

Üretim Planlama ve Stok Kontrolü

Kapasite Planlama

Bölüm 6

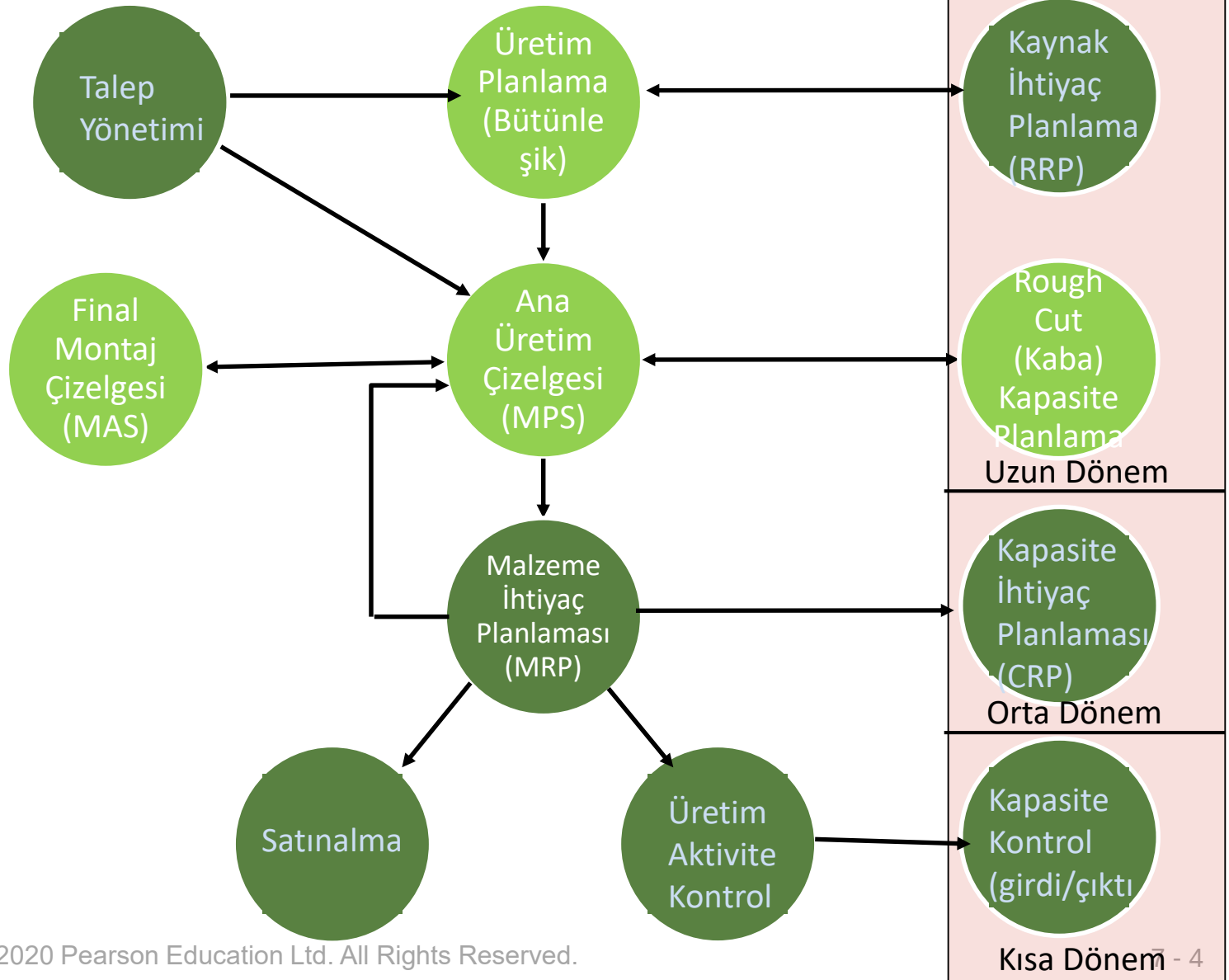


KAPASİTE PLANLAMA

Kapasite Yönetimi

- Kapasite yönetimi; planlara erişebilmek için gerekli kapasitenin belirlenmesi ve bu amaçla kapasitenin temini, izlenmesi ve kontrolü çalışmalarını kapsar.
- 2 safhası vardır;
 - Kapasite Planlama: Planı karşılamak için gerekli kaynakların belirlenmesi ve kapasiteyi uygun hale getirme prosesidir, başka ifadeyle firmanın üretim amaçlarını karşılamak için gerekli insan, makineler ve fiziksel kaynakların belirlenmesi prosesidir.
 - Kapasite Kontrol: Üretim çıktısını izleme, kapasite planlarıyla onu mukayese etme ve gerektiğinde düzeltici tedbirleri alma prosesidir.

Kapasite Yönetimi

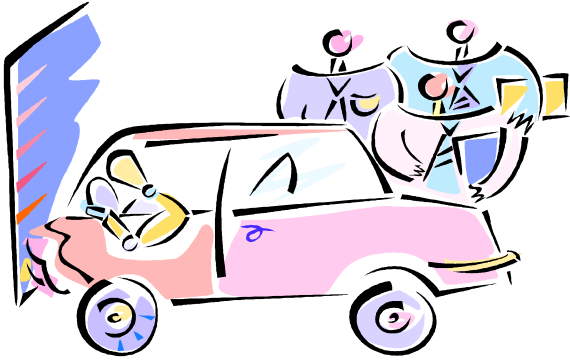


ÖĞRENME HEDEFLERİ

- ▶ **KAPASİTE TERİMLERİ**
- ▶ **KAPASİTE ARTTIRMA STRATEJİLERİ**
- ▶ **EN İYİ İŞLEM SEVİYESİ**
- ▶ **KAPASİTE ÇEŞİTLERİ VE ÖLÇME**
- ▶ **KAPASİTE GEREKSİNİMLERİNİN BELİRLENMESİ**
- ▶ **KAPASİTE ALTERNATİFLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ**



**PAZAR (müþteri) ÜRÜN VE
HİZMETLERİN DAİMA
BULUNABİLİRLİĞİNİ TALEP EDER!!**



**ÜRÜN VE HİZMET SAĞLAYICILAR İSE
BU TALEPLERİ YERİNE GETİRECEK
KAPASİTE SAĞLAMAK
DURUMUNDADIRLAR!!**



KAPASİTE:

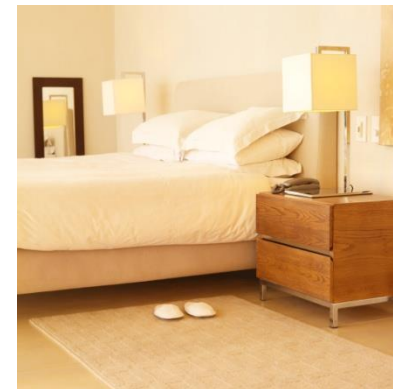
- ▶ Herhangi bir üretim sisteminin gerçekleştirdiği veya gerçekleştirmesi gerekli üretim seviyesi o **sistemin kapasitesi** olarak kabul edilir.
- ▶ Belirli bir zaman periyodu içerisinde sistemin üretebildiği çıktı miktarı ya da üretim yapabilme kabiliyeti olarak tanımlanır.



- ▶ Çıktı: Üretilmiş iş miktarıdır. Çıktı birimi genellikle tamamlanmış ürün sayısı veya çalışma saatleri olarak belirtilir.
- ▶ Yeni bir fabrika kurulmadan önce belirlenmesi gereken en önemli şeylerden biri kapasitenin hesaplanması ve planlanmasıdır



- Örneğin bir tekstil firması için kapasite, işlenecek hammadde miktarı veya üretilen tüm mamullerin metre olarak uzunluğu,
- Bir demir-çelik fabrikasının kapasitesi üretilen ürünün ton cinsinden ifadesi,
- Otelde yatak sayısı yada müşteri sayısı/gün



- ▶ Çok ürün üreten sistemlerde ise kapasite tanımının hangi ürüne göre yapılması gerektiği sorunu mevcuttur.
- ▶ Örneğin entegre bir tekstil fabrikasında hem erkek giyimi (takım elbise, kravat, gömlek, vb.) dikilmekte, hem kadın giyimi (elbise, bluz, etek, çanta, takı vb.) hem de çocuk kıyafetleri (kıyafet, şapka, çanta vb.) gibi giyim mamulleri üretilmektedir. Tüm süreç için aynı ekipman kullanıldığından dolayı kapasitenin hangi ürün cinsinden tanımlanacağı zor bir problemdir.

- Ürün veya sistem çıktıları benzer ise kapasitenin tanımlanması ortak bir birimle yapılabilir. (Örn; ton-çimento, tane-buzdolabı, metre-dikenli tel vb. gibi)
- Bu gibi karmaşık durumlarda, Operasyon yöneticileri kapasiteyi ele alırken aynı anda hem ellerindeki mevcut kaynakları (teknoloji, iş gücü miktarı, makine sayısı v.b.) hem de üretecekleri miktarları dikkate almak zorundadırlar.
- Belirli bir zaman periyodu için, gerekli çıktı miktarına oranla elde mevcut olan üretim kaynakları miktarı Kapasite terimini nispi olarak ifade eder.(Örn: senelik, aylık, haftalık gibi zaman aralıklarında kullanılabilecek işçi saati, tezgah saati, veya hammadde birimi gibi)

- Kısaca özetlemek gerekirse kapasite üretim girdileri ve çıktıları cinsinden ifade edilebilir. Aşağıdaki tabloda çeşitli ürünler için kullanılan kapasite ölçütleri verilmiştir.

