

Tedarikçi yönetimli envanter yaklaşımının tedarik zinciri performansına etkileri

Kazım SARI*, Cengiz GÜNGÖR

İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Programı, 34469, Ayazağa, İstanbul

Özet

Bu çalışmada, Tedarikçi Yönetimli Envanter (VMI) yaklaşımının tedarik zinciri performansına sağladığı faydaları incelemek için bir benzetim modeli kurgulanmıştır. Benzetim modelinde kapasite sınırı olan bir üretici, bir distribütör, bir toptancı ve bir perakendeciden oluşan dört kademeli bir tedarik zinciri yapısı dikkate alınmıştır. Durağan ve durağan olmayan talep yapılarının dikkate alındığı benzetim modelinde iki farklı yapıda tedarik zinciri canlandırılmıştır. İlk yapı, geleneksel anlayışla yönetilen (TSS) tedarik zinciri yapısıdır. TSS yaklaşımında, tedarik zinciri üyeleri arasında herhangi bir bilgi paylaşımı olmamakta ve birbirleriyle sadece siparişler vererek iletişim kurmaktadır. İkinci yapı ise, VMI yaklaşımının uygulandığı tedarik zinciri yapısıdır. VMI yaklaşımı çerçevesinde, perakendecideki envanterin yönetiminden toptancı sorumludur. Benzetim modeli sonucunda elde edilen sonuçlar, VMI yaklaşımının, tedarik zinciri maliyetini önemli ölçüde düşürürken, müşteri gereksinimlerini daha yüksek oranda karşıladığını göstermektedir. Ayrıca elde edilen bulgular; üretim kapasitesinin ve müşteri talebinde gözlenen belirsizliklerin VMI yaklaşımından elde edilen fayda üzerinde anlamlı etkileri olduğunu göstermektedir. İlk olarak üretim kapasitesi dikkate alındığında, üretim kapasitesinin çok sınırlı olmasının VMI yaklaşımlarından elde edilen faydayı düşürdüğü görülmektedir. Müşteri talebinde gözlenen belirsizlikler dikkate alındığında ise, müşteri talebindeki belirsizliğin artmasının VMI yaklaşımından elde edilen faydayı önemli düzeylerde azalttığı görülmektedir. Sonuç olarak, VMI yaklaşımının üretim kapasitesinin yüksek olduğu ve müşteri talebinde gözlenen belirsizliklerin düşük olduğu durumlarda daha faydalı olduğu görülmektedir.

Anahtar Kelimeler: *Tedarikçi yönetimli envanter, bilgi paylaşımı, tedarik zinciri yönetimi, benzetim modeli.*

*Yazışmaların yapılacağı yazar: Kazım SARI. kazims@beykent.edu.tr; Tel: (212) 872 64 32.

Bu makale, birinci yazar tarafından İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Programı'nda tamamlanmış olan "Ortaklaşa planlama, tahmin ve ikmal yönetiminin tedarik zinciri performansına etkileri" adlı doktora tezinden hazırlanmıştır. Makale metni 05.06.2006 tarihinde dergiye ulaşmış, 03.07.2006 tarihinde basım kararı alınmıştır. Makale ile ilgili tartışmalar 31.12.2007 tarihine kadar dergiye gönderilmelidir.

Impact of vendor-managed inventory on supply chain performance

Extended abstract

In this study, a comprehensive simulation model is built to explore the benefits of a supply chain initiative called “vendor-managed inventory (VMI)” where the vendors are authorized to manage inventories at retail locations. Under VMI, retailer shares demand information to the vendor who should then make stock level decisions for its own organization and the retailer. In this article, specifically, we are interested in finding answers to the following questions: Under what conditions will VMI more beneficial? How will lead times, demand uncertainty, and manufacturing capacity affect the benefits gained from VMI? From this investigation, we will better understand the required conditions for more successful VMI applications. For this purpose, we consider a four-echelon supply chain consisting of a capacitated manufacturer, a distributor, a wholesaler, and a retailer. The retailer realizes customer demands from gamma distribution. Stationary and non-stationary customer demand structures considered to explore the impacts of different levels of demand uncertainty on the benefits obtained from VMI. In order to evaluate VMI benefits, two stylized supply chain structures are considered. The first situation is a traditional model (TSS) where there is no information sharing and all members in the supply chain independently plan and operate the supply chain. The second situation is a supply chain model with vendor-managed inventory (VMI) where the wholesaler (as being the vendor for the retailer for the given supply chain) takes the full responsibility of managing the retailer’s inventory. Order-up to policy is used for ordering decisions for both systems.

A full factorial design of experiment constructed to analyze the impacts of different factors on the benefits obtained from VMI. These factors are demand uncertainty, manufacturing capacity restrictions, and lead times. The levels of the each factor determined as follows:

- Three levels for the demand uncertainty; demand structure with no seasonal swings, moderate degree of seasonal swings, and high degree of seasonal swings.
- Manufacturing capacity restrictions measured by “capacity ratio” which corresponds to the ratio of total capacity to total demand. The lev-

els for the manufacturing capacity restrictions are capacity ratio of 1.10, 1.30, and 1.50.

- Two levels of lead-time; which is 1 and 4 periods

Moreover, total cost for entire supply chain, and customer service level are the dependent variables considered as performance metrics in experimental design. Customer service level is the percentage of customer demand satisfied through the available inventory of the retailer.

Since there is more than one dependent variable in the experimental design, MANOVA is conducted to analyze the experimental simulation output. The results of the experimental simulation output indicate that when compared to traditional supply chain, VMI decreases supply chain cost substantially. Compared to the traditional settings, the reduction in the total supply chain cost varies from 6.5% to 43.3% with an average around 17.4%. When the service level is considered, we see that in all cases VMI reaches higher levels of service levels. For example, customer service level increased from 94.4% to 95.9% on the average. These results lead us to conclude that VMI is always beneficial to the supply chain performance. Moreover, the results of the MANOVA indicate that manufacturer’s capacity restrictions and customer demand uncertainty have significant impacts on the benefits obtained from VMI. Firstly, when manufacturing capacity is considered, the findings indicate that as the available manufacturing capacity is higher, the benefits obtained from VMI are also higher. Secondly, when the demand uncertainty is considered, the results indicate that as the uncertainty in customer demand increases, the performance of supply chain with VMI decreases substantially.

In conclusion, through comprehensive simulation experiment and subsequent analysis of the simulation outputs, we made the following important findings:

- VMI significantly improve the performance of the supply chain under all conditions.
- The benefits gained from VMI significantly influenced by the manufacturing capacity and demand uncertainty. Therefore, VMI is more beneficial under the conditions with is high level of manufacturing capacity and low degree of demand uncertainty.

