




# **MONTAJ HATLARININ DENGELLENMESİ**

- 
- **Montaj Hattı düzenleme, tek tip veya benzer ürünlerin çok sayıda üretilmesi için yapılır.**
  - **İş İstasyonları belirli döngü zamanını sağlamak için belli bir düzene göre sıralanır.**


# Döngü Zamanı

ÇEVİRİM

$$C = \frac{\text{Mevcut kullanılabilir üretim zamanı}}{\text{İstenen üretilmiş parça adedi}}$$

Bir birim bitmiş ürün için geçen zaman Toplam 800 dakikada 32 parça üretilecek ise,

►  $C = 800 \text{ dak} / 32 = 25 \text{ dak}$

- 
- Mevcut Zaman = 24 saat = 1440 dakika
  - İstenen Üretim = 250 adet
  - $C = 1440 / 250 = 5,76$  dakika

**İstenen Üretim miktarı (talep) artarsa ?**  
**Döngü Zamanı AZALTILIR..**

**İstenen Üretim miktarı (talep) azalırsa?**  
**Döngü Zamanı ARTIRILIR...**

## Örnek;

- 10 işçi, günde 8 saat, haftada 5 gün çalışıyor ise,
- $10 * 8 * 5 = 400$  saat/hafta (24000 dak.)
- Haftalık Talep = 1200 Adet ise,
- $C = 24000 / 1200 = 20$  dakika
- TALEP ARTARSA (2000 e yükselirse,)
- Ya,
- Döngü zamanı azaltılır
- $C = 24000 / 2000 = 12$  dakika

Ya da;

➤  $2000 \text{ adet} * 20 \text{ dak.} = 40000 \text{ dak.}$

➤  $40000/60 = 666,6 \text{ saat}$

➤  $? \text{ işçi} * 8 \text{ saat} * 5 \text{ gün} = 666,6 \text{ saat}$

➤  $? * 8 * 5 = 666,6 = 16,6 = 17 \text{ işçi}$

➤ veya

➤  $10 * ? \text{ saat} * 5 = 666,6 = 13,3 \text{ saat}$

➤  $= 13,3 - 8 = 5,3 \text{ saat fazla mesai ile}$

➤ veya

➤  $10 * 8 * ? \text{ gün} = 666,6 = 8,3 \text{ gün}$

# İstasyon Sayısı

- ➡ Belirlenmiş döngü zamanına göre, istasyon sayısı

$$N_t = \frac{\text{Toplam faaliyet süresi (T)}}{\text{Döngü zamanı (C)}}$$

- ➡  $N_t = 97 / 25 = 3.88 = 4$  istasyon




## Montaj hatlarının performans ölçüleri

➡ **Hat Verimliliği:** Hatta üretilmiş olan iyi parçaların, hat zamanına oranıdır.



# Hat Verimi

- Bir üretim hattında çeşitli nedenler sebebiyle meydana gelen aksaklıklar hattın verimini etkiler.
- Bir hattaki olası aksaklıklar önceden bilinir ve hesaplanabilir ise o hattaki verimi önceden bilebiliriz. Bu da, üretim planlarında daha uygulanabilir sonuçlar verecektir.

- 
- Döngü Zamanı, bazı durumlarda hatta meydana gelen çeşitli arıza ve durma halinde yeniden hesaplanır.
  - gerçek döngü süresini bulmak için;
  - $C = c + (P(a) * T(a))$

Kullanılır.

Burada  $P(a)$  = Arıza veya durma olasılığı

$T(a)$  = Arıza giderme süresi



## Örnek;

**Bir istasyonda bir birim ürün 2 dakikada  
üretiliyor olsun ( $c = 2$  dakika)**

**Ortalama olarak her 50 üretimde bir kez  
hatalı üretim oluyor ve bu hatanın  
giderilmesi 3,5 dakika alıyor ise;**



➡  $P(a) = \%2$

➡  $T(a) = 3,5$  dakika


➡  $C = 2 + (0,02 * 3,5) = 2,07$  dakika

işlem verimliliği=  $c/C$

➡  $= 2/2,07$

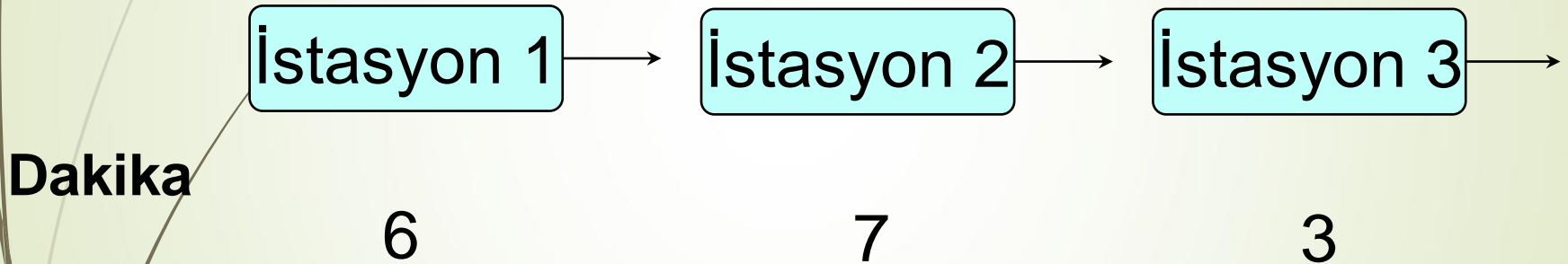
➡  $= 0,966$

Bunun anlamı; günde 8 saat çalışılıyor ise, fiili olarak bu sürenin  $(8 * 0,966) = 7,728$  saati kullanılmaktadır.

- 
- ➡ **Hat Verimliliği:** Bir üretim hattında bir iş istasyonunun diğerlerinden daha uzun bir görev süresine sahip olması durumunda, diğerlerinin boşa bekleme süreleri artar. Bu nedenle, hat verimi önem kazanır.
  - ➡ **Burada, hat verimi;** Toplam üretim süresinin, hattaki en uzun görev süresi ile iş istasyonu sayısının çarpım değerine oranlanması ile bulunur.

