

Tesis Yerleşimi ve Kapasite Planlaması

GİRİŞ

Tesis yerleşim planlaması bir üretim sisteminde kaynakların fiziksel yerleşim düzeninin tasarlanma sürecini ifade eder. Bir işletmenin tesis yerleşim kararı genellikle kurulum aşamasında verilmektedir. Ancak mevcut bir üretim sisteminde kapasite değişim gereksinimleri, verimlilik sorunları gibi çeşitli nedenlerle mevcut tesis yerleşimleri yeniden düzenlenebilmektedir. Tesislerin yerleşim düzenine karar verilirken üretim süreci, üretim hacmi ve ürün çeşitliliği kararın verilmesinde büyük önem taşır. Yerleşim düzeni kararının verilmesinin ardından üretim kaynaklarının en iyi şekilde yerleştirilmesi ayrıntılı tesis planlaması olarak adlandırılır. Bu süreçte yerleşim türüne göre farklı problemlerin çözümü gerçekleştirilir.

Üretim tesislerinin tasarlanarak inşa edilmesi ya da kurulması bir bakıma üretim kaynaklarının sabitlendiği anlamında gelmektedir. Bu nedenle işletmelerin tesis büyüklüğüne ve yerleşim biçimine karar vermeden önce uzun dönem talep kestirimlerini yapmaları gerekmektedir. Bu sayede tesislerin uzun dönemde sahip olması gereken kapasite belirlenebilmektedir.

Kapasite planlaması işletmelerin rekabet ortamında sağlayacakları performansla yakından ilgilidir. Kapasite ile talep arasındaki kurulacak hassas denge bir işletmenin rekabet ortamındaki başarısını olumlu yönde etkileyecektir. Tesis yerleşimi ve kapasite planlaması üretim yönetiminin önemli konuları arasındadır.

TESİS YERLEŞİMİ

Özellikle imalat işletmelerinde üretimin gerçekleştirildiği ortamın doğru düzenlenmesi oldukça önemlidir. Winston Churchill'in binalar için söylediği "Önce bizler binaları şekillendiririz, daha sonra onlar bizi." sözü aslında bir bakıma üretim tesislerinin yerleşimi için de söylenebilir. Bir üretim tesisinin büyüklük, şekil ve özelliklerinin yanı sıra yerleşim düzeni de organizasyonun başarısını önemli ölçüde etkilemektedir.

Tesis yerleşimi konusunda verilecek kararları önemli kılan başlıca üç nedenden bahsedilebilir. Bunlardan ilki, tesislerin inşası için oldukça büyük emek ve sermaye harcanıldığından telafisi kolay olmamaktadır. İkinci neden verilen kararların sonucunun uzunca bir dönemi etkilemesinden dolayı yapılacak hataların düzeltilmesinin oldukça zor olmasıdır. Üçüncü neden tesis yerleşimi konusundaki kararların, üretim etkinliği ve üretim maliyeti üzerinde önemli bir etkisi olması sonucu işletmenin rekabet gücünü de doğrudan etkilemesidir.

Tesis yerleşim planlaması, üretim kaynaklarının uygun fiziksel yerleşimini belirlemek için verilen kararların toplamıdır.

Tesis yerleşim planlaması iş gücü, makine, ham madde, ürün, ara ürün, personel gibi dönüşüm sürecinde kullanılan fiziksel üretim kaynaklarının nasıl yerleştirileceği kararının verilmesidir. Yerleşim planı genellikle üretim ya da hizmet tesisinin kurulması aşamasında oluşturulsa da farklı nedenler ve değişimler nedeniyle mevcut tesislerin de yeniden planlanması gerekebilmektedir. Bir üretim ortamının yerleşim düzeninin planlanmasının bir işletme için en temel amacı kârın maksimuma çıkarılmasıdır.

Tesis yerleşim planlamasındaki hedefler işletmelerin stratejik planlarına göre farklılaşabilmesine rağmen üretim sürecinin gerçekleştirilmesinde tüm sistemler için geçerli olan temel hedefler vardır. **Tesis yerleşimini tasarlarken dikkat edilmesi gereken konular aşağıda sıralanmıştır:**

- **Güvenlik:** Müşteri ve personel için tehlike oluşturabilecek tüm süreç ve mekânlara yetkisiz ulaşımın engellenmesi gereklidir.
- **Akış:** Üretim sürecindeki malzeme, enformasyon ve müşteri hareket alanları uygun olarak tasarlanmalıdır. Bir imalat tesisinde malzeme akışının minimuma indirilmesi hedeflenirken bir alışveriş merkezinde müşteri gezinti rotası maksimuma çıkarılmak istenebilir. Tesisteki malzeme akışı veya müşteri hareketleri personelin veya müşterinin kolayca anlayabileceği ve takip edebileceği şekilde tabelalar yardımıyla gösterilmelidir.
- **Konfor:** Üretim sürecinde çalışan personelin çalışma şartlarının uygun olmasının sağlanması gerekir. Gürültü, sıcaklık, aydınlatma gibi ergonomik faktörler yerleşim planlamasında dikkat edilmesi gereken özelliklerdir.
- **Koordinasyon:** Tesis içerisinde iletişimin sağlanması önemli bir konudur. Personelin üretim sürecinde iletişimi için telefon, monitör gibi cihazlara ulaşımı sağlanmalıdır.
- **Erişim:** Tüm makine ve teçhizatın temizliği, bakımı ve tamir edilebilmesi için ulaşılabilir şekilde yerleştirilmesi gereklidir.
- **Alan Kullanımı:** Tesislerin yerleşim düzeninde alanlar en uygun şekilde kullanılmalıdır. Bir imalat tesisinde boş alanların minimuma indirilmesi hedeflenirken lüks bir otel için tasarlanan alanların geniş olması istenebilir.
- **Esneklik:** Teknolojideki gelişmeler, ürün tasarımıındaki yenilikler ve buna benzer değişimler tesis yerleşiminin yeniden düzenlenmesini gerektirebilir. Bu nedenle iyi bir yerleşim ileride gerçekleşebilecek olası değişiklikleri öngörmeli ve bu değişikliklere uyum sağlayabilecek şekilde tasarlanmalıdır.
- **Darboğazlar:** Tesisin yerleşim planlamasında üretim süreci, kapasite planlaması, makine kullanım oranları, yarı mamul stok miktarları gibi değişkenler dikkate alınmalıdır. Bu sayede olası darboğaz oluşumunun önüne geçilebilecektir.

Yukarıdaki tesis yerleşim özellikleri hemen hemen tüm işletmeler ya da organizasyonlar için geçerli kriterleri içermektedirler. Birçok iş ortamı özellikleri dolayısıyla farklı yerleşim ortamlarına ihtiyaç duyarlar. Ofis faaliyetleri, yüz yüze etkileşim gerektiren hizmetler, makine-insan etkileşiminin yoğun olduğu imalat sektörü, perakende satış süreçleri gibi farklı iş ortamları farklı yerleşim planlarına ihtiyaç duyabilirler.

TESİS YERLEŞİM TÜRLERİ

Birçok farklı tesis yerleşim düzeni temelde dört yerleşim türünden türetilmiştir. Bu temel yerleşim düzenlerinin özelliklerinden bahsedildikten sonra yerleşim tasarımlarında karşılaşılan problemlerin önemli olanlarına yer verilecektir. Dört temel yerleşim türü aşağıda sıralanmıştır:

- Sabit konumlu yerleşim düzeni
- Sürece göre yerleşim düzeni
- Ürüne göre yerleşim düzeni
- Hücresel yerleşim düzeni

Tesis yerleşim türlerini birbirinden ayıran en temel özellik organizasyonların faaliyet ve süreçlerindeki farklılıklardır. Süreçteki farklılıklar yerleşim düzenini etkilemesine karşın bazı durumlarda süreç türü ile yerleşim düzeni türleri arasında keşismeler meydana gelebilmektedir. Tablo 4.1'de temel yerleşim türleri ile imalat ve hizmet süreçlerinin ilişkisi gösterilmiştir.

İmalat Süreç Türleri	Temel Yerleşim Türleri	Hizmet Süreç Türleri
Proje tipi üretim süreci	Sabit konumlu yerleşim düzeni	Profesyonel hizmet süreci
Atölye tipi üretim süreci	Sürece göre yerleşim düzeni	Atölye tipi üretim süreci
Parti tipi üretim süreci	Hücresel yerleşim düzeni	Yığın üretim süreci
Yığın üretim süreci	Ürüne göre yerleşim düzeni	Sürekli Üretim

Tablo 4.1

Süreç türleri ile temel yerleşim türleri arasındaki ilişki

Kaynak: Slack, N. Chambers, S., Johnston, R. (2010). *Operation Management, Italy: Pearson Education, s.180.*

Sabit Konumlu Yerleşim Düzeni

Sabit konumlu yerleşim düzeni proje tipi yerleşim olarak da adlandırılır. Bu yerleşim düzeninde temel bileşen ya da hammadde sabit olup gerekli makine, teçhizat, iş gücü ve diğer malzemeler bu sabit konuma getirilirler. Bunun en temel nedeni üretilen ürün veya hizmetin taşınamayacak kadar büyük olmasıdır. Baraj ve bina inşaatı, gemi ve uçak imalatı, otoyol inşaatı, petrol ve maden çıkarma, tarım sektörü üretim kaynaklarının ürün ya da servise taşındığı üretim süreçleridir. Resim 4.1'de bir uçak imalat sürecinin yerleşim düzeni gösterilmiştir.