Keywords: Vendor-managed inventory, information sharing, supply chain management, simulation

Giriş

Tedarik zinciri yönetimi en basit anlamda; nihai müşteri gereksinimlerini karşılamak için tedarikçiler, üreticiler, distribütörler ve perakendeciler arasındaki bilgi ve malzeme akışı koordinasyonunun sağlanması olarak tanımlanabilir. Tedarik zinciri yönetiminde geleneksel anlamda üzerinde durulan nokta, malzeme akışı koordinasyonunun sağlanması olup, bilgi akışı koordinasyonu ihmal edilmiştir. Dolayısıyla geleneksel anlayışın hâkim olduğu tedarik zincirlerinde üyeler arasındaki bilgi akışı sadece siparişler şeklinde gerçekleşmektedir. Örneğin, üretici, üretim planını yaparken, perakendecideki satış bilgilerinden habersiz bir şekilde sadece distribütörden gelen siparişleri kullanmaktadır. Bu durum tedarik zinciri literatüründe önemli bir yeri olan “kamçı etkisi”nin oluşmasına neden olmaktadır (Lee vd., 1997b). Kamçı etkisi, tedarik zincirinde, verimsiz kapasite kullanımından düşük müşteri hizmet düzeyine kadar birçok problemin ana nedenlerinden birisidir (Metters, 1997). Kamçı etkisi üzerinde yapılan çalışmalar, kamçı etkisinin temel nedeninin, bilgi akışındaki koordinasyonsuzluk olduğunu ve bu etkiyi ortadan kaldırmak için tedarik zinciri üyeleri arasında mutlaka bilgi paylaşımı olması gerektiğini göstermektedir (Chen vd., 2000a; Dejonckheree vd., 2004; Lee vd., 1997a).

Tedarikçi yönetimli envanter (VMI), tedarik zincirinde bilgi akışı koordinasyonunu sağlamak için önerilen yöntemlerin en önemlilerinden biridir (Disney ve Towill, 2003a; 2003b). VMI yaklaşımı çerçevesinde, perakendecideki envanterin kontrolü tedarikçisi tarafından gerçekleştirilmektedir. Başka bir deyişle VMI yaklaşımı; perakendecinin satış bilgilerini ve envanter düzeyini tedarikçisiyle paylaştığı, tedarikçinin de perakendeciye ne zaman ne kadar ürün teslimatı yapması gerektiğine kadar verdiği bir tedarikçi-müşteri türü ortaklıktır.

Bu çalışmada, perakendecileri bilgi paylaşımına teşvik etmek için geliştirilen ve temel amacı kamçı etkisi vb. verimsizlikleri düşürerek, tedarik zinciri performansını arttırmak olan VMI yaklaşımının tedarik zinciri performansı üzerindeki etkileri incelenecektir. Yapılan birçok ça-

alışma VMI yaklaşımının tedarik zinciri performansını olumlu yönde etkilediğini göstermektedir. Bu çalışmadaki temel amaç, VMI yaklaşımının tedarik zinciri performansına etkilerinin incelenmesinin ötesinde, üretim kapasite sınırı ve temin süreleri gibi faktörlerin VMI yaklaşımından elde edilen fayda üzerindeki etkilerini farklı müşteri talep yapıları altında incelemektir.

Mevcut çalışmalar

Bir grup araştırmacı; perakendeci ile yapılan bilgi paylaşımının, tedarikçiye sağladığı faydaları incelemiştir. Gavirneni ve diğerleri (1999), üretim kapasite sınırı olan bir tedarikçi ve bir perakendeciden oluşan iki aşamalı bir tedarik zincirinde perakendecinin satış ve envanter bilgilerinin tedarikçiye sağladığı faydaları incelemiştir. İnceleme neticesinde, üretim kapasitesinin yüksek olduğu ve talepteki belirsizliğin çok fazla olmadığı durumlarda bilgi paylaşımından elde edilen faydanın daha yüksek olduğu görülmüştür. Lee ve diğerleri (2000), Gavirneni ve diğerlerinin (1999) modellerinde dikkate aldığı aynı yapıyı dikkate alarak yaptıkları çalışmada, müşteri talebinin durağan olmadığı ve temin süresinin yüksek olduğu durumlarda bilgi paylaşımının daha faydalı olduğunu belirtmiştir. Chen ve diğerleri (2000a, 2000b) kurguladıkları basit matematiksel modellerle perakendecinin satış bilgilerinin tedarik zinciri üyeleriyle paylaşılmasının kamçı etkisini ve dolayısıyla tedarik zinciri performansını önemli ölçülerde artırdığını matematiksel olarak göstermiştir. Başka bir çalışmada Dejonckheere ve diğerleri (2004) kontrol mühendisliği metodolojisini kullanarak Chen ve diğerleri (2000a, 2000b) ile aynı sonuçlara ulaşmıştır.

Perakendecilerin satış ve envanter bilgilerinin tedarikçilerle paylaşılmasının, perakendecilere ne tür faydalar sağlayabileceği üzerinde Yu ve diğ. (2001, 2002) ve Zahoo ve diğerleri (2002a, 2002b)'nin çalışmaları görülmektedir. Yu ve diğerleri (2001, 2002) analitik yöntemler kullanarak, kapasite sınırı olmayan bir üretici ve bir perakendeciden oluşan iki aşamalı bir tedarik zincirinde, satış bilgilerinin üretici firma ile paylaşılmasını incelemişlerdir. Yapılan çalışma neticesinde elde edilen bulgular, satış bilgilerinin

üretici ile paylaşılmasının üreticinin maliyetlerinde ciddi miktarlarda azalışlara neden olduğunu; öte yandan perakendecinin maliyetlerinde önemli azalışlar olmadığını göstermektedir. Benzer şekilde Zahoo ve diğerleri (2002a, 200b), benzetim modeli kullanarak kapasite sınırı olan bir üretici firma ve birbirinden bağımsız dört perakendeciden oluşan bir tedarik zincirini dikkate almıştır. Benzetim modeli sonuçlarının analizi, satış bilgilerinin hem üreticinin hem de perakendecilerin ortalama envanter düzeyinde ve envanter maliyetlerinde azalmalara neden olduğu görülmektedir. Ancak satış bilgilerinin paylaşılmasının üreticiye sağladığı faydanın perakendecilerin elde ettiği faydaya oranla oldukça yüksek olduğu görülmektedir. Bu noktada, yapılan bu çalışmalar, satış bilgilerinin paylaşılmasının perakendeci için önemli avantajlar sağlamadığını göstermektedir. Bu durum, perakendecilerin satış ve envanter bilgilerini paylaşmaları için bazı yöntemler geliştirilmesi gerekliliğini ortaya koymaktadır. VMI yaklaşımı, bilgi paylaşımını perakendeciler açısından da çekici hale gelmesini sağlayan sistemlerden biridir. Çünkü VMI yaklaşımı sayesinde perakendeciler, envanter kontrol ve elde buldurma maliyetlerini üretici firmaya aktarma imkanı bulmaktadırlar.