Kuruluş	Ölçüt	Ölçüt tipi	Kuruluş	Ölçüt	Ölçüt tipi
Otomobil Sanayii	Adet-otomobil	Çıktı	Havacılık	Koltuk sayısı	Girdi
Meşrubat	Şişe_meşrubat	Çıktı	Hastane	Yatak sayısı	Girdi
Konservecilik	Ton-Konserve	Çıktı	Atölye	İşçilik/Tezgah saati	Girdi
Çelik Sanayii	Ton-Çelik	Çıktı	Üniversite	Öğrenci sayısı	Girdi
Enerji Üretimi	Megavat_Elektrik	Çıktı	Depo	Depolama Sahası	Girdi

KAPASİTE ÇEŞİTLERİ VE ÖLÇÜMÜ

► *Tasarım-Teorik-Maksimum Kapasite:*

- İdeal koşullar altında makine ve diğer üretim araçlarının hiçbir duraklama olmaksızın çalışmasıyla ve üretim sürecinde yetenekli işgücü kullanımıyla belirli bir periyotta üretebileceği maksimum çıktı miktarı yada hizmet kapasitesidir. Bu üretim kapasitesinde duraklama ve arızalar için pay ayrılmamıştır.
- Çalışan kişilerin yetkin ve makinelerin duraksamadan çalıştığı durumlardır. Haftanın 7 günü çalışılması ya da günde 3 vardiya olması gibi.
- ÖRN:Çelik (ton/hafta)
Teorik kapasite: $4 \text{ mak} \times 8 \text{ saat} \times 3 \text{ vard.} \times 7 \text{ gün} = 672$
makine-saat

➤ Teorik kapasiteyi etkileyen faktörleri şöyle sıralayabiliriz:

1. Kullanılabilir iş günü
2. Tesisin büyüklüğü
3. Donatım, iş gücü ve paranın bulunabilirliği
4. Finansman ve satın alma kolaylıkları
5. İş anlaşmaları ile ilgili politikalar
6. İşlerin teknik boyutları
7. Yapılması gereken işlerin sayısı ve çeşitleri

► *Pratik-Etkin Kapasite:*

- Makine ve diğer üretim araçlarının teorik kapasite düzeyinde çalışabilmeleri mümkün değildir.

Üretimde;

- koruyucu bakım, makine hazırlık gibi faaliyetler için zaman harcanması gerekebilir;
- işgörenlerle makineler arasında tam denge sağlanmayabilir;
- beklenmeyen makine arızaları meydana gelebilir; üretim hataları oluşabilir;
- işgören devamsızlığı;
- elektrik kesintileri;
- malzeme yetersizliği gibi durumlarla karşılaşılabilir.
- Ve bütün bu nedenlerden dolayı üretim genellikle, **teorik kapasitenin altında gerçekleşir.**

- ▶ Pratik kapasite, teorik kapasiteden çeşitli duraklamalar sonucu meydana gelen kayıpların çıkarılmasıyla elde edilen çıktı düzeyidir. Pratik kapasite ile normal şartlarda bir üretim ifade edilmekte ve genellikle bu kapasite, işletmenin varmaya çalıştığı normal verimliliği ifade eden bir ölçü olarak kullanılmaktadır.
- ▶ Tesis genişletilmedikçe/ değiştirilmedikçe veya işgücü büyüklüğü arttırılmadığı sürece, teorik kapasitenin genişletilmesi mümkün değildir.

- ▶ Oysa, pratik kapasitenin teorik kapasitenin altında kalmasına neden olan faktörlerden bazıları yönetimin denetimi altındadır. Örneğin pratik kapasiteyi arttırmak için;
 - ▶ İş yöntemleri iyileştirilerek makine hazırlık süreleri düşürülebilir,
 - ▶ Bakım ihtiyacı nispeten az olan makineler satın alınabilir,
 - ▶ İşgörenlerden kaynaklanan sorunların giderilmesi amacıyla işgörenlerin motivasyonuna ağırlık verilebilir,
 - ▶ Süreçte iyileştirmeler yapılabilir,
 - ▶ Hatasız malzeme kullanılabilir,
 - ▶ Malzemenin işletmeye zamanında gelmesi için önlemler alınabilir,
 - ▶ Koruyucu bakım faaliyetleri doğru zamanlanabilir.

► Gerçek-Fiili (Effective) Kapasite:

► Hali hazırdaki kaynak ve operasyonel kısıtları dikkate alarak, geçmiş deneyimleri de göz önünde bulundurarak tahmin edilen kapasite oranıdır. Başka bir deyişle, **fiili kapasite ulaşılabilecek gerçek çıktı düzeyinin ulaşılan kısmıdır.**

► Pratik kapasitenin kullanılan kısmını ifade etmek üzere:

Kap.Kull.Or = Fiili Kapasite / Pratik Kapasite

- KKO=1 ise tam kapasiteyle çalışma söz konusudur.
- KKO<1 ise işletmede atıl kapasitenin söz konusu olduğu gözlemlenir.
- Çok nadir de olsa KKO>1 olduğu durumlar da görülebilir, böyle durumlar ise söz konusu işletmede normal duraklama ve işleyiş kesintilerinden daha kısa sürelerle duraklamaların olduğu çıkarımı yapılabilir.

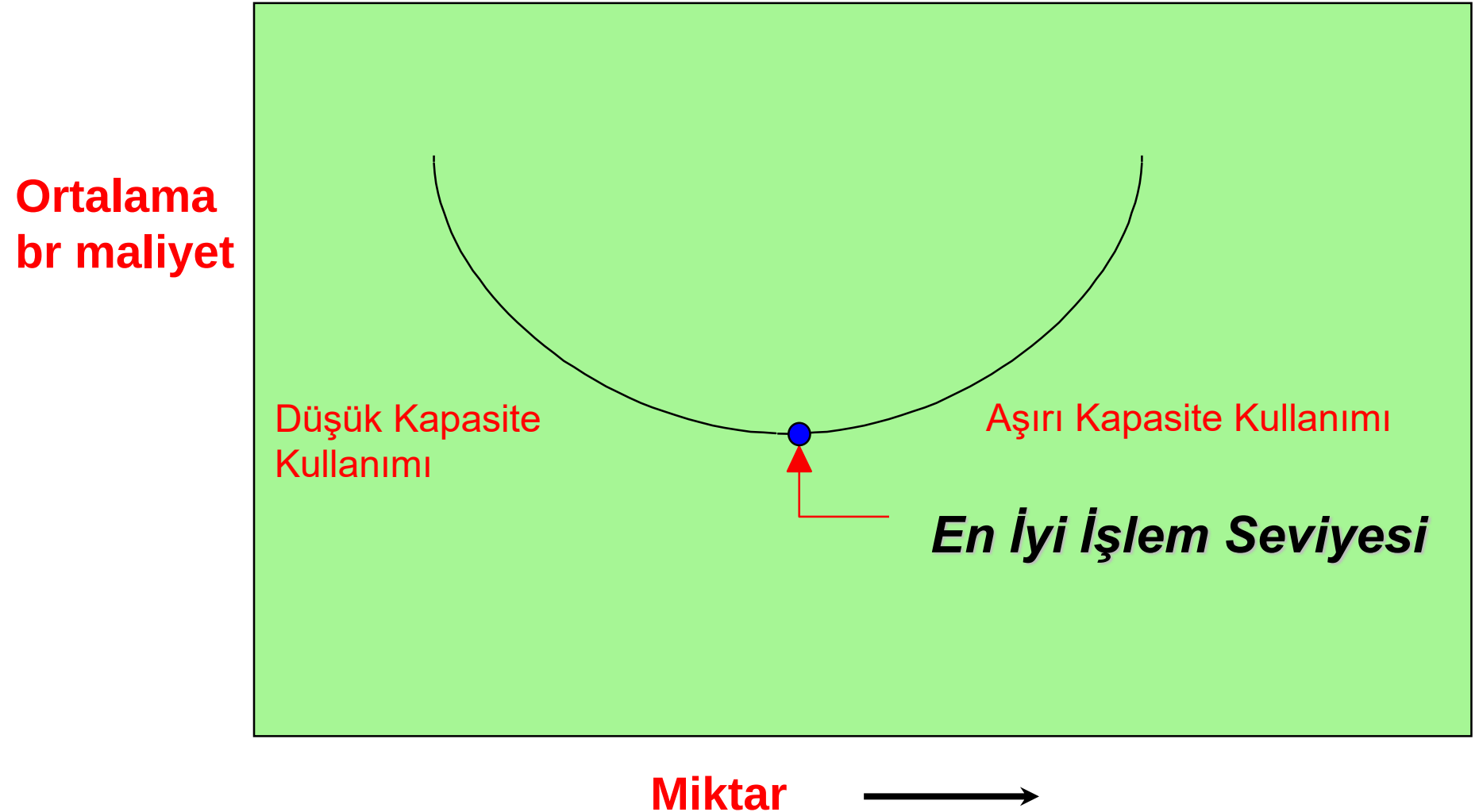
Atıl kapasite:

- ▶ Pratik kapasitenin kullanılmayan kısmı atıl kapasite olarak adlandırılır. Bu durum maliyeti yükseltir. İşletmenin aşırı stok tutmasını gerektirebilir veya işletmenin atıl kapasiteden kurtulması için daha az karlı ürünlerin üretilmesine yönelebilir.

Optimal kapasite:

- ▶ İşletmeye minimum ortalama birim maliyetle çalışma olanağı yaratan üretim hacmi, optimal kapasite olarak adlandırılır.