Sabit konumlu yerleşimde ürün, yapısı ve büyüklüğü nedeniyle hareket ettirilmez. Bunun yerine üretim kaynakları ürün etrafında hareket ettirilir.

Resim 4.1

Sabit konumlu tesis yerleşim türü



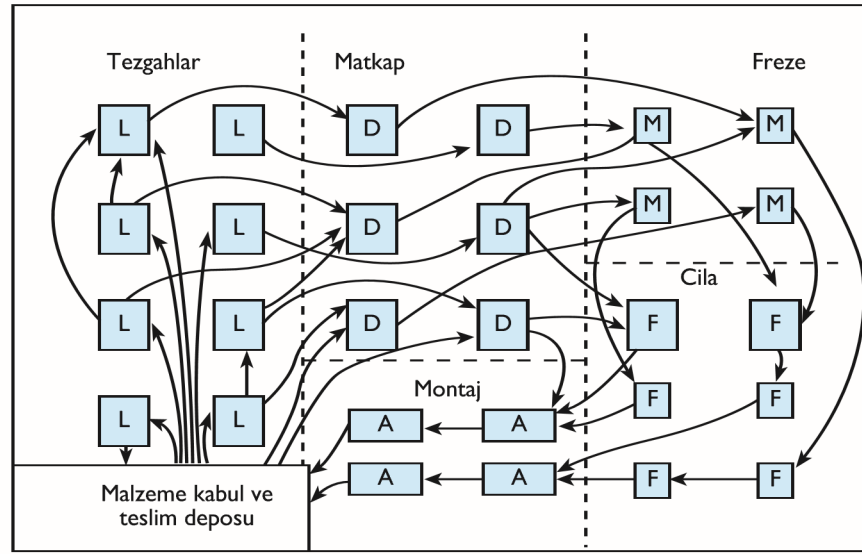
Parça çeşitliliği fazla, üretim hacmi düşük olan üretim sistemlerinde benzer süreç ve fonksiyonlara dayalı olarak üretim kaynaklarının beraber konumlandırıldığı yerleşim düzenine **fonksiyonel yerleşim** düzeni denir.

Sürece Göre Yerleşim Düzeni

Sürece göre yerleşim düzeni benzer süreç ve fonksiyonlara dayalı olarak üretim kaynaklarının gruplandırıldığı bir yerleşim düzenidir. **Fonksiyonel yerleşim** olarak da adlandırılan düzen atölye ve parti tipi üretim süreçleri için uygun bir yerleşim türüdür. Parça çeşitliliği fazla, üretim hacmi düşük olan atölye ve parti tipi üretim süreçlerinde ürünlerin tamamı için makine ve teçhizatı bir üretim hattı olarak arka arkaya yerleştirmek mümkün olamamaktadır. Bunun yerine üretim kaynaklarının fonksiyonlarına göre gruplandırılarak bir arada konumlandırılması daha uygun olmaktadır. Şekil 4.1’de fonksiyonlarına göre benzer makinelerin bir arada konumlandırıldığı beş iş merkezinin yerleşimi gösterilmektedir.

Şekil 4.1

Sürece göre yerleşim düzeni ve üretim rotaları



Sürece göre yerleşim türünde parçalar forklift gibi esnek taşıma yöntemleri ile atölyeler arasında taşınır. Hizmet sektöründe ise hastaneler sürece göre yerleşim düzeni uygulanan tesislerdir. Kardiyoloji, radyoloji, onkoloji gibi süreçlerin özelliklerine göre gruplandırılmış bölümler şeklinde yerleşim düzeni oluşturulmuştur. Üniversiteler de aynı yerleşim düzeni uygulanan hizmet kurumlarına örnek verilebilir. Sürece göre yerleşim düzeninin üstünlük ve sınırları aşağıda sıralanmıştır:

Üstünlükler:

- Makine kullanım oranları yüksektir ve daha az sayıda makine gerektirir.
- Üretim kaynaklarının esnek kullanımı mümkündür.
- Daha düşük yatırım maliyeti gerektirir.
- Üretim tesisinin kullanım oranı yüksektir.
- İş dağılımında esneklik düzeyi yüksektir.
- İş çeşitliliği ve görev farklılıklarının olması personelin tatminini sağlar.

Sınırlılıklar:

- Uzun rotalar taşıma miktarını artırır.
- Taşıma sisteminin otomasyonu mümkün değildir.
- Makinelerin hazırlık süreleri düşük verimliliğe neden olur.
- Üretim süresi diğer yerleşimlere oranla fazladır.
- Süreçteki stokların fazla olması, alan ve sermaye israfına yol açar.

Sürece göre yerleşim planlamasında taşıma maliyetlerinin yüksek olması üretim bölümleri arasındaki taşıma mesafelerinin en aza indirilmesi çabasını ön plana çıkarmıştır. Üretim birimlerinin konumlarını belirlemede üretim rotaları, üretim büyüklüğü ve makine sayılarının parametre olarak kullanıldığı matematiksel modeller kullanılır.

Ürüne Göre Yerleşim Düzeni

Fonksiyonel yerleşimin aksine bu yerleşim düzeninde üretim kaynakları ürünü temel olarak yerleştirirler. Üretimde kullanılan makineler ve yardımcı servisler, ham maddenin işleme alınmasından nihai ürün hâline gelinceye kadar gerçekleştirilen işlemlerin sırasına göre sıralanırlar. Hizmet işletmelerinde ise servisler müşterilerin işlem sıralarına göre konumlandırılırlar. Ürüne göre yerleşim düzeni, yapısı nedeniyle *üretim hattı* olarak da anılmaktadır. Üretim hatlarında işlerin, üretim kaynakları boyunca akışları söz konusudur. Ürüne göre yerleşim, ürün çeşitliliği az standart ürün veya hizmet üreten tesislerin yüksek hızda üretim yapabilmesine olanak sağlar. Otomobil montaj hatları, self servis lokantalar, elektronik ürünlerin üretiminde bu yerleşim türü uygulanmaktadır.

Ürüne göre yerleşim düzeni, üretim kaynaklarının ürünün işlem görme sırasına göre dizildiği yerleşimi öngörür.

Resim 4.2



Otomobil endüstrisindeki ilk montaj hattı uygulaması Henry Ford tarafından uygulanmıştır.

Ürüne göre yerleşim düzeninin genel karakteristikleri aşağıda özetlenmiştir (Sanders, s.358):

- **Kaynaklar amaca uygun olarak düzenlenmiştir.** Bu yerleşimde kaynaklar büyük miktarlarda ürün üretmek üzere tasarlanmıştır.
- **Tesisin maliyeti yüksektir.** Üretim miktarını artırmak üzere tasarlanan otomasyon sistemleri yoğun kullanılır. Dolayısıyla tesisin maliyeti oldukça yüksektir.
- **Üretim hızı daha yüksektir.** Tüm kaynaklar etkili bir üretim için sıralandığından üretim hızı oldukça yüksektir.
- **Malzeme taşıma maliyeti daha düşüktür.** Üretim kaynaklarının ürünün işleme özelliklerine göre düzenlenmesi sürece göre yerleşime oranla düşük malzeme taşıma maliyeti oluşturur.

Tablo 4.2

Sürece göre yerleşim ve ürüne göre yerleşim düzeninin özelliklerinin karşılaştırılması.