Waller ve diğerleri (1999) ve Aviv (2002) gibi araştırmacılar, VMI yaklaşımının tedarik zinciri performansı üzerindeki etkilerini incelemiştir. Waller ve diğerleri (1999), çalışmalarını benzetim modeli kurarak gerçekleştirirken, Aviv (2002) analitik yöntemler kullanmıştır. Waller ve diğerleri (1999), kurguladıkları model içerisinde tedarik zinciri performans ölçütü olarak, maliyet unsurlarını dikkate almadan sadece envanter seviyesi ve gecikmeli teslim oranlarını dikkate almıştır. Waller ve diğerleri (1999) tarafından bir üretici firma ve yedi distribütörden oluşan tedarik zinciri yapısı içerisinde yapılan analizler, VMI yaklaşımının tedarik zincirinde bulunan envanter düzeyini önemli ölçülerde düşürdüğünü, hizmet düzeyini ise önemli ölçülerde arttırdığını göstermektedir. Ayrıca, elde edilen sonuçlar, VMI yaklaşımının üretim kapasite sınırının yüksek olduğu ve talepteki değişkenliğin az olduğu durumlarda daha faydalı olduğunu

nu göstermektedir. Aviv (2002), VMI yaklaşımının bazı durumlarda tedarik zinciri performansına çok az düzeyde katkıda bulunabileceğini, hatta bazı durumlarda hiç bir katkısının olmayacağını belirtmiştir. Aviv (2002) çalışmasında, perakendeci ve tedarikçinin müşteri talebini tahmin etme yetkinliklerinin farklılık gösterebileceğini dikkate almıştır. Buna neden olarak da perakendeciler veya tedarikçilerin tedarik zincirinde buldukları seviye itibarıyla müşteri talebini etkileyebilecek, diğerinin sahip olmadığı farklı bilgilere sahip olabileceklerini göstermiştir. Aviv (2002) tarafından yapılan analizler, perakendecinin tedarikçiye göre müşteri talebine ait daha fazla bilgiye sahip olduğu durumlarda, VMI yaklaşımının tedarik zinciri performansına olumlu bir katkısının olmayabileceği, hatta düşürebileceğini ortaya çıkarmıştır. Çünkü müşteri talebi tahmininde daha iyi olan perakendeci, sahip olduğu bilgileri VMI yaklaşımında envanter planlamalarına katamaz. Bilindiği gibi VMI yaklaşımında; tedarikçi, talep tahmini ve planlamalarını kendisi yapar ve perakendeciyi talep tahmini konusunda pasif hale getirir.

Son dönemlerde yapılan çalışmalarda, Lee ve Chu (2005) tarafından kurgulanan analitik model, gazeteci çocuk problemi ortamında faaliyet gösteren bir üretici firma ve bir perakendeciyi dikkate almıştır. Yapılan çalışma, üretici firmasının perakendecide bulundurmaya düşündüğü envanter miktarının, perakendecinin bulundurmaya istediği envanter miktarından daha yüksek olması koşuluyla, VMI stratejisinin her iki taraf için de faydalı olacağını göstermiştir. Angulo ve diğerleri (2004) ise, tedarikçi ile paylaşılan envanter bilgilerinin doğru olmaması ve ayrıca bu bilgilerin anlık olarak tedarikçiye ulaştırılamamasının, VMI yaklaşımından elde edilen fayda üzerindeki etkilerini incelemiştir. Kurguladıkları benzetim modellerinde dört kademeli bir tedarik zincirini dikkate almıştır. Yapılan çalışma neticesinde, paylaşılan envanter bilgilerinde bir takım hatalar olmasının; perakendecinin performansını önemli düzeyde etkilemediği, üreticinin performansını ise sadece müşteri talebinin durağan olmadığı durumlarda olumsuz etkilediği görülmüştür. Perakendecideki envanter bilgilerinin anlık olarak tedarikçiye iletilmediği, gecikmeli

olarak iletildiği durumlarda, bu durumun VMI yaklaşımından elde edilen faydayı önemli ölçülerde düşürdüğü görülmüştür.

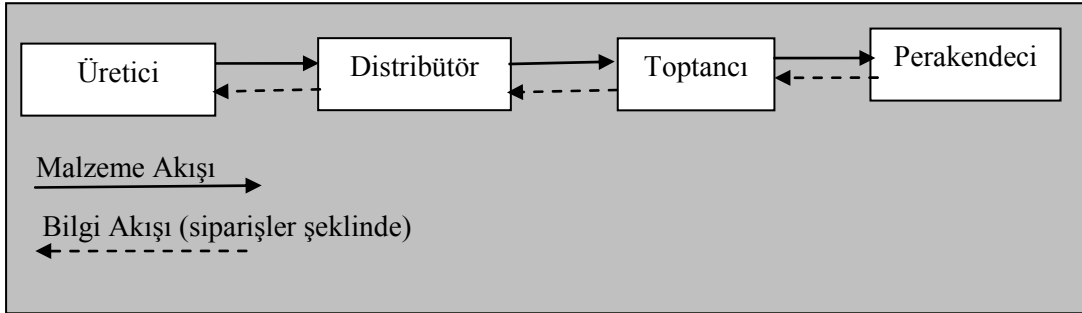
Benzetim modeli

VMI yaklaşımının tedarik zinciri performansı üzerindeki etkilerini incelemek için bir benzetim modeli kurgulanmıştır. Benzetim modeli kurgulanması, popüler bir benzetim modeli yazılımı olan Crystal Ball 2000 kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Benzetim modelinde bir üretici, bir dağıtıcı, bir toptancı ve bir perakendeciden oluşan dört seviyeli bir tedarik zinciri yapısı dikkate alınmıştır. Belirtilen tedarik zinciri yapısı içerisinde, kapasite sınırı olan üretici firma tek bir ürün üretmekte ve ürettiği bu ürünü dağıtıcı, toptancı ve perakendeci üzerinden nihai müşteriye ulaştırmaktadır. Benzetim modelinde, iki tür tedarik zinciri yönetim biçimi kurgulanmıştır. Bunlar; VMI yaklaşımının uygulandığı tedarik zinciri ve bilgi iletiminin siparişler şeklinde

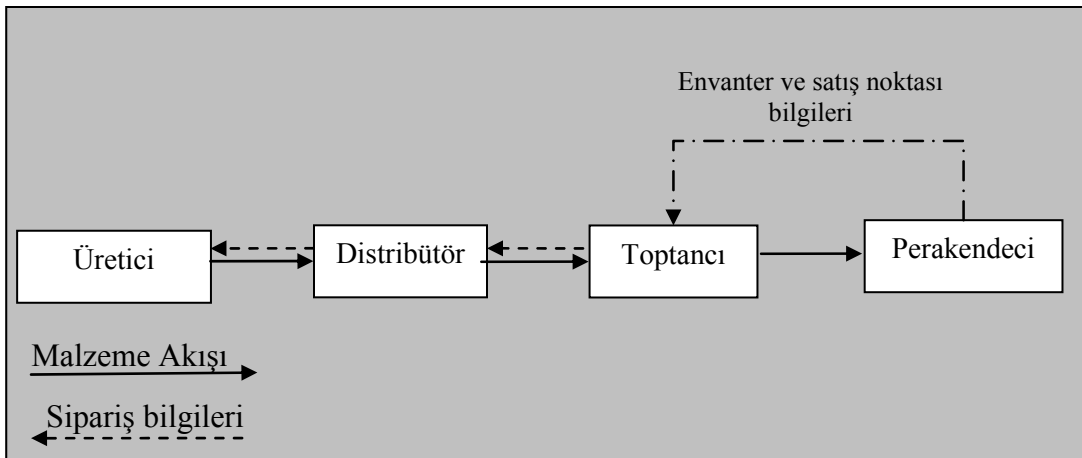
gerçekleştiği ve bilgi paylaşımının olmadığı geleneksel yaklaşımın (TSS) uygulandığı tedarik zinciri yapılarıdır. Benzetim modelinde TSS ve VMI yaklaşımlarının nasıl canlandırıldıkları sırasıyla Şekil 1 ve Şekil 2’de görülmektedir.