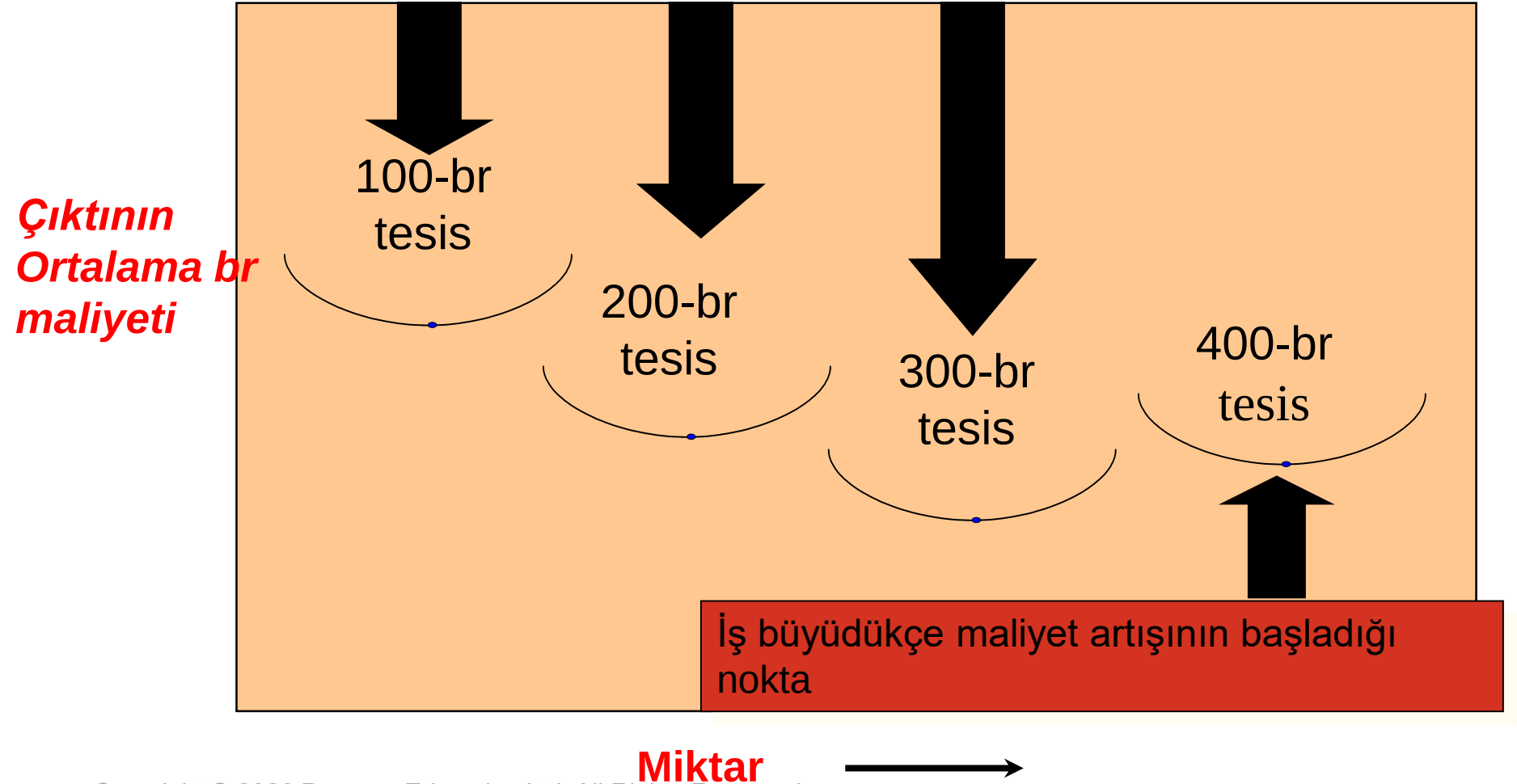
En İyi İşlem Seviyesi



- ▶ Bir firma için *en iyi işlem seviyesi (best operating level)*, ortalama birim maliyetleri minimize eden kapasite kullanım yüzdesi ya da miktarıdır.
- ▶ Maliyetlerdeki bu düşüş sabit maliyetlerin giderek daha fazla ürüne dağılmasından, büyük partiler halinde üretim nedeniyle makine hazırlık maliyetlerindeki düşüşten ve sağlanan diğer tasarruflardan kaynaklanır.
- ▶ En iyi işlem seviyesinde firma, *ölçek ekonomisi* noktasındadır. Bu noktadan sonra her üretilen birim firmayı ölçek ekonomisinden uzaklaştırır.
- ▶ Belirli bir yüksek miktardaki çıktıyı üretene kadar birim başına ortalama maliyetlerin düşük olduğu noktada *ölçek ekonomisi vardır. Bu noktada sabit maliyetler çok fazla çıktı miktarına dağılmış durumdadır.*

- ❖ Firmanın “en iyi işlem seviyesine” yakın bir düzeyde çalışıp çalışmadığı “kapasite kullanım oranı” ile ölçülebilir.
- ❖ Kapasite Kullanım Oranı: Kullanılan Kapasite/ en iyi işlem seviyesi.
- ❖ KKO oranında; Kullanılan makina saatleri/günde, çıktı miktarı/günde ya da işçilik saatleri/günde gibi ölçüler kullanılabilir.

Ölçek Ekonomisi



▶ KAPASİTE PLANLAMASI

- ▶ Kapasite planlaması; toplam talebi karşılamak için gerekli kapasitenin, belirlenmesi ve bu amaçla kapasitenin temini, izlenmesi ve kontrolü çalışmalarını kapsar.
- ▶ Kapasite kontrol ise üretim çıktılarını izleme , kapasite planıyla onu mukayese etme ve gerektiğinde düzeltici tedbirlerin alınması prosesidir.

- ▶ Kapasite problemlerinin temel nedeni talep'te karşılaşılan zamansal ve miktarsal belirsizliklerdir. Bütün bu belirsizliklere karşın üretim kaynakları gereksiniminin doğru olarak tespiti zorunluluğu vardır. Üretim sisteminin kapasitesi, sistem içindeki üretim kaynaklarının seviyesiyle belirlenir.
- ▶ Kapasite planlaması birbirine bağımlı iki planlama aşamasından oluşur. Bunlar ortalama üretim seviyesinin belirlenmesi ve bu seviyeden sapmaları gerektiren durumların karşılanabilmesi için yapılan ayarlama planlamalarıdır.

- ▶ Genelde kapasite planlaması kararları şu çalışmaları gerektirir;
 - ▶ Mevcut kapasitenin tanımı
 - ▶ Uzun dönemli kapasite ihtiyacı tahminleri
 - ▶ Kapasite ayarlama yöntemlerinin belirlenmesi
 - ▶ Kapasite ayarlama yöntemlerinin finansman, ekonomik ve teknolojik yönlerden değerlendirilmesi
 - ▶ En uygun kapasite ayarlama yönteminin seçimi

- ▶ Taleple ilgili belirsizlikleri karşılayabilmek için iki temel kapasite stratejisi vardır;
- ▶ 1- SİSTEM KAPASİTESİ AYARLAMALARI İÇİN ESNEKLİK SAĞLANMASI
 - ▶ Üretimin bir kısmı firma dışında yaptırılabilir (Fason İmalat)
 - ▶ Çalışma saatlerindeki değişikliklerle kapasite ayarlaması yapılabilir.
 - ▶ Ayrıca bakım onarım çizelgelerindeki değişikliklerle de tezgah kullanımı açısından kapasite ayarlaması yapılabilir.
- ▶ 2- KAPASİTE AYARLAMA NEDENLERİNİ AZALTMAK VEYA ORTADAN KALDIRMAK

KAPASİTE KARAR TİPLERİ

UZUN VADELİ PLANLAMA } <i>STRATEJİK KARARLAR</i>	•Yeni bir fabrika/ofis •Yeni-uzun vadede kullanılacak büyük yatırımlı makineler	
ORTA VADELİ PLANLAMA } <i>TAKTİK KAPASİTE KARARLARI</i>	•Fason/satın alma kararı •teçhizat alımı •Vardiya değişikliği	•Personel sayısı değişikliği •Stoğa üretim/stoktan kullanma
KISA VADELİ PLANLAMA		•İşlerin çizelgelenmesi •Personelin çizelgelenmesi •İşlerin makinelere/personele atanması
	 <i>UZUN VADEDE DEĞİŞTİRİLEBİLİR KAPASİTE</i>	 <i>VAR OLAN KAPASİTE</i>

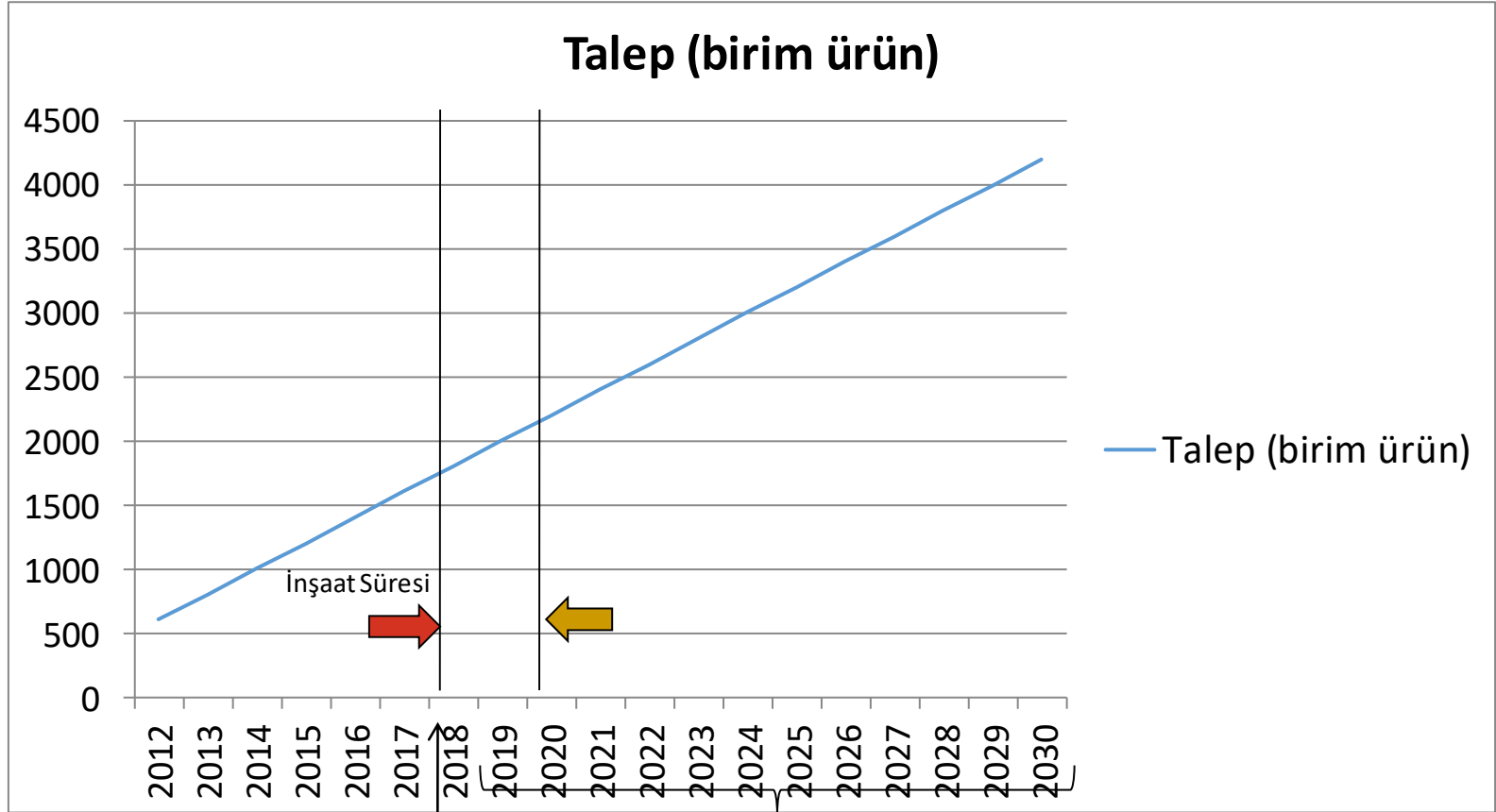
Kapasite Planlama Yaklaşımları

- ▶ Kapasite değişimleri talep seviyesinde karşılaşılan oynamaları karşılayabilmek için yapılır. Bu nedenle kapasite ile talebin aynı boyutlara sahip olduğu düşünülebilir.
- ▶ Talebin miktarsal boyutu, ne kadar kapasitenin gerekli olduğunu; zamanlama boyutu, kapasitenin hangi zamanda hazır olması gerektiğini; kalite boyutu, ne tip kapasitenin gerektiğini (teknolojik açıdan), ve talebin mekan boyutu ise kapasitenin nereye kurulması gerektiğini belirler.