Sürece Göre Yerleşim	Özellik	Ürüne Göre Yerleşim
Yüksek	Ürün çeşitliliği	Düşük
Genel amaçlı	Kaynak kullanımı	Özel amaçlı
İşgücü yoğun	Kaynak özelliği	Teknoloji yoğun
Yüksek	Ürün esneklik	Düşük
Düşük	Üretim hızı	Yüksek
Yüksek	Malzeme taşıma maliyeti	Düşük
Yüksek	Stok alanı	Düşük

Ürüne göre yerleşim uygulamalarında üretim hatlarının hatasız ve dengeli çalışması büyük önem taşır. Tesisin bir bölümünün arızalanması bütün sistemi aksatacağından periyodik bakım planlaması yapılması bir zorunluluktur. Üretim hattındaki hız farklılıkları birikme ve aksamalara neden olabilmektedir

Hücreyel Yerleşim Düzeni

Melez ya da karma yerleşim düzeni olarak da adlandırılan hücreyel yerleşim hem ürüne hem de sürece göre yerleşim düzeninin üstün yanlarını bir arada uygulayan yerleşim düzenidir. Hücreyel yerleşim düzeninde benzer şekil ya da benzer yöntemlerle üretilen parçaların oluşturduğu ürün gruplarının beraber işlenmesi prensibi uygulanır. Birbirinden farklı fonksiyonlara sahip makineler bir hücrede bir araya getirilerek gruplanmış bir ürün gurubunun üretilmesinde kullanılır. Böylelikle her hücre bir üretim hattı oluştururken ürüne göre yerleşimin üstünlüklerinden yararlanır. Birden fazla hücrenin paralel olarak çalışması da sürece göre yerleşimi temsil eder ki bu da esnekliğin sağlanması anlamına gelir. Şekil 4.2'de hücreyel yerleşim düzeni ile sürece göre yerleşimin örnek yerleşimleri gösterilmiştir.

Grup teknolojisi parça çeşidi fazla olan üretim sistemlerinin kullandığı üretim tekniklerinden biridir. Benzer parça ve işlemleri bir araya toplayarak işlenmesini öngören bu üretim felsefesinin en önemli uygulamaları arasında hücreyel imalat, tam zamanında üretim, esnek imalat sistemleri yer alır.

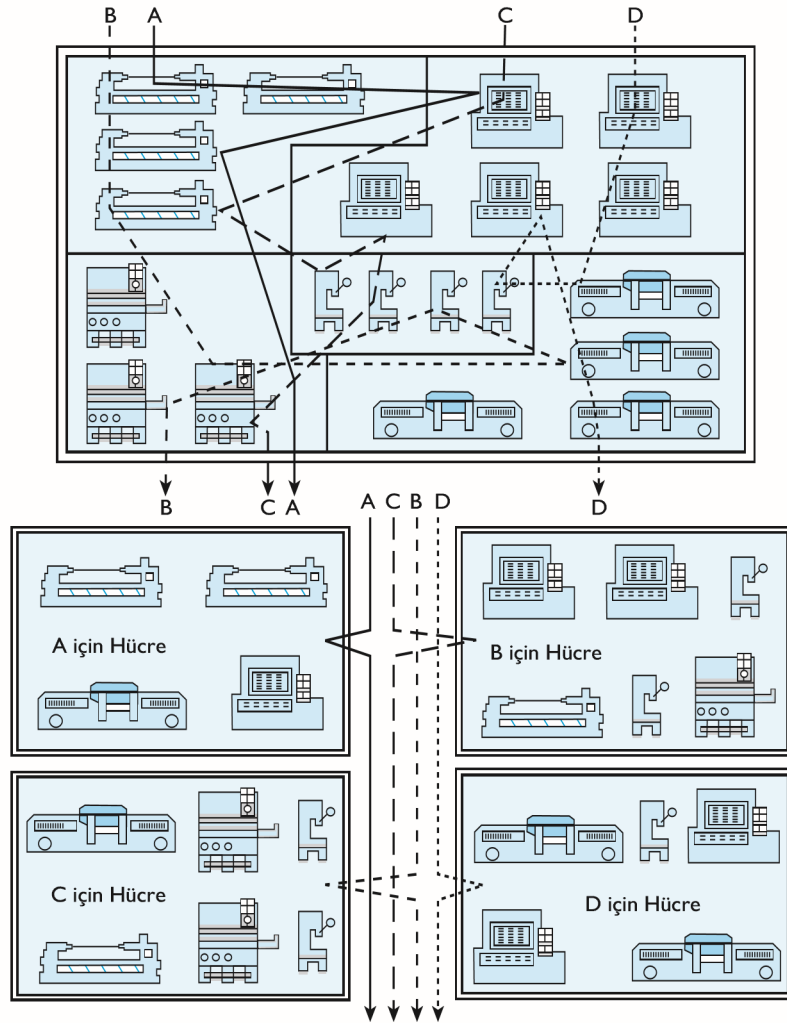
- **Envanter için gerekli olan depo ihtiyacı daha düşüktür.** Üretim hızının yüksek olması süreçteki ürün sayısını, üretim hattı dengeleme çabaları hatlar arası stokları azaltır.
- **Esnekliği azdır.** Tüm tesis ve kaynaklar belirli ürünlerin üretimi için özelleştirildiğinden yeni bir ürün üretiminin sisteme eklenmesi ya da ürün üzerindeki esaslı değişiklik konusunda esneklik yoktur.

Ürüne göre yerleşim düzeninde bir makinenin arızalanması tüm üretimin durmasına neden olabilir. Ayrıca üretim hattının hızı üretim hattındaki en düşük hıza sahip makineye (darboğaza) bağlıdır. Ürüne göre yerleşimin temel özellikleri sürece göre yerleşim özellikleri ile Tablo 4.2'de karşılaştırılmıştır.

Şekil 4.2

Hücreyel yerleşim düzeni üretim sürecini ürün veya ürün aileleri için gruplar

Kaynak: Slack, N. Chambers, S., Johnston, R. (2010). *Operation Management, Italy*: Pearson Education, s.195.



Hücreyel yerleşimde benzer ürünlerin aynı hücrelerde işlenmesi, özellikle talaşlı imalat atölyelerindeki makine hazırlık sürelerinin azaltılmasını sağlar. Bu sayede makine kullanım oranının artırılması, üretim süresinin kısaltılması, ara stokların azaltılması sağlanarak süreçteki parça sayısı azaltılmış olur. Hücre yerleşiminde görevli personelin uzmanlaşması kaliteyi de olumlu yönde etkilerken personelin iş tatmini daha üst düzeye çıkar. Üretimde kullanılan kaynakların bir hücreye atanması ve bazı hücrelerin verimli kullanılamaması yatırım maliyetini yükseltir.

TESİS YERLEŞİM TASARIMI

İşletmelerde **tesis yerleşim** türünün belirlenmesinde en önemli kriterlerden biri ham maddenin ürün hâline gelinceye kadar izlediği yoldur. Akış olarak adlandırılan malzeme hareketinin iyi planlanması üretim sisteminin performansını belirleyen etmenlerden biridir. Hizmet üretilen bir tesiste akış, müşterinin ya da servis görenin hareketi olarak ele alınabilir. Bir tesisteki akışın öneminin belirlenmesindeki temel etmenler üretim hacmi ve ürün çeşitliliğidir.

Üretim hacminin düşük ve nispeten ürün çeşitliliğinin yüksek olduğu bir üretimde akış kavramından bahsedilemez. Örneğin lüks tekne imalatı yapan bir tes-

Tesis yerleşiminde üretim miktarı (hacim) ve farklı ürün sayısı (çeşitlilik) önemli kriterlerdir.

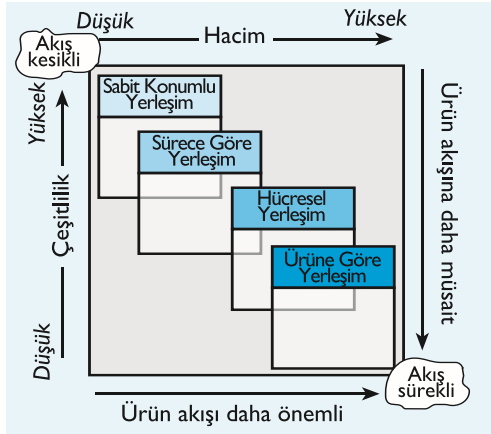
sin sabit konumlu yerleşim düzenini uygulamasının nedeni her ürünün sipariş usulü yapılması ve farklılıklarının olması, ürünün özelliği gereği hareketinin kolay olmamasıdır. Bu tesisin yerleşim tasarımında akış miktarını minimuma indireceği bir düzenlemeden bahsedilemez.

Hacmi yüksek olan ve çeşitliliği az olan bir üretim sisteminde akışın düzenlenmesi ana problemdir. Ancak hacmi yüksek iken çeşitliliğin de yüksek olması tamamen akış temelli bir tesis yerleşimini uygulamak hayli zordur. Bu durumda farklı akış desenleri oluşacağından sürece göre bir yerleşim daha uygun olabilecektir. Ürün çeşitliliği ürünlerin benzerliklerine göre kategorilere bölünüp azaltılabiliyorsa hücrel yerleşim uygun bir seçenek olabilmektedir.

