elçin\Desktop\BITER.mod
*
*
*
*****
*****

```

```

Time Units:           Minutes
Distance Units:      Feet
Initialization Logic:
                    array[1,1]=1
                    array[1,2]=1
                    array[2,1]=1
                    array[2,2]=2
                    array[3,1]=2
                    array[3,2]=1
                    array[4,1]=2
                    array[4,2]=2
                    array[5,1]=1
                    array[5,2]=3
                    array[6,1]=2
                    array[6,2]=4
                    array[7,1]=3
                    array[7,2]=5
                    array[8,1]=1
                    array[8,2]=1

```

```

*****
*****
*
*           Locations
*
*
*****
*****

```

Name	Cap	Units	Stats	Rules	Cost
BODY	inf	1	Time Series	Oldest, ,	
WHITE	inf	1	Time Series	Oldest, ,	
RED	inf	1	Time Series	Oldest, ,	
BLUE	inf	1	Time Series	Oldest, ,	
WC1	1	1	Time Series	Oldest, FIFO,	
RC1	1	1	Time Series	Oldest, FIFO,	
BC1	1	1	Time Series	Oldest, FIFO,	
PAINT	1	1	Time Series	Oldest, ,	
TRISTOCK	inf	1	Time Series	Oldest, ,	
DUMMY	inf	1	Time Series	Oldest, ,	
WC2	1	1	Time Series	Oldest, FIFO,	
RC2	1	1	Time Series	Oldest, FIFO,	
BC2	1	1	Time Series	Oldest, FIFO,	
PAINT_CONV	1	1	Time Series	Oldest, FIFO,	
repair	2	1	Time Series	Oldest, ,	

```

SIRALAMA_SIMULASYONU 1      1      Time Series Oldest, ,
Loc1                  1      1      Time Series Oldest, ,
DumyforBody          inf    1      Time Series Oldest, ,
STATION1              1      1      Time Series Oldest, ,
STATION2              1      1      Time Series Oldest, ,
STATION3              1      1      Time Series Oldest, ,
STATION4              1      1      Time Series Oldest, ,
STATION5              1      1      Time Series Oldest, ,
STATION6              1      1      Time Series Oldest, ,
STATION7              1      1      Time Series Oldest, ,
STATION8              1      1      Time Series Oldest, ,
STATION9              1      1      Time Series Oldest, ,
STATION10             1      1      Time Series Oldest, ,
STATION11             1      1      Time Series Oldest, ,
STATION12             1      1      Time Series Oldest, ,
STATION13             1      1      Time Series Oldest, ,
S1                    INFINITE 1      Time Series Oldest, FIFO,
S2                    INFINITE 1      Time Series Oldest, FIFO,
S3                    INFINITE 1      Time Series Oldest, FIFO,
S4                    INFINITE 1      Time Series Oldest, FIFO,
S5                    INFINITE 1      Time Series Oldest, FIFO,
S6                    INFINITE 1      Time Series Oldest, FIFO,
S7                    INFINITE 1      Time Series Oldest, FIFO,
S8                    INFINITE 1      Time Series Oldest, FIFO,
S9                    INFINITE 1      Time Series Oldest, FIFO,
S10                   INFINITE 1      Time Series Oldest, FIFO,
S11                   INFINITE 1      Time Series Oldest, FIFO,
S12                   INFINITE 1      Time Series Oldest, FIFO,
S13                   INFINITE 1      Time Series Oldest, FIFO,

```

```

*****
*****
*
*                               Entities
*
*****
*****

```

Name	Speed (fpm)	Stats	Cost
MEGANE	1	Time Series	
SYMBOL	1	Time Series	
CLIO	1	Time Series	

```

*****
*****
*
*                               Processing
*
*****
*****

```

Process

Routing

Entity	Location	Operation	Blk	Output
Destination	Rule	Move Logic		

```

-----
MEGANE BODY IF color=1 THEN
{
num_whitecars=num_whitecars+1
}
ELSE IF color=2 THEN
{
num_redcars=num_redcars+1
}
ELSE IF color=3 THEN
{
num_bluecars=num_bluecars+1
}