- ▶ Ne kadar kapasitenin ne zaman gerekeceği yapılabilirlik (fizibilite etüdü) analizi ile belirlenir.
- ▶ Uzun dönemli kapasite planlamasına yönelik 4 aşama;
 1. Mevcut darboğazlar ve talep tahminine göre kapasite ihtiyaçlarının bulunması
 2. Kapasite ihtiyaçlarını karşılayacak seçeneklerin belirlenmesi
 - ▶ Teknoloji tipi
 - ▶ Tesislerin nereye kurulacağı
 - ▶ Yan sanayinin kurulması
 3. Seçeneklerin değerlendirilmesi
 - ▶ Ekonomik faktörler (masraflar, gelir, risk vb.)
 - ▶ Stratejik etkiler (rekabet, esneklik, kalite, örgütsel ve yönetsel değişiklikler)
 4. En uygun seçeneğin belirlenmesi ve kapasite geliştirme planının uygulanması

► Tek Aşamalı Sistemlerde Kapasite Planlaması

- Tek aşamalı üretim sistemi bir tek işlemden geçerek çıktının elde edildiği üretim sistemidir. Örneğin basit olabilmesi için herhangi bir üretim sisteminin tümünü ele alalım. Uygulamada doğal olarak burada yapılan çalışmanın üretimin her aşaması için yapılması gerekmektedir.
- Örnek: Bir tesisin ürünlerine olan talepte ortalama her sene 200 br'lik bir artışın olduğunu varsayalım. Tesisin kapasitesi senede 2400 br. olsun. Geçmiş senelerin verilerinden yıllık gelişim (trend) doğrusunun $y(t) = 600 + 200t$ ile ifade edildiği bulunmuş olsun. ($t=0$, 2012 yılını gösterebilir) Yönetim şimdiki yıllık talep artışının devam edeceğini düşünerek gelecek 18 yıl için ihtiyaç duyulan kapasite artırımını düşünüyor olsun.



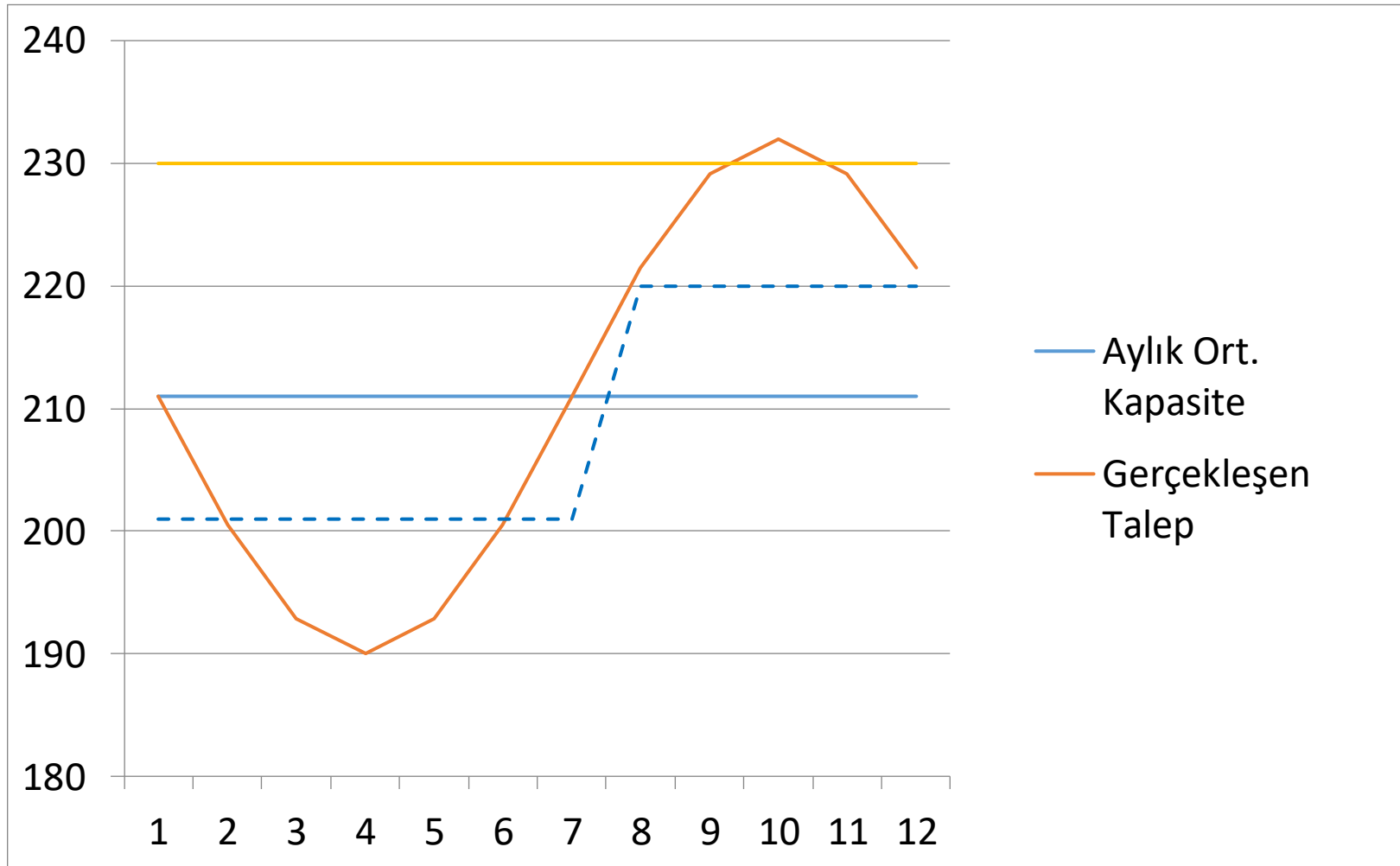
Şimdiki Zaman

Planlama Ufku

- ▶ 2030 yılında oluşacak talep için $t=18$ alınarak $y(2030) = 600 + 200(18) = 4200$ br. olacaktır. Dolayısıyla kapasite artırımını $4200 - 2400 = 1800$ br. olmalıdır.
- ▶ Bu artışın toptan veya parçalar halinde yapılması bir teknoloji sorunudur. Örneğin bir ayakkabı işletmesinde önce tesis binaları hazırlanıp, makineler yavaş yavaş artırılabilirken, bu bir çimento veya şeker fabrikasında imkansızdır.
- ▶ Seçimi belirleyen en önemli unsur; **büyük kapasite artışı**nın getireceği **düşük değişken giderler** ile böyle bir artışın getireceği **yüksek sabit giderler**dir.

- ▶ Buraya kadar yapılan yaklaşım belirsizlikleri dikkate almamaktadır. Bu tip değişimler üst yöneticiler tarafından objektif ve subjektif kriterler dikkate alınarak istatistiksel yöntemlerle belirlenebilir. Bakım onarım ve talepteki beklenmeyen dalgalanmalara göre net kapasite ihtiyaçları ayarlanabilir.
- ▶ Örn: Bir firmanın yıllık 2000 üretecek bir tesis kurmaya karar verdiğini varsayalım. Yönetim bu kapasitenin %15'inin bakım onarım, ve %10'unun beklenen büyüme için ayarlanacağını düşünüyor ise;
 - ▶ Normal kapasite= $(2000 \text{ birim})(1.15) = 2300 \text{ birim}$
 - ▶ Ayarlanmış kapasite= $(2300 \text{ birim})(1.10) = 2530 \text{ birim}$

- ▶ Bulunan bu kapasite yıllık ortalama üretim hızını vermektedir. Eğer mevsimsel dalgalanma söz konusu değilse; aylık üretim miktarı $2530/12=211$ br.'dir.
- ▶ Fakat mevsimsel dalgalanma varsa;

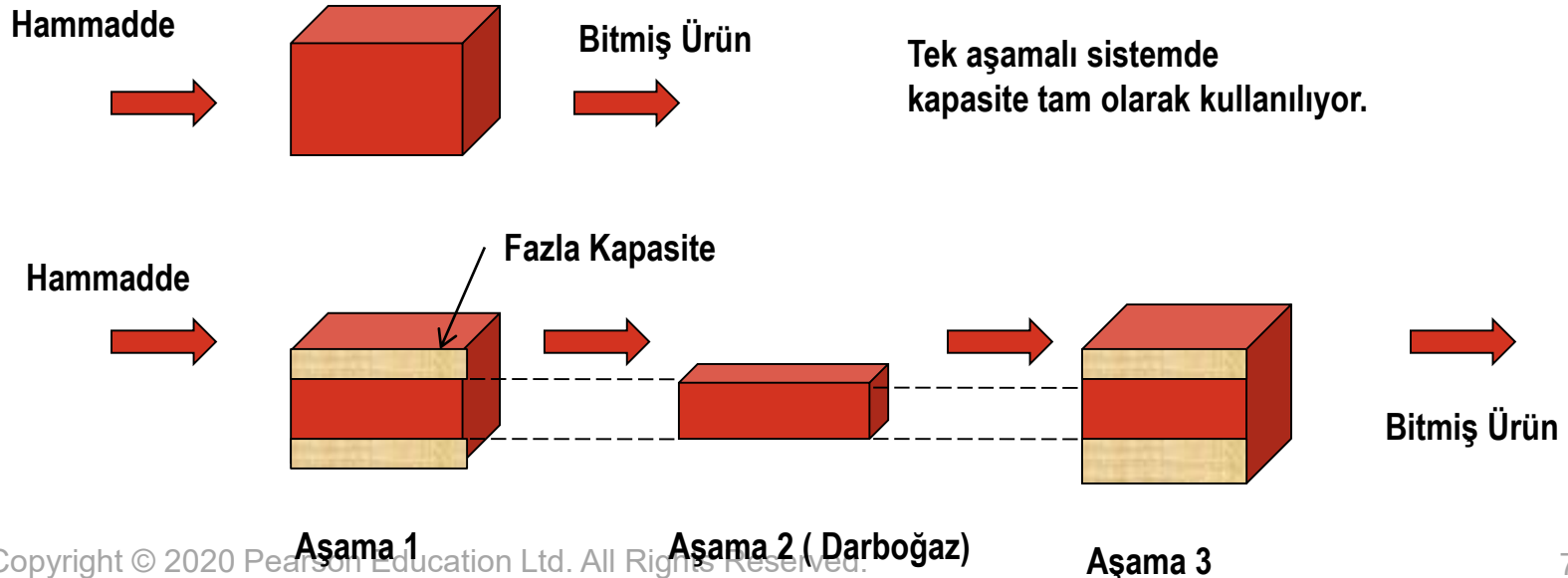


► Çok Aşamalı Sistemlerde Kapasite Planlaması

- Çok aşamalı üretim sistemlerinde bütün sistemin üretim hızını direkt olarak belirlemek kolay değildir. Her aşamada çeşitli sayıda ve değişik özelliklerde ve tiplerde teçhizat karışımının olması bütün aşamalarda maksimum kapasiteye ulaşılmasını ve aşamalar arası dengenin sağlanmasını güçleştirir.
- Kaçınılmaz olarak bazı aşamalarda atıl kapasitenin bulunması işletme masraflarını artırsa da çoğu kez böyle bir durum tek çözüm yoludur.
- Bu gibi durumlarda aşamalar arası iş akışının karmaşıklığı da göz önüne alınırsa hangi aşamanın darboğaz olduğunu saptamak ve bunu gidermek oldukça güçtür.