# Montaj Hatları Dengeleme Kavramları

**Soru: Aşağıda 3 iş istasyonunun her birinin görevlerini tamamlama süreleri dakika olarak verilmiştir. Bu hatta döngü süresi ne kadardır?**



**Cevap: Hat döngü zamanını daima en uzun süreden alır. Bu problemde hattın döngü zamanı 7 dakikadır. Ayrıca diğer 2 iş istasyonunda boş zaman oluşacaktır.**

# Hat Dengeleme Örneği

- Aşağıdaki görevler ile bir elektrik fanı montaj hattının iş ayarlarını atadınız :

ÖNCELİK

Görev	Zaman (dk)	Tanım	Prosedür
A	2	Birleştirilmiş Çerçeve	None
B	1	Mount Anahtarı	A
C	3.25	Birleştirilmiş Motor Yatağı	None
D	1.2	Çerçeveadaki mount motor yatağı	A, C
E	0.5	Monte etme ağzı	D
F	1	Birleştirme güvenlik ızgarası	E
G	1	Monte etme şeridi	B
H	1.4	Test	F, G

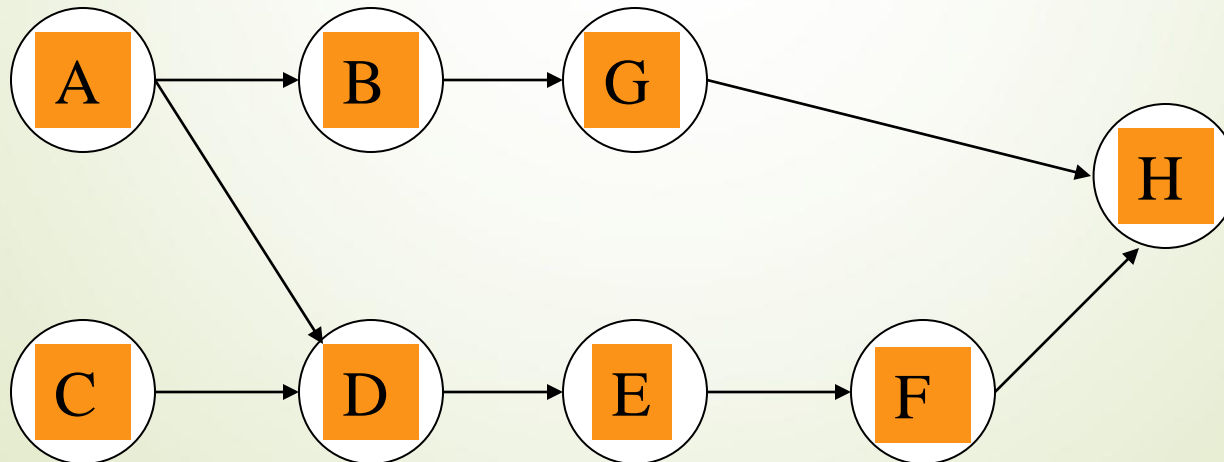
# Hat Dengeleme Örneği: Öncelik Diyagramını Oluşturmak

## Görev Prosedürleri

A	Yok
B	A
C	Yok
D	A, C

## Görev Prosedürleri

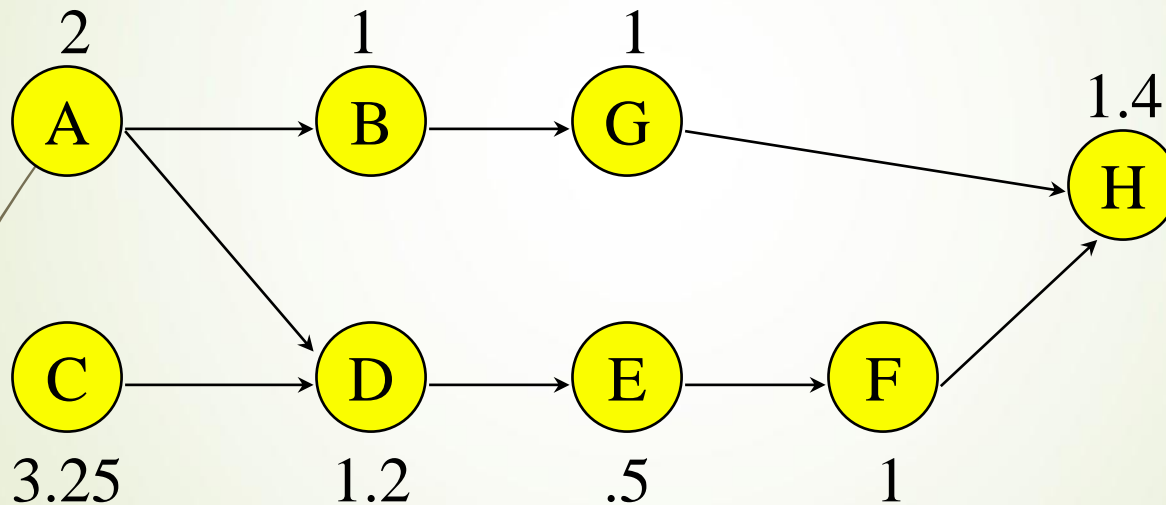
E	D
F	E
G	B
H	G, F





# Hat Dengeleme Örneği: Öncelik Diyagramı

**Soru: Hangi proses adımı üretimin maksimum süresini tanımlar?**



**Cevap: Hattın döngü zamanındaki C görevi üretimin maksimum süresidir.**

# 5 iş istasyonundan oluşan bir üretim hattı



➡ Bu 5 istasyonda görev süreleri boş süreleri aşağıdaki gibidir:

➡ İstasyon   İşlem süresi   Boş süre

1            1,3            2,5

2            1,6            2,2

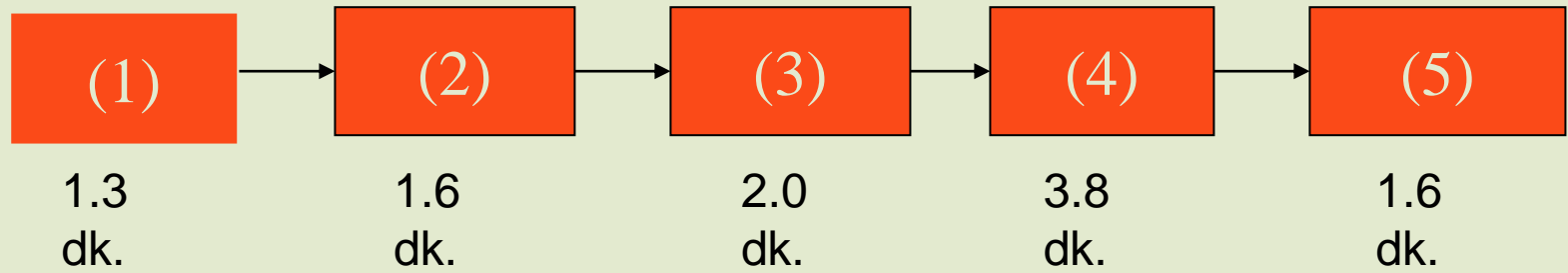
3            2,0            1,8

4            3,8            0,0

5            1,6            2,2

En yüksek olan 3.8  
diğer işlem sürelerinden  
çıkartıyoruz.



Toplam süre: 10,3 dakika




Hat verimliliği;


➡  $E(L) =$

$$\frac{\sum_{i=1}^N c_i}{N.C}$$

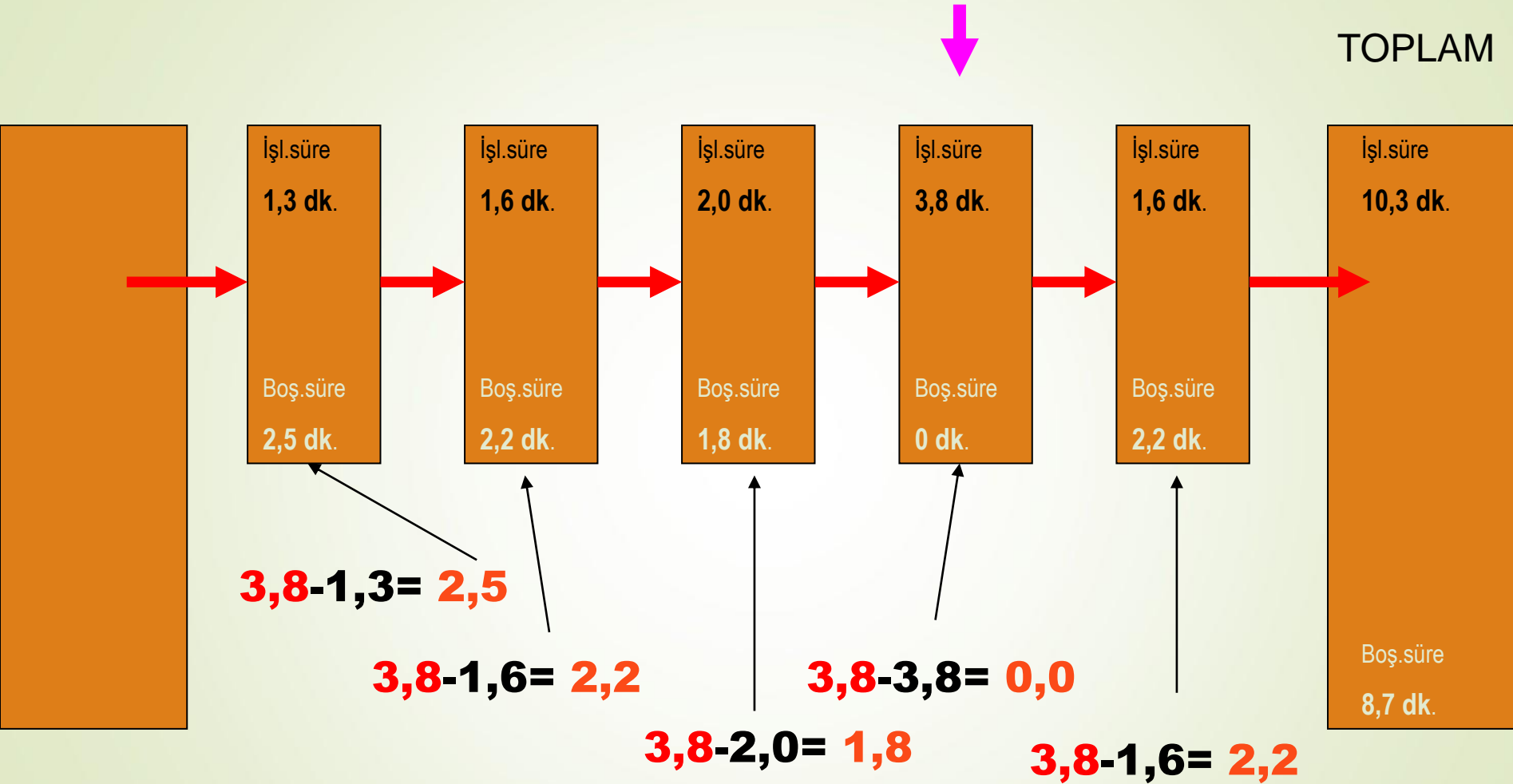

$$\text{Hat verimi} = \frac{10,3 \text{ dak.}}{5 * 3,8 \text{ dak}}$$
$$= \% 54,2 \text{ dir.}$$



Bu hattan 1 saat (60 dakika) içinde  
ne kadar ürün çıkacağını  
inceleyelim.....