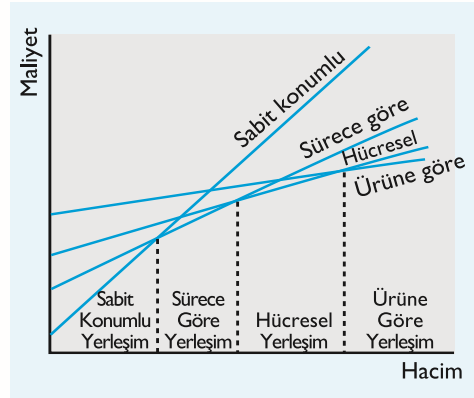
Şekil 4.3

Bir üretim sürecindeki ürün çeşitliliği ve üretim hacmi yerleşim düzeninin belirlenmesinde önemlidir. (Kaynak: Slack, N. Chambers, S., Johnston, R. (2010). Operation Management, Italy: Pearson Education, s.187.)

(a) Üretim hacmi ile ürün çeşitliliğinin yerleşim türü ile ilişkisi



(b) Yerleşim düzenlerinin maliyet ile üretim hacmi açısından durumları



Şekil 4.3 (a)'da üretim hacmi ile ürün çeşitliliğinin, bir üretim tesisinin yerleşim türünü belirlemede nasıl etkili olabileceği gösterilmiştir. Üretim sisteminin bu özellikleri hangi yerleşim türünün daha etkili olacağı konusunda fikir verebilir. Ancak doğru karar vermek yerleşim türlerinin birbirlerine göre üstünlük ve sınırlılıklarını iyi anlamakla mümkündür. Yerleşim türü seçiminde diğer önemli bir kriter de maliyettir. Şekil 4.3 (b)'de dört temel yerleşim türünün maliyeti ile üretilen üretim hacmi karşılaştırılmıştır. Bu grafiğin sol dikey eksenini yerleşim türlerinin sabit maliyetlerini göstermektedir. Buna göre en düşük sabit maliyet, sabit konumlu yerleşim iken otomasyonun yoğun olduğu ürüne göre yerleşim, sabit maliyetin en yüksek olduğu yerleşimdir. Üretim hacminin artması durumunda değişken ve sabit maliyetlerin seyri tam tersine dönmektedir. Yerleşim türü seçimine maliyet açısından bakıldığında soldan sağa doğru sırasıyla sabit konumlu, sürece göre, hücrel ve ürüne göre yerleşim tercih edilmelidir. Teorik olarak bakıldığında tercih sınırları çok net gözükse de pratikte kurulum aşamasında bu maliyetlerin tam belirlenmesi mümkün olmamaktadır. Bu nedenle tercih sınırlarının çok net olamadığı söylenebilir.

DETAYLI YERLEŞİM PLANI

Ürün ve/veya hizmet üreten tesisin temel yerleşim düzenine karar verilmesinin ardından yerleşim planının ayrıntısı tasarlanır. Her yerleşim türünün yapısı gereği en iyi yerleşimin belirlenmesine yardımcı olacak modeller tanımlanır. Detaylı yerleşim planının oluşturulmasında karşılaşılan modeller ve çözüm tekniklerine aşağıda yer verilmiştir.

Sabit Konumlu Yerleşim Tasarımı

Sabit konumlu yerleşimde ürün büyüklüğü nedeniyle ürünün hareket ettirilmesi yerine üretim kaynakları ürünün yanına taşınır. Bu yerleşim türünde amaç, kaynakların en yüksek katkırı sağlayacak şekilde düzenlenmesini sağlamaktır. Sabit konumlu yerleşimin tasarlanması diğer yerleşim türlerinin tasarlanmasına oranla daha az karmaşıktır.

Sürece Göre Yerleşim Tasarımı

Sürece göre yerleşim tasarlamak sabit konuma göre oldukça karmaşıktır. Karar verilmesi gereken konu iş merkezlerinin birbirlerine göre nasıl yerleştirileceğini belirlemektir. İki iş merkezi olan bir işletme için bu seçim çok zor değildir. Zira iki olasılık mevcuttur. Ancak Şekil 4.1'de yer alan yerleşimde beş iş merkezi için 120 farklı yerleşim kombinasyonu bulunmaktadır. İş merkezi sayısının faktöriyel ile hesaplanabilecek seçenek sayısı, problemi çözmek için deneme yanılma yöntemlerini etkisiz kılabilir. Sürece göre detaylı yerleşimin gerçekleştirilmesi için ilk adım tasarım için gerekli olacak bilgilerin derlenmesidir. Toplanması gereken bilgiler aşağıda sıralanmıştır:

- Her iş merkezi için gerekli olacak alan miktarının belirlenmesi,
- İş merkezlerinin yerleştirileceği bina ya da alanın kısıtlarının belirlenmesi,
- İş merkezleri arasında olası iş akışı şekli ve miktarının listelenmesi,
- İş merkezlerinin sabit bir noktaya yakın olma zorunlulukları, iş merkezlerinin birbirleri ile yakın ya da uzak olma kısıtlarının listelenmesi,

İş merkezleri arasındaki iş akışı ve mesafeler matris şeklinde ifade edilir. Tablo 4.3'te dört iş merkezi olan bir tesis için oluşturulmuş akış bilgilerini içeren matrisler görülmektedir. Bu matrisler olası bir yerleşimin etkinliğinin hesaplanmasında kullanılabilir. Örneğin birimler arası toplam iş hareket miktarının minimuma indirilmesi isteniyorsa yerleşimin etkinliği,

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n F_{ij} D_{ij} \quad i \neq j$$

F_{ij} = i.iş merkezinden j.iş merkezine günlük malzeme hareketi

D_{ij} = i.iş merkezinden j.iş merkezine uzaklık

formülü ile hesaplanabilir. Tablo 4.3 için bu formül hesaplandığında (150+200+690+35+150) 1225 metre olarak ölçülür. Bunun anlamı mevcut yerleşimde iş merkezleri arasında bir günde toplam parça hareketi uzunluğunun 1250 metre olduğudur. Yerleşim etkinliği olarak mesafe değil de taşıma için katlanılan maliyet olsaydı bu durumda formüle taşımanın birim maliyeti çarpan olarak eklenecekti. Hesabını yaptığımız yerleşim olası 24 (4!) farklı yerleşimden birine ait etkinlik ölçümüdür. Mevcut yerleşimin iyi bir çözüm olduğunu söylemek zor. Çünkü A

Sürece göre yerleşimde farklı yerleşim sayısı iş merkezi sayısının faktöriyel ile hesaplanır. Örneğin 8 iş merkezi olan bir tesiste $8! = 1 \times 2 \times 3 \times 4 \times 5 \times 6 \times 7 \times 8 = 40320$ adet farklı yerleşim mümkündür.

Tablo 4.3
İş merkezleri
arasındaki iş akış
matrisleri örnekleri

(a) İş merkezleri arasında günlük iş hareketleri				
	A	B	C	D
A		15	10	23
B	-			7
C	-	-		10
D	-	-	-	
(b) İş merkezleri arasındaki mesafeler				
	A	B	C	D
A		10	20	30
B			-	5
C				15
D				
(c) Günlük dolaşım miktarı				
	A	B	C	D
A		150	200	690
B			-	35
C				150
D				

SIRA SİZDE



Sizce sürece göre yerleşim düzeninde iş merkezlerinin birbirlerine olan konumlarını belirlemede mesafe dışında kısıt oluşturabilecek etmenler neler olabilir?

Dört iş merkezi için en iyi çözüm el ile hesaplanabilir ancak iş merkezi sayısı çok olan bir tesisin yerleşimini bu yöntemle bulmak kolay olmayacaktır. Bu nedenle adım adım iyi çözüme ulaştıran sezgisel yöntemler geliştirilmiştir. Geliştirilen sezgisel yöntemleri uygulayan bilgisayar programları büyük boyutlu problemlerin çözümünde yaygın olarak kullanılabilir. Bu amaçla CRAFT (computerized relative allocation of facilities technique) ve ALDEP (automated lay-out design program) yazılımları sürece göre tesis yerleşimi tasarımında karar destek aracı olarak kullanılan iki önemli programdır.

Ürüne Göre Yerleşim Tasarımı

Ürüne göre yerleşimde üretimde kullanılan donanım, makine, iş gücü gibi üretim kaynakları, ürünün tek yönde geri dönüş olmadan ilerlemesi için bir hat üzerinde sıralanırlar. Montaj hatları ürüne göre yerleşimin en bilinen özel durumlarıdır. Montaj hatlarında ürün akışının sağlanmasında konveyörler veya tavan vinçleri kullanılabilir. Parçaların ürüne birleştirilmesinde insan gücü, makine veya robotların kullanıldığı montaj hatlarının şekilsel yapıları U tipi, düz ve dallanan yapıda olabilir.