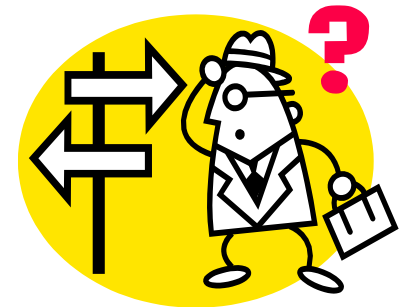
► Çok Aşamalı Sistemlerde Kapasite Planlaması

- Özellikle atölye tipi üretim sistemlerinde hangi tezgahın darboğaz olduğu gözlemlenebilirse de bu tezgahta kapasite artırımına gitmek önceden belirlenemeyen başka tezgahların darboğaz yaratmasıyla sonuçlanabilir. Bu gibi durumlarda bilgisayar benzetim tekniği kullanılabilecek uygun bir tekniktir.



ETKİN KAPASİTE KARARLARINI ETKİLEYEN NOKTALAR

- ▶ TALEP MİKTARI VE DURUMUNUN DOĞRU TAHMİNİ
- ▶ KULLANILACAK OLAN TEKNOLOJİNİN MİKTARLA BİRLİKTE BELİRLENMESİ (FİRMA STRATEJİLERİYLE DOĞRUDAN BAĞLANTILI)
- ▶ OPTİMUM –EN İYİ İŞLEM SEVİYESİNİN BULUNMASI
- ▶ GELECEĞİ VE OLABİLECEK DEĞİŞİKLİKLERİ DİKKATE ALARAK KAPASİTE SINIRLARINI BELİRLEME

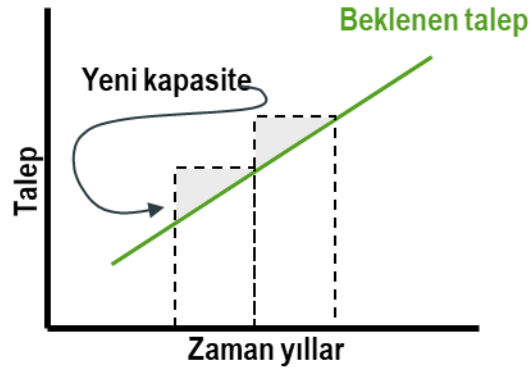


TALEBE GÖRE KAPASİTE ARTTIRMA STRATEJİLERİ

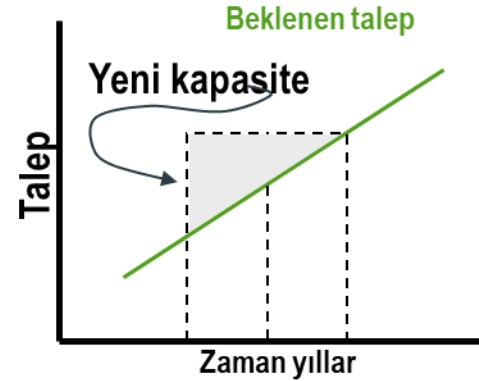
Kapasite ihtiyaçlarının belirlenmesi

- ▶ Gelecek kapasite ihtiyaçlarının belirlenmesi karmaşık bir işlem olabilir.
- ▶ Mal ve hizmetlere olan talep makul ölçüde doğru tahmin edildiğinde kapasite ihtiyaçlarının belirlenmesi söz konusu olur.
- ▶ Öncelikle talep geleneksel yöntemlerle tahmin edilir.
- ▶ İkinci aşamada bu tahmin kapasite ihtiyaçlarını belirlemek için kullanılır. Kapasite tahmin edildikten sonra talebe göre kapasitelerde artımsal artışlara karar verilir.
- ▶ Bu aşamada varsayımlar yapılır:
 - ▶ Yöntemin gelecek talep ihtiyaçlarını karşılamada kullanılacak tesis tipini ve teknolojisini bildiği varsayılır.

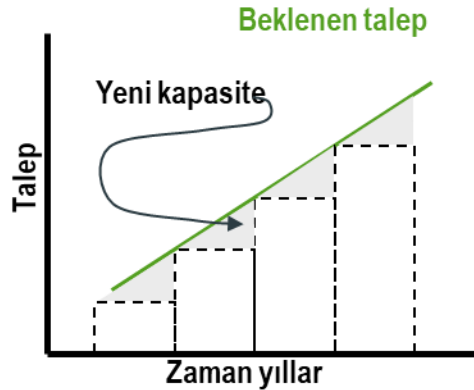
Kapasite Genişletme Yaklaşımları



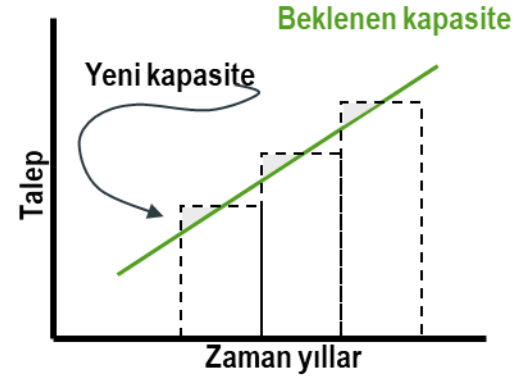
Kapasite artırımsal genişlemelerle talebe karşılık verir



Kapasite tek adımlı bir genişleme ile talebe karşılık verir



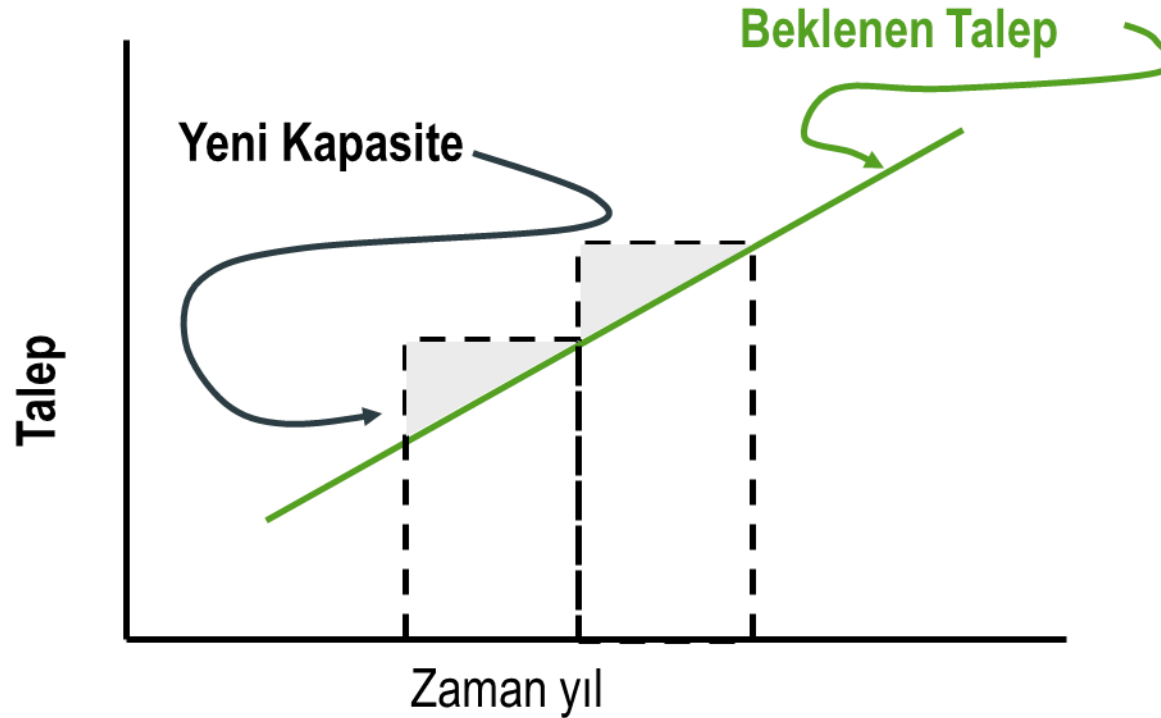
Talepten geri seyreden kapasite artırımsal genişlemelerle cevap verir



Kapasite artırımsal genişlemelerle ortalama bir kapasiteye sahip olmaya gayret eder