Şekil 1’den görülebileceği gibi, TSS yaklaşımı çerçevesinde, tüm üyeler tedarik zincirinde kendilerinin bir altında bulunan üyeden gelen siparişleri kullanarak envanter veya üretim planlamalarını gerçekleştirmektedir. Bu yapıda, tedarik zinciri üyeleri arasında siparişler haricinde herhangi bir bilgi aktarımı veya iletişimi söz konusu değildir. Dolayısıyla TSS yaklaşımında, tedarik zinciri üyeleri tarafından sipariş verme noktaları, Shang ve Song’da (2003) ifade edildiği gibi “*yemel envanter*” bilgileri kullanılarak hesaplanır.

Şekil 2’deki VMI yaklaşımında ise, perakendecide bulunan envanterin kontrolü tedarikçisi olan toptancı tarafından gerçekleştirilmektedir.



Şekil 1. TSS yaklaşımıyla yönetilen tedarik zinciri yapısı



Şekil 2. VMI yaklaşımıyla yönetilen tedarik zinciri yapısı

Toptancı, perakendecinin satış bilgilerini ve envanter düzeyini kullanarak talep tahmini ve envanter planlamasını yapmakta; perakendeciye ne zaman ve ne kadar teslimat yapacağına kendisi karar vermektedir. Dolayısıyla bu yönetim biçiminde toptancı, kendisinin ve perakendecinin envanter pozisyonlarını dikkate alarak hem kendisinin hem de perakendecinin envanter yönetimini gerçekleştirir. Bu noktada toptancı, satış bilgilerini ve “*kademeli envanter*” bilgilerini kullanarak Shang ve Song’de (2003) ifade edildiği gibi, hem kendisi için hem de perakendeci için sipariş verme noktalarını hesaplar. Bu yönetim biçiminde diğer üyeler olan distribütör ve üretici ise, TSS yaklaşımında olduğu gibi envanter yönetimini yapmaya devam ederler.

Benzetim modelinde müşteri talebini tahmin etmek için, hem TSS yaklaşımında hem de VMI yaklaşımında tedarik zinciri üyeleri, üssel düzeltme tahmin yöntemini (Nahmias, 1997) kullanılmaktadır. TSS yaklaşımında bütün üyeler talep tahmini yaparken, VMI yaklaşımında perakendeci talep tahmini yapmamaktadır. Çünkü VMI yaklaşımında perakendecinin envanter kontrolünde herhangi bir rolü yoktur.

Benzetim modelinde, maliyet unsuru olarak; üretici, distribütör, toptancı ve perakendeci için gecikmeli sipariş maliyetleri sırasıyla -PB: Para Birimi olmak üzere- 5, 11, 18 ve 25 PB/(adet/hafta) olarak alınmıştır. Elde bulundurma maliyetleri ise sırasıyla, 0.25, 0.50, 0.75 ve 1.00 PB/(adet/hafta) olarak alınmıştır. Tedarik zinciri üyeleri için kullanılan maliyet yapılarına dikkat edilirse; seçilen maliyet unsurlarının, perakendeciden üretici firmaya doğru ilerledikçe, gecikmeli sipariş maliyetinin elde bulundurma maliyetine oranının sürekli olarak azalmasını sağladığı görülmektedir. Maliyet unsurlarının seçiminde benzer bir yaklaşım, Lau ve diğ. (2004) tarafından da kullanılmıştır.

Nihai müşteri talep yapısı

Çok yaygın olarak bilinen bir dağılım türü olmasından dolayı, tedarik zincirinde envanter yönetimi ile ilgili birçok çalışmada müşteri talep yapısının normal dağılıma göre olduğu varsayılmaktadır, bk. Lau ve diğ. (2004), Waller ve

diğ. (1999). Ancak bilindiği gibi, normal dağılıma göre oluşan taleplerde negatif miktarlarda talep oluşma ihtimali vardır. Özellikle değişkenlik katsayısının büyük olduğu talep yapılarında, bu problem daha fazla ön plana çıkmaktadır. Negatif talebin oluşması gibi, gerçekçi olmayan bu durum, birçok araştırmacı tarafından çeşitli varsayımlar geliştirilmek suretiyle önlenmeye çalışılmıştır, bk. Zahoo ve diğerleri (2002a, 2002b), Chen ve diğ. (2000a, 2000b). Bu çalışmada, diğer birçok araştırmacıdan farklı olarak, negatif talep miktarını engelleyecek benzeri varsayımlar kullanmak yerine, perakendeci tarafından karşılaşılan talebin gama dağılımına göre dağıldığı varsayılmıştır.

Gama dağılımı, alfa (α) ve beta (β) olmak üzere iki parametresi olan, sürekli olasılık dağılım türlerinden biridir. Gama dağılımı, hiçbir zaman negatif değer almayan bir dağılım türü olduğundan ve parametrelerine farklı değerler vererek çok değişik türde yapılar elde etmek mümkün olduğundan, talep dağılımlarını ifade etmek için uygun bir dağılım olarak görülmektedir (Keaton, 1995).

Gama dağılımına göre dağılan müşteri talebinin (D) olasılık yoğunluk fonksiyonu (pdf), aşağıda ifade edildiği gibidir (Devore, 1995):

$$f(d; \alpha, \beta) = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} d^{\alpha-1} e^{-d/\beta} \quad (1)$$

Benzetim modelinde, perakendecinin t döneminde karşılaştığı talep miktarı denklem 2 ve 3 kullanılarak üretilir.

$$D_t = CB.Gamma(0, \beta_t, \alpha)^1 \quad (2)$$

$$\beta_t = \beta + \text{mevsimsellik} \times \sin\left(\frac{2\pi}{52} \times t\right) \quad (3)$$

Denklem 2 ve 3’te görüldüğü gibi, üretilen talep yapısında, beta (β) parametresi zamana göre ve mevsimsellik sabitinin aldığı değere göre deği-

¹ Crystal Ball 2000 yazılımının sunduğu, gama dağılımına göre talep üretimini sağlayan fonksiyon.

