



3 BOYUTLU YAZICILAR VE TEDARİK ZİNCİRİNE ETKİLERİ

3 Dimensionel Printing And Its Impact On The Supply Chain

Yrd.Doç.Dr. İbrahim AKBEN

Hasan Kalyoncu Üniversitesi, Uluslararası Ticaret ve Lojistik Bölümü, ibrahim.akben@hku.edu.tr

Akben, İ. (2017) 3 Boyutlu Yazıcılar ve Tedarik Zincirine Etkileri, Vol: 3, Issue:10; pp:20-35 (ISSN:2149-8598)

ARTICLE INFO

Article History

Makale Geliş Tarihi

Article Arrival Date

05/04/2017

Makale Yayınlanma Tarihi

The Published Date

10/05/2017

Anahtar Kelimeler

3 Boyutlu yazıcılar, Tedarik Zinciri, Lojistik, Katkı Üretim

Keywords

3D Printing, Supply Chain, Logistics, Additive Manufacturing

JEL Kodları: O14, O32, O33.

ÖZ

3 Boyutlu (3B) baskı veya diğer isimleriyle katkılı üretim ve masaüstü imalat, bilgisayar kontrolü altındaki dijital bir veri formundan üç boyutlu bir nesne üretme teknolojisini ifade eder. 3B yazıcılar plastik, silikon, gıda, cam ve diğer bazı materyalleri yazdırabilirler ve bunlarla hava araçlarının bileşenleri, mücevherat, moda tasarımı, tıp ve dişçilik, otomotiv yedek parçaları ve diğer endüstrilerde üretim yapmak için kullanılabilirler. Bu yüzden 3B yazıcılar, üretim, tedarik zinciri ve lojistik sektörü için önemli bir fenomen olacaktır. 3B baskı, özelleştirilmiş yüksek değerli ürünler, düşük enerji kullanımı, düşük karbon ayak izi, düşük stok miktarı ve fiziksel operasyonların daha akıcı hale getirilmesini ve pazarlarda düşük maliyetli üretim girdilerini ve çıktılarını sunar. Bunun yanı sıra işletmeler için bazı avantajları ve dezavantajları da söz konusudur. Bu avantajlar ve dezavantajlar işletmeler için birçok fırsatı içerirler.

Bu çalışmada, 3B baskı teknolojisi, 3B baskı'nın avantajları ve dezavantajları, sektörel kullanımı ve tedarik zincirine etkileri tartışılmıştır ve kullanıldığı sektörler için fütüristik bir perspektif oluşturmayı amaçlanmaktadır.

ABSTRACT

3 Dimensionel (3D) printing or by the other names additive manufacturing (AM) and desktop fabrication refers to a technology of production three-dimensional object from a digital data form under computer control. It can print plastic, silicon, food, glass and the some other materials and it can be used for aerospace components, jewellery, fashion design, medical and dental, spare parts for automobiles and the other industries. Therefore, 3D printing will be an important phenomenon for supply chain and logistics sector. 3D Printing presents to cost-effectively lower manufacturing inputs and outputs in markets with customized, high-value productions, low energy use, low carbon foot-print, low inventories, and streamline physical operations etc. As well as some advantages and disadvantages for businesses of 3D printing. These advantages and disadvantages includes many opportunities for businesses.

In this study, 3D printing technology, advantages and disadvantages of 3D printing, using sectors and the effects of supply chain are discussed and it aims to create a futuristic perspective for businesses.

1. GİRİŞ

Günümüzde üretim teknolojilerinde; hammadde tedarik edilmesi, daha az enerji kullanımı, daha az işçilik, taşıma maliyetleri ve çevresel kaygılardan dolayı çok hızlı gelişmeler yaşanmaktadır. Bu gelişmeler üretimin yapıldığı sektörlerde önemli değişikliklere sebep olmaktadır. Aynı zamanda bu gelişmeler kendi başına ayrı bir sektör haline gelerek diğer sektörlerin de doğrudan ya da dolaylı olarak etkilenmelerine sebep olabilmektedir. Üretim yöntemlerinde meydana gelen ve hızlı bir şekilde gelişen teknolojilerden biri de üç boyutlu (3B) yazıcı teknolojisidir. 3B yazıcılar ya da diğer isimleriyle katkılı üretim veya masaüstü üretim yirminci yüzyılın başlarında Amerika'da tanıtıldığında potansiyel olarak küresel endüstride büyük ve yıkıcı bir etkiye sahip olacağı öngörülmüştür (Manners-Bell ve Lyon, 2012, s. 1).