IF color=1, 1 move for 20 1 MEGANE WC1
MEGANE RC1
IF color=2 move for 20
SYMBOL BODY IF color=1 THEN
{
num_whitecars=num_whitecars+1
}
ELSE IF color=2 THEN
{
num_redcars=num_redcars+1
}
ELSE IF color=3 THEN
{
num_bluecars=num_bluecars+1
}
IF color=2, 1 move for 20 1 SYMBOL RC1
SYMBOL WC1
IF color=1 move for 20
CLIO BODY IF color=1 THEN
{
num_whitecars=num_whitecars+1
}
ELSE IF color=2 THEN
{
num_redcars=num_redcars+1
}
ELSE IF color=3 THEN
{
num_bluecars=num_bluecars+1
}
IF color=3, 1 move for 20 1 CLIO BC1
ALL WC1 1 ALL WHITE
FIRST 1 move for 20 1 ALL RED
ALL RC1 1 ALL BLUE
FIRST 1 move for 20
ALL BC1 1 ALL WHITE
ALL WHITE ACCUM num_whitecars 1 ALL WC2
FIRST 1 move for 20
ALL RED ACCUM num_redcars

```

```

FIRST 1          move for 20
ALL             BLUE          ACCUM num_bluecars          1    ALL    RC2

FIRST 1          move for 20
ALL             WC2          1    ALL    BC2

FIRST 1          move for 20
ALL             RC2          WAIT UNTIL num_whitecars = 0
                                  1    ALL    PAINT

num_whitecars=num_whitecars-1
ALL             RC2          WAIT UNTIL num_redcars = 0
                                  1    ALL    PAINT

FIRST 1          move for 20

num_redcars=num_redcars-1
ALL             BC2          WAIT UNTIL num_bluecars = 0
                                  1    ALL    PAINT

FIRST 1          move for 20

num_bluecars=num_bluecars-1
CLIO           PAINT          wait 5
                                  1    CLIO

PAINT_CONV  0.700000 1      IF color=1 THEN
{
GRAPHIC 2
}
ELSE IF color=2 THEN
{
GRAPHIC 3
}
ELSE
{
GRAPHIC 4
}
0.300000      IF color=1 THEN
{
GRAPHIC 2
}
ELSE IF color=2 THEN
{
GRAPHIC 3
}

```

```

}
ELSE
{
GRAPHIC 4
}
SYMBOL PAINT IF color = 1 AND model = 3 THEN
{
wait 6
}
ELSE IF color=1 AND model=4 THEN
{
wait 5
}
ELSE IF color=2 AND model=3 THEN
{
wait 7
}
ELSE
{
wait 8
}
PAINT_CONV 0.600000 1 IF color=1 THEN 1 SYMBOL
{
GRAPHIC 2
}
ELSE IF color=2 THEN
{
GRAPHIC 3
}
ELSE
{
GRAPHIC 4
}
0.400000 IF color=1 THEN SYMBOL repair
{
GRAPHIC 2

```

```

}
ELSE IF color=2 THEN
{
GRAPHIC 3
}
ELSE
{
GRAPHIC 4
}
MEGANE    PAINT
IF color = 1 AND model = 1 THEN
{
wait 6
}
ELSE IF color=1 AND model=2 THEN
{
wait 5
}
ELSE IF color=2 AND model=1 THEN
{
wait 7
}
ELSE
{
wait 8
}
PAINT_CONV 0.500000 1    IF color=1 THEN
{
GRAPHIC 2
}
ELSE IF color=2 THEN
{
GRAPHIC 3
}
ELSE
{
GRAPHIC 4

```



```

}
0.500000      IF color=1 THEN
{
GRAPHIC 2
}
ELSE IF color=2 THEN
{
GRAPHIC 3
}
ELSE
{
GRAPHIC 4
}
MEGANE  repair      wait 1      1      MEGANE
PAINT_CONV  FIRST 1
SYMBOL  repair      wait 2      1      SYMBOL
PAINT_CONV  FIRST 1
CLIO      repair      wait 1      1      CLIO
PAINT_CONV  FIRST 1
CLIO      PAINT_CONV  INC num_cars_paintconv, 1
                                IF counter=8 THEN
                                {
                                counter = 1
                                }
                                cistenen=array[counter,1]
                                mistenen=array[counter,2]
                                cgelen=color
                                mgelen=model

                                IF mistenen=5 AND mgelen=5 THEN
                                {
                                counter=counter+1
                                ROUTE 1