şebimaktadır. Benzetim modelinde, mevsimsellik sabitinin, müşteri talep miktarı üretim fonksiyonuna konulması sayesinde, hem “durağan” hem de “durağan olmayan” talep yapılarını kullanma imkânı sağlanmıştır. Denklem 3’teki “mevsimsellik” sabitinin “0” değeri alması durumunda durağan talep yapısı elde edilirken, “0” dan farklı bir değer alması durumunda, durağan olmayan ve mevsimsel dalgalanmalar gösteren bir talep yapısı üretimi sağlanmaktadır. Müşteri talebinin durağan olup olmaması, tedarik zinciri üyeleri arasındaki bilgi paylaşımından elde edilen fayda açısından oldukça önemli bir unsurdur.

Bu bilgiler ışığında, benzetim modeli içerisinde, denklemler 2 ve 3 kullanılarak üç farklı türde talep yapısı üretilmektedir. Tablo 1’de üretilen talep türleri ve talep türlerinin parametrelerinin aldıkları değerler görülmektedir.

Tablo 1. Üretilen talep türlerine ait parametreler

Talep Türü	Mevsimsellik	α	β
SDV	0	15	20
MDV	2	15	20
HDV	4	15	20

Deney tasarımı

VMI yaklaşımının tedarik zinciri performansı üzerindeki etkilerini incelemek için deney tasarımı gerçekleştirilmiştir. Deney tasarımında (DEO) dört farklı bağımsız faktör dikkate alınmıştır. Bunlar; üretici firmanın kapasite sınırı (CAP), müşteri talebindeki belirsizlikler (DV), tedarik zinciri yönetim biçimi (SCType) ve temin süreleri (L)’ dir. Tablo 2’de deney tasarımında dikkate alınan bağımsız faktörler ve düzeyleri görülmektedir.

- İlk bağımsız faktör olan üretim kapasite oranı (CAP), toplam üretim kapasitesinin tüm dönemlerde karşılaşılan müşteri talebine oranını ifade etmektedir ve üç seviyeden oluşmaktadır.
- İkinci bağımsız faktör olan müşteri talebinde görülen belirsizlik (DV), müşteri talep yapısında mevsimsel dalgalanmaların varlığını ve şiddetini göstermektedir ve üç seviyeden

oluşmaktadır. Bunlar; müşteri talebinin durağan olduğu SDV, mevsimsel dalgalanmaların ortalama talebin %10’u kadar olduğu MDV ve mevsimsel dalgalanmaların ortalama talebin %20’si kadar olduğu HDV seviyeleridir.

- Üçüncü bağımsız faktör olan tedarik zinciri yönetim biçimi (SCType), tedarik zincirinin hangi yönetim biçimi kullanılarak yönetildiğini göstermektedir. TSS ve VMI olmak üzere iki seviyeden oluşmaktadır.
- Son bağımsız faktör olan temin süreleri (L), 1 hafta ve 4 hafta olmak üzere iki seviyeden oluşmaktadır.

Tablo 2. DEO’da kullanılan bağımsız faktörler

Faktörler	Düzeyleler		
	1	2	3
CAP	1.10	1.30	1.50
DV	SDV	MDV	HDV
SCType	TSS	VMI	
L	1	4	

Tedarik zinciri performans ölçütü olarak, deney tasarımında kullanılacak bağımlı faktörler olan; tedarik zinciri maliyeti ve müşteri hizmet düzeyi dikkate alınmıştır. Bunlar:

- Tedarik zinciri maliyeti (TSC): Tedarik zincirinde bulunan bütün üyelerin maliyetlerinin toplamını ifade eder. Ancak, bu maliyete, perakendeci haricindeki üyelerin gecikmeli sipariş maliyetleri eklenmemiştir. Çünkü perakendeci haricindeki diğer üyelerin gecikmeli sipariş maliyetleri, tedarik zinciri üyelerinin birbirleri arasında oluşan içsel bir maliyeti ifade etmektedir.
- Hizmet Düzeyi (CSL): Perakendecinin, hizmet düzeyini ifade etmektedir. Müşterileri siparişlerinin tam olarak zamanında karşılandığı hafta sayısının, benzetim modelinin çalıştığı toplam hafta sayısına oranlanması olarak ifade edilir.

Benzetim modeli sonuçları analizi

VMI yaklaşımının tedarik zinciri performansı üzerindeki etkilerini incelemek için, deney tasarımındaki bağımsız faktörlerin her bir birleşimi kullanılarak benzetim modeli toplam 36 (3×3×2×2) farklı

kurguda çalıştırılmıştır. Ayrıca rassal değişkenliklerden kaynaklanan hataları en aza indirebilmek için, her bir deney kombinasyonu için benzetim modeli 15 defa çalıştırılmıştır. Toplam 972 hafta için çalıştırılan benzetim modelinde, ilk 400 hafta elde edilen sonuçlar başlangıç etkisinin ortadan kaldırılması ve talep tahmin modelinin parametrelerinin hesaplanması için kullanıldığından, sonuç analizine katılmamıştır. Dolayısı ile sonuç analizi, 401. hafta ile 972. hafta arasındaki toplam 572 haftalık sonuçlar katılmıştır.

Benzetim modeli çalıştırılması ile elde edilen sonuçlar, SPSS programı kullanılarak analiz edilmiştir. Birden fazla bağımlı faktörün olduğu deney tasarımlarında, bağımlı faktörler arasındaki ilişkileri dikkate almayan Tek Değişkenli Varyans Analizi (ANOVA)'ni kullanmak hatalı sonuçlara yol açabilmektedir (Hair vd., 1998, s.339). Bu çalışmada kurgulanan deney tasarımında, birden fazla bağımlı faktör olduğundan, benzetim modeli sonuçlarının analizinde Çok Değişkenli Varyans Analizi (MANOVA) kullanılmıştır. MANOVA analizi, ANOVA analizinin bir uzantısı olup, modelde birden fazla bağımlı değişken olması durumunda, bağımlı değişkenler arasındaki ilişkileri de dikkate alarak, gruplar arasında anlamlı bir fark olup olmadığının analizini yapmaktadır (Hair vd., 1998, s.331). Bu amaçla çalışma içerisinde, hangi bağımsız faktörlerin tedarik zinciri performansı üzerinde anlamlı bir etkisi olduğunu anlamak için öncelikle MANOVA analizi gerçekleştirilmiştir. Daha sonra ise, tedarik zinciri performansı üzerinde anlamlı bir etkisi bulunan bağımsız faktörlerin, performans ölçütlerinden hangisi üzerinde etkili olduğunu inceleyebilmek için, ANOVA analizi gerçekleştirilmiştir. Yapılan istatistiksel analizler neticesinde elde edilen MANOVA sonuçlarından seçilen bölümler Tablo 3'te, ANOVA sonuçlarından seçilen bölümler ise Tablo 4'te görülmektedir.