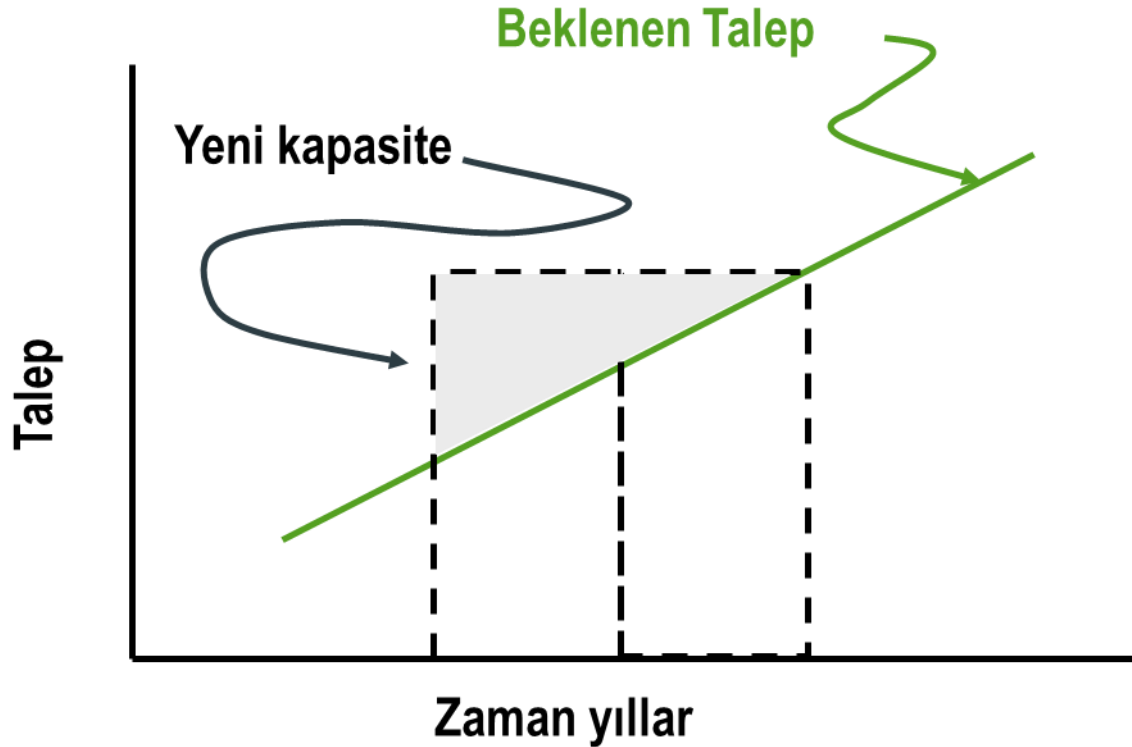
- KAPASİTENİN ÖNDE OLMASI (Capacity Lead Strategy): Kapasite arttırımı, **talep tahminleri doğrultusunda** yapılmaktadır.
- Bu tür bir strateji, kapasitesi kısıtlı olan rakiplerinden müşteri kapmak ve pazarda sağlam bir yer edinmek isteyen firmalar açısından uygulanabilir bir stratejidir.

Kapasite genişletme yaklaşımları



Kapasite artırımsal bir genişleme ile talebe cevap verir

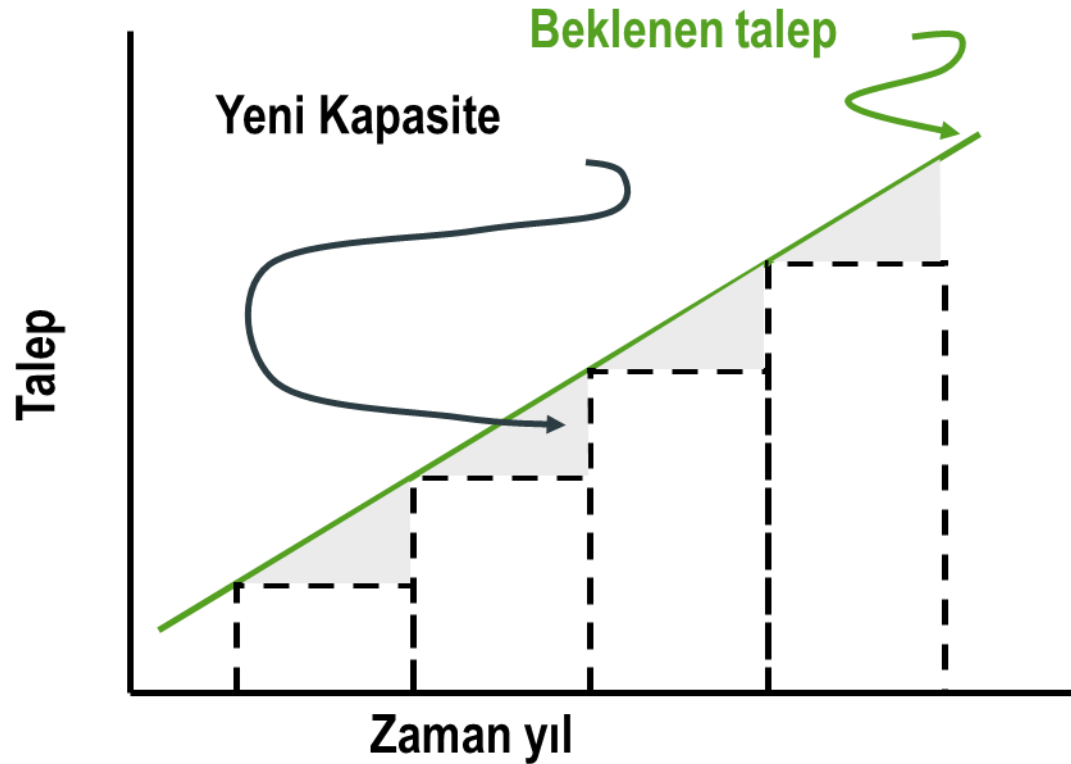
Kapasite genişletme yaklaşımları



Kapasite tek adımlı bir genişleme ile talebe cevap verir

- **GERİDEN TAKİP (Capacity Lag Strategy):** Kapasitenin durumu **talep artışı belli olduktan sonra** ele alınabilir. Rekabet stratejilerden maliyeti dikkate alan bir yaklaşımdır.
- Standart tipte üretim yapanlarda görülür.
- Daha dikkatli bir yaklaşımı içeren bu strateji firmalarda yatırımın geri dönüş oranını yükseltirken, müşteri kaybına yol açabilmektedir.

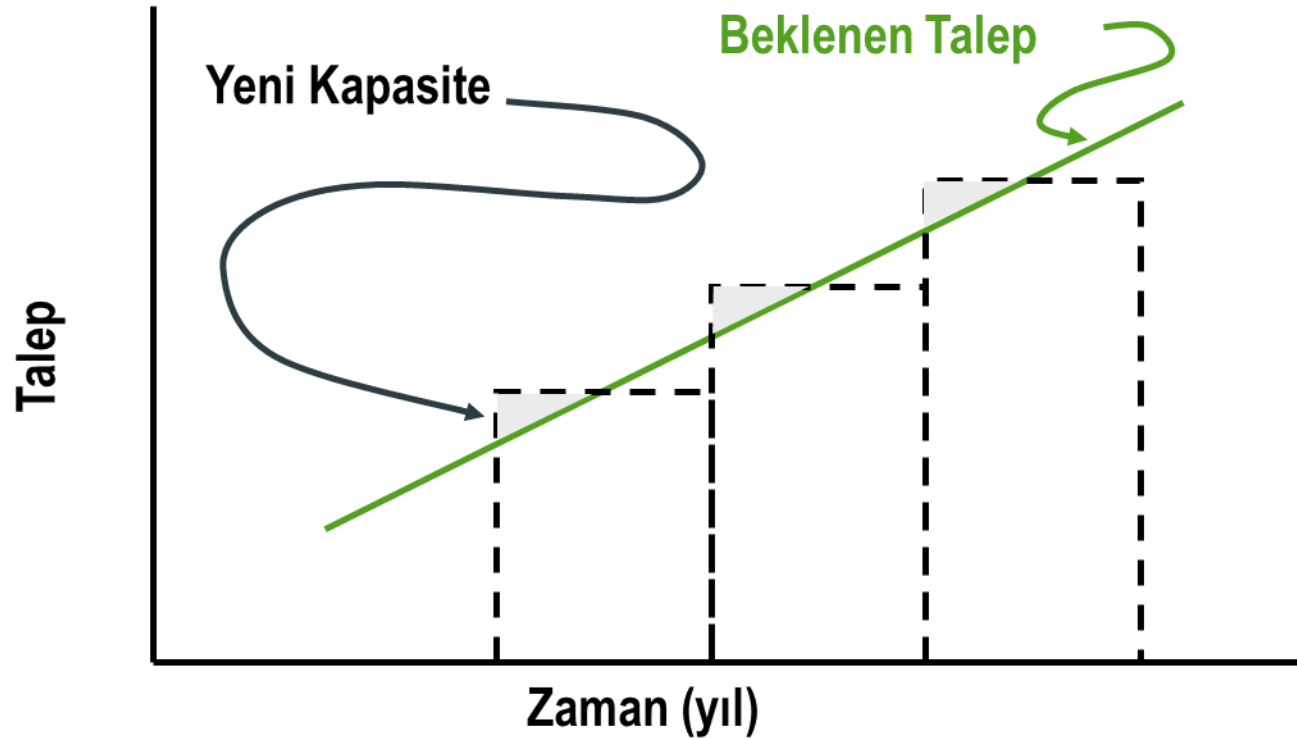
Kapasite genişletme yaklaşımları



Talepten geri kalan kapasite artırımsal genişletmelerle cevap verir

- **ORTALAMA KAPASİTE (Average Capacity Strategy)** : Beklenen **ortalama** taleple aynı miktarda bir kapasite miktarı belirlenebilir.
- İlmli bir yaklaşımı içeren bu stratejide yöneticiler, fazladan üretilmiş çıktının bir kısmını daha sonra satabileceğini düşünmektedirler.

Kapasite genişletme yaklaşımları



Artırımsal genişlemelerle ortalama bir kapasiteye sahip olmaya gayret eder

Makine (Tezgah) İhtiyaçlarının Bulunması (Tek aşamalı üretim sistemleri için)

► Tanımlamalar:

- **P:** İş istasyonunun üretim hızı (dönem bazında üretim)
- **T:** Her birim ürün için işlem zamanı (dak.)
- **D:** Üretim döneminin uzunluğu (saat)(Örn. 1 vardiya için D=8, 2 vardiya için 16 vb.)
- **E:** Her dönemde tezgahın çalışma saati yüzdesi olarak ifade edilen verimlilik (Bu tezgah hazırlama, tamir gibi nedenlerle kaybedilen zamanı dikkate almak için gereklidir.)
- **N:** Her iş istasyonu için gerekli tezgah sayısı
- $$N = T/60 * P/(D * E)$$
 formülü ile her iş istasyonu için gerekli tezgah sayısı belirlenir.

Makine (Tezgah) İhtiyaçlarının Bulunması (Tek aşamalı üretim sistemleri için)

- ▶ Örnek:
- ▶ Fabrikasyon departmanının montaj işlemi için günde 3000 sağlam parça sağlaması gerekmektedir. Her parçanın işlem zamanı 2.5 dak./parça olsun ve 2 vardiyalı çalışmada tezgah verimliliği %80 olsun. Buna göre tezgah sayısını belirleyelim.