Ürüne göre yerleşim düzeninin tasarlanmasında istasyonlar arasındaki iş yüklerinin dengelenmesi ve arzu edilen çıktının elde edilebilmesi için görevlerin istasyonlara en uygun şekilde atanmaları gerekmektedir. **Hat dengelemesi** adı verilen bu planlama faaliyeti istasyonlar arasındaki hız farklarının en aza indirilmesini he-

defler. Aşağıda hat dengelemesi için takip edilmesi gereken 7 adım sıralanarak bir örnek üzerinde açıklanmaktadır: (Jacobs, s89)

1. Öncelik diyagramı kullanılarak görevler arasındaki ilişkilerin sırası belirlenir. Diyagram görevleri temsil eden dairelerden ve görevler arasındaki sıralamayı gösteren oklardan oluşur.
2. Aşağıdaki formül kullanılarak gerekli iş istasyonlarının çevrim süresi hesaplanır.

$$\bar{C} = \frac{\text{Günlük üretim süresi}}{\text{Günlük üretim miktarı}}$$

3. Aşağıdaki formül kullanılarak çevrim süresine yeterli olacak en az iş istasyonu sayısı teorik olarak belirlenir (Hesaplanan değer bir üst tamsayıya yuvarlanır.).

$$N_t = \frac{\text{Görev süresi toplamı (T)}}{\text{Çevrim Süresi (C)}}$$

4. Görevlerin iş istasyonuna atanmalarında birincil ve ikincil olarak belirlenmiş kurallar kullanılır. Birincil kural iş istasyonunda hangi görevden başlanarak atama yapılacağını, ikincil kural ise birden fazla seçenek arasından öncelikli hangi görevin seçileceğinin kararının verilmesini sağlar. Bu kurallar uygulanarak bir iş istasyonuna görevler atanır.
5. Tüm görevlerin ataması yapıldıktan sonra 4. adım tekrarlanır.
6. Hat dengelemesinin etkinliği izleyen formül ile ölçülür.

$$E = \frac{\text{Görev süresi toplamı (T)}}{\text{İş istasyonu sayısı (N}_a\text{)} \times \text{İş istasyonu çevrim süresi (C)}}$$

7. Eğer elde edilen etkinlik yeterli değilse yeni kurallar ile tekrar dengeleme yapılır.

Yukarıda işlem adımlarının daha iyi anlaşılması için bir örnek üzerinde tüm adımlar uygulanmıştır (Jacobs, s.89).

Örnek: Bir vagonun belirli bir bölümünün konveyör bant üzerinde montajının yapılması gerekmektedir. Günde beş yüz vagon ihtiyacı bulunmaktadır. Günlük üretim süresi 420 dakikadır. Tablo 4.4'te adım ve süreleri tanımlanan montaj hattı için iş istasyonu sayısını en aza indirecek dengelemenin yapılması gereklidir.

Görev	Süre (sn)	İş Tanımı	Önceki işlem
A	45	Arka aks desteğini yerleştirin ve dört civatayı yerine vidalayın.	-
B	11	Arka aksı yerleştirin.	A
C	9	Arka aks desteği civatalarını sıkılaştırın.	B
D	50	Ön aksı yerleştirerek dört civatayı yerine vidalayın.	-
E	15	Ön aks civatalarını sıkılaştırın.	D
F	12	1 numaralı tekerleği yerine takın ve aks başlığını sıkın.	C
G	12	2 numaralı tekerleği yerine takın ve aks başlığını sıkın.	C
H	12	3 numaralı tekerleği yerine takın ve aks başlığını sıkın.	E
I	12	4 numaralı tekerleği yerine takın ve aks başlığını sıkın.	E
J	8	Ön aksın üzerine mili yerleştirin, somun ve civatayı el ile takın.	F,G,K,H,I
K	9	Civata ve somunu sıkılaştırın.	J
	195		

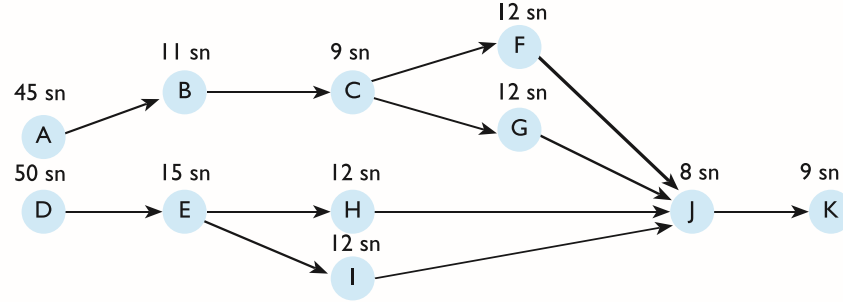
Tablo 4.4
Vagon montaj
hattının montaj
adımları ve süreleri

Hat dengelemesi çözüm adımları:

1. Öncelik diyagramı görevlerin yapılma sıralarına göre çizilerek işlem süreleri şekilde belirtilir (Şekil 4.4).

Şekil 4.4

Vagon montaj
battında
uygulanacak
işlemlerin öncelik
diyagramı



2. Çevrim süresi hesaplanır. Çevrim süresi her bir ürünün üretilme süresinin hesaplanmasıdır. Ancak üretim hattı düşünüldüğünde her bir iş istasyonunda en fazla 50,4 s süre harcanmalı ki bir günde hedeflenen üretim sayısına ulaşılabilsin.

$$Ç = \frac{\text{Günlük üretim süresi}}{\text{Günlük üretim miktarı}} = \frac{420 \text{ dk} \times 60 \text{ s}}{500 \text{ vagon}} = 50,4$$

3. Teorik olarak en küçük iş istasyonu sayısı belirlenir (Gerçek sayı bundan büyük olabilir.).

$$N_t = \frac{\text{Günlük süresi toplamı (T)}}{\text{Çevrim Süresi (Ç)}} = \frac{195 \text{ s}}{50,4 \text{ s}} = 3,87 \cong 4$$

4. En küçük iş istasyonu sayısının belirlenmesinden sonra sıra görevlerin iş istasyonlarına atanmasına gelir. Bu işlem için belirli bir atama kuralı seçilir. Görevlerin iş istasyonlarına atanması için geliştirilmiş farklı kurallar kullanılabilir. Bu problemde uygulanacak birincil kural atanan görevi takip eden görev sayısına göre öncelik vermektedir. İkincil kural olarak da süresi en fazla olan göreve öncelik vermektedir. Buna göre tüm görevler kendini takip eden görev sayısına göre azalan olarak sıralanır.

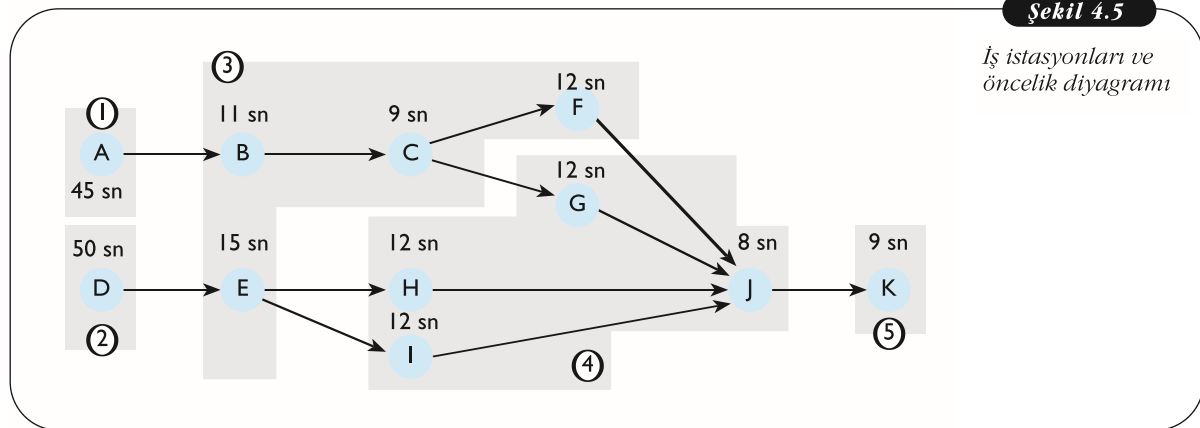
Görev	Takip eden görev sayısı
A	6
B,D	5
C,E	4
F,G,H,I	2
J	1
K	0

5. Tablo 4.5'te görevlerin adım adım iş istasyonlarına atanma süreci izlenebilir. İlk atanacak görev birincil kural gereği A görevidir. Tablonun sütunlarında atamada kullanılacak bilgiler yer almaktadır. İlk istasyon için kalan işlem süresi 5,4 (50,4-45) saniyedir. Kalan süreye ve sonraki görevlerin süresine bakıldığında atanabilecek görev olmadığından bir sonraki istasyonun atanma-

sına geçilir. İkinci istasyonda atanmak için sırada B ve D görevleri vardır. İkincil kuralımıza göre işlem süresi büyük olan D görevi ikinci istasyona yerleştirilir. Üçüncü istasyona sıradaki B görevi ilk görev olarak atanır. B görevinin atanmasından sonra kalan süre 39,4 saniyedir ve bu görevi takip eden C ve E görevi atama için adaydır. Bu aşamada görevlerin süresine bakılarak süresi uzun olan E görevi öncelikli olarak seçilir. Bu süreç iş istasyonunun süresi bitinceye yani atanabilecek görev kalmayınca kadar yapılarak bir sonraki istasyona geçilir. Tüm istasyon ve görevler atanınca kadar kuralları uygulanır. Atama sonunda Şekil 4.5'te iş istasyonları ve görevlerin öncelik grafiği görülmektedir.