Benzetim modeli sonuçları, VMI yaklaşımının tedarik zinciri maliyetini en az %6.5, en fazla %43.3 ve ortalama ise %17.3 oranında düşürdüğünü göstermektedir. Diğer performans ölçütü olan hizmet düzeyi açısından bakıldığında, TSS yaklaşımında ortalama %94.3 olan hizmet düzeyinin, VMI yaklaşımında ortalama %95.9'a yüksel-

diği görülmektedir. Elde edilen bu sonuçlar, sezgisel olarak beklenen ve şaşırtıcı olmayan sonuçlardır. Dolayısıyla bu sonuçlara odaklanmak ve daha detaylı yorumlar yapmak yerine, VMI yaklaşımından elde edilen fayda üzerinde etkili olan faktörler üzerine odaklanılacaktır. Bu faktörler; üretim kapasitesi (CAP), müşteri talebindeki belirsizlik (DV) ve temin süreleridir (L).

Üretim kapasitesinin VMI üzerindeki etkileri
Üretim kapasitesinin, tedarik zinciri yönetim biçimleri üzerindeki etkilerini anlamak için, Tablo 3'teki MANOVA tablosuna baktığımızda; SCType ve CAP arasında anlamlı bir etkileşim olduğu görülmektedir. Tablo 4'te görülen ANOVA tablosu incelendiğinde ise, SCType ve CAP arasındaki etkileşimin hem TSC hem de CSL açısından anlamlı olduğu görülmektedir.

Şekil 3'te üretim kapasitesindeki değişikliklerin VMI yaklaşımının TSC'de sağladığı azalmalar üzerindeki etkisi görülmektedir. Görüldüğü gibi, üretim kapasitesindeki artışlar VMI yaklaşımıyla TSC'de sağlanan azalmayı arttırmaktadır. Nitekim üretim kapasitesinin düşük olduğu (CAP= 1.10) olduğu durumda TSC'de sağlanan azalma %14 civarında iken, üretim kapasitesinin yüksek olduğu (CAP= 1.50) durumda TSC'deki azalma %21'ler civarına çıkmaktadır.

Üretim kapasitesinin CSL üzerindeki etkileri ise, Şekil 4'te görülmektedir. Şekil 4'ten de görülebileceği gibi, genel anlamda üretim kapasitesinde gözlenen artış hem TSS yaklaşımındaki hem de VMI yaklaşımındaki hizmet düzeyini arttırmaktadır. Şekil 4'ten görüleceği gibi, tüm koşullarda VMI yaklaşımının daha yüksek bir hizmet düzeyine ulaşmayı sağladığı görülmekle birlikte, üretim kapasitesinin yüksek (CAP=1.50) olduğu durumda, VMI yaklaşımının hizmet düzeyinde daha fazla artış sağladığı görülmektedir.

Temin süresinin VMI üzerindeki etkileri

Tablo 3'teki MANOVA tablosuna bakıldığında, SCType ve L arasında anlamlı bir etkileşim olduğu görülmektedir. Tablo 4'teki ANOVA tablosuna bakıldığında, SCType ve L arasındaki etkileşimin sadece CSL üzerinde etkili olduğu, TSC açısından anlamlı olmadığı görülmektedir.

Tablo 3. MANOVA sonuçlarından seçilen bölümler

ÇOK DEĞİŞKENLİ TESTLER KAYNAK	Pillai's Trace		Wilks' Lambda		Hotelling's Trace	
	F	P	F	P	F	P
SCTYPE	180.4939	0.0000	180.4939	0.0000	180.4939	0.0000
CAP	31.9131	0.0000	34.1301	0.0000	36.3563	0.0000
L	2344.4335	0.0000	2344.4335	0.0000	2344.4335	0.0000
DV	131.8153	0.0000	197.5227	0.0000	274.3063	0.0000
SCTYPE * CAP	6.2953	0.0001	6.3124	0.0001	6.3293	0.0000
SCTYPE * L	19.7121	0.0000	19.7121	0.0000	19.7121	0.0000
CAP * L	5.7210	0.0001	5.7454	0.0001	5.7697	0.0001
SCTYPE * CAP * L	14.7067	0.0000	15.0502	0.0000	15.3929	0.0000
SCTYPE * DV	9.1531	0.0000	9.1958	0.0000	9.2382	0.0000
CAP * DV	19.8679	0.0000	20.0535	0.0000	20.2386	0.0000
SCTYPE * CAP * DV	7.7618	0.0000	7.9157	0.0000	8.0692	0.0000
L * DV	53.8523	0.0000	59.0783	0.0000	64.3760	0.0000
SCTYPE * L * DV	3.2763	0.0111	3.2750	0.0111	3.2738	0.0112
CAP * L * DV	16.0623	0.0000	16.8846	0.0000	17.7087	0.0000
SCTYPE * CAP * L * DV	20.5481	0.0000	21.3832	0.0000	22.2201	0.0000

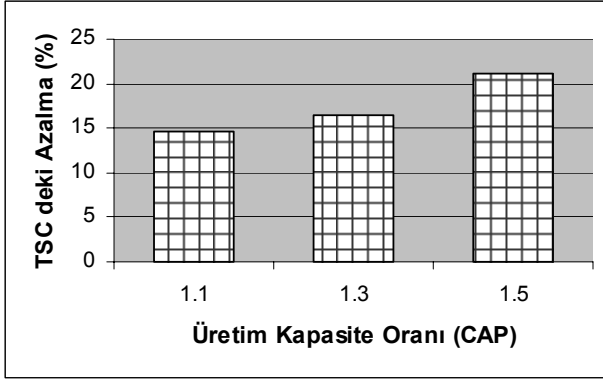
Tablo 4. ANOVA sonuçlarından seçilen bölümler

ÇOK DEĞİŞKENLİ TESTLER KAYNAK	CLS		TSC ³	
	F	P	F	P
SCTYPE	270.7938	0.0000	287.6944	0.0000
CAP	62.6773	0.0000	2.7793	0.0630
L	541.7995	0.0000	4454.4745	0.0000
DV	543.0131	0.0000	225.2692	0.0000
SCTYPE * CAP	10.2505	0.0001	5.0567	0.0067
SCTYPE * L	20.3004	0.0000	1.4868	0.2233
CAP * L	5.8295	0.0031	1.8499	0.1583
SCTYPE * CAP * L	21.7503	0.0000	1.3275	0.2661
SCTYPE * DV	4.4115	0.0126	8.6357	0.0002
CAP * DV	23.6049	0.0000	12.1921	0.0000
SCTYPE * CAP * DV	5.7376	0.0002	3.2857	0.0113
L * DV	100.0993	0.0000	7.8015	0.0005
SCTYPE * L * DV	3.2860	0.0382	1.7896	0.1681
CAP * L * DV	4.7427	0.0009	15.0608	0.0000
SCTYPE * CAP * L * DV	24.8022	0.0000	6.7072	0.0000

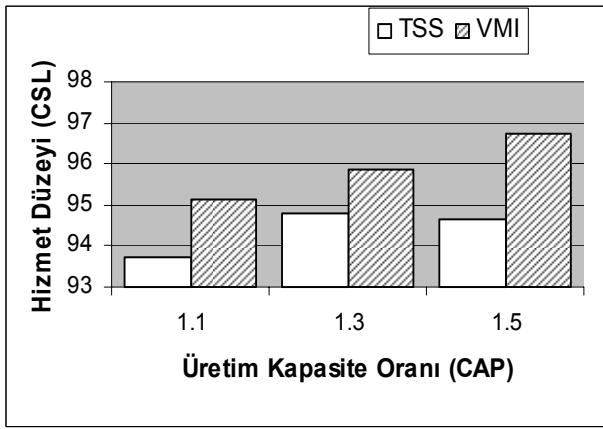
³ ANOVA varsayımlarının sağlanabilmesi için TSC faktörü için log₁₀ dönüşümü yapılmıştır.