                                wait 5

                                }
                                ELSE
                                {
                                ROUTE 2

                                }
}
MEGANE  repair

```



```

    }
    ELSE
    {
    ROUTE 2
    }

```

TRISTOCK	FIRST 1	move for 10	1	MEGANE	
			2	MEGANE	DUMMY
FIRST 1		move for 10			
CLIO	DUMMY		1	CLIO	
PAINT_CONV	FIRST 1	move for 10	1	SYMBOL	
SYMBOL	DUMMY		1	SYMBOL	
PAINT_CONV	FIRST 1	move for 10			
MEGANE	DUMMY				
			1	MEGANE	
PAINT_CONV	FIRST 1	move for 10	1	MEGANE	S1
MEGANE	TRISTOCK		1	MEGANE	S1
FIRST 1			1	SYMBOL	S1
SYMBOL	TRISTOCK		1	CLIO	S1
FIRST 1			1	CLIO	S1
CLIO	TRISTOCK		1	MEGANE	
FIRST 1			1	MEGANE	
MEGANE	S1		1	MEGANE	
STATION1	FIRST 1	move for 20	1	MEGANE	S2
MEGANE	STATION1	wait 3	1	MEGANE	S2
FIRST 1			1	MEGANE	
MEGANE	S2		1	MEGANE	
STATION2	FIRST 1	move for 10	1	MEGANE	S3
MEGANE	STATION2	wait 3	1	MEGANE	S3
FIRST 1			1	MEGANE	
MEGANE	S3		1	MEGANE	
STATION3	FIRST 1	move for 10	1	MEGANE	S4
MEGANE	STATION3	wait 3	1	MEGANE	S4
FIRST 1			1		
MEGANE	S4		1		
STATION4	FIRST 1		1		S5
MEGANE	STATION4		1		S5
FIRST 1			1		
MEGANE	S5		1		
STATION5	FIRST 1		1		S6
MEGANE	STATION5		1		S6
FIRST 1			1		
MEGANE	S6		1		
STATION6	FIRST 1		1		S7
MEGANE	STATION6		1		S7
FIRST 1			1		
MEGANE	S7		1		
STATION7	FIRST 1		1		S8
MEGANE	STATION7		1		S8
FIRST 1					

MEGANE	S8			1		
STATION8	FIRST 1					
MEGANE	STATION8			1		S9
FIRST 1						
MEGANE	S9			1		
STATION9	FIRST 1					
MEGANE	STATION9			1		S10
FIRST 1						
MEGANE	S10			1		
STATION10	FIRST 1					
MEGANE	STATION10			1		S11
FIRST 1						
MEGANE	S11			1		
STATION11	FIRST 1					
MEGANE	STATION11			1		S12
FIRST 1						
MEGANE	S12			1	SYMBOL	
STATION12	FIRST 1	move for 10				
MEGANE	STATION12			1		S13
FIRST 1						
MEGANE	S13			1		
STATION13	FIRST 1					
MEGANE	STATION13			1		EXIT
FIRST 1						
SYMBOL	S1	wait 3		1	SYMBOL	
STATION1	FIRST 1					
SYMBOL	STATION1			1	SYMBOL	S2
FIRST 1	move for 10					
SYMBOL	S2	wait 3		1	SYMBOL	
STATION2	FIRST 1					
SYMBOL	STATION2			1	SYMBOL	S3
FIRST 1	move for 10					
SYMBOL	S3	wait 3		1	SYMBOL	
STATION3	FIRST 1					
SYMBOL	STATION3			1		S4
FIRST 1						
SYMBOL	S4			1		
STATION4	FIRST 1					
SYMBOL	STATION4			1		S5
FIRST 1						
SYMBOL	S5			1		
STATION5	FIRST 1					
SYMBOL	STATION5			1		S6
FIRST 1						
SYMBOL	S6			1		
STATION6	FIRST 1					
SYMBOL	STATION6			1		S7
FIRST 1						
SYMBOL	S7			1		
STATION7	FIRST 1					
SYMBOL	STATION7			1		S8
FIRST 1						
SYMBOL	S8			1		
STATION8	FIRST 1					
SYMBOL	STATION8			1		S9
FIRST 1						
SYMBOL	S9			1		
STATION9	FIRST 1					

SYMBOL	STATION9			1		S10
FIRST 1						
SYMBOL	S10			1		
STATION10	FIRST 1					
SYMBOL	STATION10			1		S11
FIRST 1						
SYMBOL	S11			1		
STATION11	FIRST 1					
SYMBOL	STATION11			1		S12
FIRST 1						
SYMBOL	S12			1		
STATION12	FIRST 1					
SYMBOL	STATION12			1		S13
FIRST 1						
SYMBOL	S13			1		
STATION13	FIRST 1					
SYMBOL	STATION13			1		EXIT
FIRST 1						
CLIO	S1			1		
STATION1	FIRST 1					
CLIO	STATION1			1	CLIO	S2
FIRST 1	move for 10					
CLIO	S2	wait 3		1	CLIO	
STATION2	FIRST 1					
CLIO	STATION2			1	CLIO	S3
FIRST 1	move for 10					
CLIO	S3			1		
STATION3	FIRST 1					
CLIO	STATION3			1		S4
FIRST 1						
CLIO	S4			1		
STATION4	FIRST 1					
CLIO	STATION4			1		S5
FIRST 1						
CLIO	S5			1		
STATION5	FIRST 1					
CLIO	STATION5			1		S6
FIRST 1						
CLIO	S6			1		
STATION6	FIRST 1					
CLIO	STATION6			1		S7
FIRST 1						
CLIO	S7			1		
STATION7	FIRST 1					
CLIO	STATION7			1		S8
FIRST 1						
CLIO	S8			1		
STATION8	FIRST 1					
CLIO	STATION8			1		S9
FIRST 1						
CLIO	S9			1		
STATION9	FIRST 1					
CLIO	STATION9	wait 3		1	CLIO	S10
FIRST 1						
CLIO	S10			1	CLIO	
STATION10	FIRST 1	move for 10				
CLIO	STATION10			1		S11
FIRST 1						