Görev	Görev	İşlem Süresi	Kalan Süre	Atanabilir Görev	Takip Eden Görev Sayısı	En Uzun Görev Süresi
İstasyon 1	A	45	5,4 boş	-		
İstasyon 2	D	50	0,4 boş	-		
İstasyon 3	B	11	39,4	C,E	C,E	E
	E	15	24,4	C,H,I	C	
	C	9	15,4	F,G,H,I	F,G,H,I	F,G,H,I
	F	12	3,4 boş	-		
İstasyon 4	G	12	38,4	H,I	H,I	H,I
	H	12	26,4	I		-
	I	12	14,4	J		
	J	8	6,4 boş	-		
İstasyon 5	K	9	41,4 boş	-		

Tablo 4.5
Görevlerin iş istasyonlarına dağıtılması



6. Montaj hattında yapılan dengelemenin etkinliği %77 olarak ölçülür.

$$E = \frac{T}{N_a \times C} = \frac{195}{5 \times 50,4} = 0,77$$

7. Montaj hattının etkinliği (%77) değerlendirildiğinde %23 boş zaman olduğu söylenebilir. Tablo 4.5'te tüm iş istasyonlarında toplam 57 saniye boş zaman olduğu görülmektedir.

KAPASİTE PLANLAMASI

Bir üretim sisteminin temel amacı kendi pazarında oluşan mevcut ve gelecekteki talebi karşılayacak yeterlilikleri sağlamaktır. Kapasite ile talep arasında dengeyi doğru oluşturan üretim sistemleri müşterilerine uygun maliyetle ürünleri sunabilmektedir. Bu dengeyi kuramayan sistemler ise talebi karşılayamama ya da büyük atıl kapasite maliyetlerini müşterilerine yansıtmak durumunda kalırlar ve bu durum rekabet ortamında geri kalmalarına neden olabilir.

Günlük hayatta kapasite kelimesinin yaygın kullanımı sabit bir ortamın alabileceği nesne miktarını belirtmek için kullanılmaktadır. Bir hastanedeki yatak sayısı, bir hava limanındaki pist sayısı ya da bir deponun alabileceği ürün sayısı kapasite miktarına örnek verilebilir. Üretim sistemlerinde kapasite bir sürecin en büyük çıktı miktarını ifade ettiğinden sürecin bu çıktıyı ne kadar zamanda ürettiği de vurgulanmalıdır. Günlük 21 milyon varil petrol üretimi, yıllık 100.000 araç imalatı, aylık 10.000 ton çimento üretimi gibi ifadeler üretim süreçlerinin kapasitesini ifade eden üretim miktarlarıdır.

Hizmet sistemlerinde kapasite genellikle aynı anda hizmet gören en fazla servis gören kişi sayısı ile ifade edilmektedir. Bir hastane ya da otel için yatak sayısı, bir lokanta için masa ya da sandalye sayısı, GSM operatörü için abone sayısı hizmet işletmelerinde kapasite ölçülerine örnek gösterilebilir.

İşletmelerin çoğu maksimum kapasitelerinin altında bir üretim hızı ile çalışırlar. Bunun nedeni yetersiz talep nedeniyle tam kapasite çalışamamaları ya da yeni oluşabilecek bir talebe hızlı cevap verebilmek için atıl kapasitelerini muhafaza etmeleridir.

Kapasite Planlaması Nedir?

Kapasite planlaması, bir işletmenin gelecekteki genişleme ve büyüme planlarını da göz önünde bulundurarak talebi karşılamak üzere üretim hacminin belirlenmesi sürecidir. Aslında bu süreç, üretimin talepteki dalgalanmalara nasıl tepki vermesi gerektiğinin planlanmasıdır. Organizasyonlarda kapasite planlaması iki düzeyde gerçekleştirilir. İlk düzey planlama, uzun dönemi kapsayan stratejik kararları içerir. Uzun dönem kapasite planlamasının amacı şirketin uzun dönem rekabet stratejisini destekleyecek tesis, donanım, iş gücü büyüklüğü gibi sermaye yoğun kaynaklarının bütünsel kapasite düzeyinin belirlenmesi için bir yaklaşım sağlamaktır. Uzun dönem kapasite planlaması, talep değişikliğine yol açabilecek teknoloji ve toplumdaki gelişmeleri tahmin etmekle yakından ilgilidir.

İkinci düzey ise kısa ve orta döneme odaklanmıştır. Uzun dönem kapasite planlarının orta döneme nasıl yansıtılacağına karar verilir. Bu genellikle 2 ila 18 ay arasındaki bir periyodun talep kestirimlerinin değerlendirilmesini içerir. Kısa ve orta dönem kapasite planlamasında temel kapasite çok değiştirilemez. Bunun yerine iş gücü, envanter, günlük makine kullanımı planlarını içeren daha taktiksel kapasite kararları ile talepteki dalgalanmaların üstesinden gelinmeye çalışılır.

Kapasite planlamasında verilen kararlar sistemin performansını etkileyebilecek önemli kararlardır. Bu kararlar maliyet, gelir, sermaye, kalite, müşteri talebini karşılama hızı, tedarik güvenliği ve esneklik ile yakından ilişkilidir (Slack, s.300).

- Maliyetler kapasite ve talep arasındaki dengeden etkilenir. Kapasitenin talebe göre fazla olması ürünün birim maliyetinin yükselmesine neden olur.
- Gelirler de kapasite ve talep arasındaki dengeden etkilenir. Kapasite düzeyinin talebe eşit ya da daha büyük olması gelir kaybını engellemiş olur.

Bir üretim sisteminin kapasitesi, belirli bir zaman periyodunda gerçekleştirilen en büyük çıktı oranı olarak tanımlanır.

Stratejik düzeyde kapasite planları, uzun dönemde oluşacak müşteri taleplerinin tahmin edilerek bu talebi karşılayacak üretim kapasitesinin oluşturulması ile ilgilidir.

- Yüksek talebin karşılanması için stoka üretim kârının verilmesi işletme sermayesini olumsuz yönde etkileyecektir. Bu karar talebin karşılanmasını sağlayacak ancak ürünlerin satışı yapılana kadar gelir girişi olamayacaktır.
- Geçici personel kullanımı ile talepteki dalgalanmaları karşılayan bir kapasite planı, ürün veya hizmet kalitesini olumsuz etkileyebilir. Tecrübesiz personelin çalıştırılması hata oranlarını artırır.
- Kasıtlı olarak fazla üretim yapmak suretiyle müşteri taleplerine yanıt hızı artırılabilir. Müşterilerin birçoğu ürün için bekleme yerine hazır ürüne hemen ulaşmak isterler.
- Tedarik güvenliği de kapasite ve talep düzeylerinin birbirine yakın olmasından etkilenir. Bu yakınlık ürün veya servis teslimatlarındaki aksamaların giderilebilmesini zorlaştırır.
- Esneklik, özellikle de hacim esnekliği kapasite fazlalığı ile yakından ilişkilidir. Talep ile kapasitenin dengede olması talepteki beklenmedik artışların cevaplanmasını olanaksız kılabilir.

Kapasite Ölçümü

Kapasite terimi kolayca tanımlanabilmesine rağmen kapasitenin ölçülmesi farklı yaklaşımları gerektirir. Tablo 4.6'da farklı işletme türlerinin kapasite ölçümü için kullandıkları ölçüler örneklenmiştir. Tablonun orta sütunda girdi kapasite ölçüsü, sağ sütunda ise çıktı kapasite ölçüsü yer almaktadır. Ürün çeşitliliği fazla olan işletmelerde çıktı ölçütü yerine girdi ölçütü hesaplanması daha kolay olduğu için tercih edilir. Örneğin, bir pastanenin kapasitesinin ürettiği ürünlere göre ölçülmesi oldukça zordur. Bir günde üretilen pasta ile simit miktarlarının toplanması, harcanan çaba ve malzeme karşılaştırıldığında oldukça anlamsız bir değer ortaya çıkaracaktır.