TSC açısından etkileşimin anlamlı olmaması; temin süresindeki azalış veya artışların TSC'de VMI yaklaşımı sayesinde sağlanan azalmalar üzerinde anlamlı bir etkisinin olmadığını ifade etmektedir. Şekil 5'te temin süresindeki değişimlerin VMI yaklaşımının TSC'de sağladığı

azalmalar üzerindeki etkisi görülmektedir. Şekil 5'ten de görüldüğü gibi, temin süresinin 1 haftadan 4 haftaya çıkması, TSC'de sağlanan azalmayı %1.5 oranında arttırmaktadır. Ancak gözlenen bu artış istatistiksel olarak anlamlı değildir.

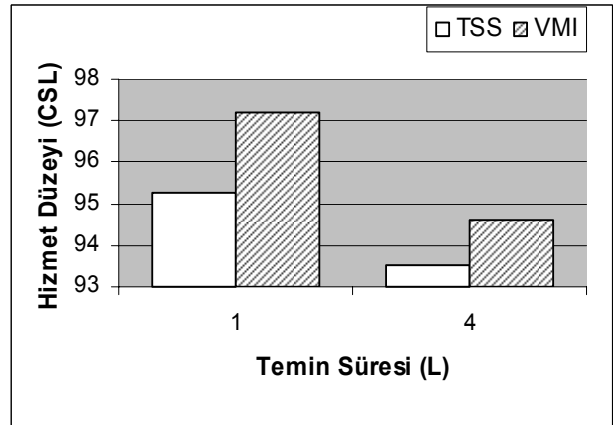


Şekil 3. Üretim kapasitesinin TSC’de sağlanan azalmalara etkisi

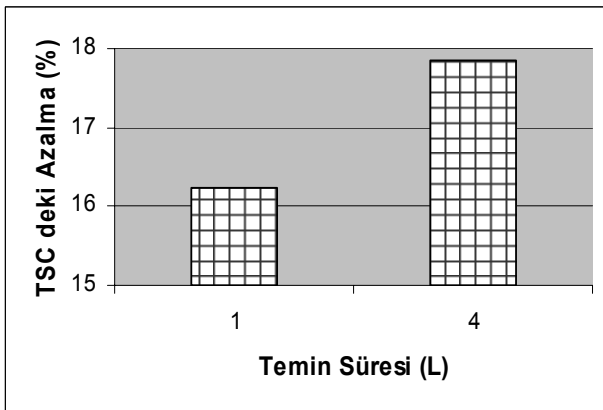


Şekil 4. Üretim kapasitesinin hizmet düzeyi üzerindeki etkisi

daki hem de VMI yaklaşımındaki hizmet düzeyinin düştüğü görülmektedir. Dolayısıyla temin süresindeki artış, her iki yönetim biçimindeki tedarik zincirlerinin hizmet düzeylerini olumsuz yönde etkilemektedir. Ancak VMI yaklaşımıyla elde edilen hizmet düzeyi daha yüksek gerçekleşmektedir. Ayrıca, Şekil 6 dikkatli bir şekilde incelendiğinde; temin süresinin 1 hafta olduğu durumda, VMI yaklaşımıyla hizmet düzeyinde sağlanan artışın daha yüksek miktarda olduğu görülmektedir. Bu durum, hizmet düzeyi dikkate alındığında, temin süresindeki artışların VMI yaklaşımından elde edilen faydayı olumsuz yönde etkilediğini göstermektedir.



Şekil 6. Temin süresinin hizmet düzeyi üzerindeki etkisi



Şekil 5. Temin süresinin TSC’de sağlanan azalmalara etkisi

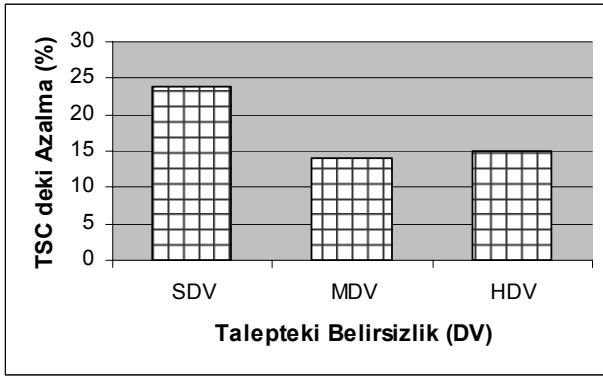
Temin süresindeki artış veya azalışların hizmet düzeyi üzerindeki etkileri incelendiğinde, temin süresindeki artışla birlikte hem TSS yaklaşımın-

Talepteki belirsizliğin VMI üzerindeki etkileri
Tablo 3’teki MANOVA sonuçları incelendiğinde, SCType ve DV’nin etkileşim halinde olduğu görülmektedir. Bu etkileşimin hangi bağımlı faktörler üzerinde etkili olduğunu anlamak için Tablo 4’deki ANOVA tablosu incelendiğinde ise, SCType ve DV arasındaki etkileşimin hem TSC hem de CSL açısından anlamlı bulunduğunu görülmektedir.

Şekil 7’de talepteki belirsizliğin, VMI yaklaşımıyla TSC’de sağlanan azalmalar üzerindeki etkisi görülmektedir. Talepteki belirsizliğin artması, VMI yaklaşımından sağlanan faydayı azaltmaktadır. Nitekim talepteki belirsizliğin en az olduğu (SDV) durumda, TSC’de sağlanan azalma %24 civarında iken, talepteki belirsizliğin en yüksek olduğu (HDV) durumda,

TSC'deki azalma oranı %15'ler civarında gerçekleşmektedir. Bu durum, talepteki belirsizliğin yüksek olduğu koşullarda, VMI yaklaşımıyla TSC'de sağlanan tasarruf oranının düştüğünü göstermektedir.

Hizmet düzeyi açısından, DV ve SCType arasındaki etkileşim incelendiğinde, müşteri talebindeki belirsizliğin artmasının hem TSS hem de VMI yaklaşımından sağlanan hizmet düzeyini düşürdüğü görülmektedir. Dolayısıyla müşteri talebindeki belirsizliklerin artması genel olarak hizmet düzeyinin düşmesine neden olmaktadır. Talepteki belirsizliğin tüm düzeylerinde TSS ve VMI yaklaşımlarında ulaşılan hizmet düzeyleri karşılaştırıldıklarında, her durumda VMI yaklaşımının daha yüksek hizmet düzeyine ulaştığı görülmektedir.