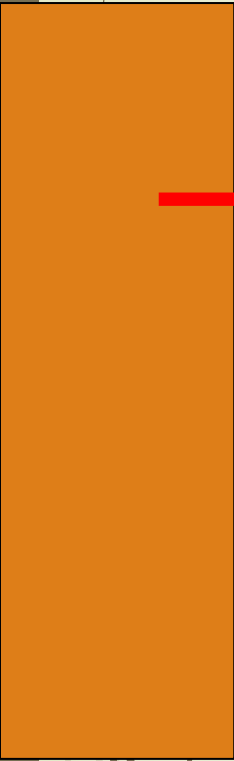


TOPLAM





**İşlem süreleri ve 1 saatlik çalışma süresi esas alındığında ve her istasyon bağımsız olarak düşünüldüğünde, her istasyondaki üretim miktarları aşağıdaki gibi olacaktır:**



İşl.süre  
**1,3 dk.**

Üretim  
 $60/1,3=$   
**46**



İşl.süre  
**1,6 dk.**

Üretim  
 $60/1,6=$   
**37**



İşl.süre  
**2,0 dk.**

Üretim  
 $60/2,0=$   
**30**



İşl.süre  
**3,8 dk.**

Üretim  
 $60/3,8=$   
**15**



İşl.süre  
**1,6 dk.**

Üretim  
 $60/1,6=$   
**37**



İşl.süre  
**10,3 dk.**

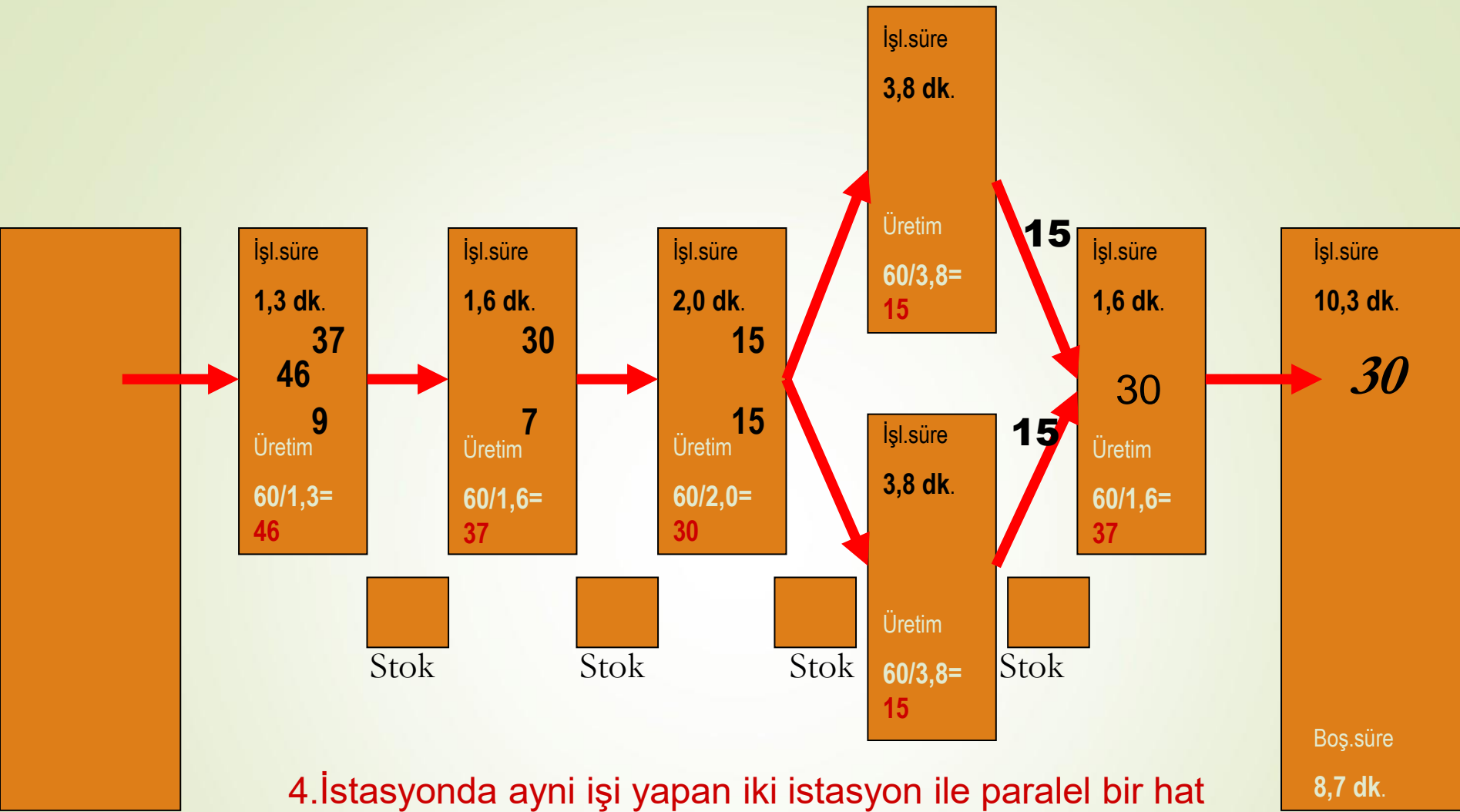
Boş.süre  
**8,7 dk.**



37 adet üretebilme kapasitesi olan 5.istasyon bir önceki istasyondan gelen 15 iş nedeniyle zamanının büyük bölümünü boş geçirmek zorunda kalmaktadır...