Tablo 4.6
Farklı üretim sistemlerinin girdi ve çıktı temelli kapasite ölçüleri

İşletme türü	Girdi ölçüsü	Çıktı ölçüsü
Hastane	Yatak sayısı	Haftada tedavi olan hasta sayısı
Sinema	Koltuk sayısı	Haftada gösterim yapılan müşteri miktarı
Otomobil üreticisi	İşçilik saati	Vardiyada üretilen araba sayısı
Elektrik santrali	Üreteç büyüklüğü	Üretilen elektrik megavatı
İçecek üreticisi	Üretim tank kapasitesi	Haftada üretilen litre

Bir üretim sisteminin kapasite miktarının ölçülmesinde farklı kapasite ölçümleri kullanılmaktadır. Bunlardan en yaygın kullanılan **kapasite türü** teorik ve etkin kapasite kavramlarıdır.

Teorik Kapasite: Tasarım kapasitesi olarak da adlandırılan teorik kapasite ideal şartlar altında belirli bir sürede ulaşılabilecek en büyük çıktı miktarıdır. Teorik kapasite tüm üretim kaynaklarının kayıpsız yüzde yüz verimle kullanıldığı varsayımıyla hesaplanır. Ancak gerçekte ulaşılması neredeyse imkânsızdır. Makine arızası, makine yüklemedeki insan hataları, vardiya değişimleri, periyodik bakım süreleri, planlama hataları gibi nedenler pratikte teorik kapasiteye ulaşmayı olanaksız kılar.

Etkin Kapasite: Normal şartlar altında elde edilebilecek kapasite miktarıdır. Üretim süreçlerinde bakım faaliyetleri, makine hazırlık süreleri, parça rotaları nedeniyle oluşan beklemler normalde karşılaşılabilecek durumlardır. Bu nedenle etkin kapasite teorik kapasiteden düşük olarak gerçekleşecektir. Pratik kapasite olarak da adlandırılmaktadır.

İşletmelerin etkin kapasiteye ulaşması mümkündür ancak bu üretim oranına ulaşmayı engelleyen başka faktörler vardır. Makine arızası, kalite problemleri, personel rahatsızlıkları, talepteki düşme gibi farklı nedenler üretim çıktısının etkin kapasiteden düşük oluşmasına neden olur. İşletmenin üretiminin kapasite açısından değerlendirilmesi kapasite kullanım oranını hesaplamak suretiyle yapılabilir. Kapasite kullanım oranı gerçek çıktı miktarının kapasiteye oranlanması ile hesaplanır. Gerçek çıktı miktarının teorik kapasiteye oranı *kapasite kullanım oranı*, gerçek çıktı miktarının etkin kapasiteye oranı ise *kapasite kullanım verimi* olarak hesaplanır.

$$\text{Kapasite Kullanım Oranı} = \frac{\text{Gerçek çıktı}}{\text{Teorik Kapasite}}$$

$$\text{Kapasite Kullanım Verimi} = \frac{\text{Gerçek çıktı}}{\text{Etkin Kapasite}}$$

Teorik ve etkin kapasite ölçümleri ile kapasite kullanım oranlarını bir örnek üzerinde hesaplayalım. Teorik kapasitesi dakikada 180 metrekare kumaş üretmek olan 7 gün 24 saat çalışan bir tekstil işletmesinin bir hafta boyunca kayıp üretim zamanları Tablo 4.7'de listelenmiştir. Bu üretim sisteminin kapasite kullanım oranı ve kapasite kullanım verimliliğini hangi oranlarda gerçekleştirdiğini hesaplayalım.

Sizce üretim sistemlerinin teorik kapasiteye erişimleri mümkün müdür?



SIRA SİZDE

No	Kayıp Üretim Zamanı Nedeni	Süre (saat)
1	Makine ayar	15
2	Planlı bakım	15
3	Talep yok	4
4	Kalite örnekleme kontrolü	8
5	Vardiya değişimi	8
6	Makine arızası	22
7	Ürün hatası inceleme	6
8	Makine kullanım hatası nedeni ile iskarta	5
9	Personel eksikliği	3
10	İplik tedarikinde gecikme	12

Tablo 4.6

Bir tekstil atölyesi üretim kayıp zamanları

Üretim sisteminin kapasitesini zaman biriminde ölçmek mümkündür. Kayıp zaman listesine bakıldığında ilk beş nedenin engellenmesi mümkün olmayan işin doğası gereği toplam 50 saat (15+15+4+8+8) kayıp zamana neden olduğu görülmektedir. Diğer beş neden ise arıza, planlama hatası gibi sakınılabılır hataların oluşturduğu toplam 48 saat (22+6+5+3+12) kayıp zamandır. Sistem 7 gün 24 saat çalıştığı için haftalık teorik kapasite 168 saat (7x24) olarak hesaplanır. Etkin kapasite teorik kapasiteden sakınılması imkânsız, işin doğası gereği olan beklemlerin çıkarılmasıyla 118 saat (168-50) olarak hesaplanır. Sistemde gerçekleşen üretim süresi ise tüm beklemlerin dışında kalan 70 saatlik (168-50-48) süredir. Buna göre,

$$\text{Kapasite Kullanım Oranı} = (\text{Gerçek çıktı}) / (\text{Teorik Kapasite}) = 70 / 168 = 0,42 \quad \%42$$

$$\text{Kapasite Kullanım Verimi} = (\text{Gerçek çıktı}) / (\text{Etkin Kapasite}) = 70 / 118 = 0,59 \quad \%59$$

olarak hesaplanır.

Kısa dönemdeki talep dalgalanmaları stoka üretim, iş gücü dengelemesi ve dış kapasite kullanımı ile dengelenebilir.

Kapasite Planlama Kararları

Kapasite planlaması kısa dönem ve uzun dönem kapasite ihtiyaçlarının belirlenmesi ve bu ihtiyaçların nasıl karşılanacağı ile ilgilidir. **Kapasite planlamasında alınan kararlar müşteri talepleri ve organizasyonun insan, malzeme ve finansal kaynaklarının birleştirilmesine dayalıdır.**

Kısa dönem kapasite planlamaları üretim sisteminin kaynak gereksinimi planlaması kapsamında ele alınır. Kaynak planlama gereksinimi ile ilgili ayrıntılı bilgi kitabınızın “Üretim ve Kaynak Planlaması” ünitesinde yer almaktadır.

Kısa dönem kapasite planlamasında ana üretim tesisleri köklü olarak değiştiremeyeceğinden temel kapasite sabit olarak kabul edilir. Fakat üretim dönüşüm sürecinde yapılabilecek bazı düzenlemeler ile kapasitenin azaltılması veya artırılması mümkün olabilmektedir. Tesis binası ve yerleşiminin izin verdiği ölçüde yeni teçhizat ve makine satın alınması, ek personel alımı ve ya ürünlerin depolara stoklanması gibi sermaye yoğun yöntemlerle kapasite artırımı gerçekleştirilebilir.

Kısa ve orta dönem kapasite stratejileri aşağıda sıralanmıştır (Kumar, s.124).

- **Stok:** Talebin en üst seviyede olduğu dönemler için kapasitenin boş olduğu zamanda stoka üretim yapmak,
- **Geciktirme:** Talebin en yüksek olduğu dönemlerde ürün için beklemeye istekli müşteriler için daha sonra üretim gerçekleştirmek,
- **İş gücü seviyesi:** Talebin yüksek olduğu dönemde ek iş gücü kiralamak, düşük olduğu dönemde iş gücünü çıkarmak (sezonluk iş gücü stratejisini kullanmak),
- **İş gücünün eğitimi:** Personelin farklı becerileri kazanması için eğitilmesi sağlanarak ek iş gücü ihtiyacını çözmek (rotasyon),
- **Taşeron kullanımı:** Talebin yüksek olduğu dönemlerde ürün veya bileşenlerin üretimi için diğer firmaların kapasitelerini geçici olarak kiralamak (dış kapasite kullanımı),
- **Süreç tasarımı:** İş sürecini yeniden tasarlayarak kapasiteyi artırmak.

Uzun dönem kapasite kararlarının verilmesinde öncelikle kapasite ihtiyaçları tanımlanır, ardından kapasite alternatifleri türetilerek alternatiflerin değerlendirilmesi gerçekleştirilir.

Kapasite İhtiyaçlarının Tanımlanması

Uzun dönem kapasite ihtiyaçlarının belirlenmesi gelecekteki talebin kestirimine dayanır. Şirketler uzun dönem kestirimleri yapmaları gerektiğinde trend gibi uzun dönem değişkenlik örüntülerini incelerler. Yeni tesislerin planlanması, inşa edilmesi ve çalışmaya başlaması beş yıl gibi uzun süreler alabilecektir. İnşa edilecek tesislerin uzun yıllar kullanımı göz önüne alındığında yapılacak planlamaların uzun yılları kapsadığı söylenebilir. Bu süre içerisinde ekonomi, tüketici alışkanlıkları, rekabet, teknoloji, demografik faktörlerin yanı sıra devlet düzenleme ve politikalarında birçok değişiklik olacağı açıktır.