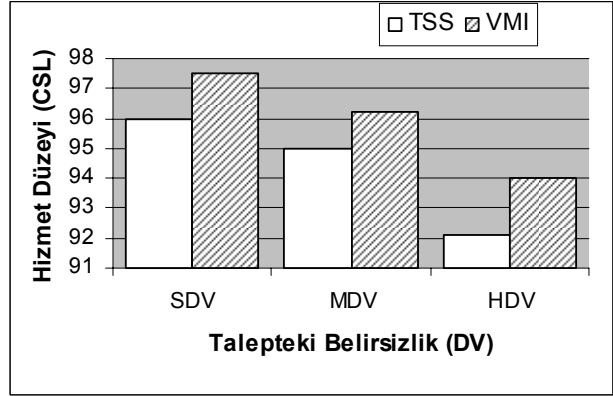
Şekil 7. Talepteki belirsizliğin TSC'de sağlanan azalmalara etkisi

Ayrıca Şekil 8'in dikkatli bir şekilde incelendiğinde, talepteki belirsizliğin en yüksek olduğu durumda (HDV), TSS ve VMI yaklaşımından elde edilen hizmet düzeyi arasındaki farkın en yüksek seviyeye ulaştığı görülmektedir. Bu durum, VMI yaklaşımının talepteki belirsizliğin yüksek olduğu koşullarda da hizmet düzeyini önemli ölçülerde yükselttiğini göstermektedir.

Sonuçlar

Benzetim modeli sonuçlarının incelenmesi ve yapılan detaylı istatistiksel analizler neticesinde elde edilen temel bulguları aşağıdaki gibi özetlemek mümkündür:

- VMI yaklaşımı tedarik zinciri maliyetini önemli düzeylerde azaltarak ve nihai müşteri hizmet düzeyini artırarak tedarik zinciri performansını arttırmaktadır.



Şekil 8. Talepteki belirsizliğin müşteri hizmet düzeylerine etkisi

- Üretici firmanın üretim kapasite sınırı ve müşteri talebinde gözlenen belirsizliklerin, VMI yaklaşımından elde edilen fayda üzerinde anlamlı etkileri vardır. Bu noktada üretim kapasitesinin yüksek olması, VMI yaklaşımından elde edilen faydayı artırırken; müşteri talebinde gözlenen belirsizliklerin yüksek olması, VMI yaklaşımından elde edilen faydayı azaltmaktadır.

Kaynaklar

- Angulo, A., Nachtmann, H. ve Waller, M., (2004). Supply chain information sharing in a vendor managed inventory partnership, *Journal of Business Logistics*, **25**, 101-120.
- Aviv, Y., (2002). Gaining benefits from joint forecasting and replenishment process: the case of auto-correlated demand, *Manufacturing & Service Operations Management*, **4**, 55-74.
- Chen, F., Drezner, Z., Ryan, J.K. ve Simchi-Levi, D., (2000a). Quantifying the bullwhip effect in a simple supply chain: the impact of forecasting, lead times and information, *Management Science*, **46**, 436-443.
- Chen, F., Drezner, Z., Ryan, J.K. ve Simchi-Levi, D., (2000b). The impact of exponential smoothing forecasts on the bullwhip effect, *Naval Research Logistics*, **47**, 269-286.

- Dejonckheere, J., Disney, S.M., Lambrecht, M.R. ve Towill, D.R., (2004). The impact of information enrichment on the bullwhip effect in supply chains: a control engineering perspective, *European Journal of Operational Research*, **153**, 727-750.
- Devore, J.L. (1995). Probability and statistics for engineering and the sciences, Duxbury Press, Belmont.
- Disney, S.M ve Towill, D.R., (2003a). Vendor-managed inventory (VMI) and bullwhip reduction in a two level supply chain, *International Journal of Operations & Production Management*, **23**, 625-651.
- Disney, S.M ve Towill, D.R., (2003b). The effect of vendor managed inventory dynamics on the bullwhip effect in supply chains, *International Journal of Production Economics*, **85**, 199-215.
- Gavirneni, S., Kapuscinski, R. ve Tayur, S., (1999). Value of information in capacitated supply chains, *Management Science*, **45**, 16-24.
- Hair, J., Anderson, R.E., Tatham, R.L. ve Black, W.C., (1998). *Multivariate Data Analysis*, 5th Edition, Prentice Hall.
- Keaton, M., (1995). Inventory control under gamma demand and stochastic lead time, *Journal of Business Logistics*, **16**, 107-131.
- Lau, J.S.K., Huang, G.Q. ve Mak K.L., (2004). Impact of information sharing on inventory replenishment in divergent supply chains, *International Journal of Production Research*, **42**, 919-941.
- Lee, H., Padmanabhan, V. ve Whang, S., (1997a). Information distortion in a supply chain: the bullwhip effect, *Management Science*, **43**, 546-558.
- Lee, H., Padmanabhan, V. ve Whang, S., (1997b). The bullwhip effect in supply chains, *Sloan Management Review*, **38**, 93-102.
- Lee, H., So, K.C. ve Tang, C.S., (2000). The value of information sharing in a two-level supply chain, *Management Science*, **46**, 626-664.
- Lee, C.C. ve Chu, W.H.J., (2005). Who should control inventory in a supply chain, *European Journal of Operational Research*, **164**, 158-172.
- Metters, R., (1997). Quantifying the bullwhip effect in supply chains, *Journal of Operations Management*, **15**, 89-100.
- Nahmias, S., (1997). *Production and Operations Analysis*, Irwin/McGraw-Hill, Homewood, IL.
- Shang, K. H. ve Song, J.S., (2003). Newsvendor bounds and heuristic for optimal policies in serial supply chains, *Management Science*, **49**, 618-638.
- Waller, M.A., Johnson, M.E. ve Davis, T., (1999). Vendor-managed inventory in the retail supply chain, *Journal of Business Logistics*, **20**, 183-203.
- Yu, Z., Yan, H. ve Cheng, T.C.E., (2001). Benefits of information sharing with supply chain partnerships, *Industrial Management & Data Systems*, **101**, 114-119.
- Yu, Z., Yan, H. ve Cheng, T.C.E., (2002). Modeling the benefits of information sharing-based partnerships in a two-level supply chain, *Journal of Operational Research Society*, **53**, 436-446.
- Zhao, X., Xie, J. ve Zhang, W.J., (2002a). The impact of information sharing and ordering coordination on supply chain performance, *Supply Chain Management: An International Journal*, **7**, 24-40.
- Zhao, X., Xie, J. ve Leung, J., (2002b). The impact of forecasting model selection on the value of information sharing in a supply chain, *European Journal of Operational Research*, **142**, 321-344.