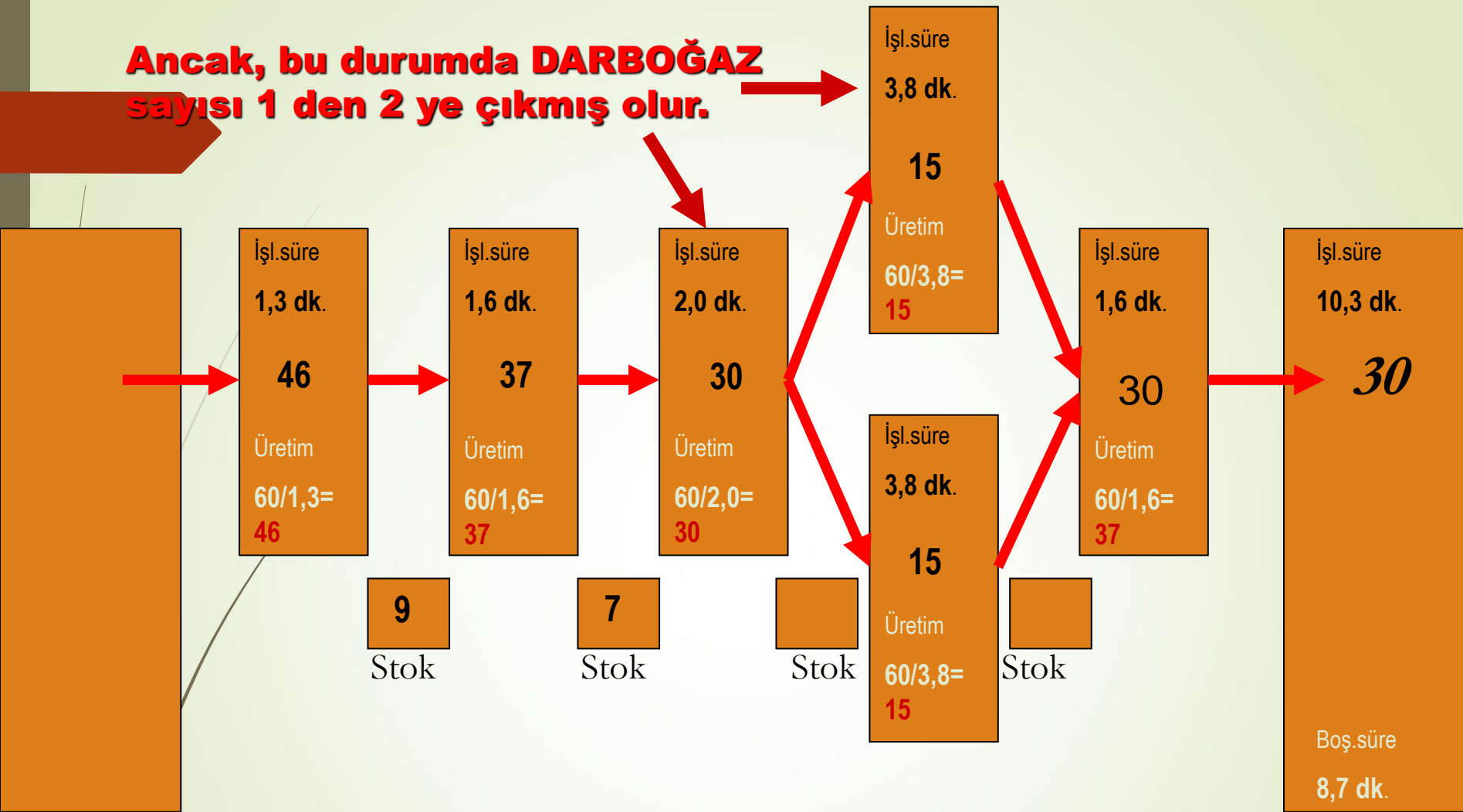
- Bulunan hat verimliliği çok düşüktür. (% 54,2 )
- Aynı zamanda ara stoklar birikmekte ve akış dengesizleşmektedir.
- Bu akışın dengelenmesi ve hat verimliliğinin artırılması gereklidir...
- Bunu nasıl başarabiliriz.....?

- ➡ 4.İstasyon Darboğazdır..
- ➡ 4. İstasyonda işin hızlandırılması gereklidir.
- ➡ Bunun için bu istasyonda aynı işleri yapacak yani bir makinenin işleme sokulması gereklidir. Bu paralel bir istasyon ile de temsil edilmektedir.
- ➡ Aynı özellikteki işlerin iki ayrı istasyona dağıtılması ile, bekleme süresi ve dolayısı ile toplam süreler azalacaktır.



4.İstasyonda aynı işi yapan iki istasyon ile paralel bir hat oluşturarak aynı zaman diliminde (60 dk.) yapılan işler iki katına çıkmış ve bir sonraki 5.istasyona giden iş sayısı iki katına (15 den 30 a) çıkarılmıştır. 5.istasyonun iş yapma kapasitesi de dolayısı ile iki katına çıkmıştır. Yani o da herhangi bir iyileştirme yapılmadan kapasitesini iki katına çıkarır ve etkinliği artar.

**Ancak, bu durumda DARBOĞAZ sayısı 1 den 2 ye çıkmış olur.**



Bu durumda istasyonlardaki süreler ve boş süreler aşağıdaki gibi değişecektir:

İstasyon	İşlem süresi	Boş süre
1	1,3	0,7
2	1,6	0,4
3	2,0	0,0
4a	1,9	0,1
4b	1,9	0,1
5	1,6	0,4



► Yeni durumda Hat verimliliği;

10,3 dak.