Kapasite ihtiyaçları gelecekteki talebin kestirimine dayalı olarak belirlenebilir. Bu düzeyde gelecek kestirimlerin yapılmasında, nitel yöntemlerin yanı sıra nicel yöntemlerde kullanılabilmektedir. Farklı istatistiksel çözümlemelerin kullanıldığı **zaman serisi modelleri**, çevre değişkenlerinin kestirimde önem kazandığı **neden-sellik modelleri** gelecekte oluşacak talep miktarını tahmin etmekte kullanılabilir. Bir grup yöneticinin birlikte bir kestirim yaptığı **yönetici görüşleri**, müşteri tercihlerinin belirlenmesine yönelik anket ve görüşmelerin analiz edilmesine dayalı **pazar**

araştırması, konusunda uzman bir grubun ortak fikir üretmesine yönelik süreci içeren **Delphi yöntemi** kestirimde kullanılan nicel araştırma yöntemleridir.

Şirketler genellikle düzenli kapasite kestirimlerinin üzerine tampon kapasite eklerler. Tampon kapasiteler, talebin beklenenden fazla gerçekleşmesi durumunda, müşterilerin farklı ürün ihtiyaçlarını karşılaması gerektiğinde işletmelere büyük esneklik sağlarlar.

Kapasite kararı stratejik bir karardır ve dolayısıyla rekabet ortamında işletmeye üstünlük sağlayabilecek seçeneklerin türetilmesini gerektirir. Bu noktada kapasite planlarını yapmadan önce rakiplerinin kapasite stratejilerini gözden geçirmelidir.

Kapasite Seçeneklerinin Geliştirilmesi ve Değerlendirilmesi

Şirketlerin geleceğe yönelik kapasite ihtiyaçlarını belirlemelerinin ardından bir sonraki adım kapasitelerini düzenlemek için seçenek geliştirmeleridir. Bu seçeneklerden biri hiçbir değişiklik yapmamaktır. Mevcut kapasite aynen bırakılarak gelecekte tekrar değerlendirilmesinin öngörülmesidir. Diğer seçenekler ise yeni bir tesis satın alınmasıdır. Bu aşamada yeni alınacak tesisin büyüklüğüne ve özelliklerine karar vermek için seçeneklerin değerlendirilmesi gerekmektedir.

Farklı kapasite seçeneklerinin değerlendirilmesinde kullanılabilecek karar destek araçlarından biri **karar ağaçlarıdır**. Karar ağaçları seçenekler arasında karar alma sürecinde kullanılabilecek ve karar sonucunda olasılıklara dayalı olarak beklenen değerlerin hesaplandığı bir karar modelidir. Karar ağaçlarının yapısındaki dört unsur aşağıda verilmiştir:

- **Karar noktaları**: Kararın verildiği anı simgeleyen düğümdür. Örneğin işletmenin büyüme kararının değerlendirildiği bir karar, diyagramda kare şekil ile gösterilir.
- **Karar seçenekleri**: Büyük ya da küçük bir tesisin satın alınması gibi olası iki seçeneğin karar ağacında gösterimini sağlar. Karar noktasından farklı yöne ayrılan oklar ya da çizgiler şeklinde gösterilir.
- **Rassal olaylar**: Bir kararın değerini etkileyebilecek olaylardır. Her olayın gerçekleşmesi için bir olasılık söz konusudur. Örneğin bir işletmenin önümüzdeki yıl belirli bir ürününün talebinin %40 olasılıkla düşeceği %60 olasılıkla da artacağı tahmin edilebilir. Rassal olaylar karar ağaçlarında bir daireden ayrılan iki veya daha fazla dal olarak gösterilir.
- **Çıktılar**: Karar ağacında her olası seçenek için çıktı listelenir. Çözümlenen karara bağlı olarak bu değer gelir, maliyet vb. sayısal değerlerden oluşmaktadır.

Karar ağacı oluşturma ve çözüm seçeneklerini değerlendirme konusunu bir örnek üzerinde incelemek faydalı olacaktır. Bir konaklama tesisi yöneticisi sahip olduğu tesisin genişleme ihtiyacı olduğunu fark ederek olası kararları gözden geçirmiştir. Buna göre tesisinde ek bir bina yaparak büyük bir yatırım yükünün altına girecek veya küçük bir tadilat kararı ile olası talebi kaçırmayı göz önüne alacaktır. Ancak küçük bir tadilatla kapasitesini arttırsa da üç yıl içerisinde tekrar tesisini genişletmek zorunda olduğunun farkındadır.

Yönetici, yüksek talebin %70, düşük talebin ise %30 olasılıkla gerçekleşeceğini tahmin etmektedir. Yönetici ek bina inşa edilmesi durumunda yüksek talepte ₺300 bin, düşük talepte ₺50 bin kâr getirisi olacağını hesaplamıştır. Tadilat seçeneğinin düşük talebin oluşması durumunda ₺80 bin kâr getireceği belirlenmiştir. Ayrıca tadilat seçeneği uygulandığında ve yüksek talep ile karşılaşılması durumunda yeni bir ek bina yapma seçeneğinin ₺200 bin, aynı tesisle devam edilmesinin de ₺150 bin kâr getireceği hesaplanmıştır.

Uzun dönem talep kestirimlerinin yapılması farklı nicel ve nitel kestirim yöntemlerini kullanmayı gerektirir.

Karar ağacı kararların ve olası sonuçlarının ağaç benzeri bir grafik veya model ile gösterildiği bir karar destek aracıdır.

Beklenen değer rassal olayların ağırlıklı ortalamasıdır. Bu hesaplamada ağırlık ilgili seçeneğin gerçekleşme olasılığıdır.

$$\text{Beklenen Değer}_{\text{Tadilat}} = (0,3 \times 80.000) + (0,7 \times 200.000) = \text{₺}164.000$$

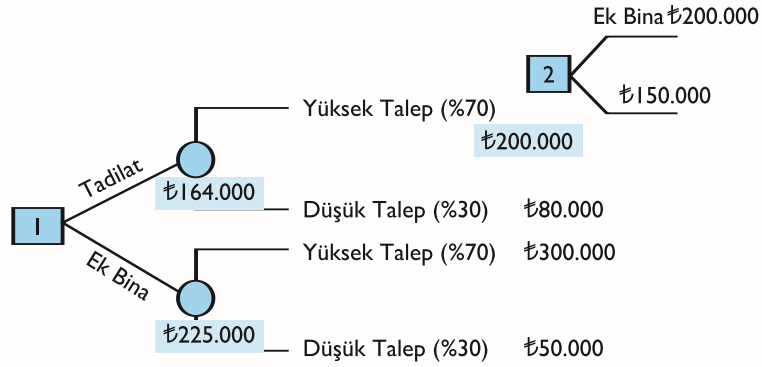
$$\text{Beklenen Değer}_{\text{Ek bina}} = (0,3 \times 50.000) + (0,7 \times 300.000) = \text{₺}225.000$$

Ele alınan problem farklı kapasite artırım seçeneklerinin değerlendirilmesini gerektirmektedir. Bu amaçla ilk aşamada problemin karar ağacı oluşturulur. Karar ağacı soldan sağa doğru önce kararı gösteren kare şeklinin ve ardından rassal olayı simgeleyen yuvarlak şekillerin oluşturulması ile başlar. Her rassal olayın olasılık değerleri ve getiri değerleri de olaylardan çıkan dallar üzerine yazılır. Şekil 4.7’de gösterilen ağaç yapısı iki seçeneğinde devamında gerçekleşen rassal olayları ve bu olay sonucunda elde edilecek kâr miktarlarını göstermektedir.

Karar ağacını soldan sağa doğru çizilmesine karşın değerlendirilmesi sağdan sola ilerleyerek yapılır. Her rassal olayın beklenen değeri hesaplanarak hangi seçeneğe karar verileceği belirlenecektir. İki numaralı karar aslında tadilatın yapılması ve yüksek talebin gerçekleşmesi durumunda karşılaşılabilecek seçenekleri göstermektedir. Bu iki seçenek için rassal bir olay da söz konusu değildir. Dolayısıyla karar verici yüksek getiriyi tercih edecek ve ek bina yapımı ile ₺200.000 getiri elde edebilecektir. Bir numaralı kararın olası seçimlerinin beklenen değerleri aşağıdaki gibi hesaplanır.

Şekil 4.7

Bir konaklama tesisinin kapasite planlamasına ilişkin seçeneklerinin değerlendirilmesinde kullanılan karar ağacı örneği



Hesaplanan beklenen değerlere göre ek bina yapımının daha yüksek kâr getirme olasılığının olduğu hesaplanmıştır. Dolayısıyla yöneticinin ek bina yapma seçeneğini seçmesi gerekecektir.