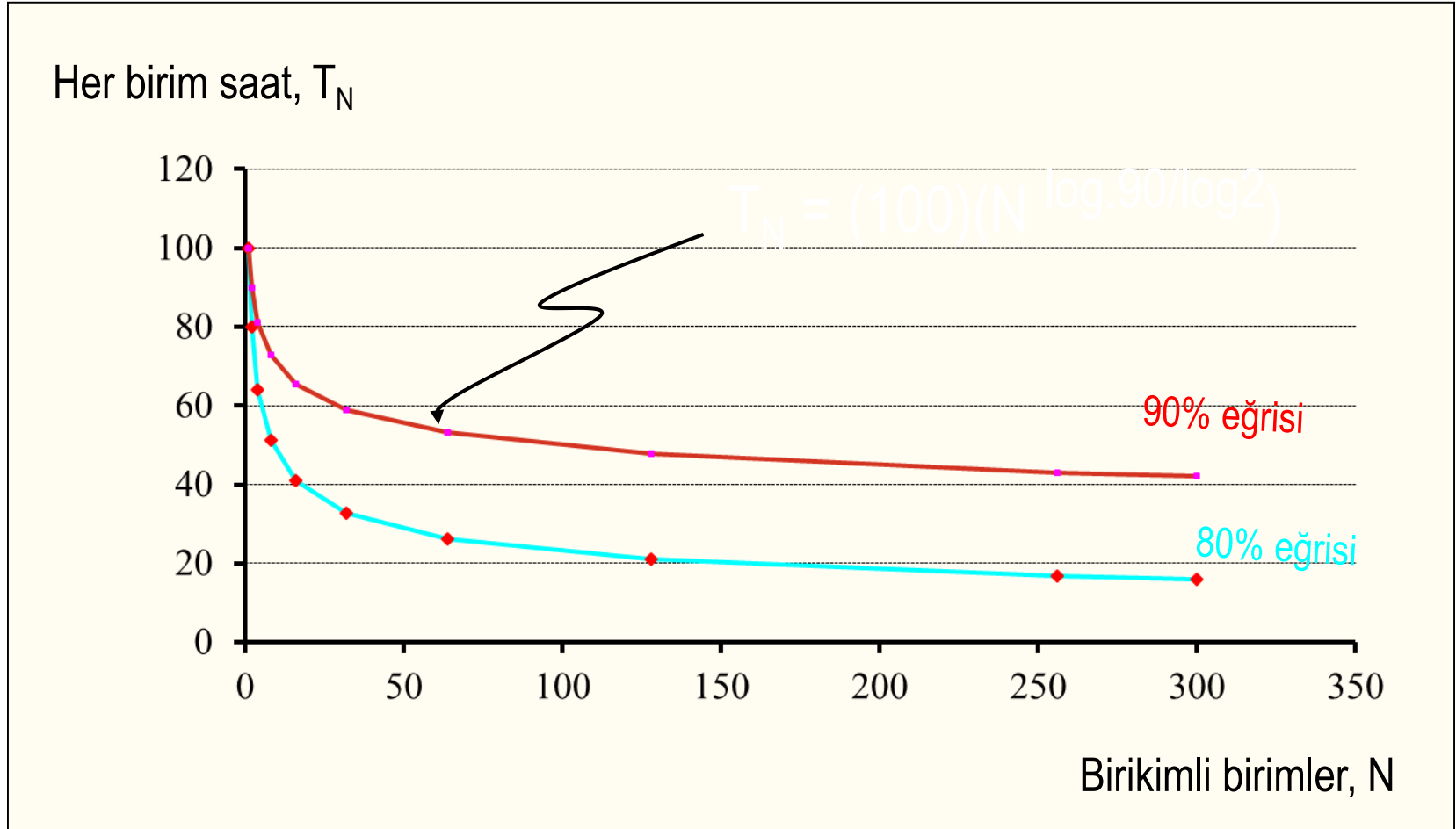
ÖĞRENME

- ▶ Öğrenme: tekrardan dolayı davranıştaki sürekli nispi değişim
- ▶ Öğrenme tipleri
 - ▶ Kişisel
 - ▶ Organizasyonel
- ▶ Öğrenme eğrisi etkisinde sonuçlar
- ▶ İlk kez 1936 da uçak endüstrisinde gözlenmiştir

Öğrenme eğrisi etkisi

- ▶ Her ilave bir birim üretmek için ihtiyaç duyulan zaman
- ▶ Kümülatif üretim artarken ihtiyaç duyulan zamandaki düşüş oranı
- ▶ Zamandaki düşüş üstel bir eğri takip eder öğrenme veya gelişme eğrisi olarak tanımlanır

Öğrenme Eğrisi Grafiği



Öğrenme Eğrisi Etkileri Örnekleri

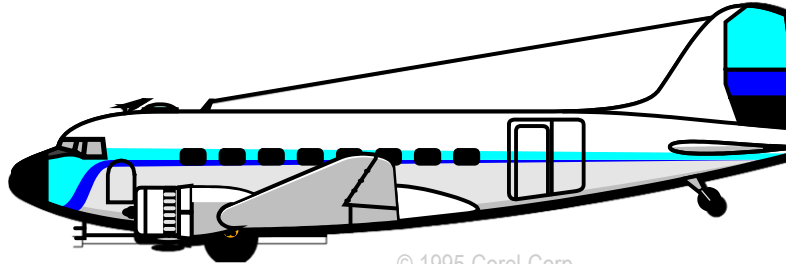
Örnek	Parametereler		Eğim %	Zaman eksenı
	Gelişme	Birikimli		
Model T Ford Üretim	Fiyat	Üretilen Birimler	86	1910-1926
Uçak montajı	Her birimin işçi saat-maliyeti	Üretilen Birimler	80	1925-1957
Ekipman bakımı GE'de	ortalama zaman bir parça grubunu Yerleştirmek için	Yenilenme sayısı	76	Around 1957
Çelik Üretimi	üretilen herbirimin işçi saat-maliyeti	üretilen birimler	79	1920-1955
Baskı devre kartları	Her birimin Ortalama fiyatı	üretilen birimler	72	1964-1972
Hesap makinesi	Ortalama Fabrika satış fiyatı	üretilen birimler	74	1975-1978
Disk memory drives	Her bit için Ortalama fiyat	bits sayısı	76	1975-1978

Öğrenme Eğrilerini Etkileyen Faktörler



Öğrenme Eğrileri ürün ve Endüstriyle değişir

Uçak montajı (1925-57): 80%



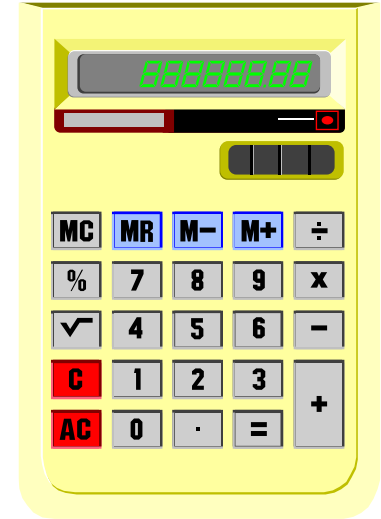
© 1995 Corel Corp.

Kalp Nakli (1985-88): 79%



© 1995 Corel Corp.

Hesap makinesi
(1975-78): 74%



Öğrenme Eğrisi Uygulamaları

▶ İçsel

- ▶ İşçi standartlarını belirlemek
- ▶ İşçi maliyetlerini ve bütçeyi kurmak
- ▶ Çizelgeleme

▶ Dışsal

- ▶ Satın alma
- ▶ Yan sanayi kullanımında

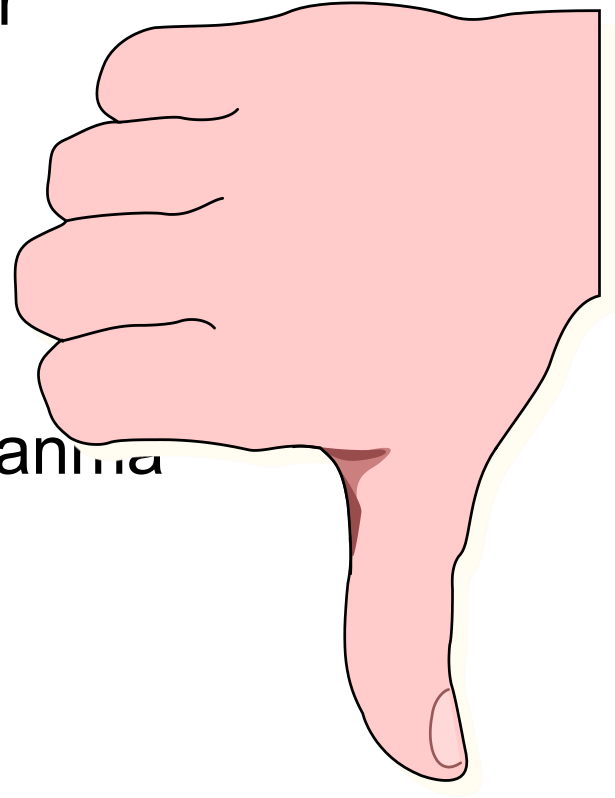
▶ Stratejik

- ▶ Hacim-maliyet değişimlerini belirlemek
- ▶ Şirket ve endüstri performansının değerlendirilmesi

Öğrenme Eğrilerinin Kritiği

- ▶ Güçlü teorik doğrulama eksikliği
- ▶ Birbirine karışmış değişkenler
 - ▶ Öğrenme etkileri
 - ▶ Ekonomik ölçek
 - ▶ Teknolojik gelişmeler
- ▶ Karlılığa değil maliyete odaklanılması

© 1984-1994 T/Maker Co.