= \_\_\_\_\_

6 \* 2,0 dak

= % 85,8

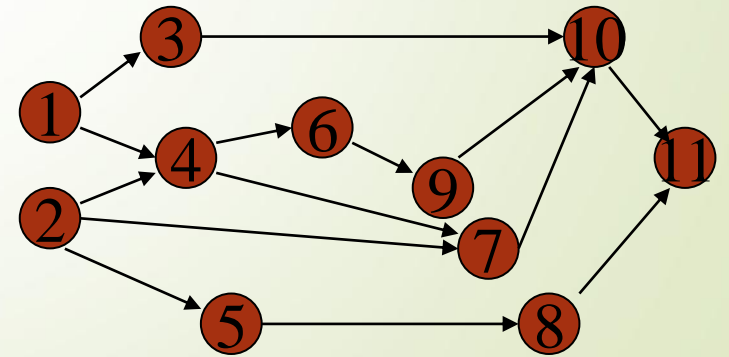
# **MONTAJ HATTININ KURULMASI VE DENGELLENMESİ**

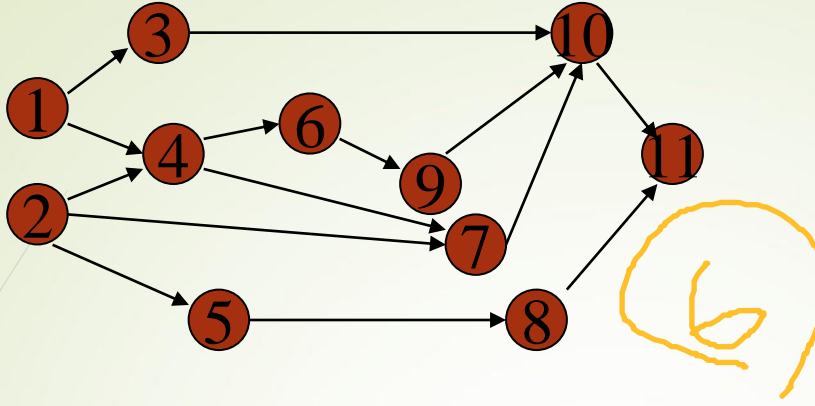


Aşağıdaki örneği inceleyiniz..

- 11 işten oluşan faaliyet süreci
- Her işin belirlenmiş iş tamamlama süresi
- Her işin öncelik sırası (işlerin birbirine bağları ve faaliyetin tamamlama süreci)

<i><b>Faaliyet</b></i>	<i><b>Süre</b></i>	<i><b>Öncelik</b></i>
1	0,8	--
2	3,1	--
3	0,6	1
4	1,2	1-2
5	2,0	2
6	2,4	4
7	4,2	2-4
8	0,8	5
9	1,6	6
10	2,2	3-7-9
11	1,0	8-10





FAALİYET	SÜRE	İSTASYON SÜRE	BOŞ SÜRE
1	0,8	0,8	6,0-0,8=5,2
2	3,1	3,9	5,2-3,1=2,1
3	0,6	4,5	2,1-0,6=1,5
4	1,2	5,7	1,5-1,2=0,3
5	2,0	2,0	6,0-2,0=4,0
6	2,4	4,4	4,0-2,4=1,6
9	1,6	6,0	1,6-1,6=0,0
7	4,2	4,2	6,0-4,2=1,8
8	0,8	0,8	6,0-0,8=5,2
10	2,2	3,0	5,2-2,2=3,0
11	1,0	4,0	3,2-1,0=2,0

Faaliyet	Süre	Öncelik
→ 1	0,8	--
→ 2	3,1	--
→ 3	0,6	1
→ 4	1,2	1-2
→ 5	2,0	2
→ 6	2,4	4
→ 7	4,2	2-4
→ 8	0,8	5
→ 9	1,6	6
→ 10	2,2	3-7-9
→ 11	1,0	8-10

$$\text{Verim} = \frac{\text{İstasyon süreleri toplamı (T)}}{\text{istasyon adedi} \times \text{Döngü zamanı (C)}}$$