```

CLIO      S11                1
STATION11 FIRST 1
CLIO      STATION11         1          S12
FIRST 1
CLIO      S12                1
STATION12 FIRST 1
CLIO      STATION12         1          S13
FIRST 1
CLIO      S13                1
STATION13 FIRST 1
CLIO      STATION13         1          EXIT
FIRST 1
MEGANE    SIRALAMA_SIMULASYONU
ALL       DumyforBody       1      ALL      BODY
FIRST 1

```

```

*****
*****
*                               Arrivals
*
*****
*****

```

Entity	Location	Qty each	First Time	Occurrences	Frequency	Logic
MEGANE	BODY	1	3	10		
color=1 model=1						
MEGANE	BODY	1	3	9		
color=1 model=2						
MEGANE	BODY	1	3	8		
color=2 model=1						
MEGANE	BODY	1	3	7		
color=2 model=2						
SYMBOL	BODY	1	3	6		
color=1 model=3						
SYMBOL	BODY	1	3	5		
color=2 model=4						
CLIO	BODY	1	3	4		
color=3 model=5						
MEGANE	DumyforBody	1	1			
color=1 model=1						
MEGANE	DumyforBody	1	1			
color=1 model=2						
MEGANE	DumyforBody	1	1			
color=2 model=1						
MEGANE	DumyforBody	1	1			
color=2 model=2						
SYMBOL	DumyforBody	1	1			
color=1 model=3						
SYMBOL	DumyforBody	1	1			
color=2 model=4						
CLIO	DumyforBody	1	1			
color=3 model=5						

```

*****
*****
*
*                               Attributes
*
*****
*****

```

ID	Type	Classification
#1:white 2:red 3:blue color	Integer	Entity
#1:x1 2:x2 3:x3 4:x4 5:x5 model	Integer	Entity

```

*****
*****
*
*                               Variables (global)
*
*****
*****

```

ID	Type	Initial value	Stats
num_cars_paintconv	Integer	0	Time Series
counter	Integer	1	Time Series
num_whitecars	Integer	0	Time Series
num_redcars	Integer	0	Time Series
num_bluecars	Integer	0	Time Series
c1	Integer	0	Time Series
c2	Integer	0	Time Series
m1	Integer	0	Time Series
m2	Integer	0	Time Series
mistenen	Integer	0	Time Series
mgelen	Integer	0	Time Series
cistenen	Integer	0	Time Series
cgelen	Integer	0	Time Series

```

*****
*****
*
*                               Arrays
*
*****
*****

```

ID	Dimensions	Type
array	8,2	Integer

## ÖZGEÇMİŞ

E.Elçin Kabeoğlu, 21.11.1984 de Eskişehir'de doğdu. Orta ve lise eğitimini Söğüt Anadolu Lisesi'nde tamamladı. 2002 yılında Söğüt Anadolu Lisesi, Fen Bilimleri Bölümünden mezun oldu. 2003 yılında başladığı Sakarya Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümünü 2007 yılında bitirdi. 2009 Ocak ayından beri Sakarya Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümünde Arş. Gör. olarak çalışmaktadır.