Öğrenme Eğrilerinin geliştirilmesi

▶ Aritmetik Yaklaşım

▶ $T_{2N} = L * T_N$: ilişkisini kullanır

L =öğrenme eğrisi oranı

▶ Sadece değerler iki misline çıktığında kullanılır

▶ Logaritmik analiz

▶ $T_N = T_1 N^{\log L / \log 2}$: ilişkisini kullanır

▶ N = istenile birim; T_1 = ilk birimin zamanı

▶ Herhangi N için zaman hesaplanabilir

▶ Öğrenme eğrisi katsayılar yaklaşımı

▶ $T_N = T_1 C$ (Tablo'dan): ilişkisini kullanır

Öğrenme Eğrisi Katsayılar Tablosu

Birim	...	80%		85%	
(N)	...	Birim Zaman	Toplam Zaman	Birim Zaman	Toplam Zaman
1	...	1.000	1.000	1.000	1.000
2	...	.800	1.800	.850	1.850
3	...	.702	2.502	.773	2.623
4	...	.640	3.142	.723	3.345
:	:	:	:	:	:

Öğrenme Eğrileri Örnek 1

Great Lakes Gemileri için siz bir planlayıcısınız. İlk gemiyi yapmak 125,000 işçi saat alır. 2 & 3 gemileri 85% öğrenme faktörüyle üretilir. Öğrenme aynı şekilde olursa 4. birimin üretimi ne kadar süre alır.

© 1995 Corel Corp.

Aritmetik Yaklaşım

► Formül: $T_{2N} = L * T_N$

► 1 birim: $T_1 = 125,000$ saat.

► 2 birim: $T_2 = L * T_1$
 $= .85 * 125,000$
 $= 106,250$ saat.

► 4 birim: $T_4 = L * T_2$
 $= .85 * 106,250$
 $= 90,312$ saat.

Logaritmik Yaklaşım

- ▶ Formül: $T_N = T_1 (N^{\log L / \log 2})$
 - ▶ N = İstenilen birim
 - ▶ T_1 = Birinci birimin zamanı
 - ▶ L = Öğrenme oranı
- ▶ $T_1 = 125,000$ saat.
- ▶ 4· birim:
$$\begin{aligned} T_4 &= T_1 (N^{\log L / \log 2}) \\ &= 125,000 \cdot (4^{\log .85 / \log 2}) \\ &= 90,312 \text{ saat.} \end{aligned}$$

Katsayılar Yaklaşımı

- ▶ Formül: $T_N = T_1 C$
 - ▶ N = İstenilen birim
 - ▶ T_1 = Birinci birimin zamanı
 - ▶ C = Tablodan öğrenme eğrisi katsayısı
- ▶ $T_1 = 125,000$ saat.; $C = .723$ (Tablodan)
- ▶ 4th birim:
 - $T_4 = T_1 C$
 - $= 125,000 * (.723)$
 - $= 90,375$ saat. (yuvarlatılmış C)

Katsayılar Yaklaşımı Örnek

İlk gemi için 125,000 saat gerekli

İşçilik Maliyeti= \$40/saat

Öğrenme Faktörü = 85%

$$T_N = T_1 C$$

$$T_4 = (125,000 \text{ saat})(.723)$$

$$= 90,375 \text{ saat 4. gemi için}$$

$$90,375 \text{ saat} \times \$40/\text{saat} = \$3,615,000$$

$$T_N = T_1 C$$

$$T_4 = (125,000 \text{ saat})(3.345)$$

$$= 418,125 \text{ tüm 4 gemi için toplam süredir}$$

Katsayılar Yaklaşımı Örnek

Üçüncü gemi için normalde 100,000 saat
kullanılmışsa

Öğrenme Faktörü= 85%

İlk gemi için gereken sürenin yeni tahmini

$$\frac{100,000}{.773} = 129,366 \text{ saat}$$

Gözlenen Üretim Örneği

Kırkbeşinci 787 \$184 milyona mal olmuştur.

İlk uçak \$448 milyona mal olmuşsa

$$T_N = T_1 C \quad C = \frac{T_N}{T_1}$$

$$C = \frac{184}{448} = .41$$

Tablodan, birim sayısı 45 ve birim zaman katsayısı .41 'in kesişimi 85% öğrenme faktörünün altında buluşmaktadır.

Öğrenme Eğrileri ve Strateji

Birim saatler



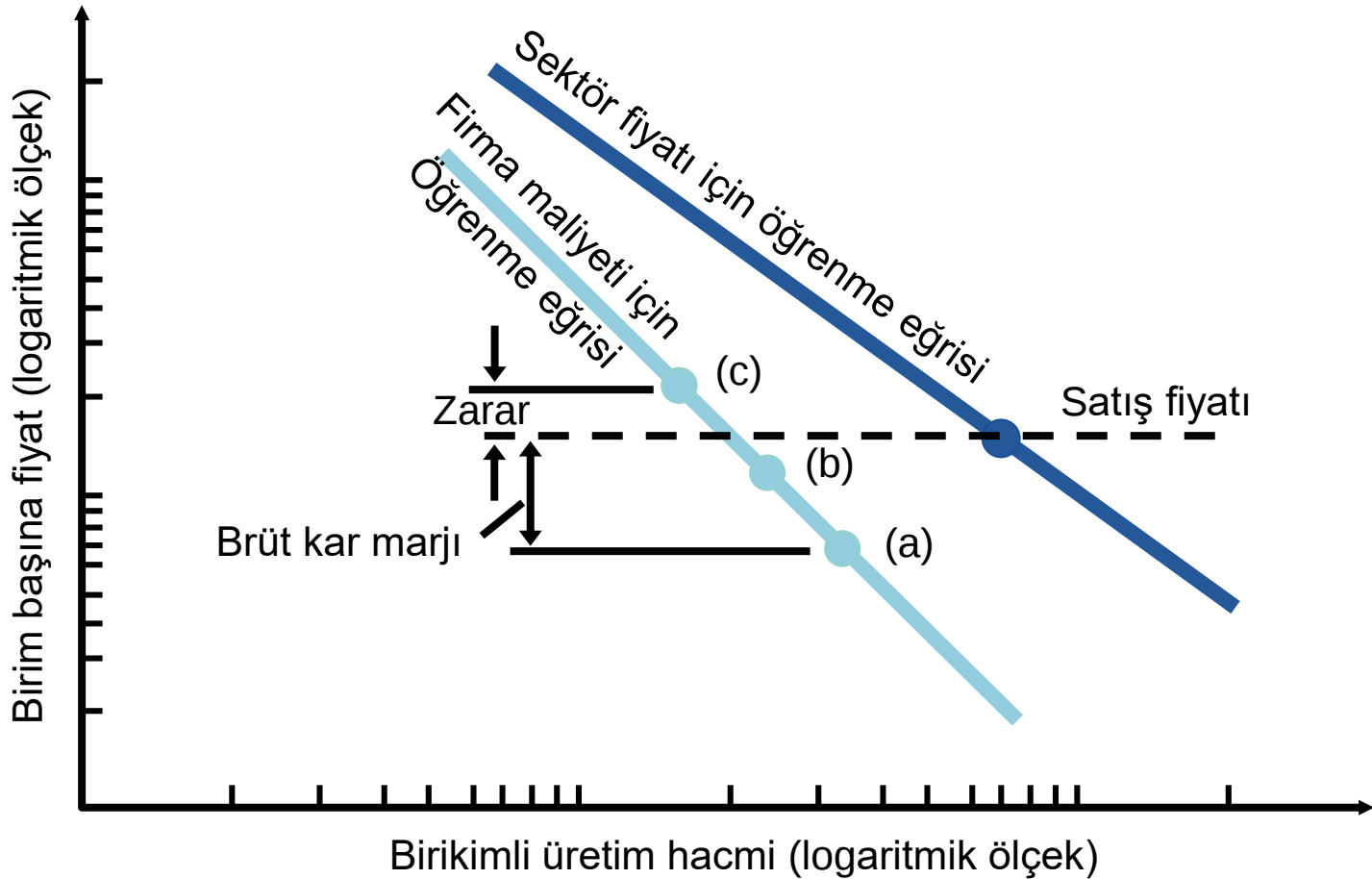
Öğrenme eğrilerinin Stratejik uygulamaları

- ▶ Operasyon yöneticileri Öğrenme eğrileri yardımı ile ürün için işgücü saat ihtiyaçlarını tahmin edebilir.
- ▶ Satın alma bölümü tedarik maliyetlerini fiyat soruşturması ile belirleyebilir.
- ▶ Öğrenme eğrilerinin bir diğer uygulanma sahası stratejik planlamadır.

Öğrenme eğrilerinin Stratejik uygulamaları

- ▶ Takip eden şekilde şirket maliyeti ve endüstri fiyatı etiketlenmiştir.
- ▶ Şekilde hem dikey eksen hem de yatay eksen log ölçeğinde gösterilmiştir. Bu log-log grafiği olarak bilinir .
- ▶ Değişim oranı sabit olduğunda log-log grafiği doğru bir hattı verir.
- ▶ Eğer organizasyonun maliyet hattı şekilde görülen şirket maliyet hattı olursa ve eğer endüstri fiyatı da kesikli hat olursa şirketin fiyatı a ve b noktaları altında olmalı yoksa c noktasında kayıp ortaya çıkar
- ▶ Daha düşük maliyetler otomatik gerçekleşmez.
- ▶ Firmanın stratejisi endüstri ortalamasından daha dik bir eğri olmalıdır

Sektör ve İşletme Öğrenme Eğrileri



Şekil E.2

Öğrenme eğrilerinin Stratejik uygulamaları

Endüstrinin daha dik öğrenme eğrisini sağlayabilmesi için bir şirket;

- ▶ Agresif fiyat politikasını izlemeli
- ▶ Sürekli maliyet indirgemesi ve verimlilik iyileşmesine odaklanmalı
- ▶ Deneyim paylaşımını sağlamak
- ▶ Talebin önünde kapasite büyümesini sürdürmeli

Öğrenme eğrilerinin sınırlamaları

- ▶ Öğrenme eğrileri şirketten şirkete, endüstriden endüstriye farklıdır. Her organizasyonun başka birisinin uyguladığı öğrenme eğrisi kullanmaktan ziyade kendisi tahminlerini geliştirmelidir.
- ▶ Öğrenme eğrileri erken tamamlanan birimlerin zamanına bağlı olarak tayin edildiği için bu zamanlar doğru ve kesin olmalıdır. Yeni bir bilgi mevcut olduğunda yeniden değerlendirme uygundur.
- ▶ Personel, tasarım, veya yöntemde herhangi bir değişiklik olduğunda öğrenme eğrisinin değişeceğini beklemek gerekir.
- ▶ Çalışanlar ve süreç gelişebilirken, aynı öğrenme eğrilerini indirek işgücü ve malzemeye her zaman uygulanmaz
- ▶ Kaynak mevcudiyeti, ve süreç deki değişimler kadar işyeri kültürü de öğrenme eğrisini değiştirebilir. Örneğin proje sona yaklaşırken işçi ilgisi ve çabası düşebilir ve azalan ilerleme eğriyi geriletir.