İSTASYON 1

İşlem Süre: 5,7

Boş Süre:0,3

İSTASYON 2

İşlem Süre:6,0

Boş Süre:0,0

İSTASYON 3

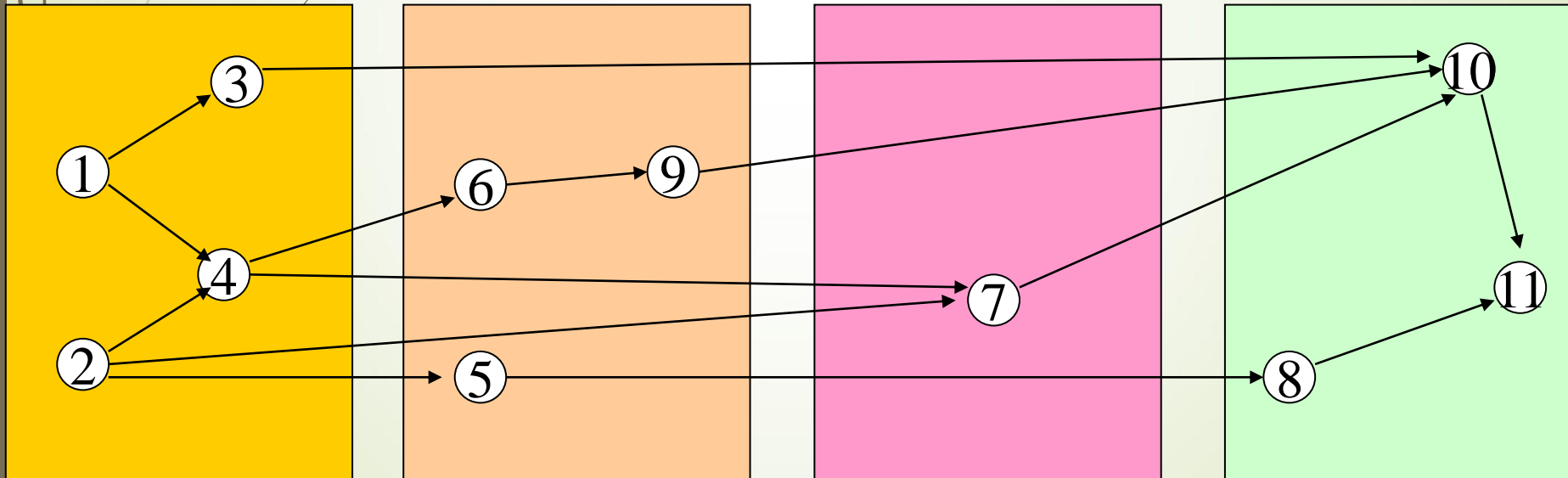
İşlem Süre:4,2

Boş Süre:1,8



İSTASYON 4



İşlem Süre:4,0

Boş Süre:2,0

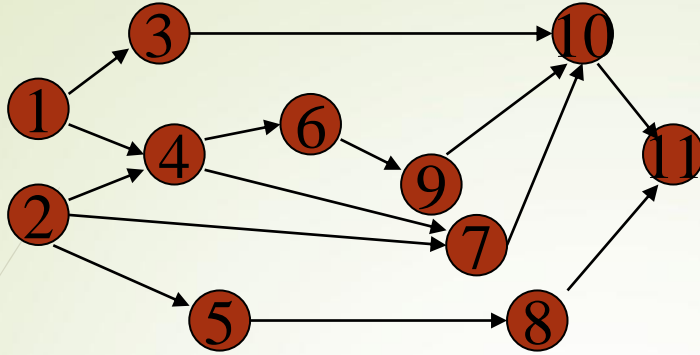


$$\text{Verim} = \frac{19,9}{4 * 6} = \%83$$

- 
- 
- Bu hatta 1 saatte 10 iş üretilir.
  - Bu miktardan daha fazla iş üretmek için,
  - Çalışma süresi arttırılabilir
  - Döngü süresi azaltılır.

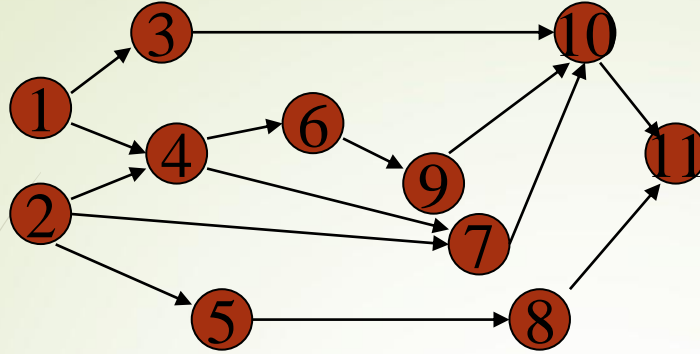
- 
- 
- Döngü süresini azaltmak hattın yeniden düzenlenmesi ile mümkündür.





FAALİYET	SÜRE	İSTASYON SÜRE	BOŞ SÜRE
1	0,8	0,8	$6,0-0,8=5,2$
2	3,1	3,9	$5,2-3,1=2,1$
3	0,6	4,5	$2,1-0,6=1,5$
4	1,2	5,7	$1,5-1,2=0,3$
5	2,0	2,0	$6,0-2,0=4,0$
6	2,4	4,4	$4,0-2,4=1,6$
9	1,6	6,0	$1,6-1,6=0,0$
7	4,2	4,2	$6,0-4,2=1,8$
8	0,8	0,8	$6,0-0,8=5,2$
10	2,2	3,0	$5,2-2,2=3,0$
11	1,0	4,0	$3,2-1,0=2,0$

Faaliyet	Süre	Öncelik
→ 1	0,8	--
→ 2	3,1	--
→ 3	0,6	1
→ 4	1,2	1-2
→ 5	2,0	2
→ 6	2,4	4
→ 7	4,2	2-4
→ 8	0,8	5
→ 9	1,6	6
→ 10	2,2	3-7-9
→ 11	1,0	8-10



FAALİYET	SÜRE	İSTASYON SÜRE	BOŞ SÜRE
1	0,8	0,8	$6,0-0,8=5,2$
2	3,1	3,9	$5,2-3,1=2,1$
3	0,6	4,5	$2,1-0,6=1,5$
4	1,2	5,7	$1,5-1,2=0,3$
5	2,0	2,0	$6,0-2,0=4,0$
6	2,4	4,4	$4,0-2,4=1,6$
8	0,8	5,2	$1,6-0,8=0,8$
7	4,2	4,2	$6,0-4,2=1,8$
9	1,6	1,6	$6,0-1,6=4,4$
10	2,2	3,8	$4,4-2,2=2,2$
11	1,0	4,0	$2,2-1,0=1,2$

Faaliyet	Süre	Öncelik
→ 1	0,8	--
→ 2	3,1	--
→ 3	0,6	1
→ 4	1,2	1-2
→ 5	2,0	2
→ 6	2,4	4
→ 7	4,2	2-4
→ 8	0,8	5
→ 9	1,6	6
→ 10	2,2	3-7-9
→ 11	1,0	8-10

$$\text{Verim} = \frac{\text{İstasyon süreleri toplamı (T)}}{\text{istasyon adedi} \times \text{Döngü zamanı (C)}}$$

### İSTASYON 1

İşlem Süre: 5,7

Boş Süre:0,3

### İSTASYON 2

İşlem Süre:6,0

Boş Süre:0,0

### İSTASYON 3

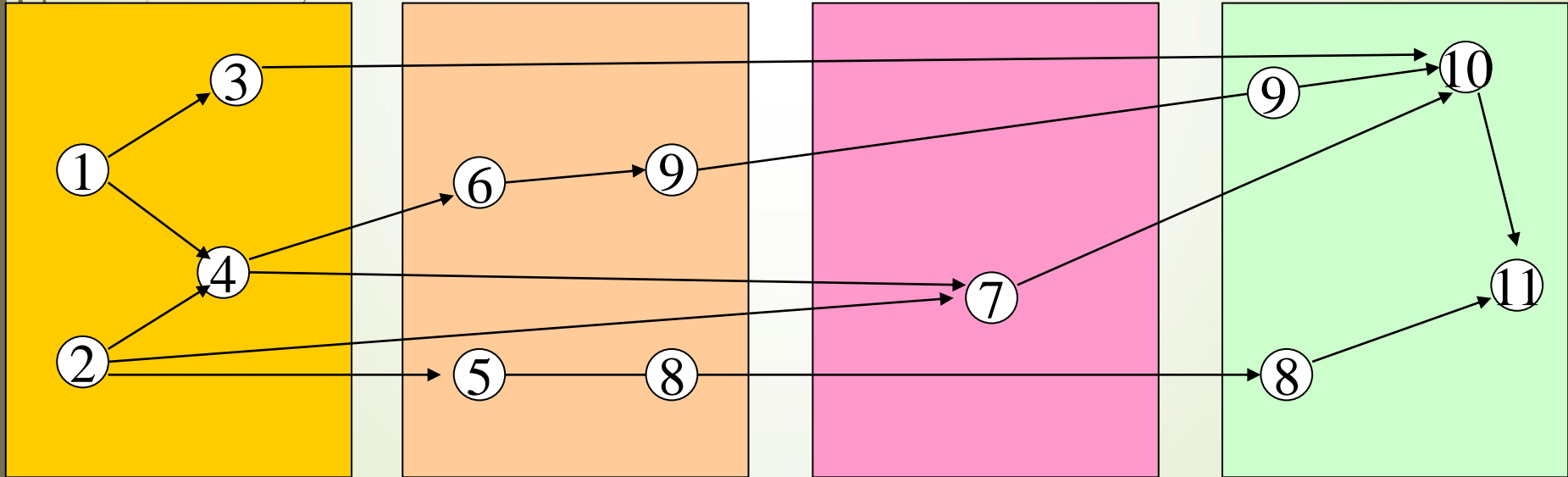
İşlem Süre:4,2

Boş Süre:1,8

### İSTASYON 4

İşlem Süre:4,0

Boş Süre:2,0



$$\text{Verim} = \frac{\text{İstasyon süreleri toplamı (T)}}{\text{istasyon adedi} \times \text{Döngü zamanı (C)}}$$

İSTASYON 1

İşlem Süre: 5,7

Boş Süre:0,3

İSTASYON 2

İşlem Süre:5,2

Boş Süre:0,8

İSTASYON 3

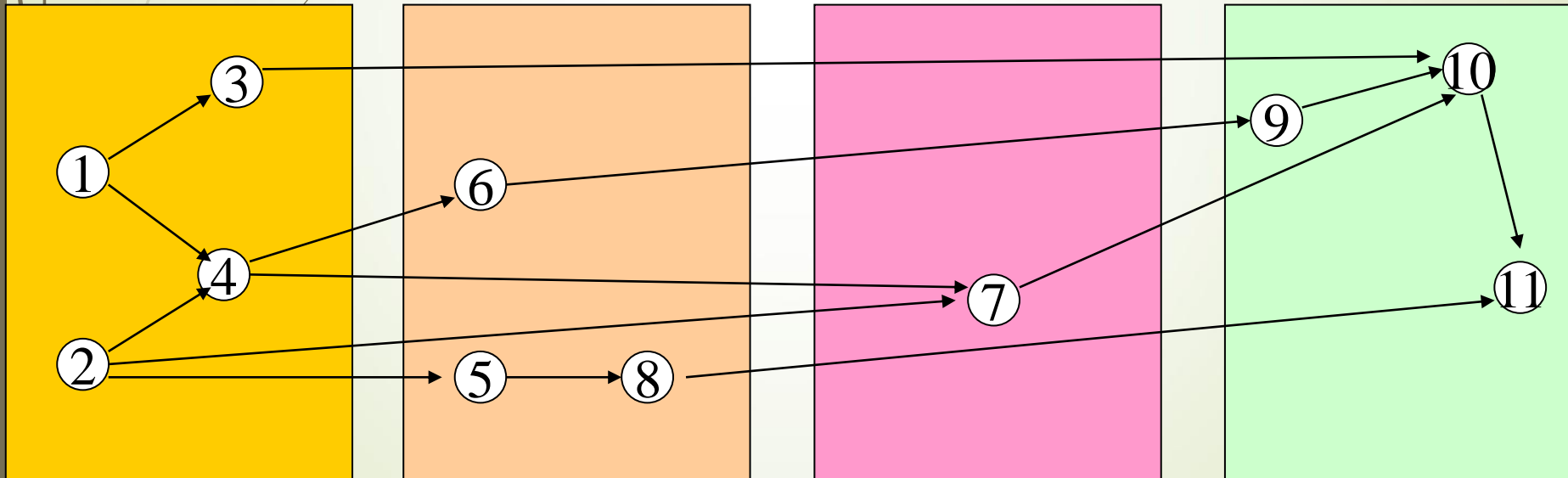
İşlem Süre:4,2

Boş Süre:1,8

İSTASYON 4

İşlem Süre:4,8

Boş Süre:1,2



$$\text{Verim} = \frac{19,9}{4 \times 5,7} = \%87$$



Günlük Çalışma Süresi 8 saat  
(480 dk.) olarak düşünülür ise;

➤ Birinci yerleşim:

➤  $480/6,0 = 80$  Adet

➤ Üretim yapar.

➤ İkinci yerleşim:

➤  $480/5,7 = 84,2$   
Adet

➤ Üretim yapar.

- Üretkenlik artışı için Darboğaz'ın işlem süresi azaltılır.

Ancak, talep artmıyor ise üretim miktarının artması stokların oluşmasına ve dolayısı ile stok maliyetlerinin yükselmesine sebep olur.

- Darboğazın süresi azaltılırken, yeni darboğazlar ortaya çıkabilir...

# Döngü Zamanı Kararı

Her gün 100 ürün montajı yapmak istediğimizi varsayalım. Döngü zamanımız ne olur?

**Cevap:**

$$\text{Döngü Zamanı, } C = \frac{\text{Dönemdeki mevcut üretim zamanı}}{\text{Dönemdeki istenen üretim miktarı}}$$

$$C = \frac{480 \text{ dk/gün}}{100 \text{ birim/gün}} = 4.8 \text{ dk/birim}$$