Dijital devrim ile tüketicilerin değişen satın alma davranışları birleştiğinde, işletmeler rakiplerinin karşısında rekabet avantajı kazanmak için üretim ve dağıtımda kullandıkları geleneksel modeli hızlı bir şekilde ileri teknolojilere dönüştürmenin yollarını aramaktadırlar (Troselj, 2014, s. 24). Şu an kullanılan karmaşık küresel tedarik zinciri gelecek on yıl içinde yerini 3B yazıcılar kullanan tedarikçiler ile ileri teknoloji temelli olan yeni bir ekonomiye bırakacaktır (Hessman, 2013, s. 35). Bu süreçte imalatçıların ve lojistik sektörünün karşılaştığı zorluklar daha belirgin hissedilecektir. Tam zamanında üretim sistemiyle (JIT) geleneksel çeşitlilik, daha az hacim, çok parti haline hammadde dağıtımı, daha az çeşitlilik, yüksek hacimli, düşük partilerde üç boyutlu yazdırılan materyallerin lojistik ve tedarikinin yerini alacaktır (Jin ve Ji, 2013, s. 6822).

3B yazıcılar, gelişimleri ve fiyatlarının düşmesiyle daha erişilebilir hale gelecektir. Bu teknoloji, tedarik, üretim, lojistik, satış ve buna benzer geleneksel tedarik zinciri süreçlerini değiştirmiş ve geleneksel dikey tedarik zinciri yapısını daha kısa ve daha etkili olmasını sağlayacaktır (Jin ve Ji, 2013, s. 6822). 3B yazıcılar imalatı basitleştirmeyi, stokları azaltmayı ve operasyonları modernize etmeyi vaat etmektedir. Ancak pazar stratejisini, tedarik zinciri performansını ve karmaşıklığını değerlendiren bir karar modeline ihtiyaç duyan organizasyonlar, 3B yazıcıların ne zaman ve nasıl uygulanacağına karar vermelidirler (Kleviet ve Suraj, 2015, s. 34). Üretim teknolojisinde devrim yaratacak nitelikte değişiklikler ve yenilikler getiren 3B yazıcılar insanoğlunun hayal gücünü zorlamaktadır. Yaratıcı fikirler ve tasarımlar üç boyutlu yazıcılar sayesinde ürün modellerine, nihai ürünlere, parçalara ve prototiplere hızlı bir şekilde dönüşebilmektedir (Ekici, 2012, s. 25). 3B yazıcıların kullanımı yeni yaygınlaşmaya başladığı için kesin ve net etkileri henüz görülmemiştir.

Bu çalışmada imalat sektöründe faaliyet gösteren ve/veya lojistik faaliyetlerde bulunan işletmeler için gelecekte etkileri daha iyi hissedilebilecek olan 3B yazıcıların kullanıldığı sektörler, avantajları ve dezavantajları, tedarik zinciri üzerindeki etkileri, bu sektörün fırsatları konusunda bir perspektif oluşturarak işletmelerin geleceğe yönelik stratejiler geliştirmelerine yardımcı olmak amaçlanmıştır.

Çalışma genel olarak üç bölümden oluşmaktadır. Çalışmanın birinci bölümünde, 3 Boyutlu yazıcı endüstrisi, avantajları / dezavantajları, günümüz piyasası, ikinci bölümünde 3B yazıcıların tedarik zinciri üzerindeki etkileri ele alınmıştır. Üçüncü ve son bölümünde ise bu teknolojinin getireceği yenilikler konusunda öngörülerde bulunulmuş ve işletmeler için önerilere yer verilmiştir.

2. 3B YAZICILAR

Masaüstü üretim veya katkılı üretim olarak ta bilinen 3B yazma işi, üç boyutlu olarak dizayn edilmiş gerçek bir nesne vasıtasıyla bir prototip yapma işlemidir (<http://www.3ders.org/3d-printing-basics.html>, son erişim: 17.10.2016).

3B yazıcılar bilgisayar ortamındaki üç boyutlu tasarımlardan doğrudan fiziksel modeller elde etmemizi sağlayan bir imalat tekniğidir (Özbolat, 2012, s. 57). 3B yazıcılar; sayısal ortamda tasarlanmış ya da üç boyutlu tarama teknikleri sayesinde sayısal ortama aktarılmış model verilerinin, birçok farklı malzeme kullanarak çok hızlı üretilmesini sağlayan yenilikçi bir üretim teknolojisi" olarak tanımlanmaktadır (Bozkurt, 2014, s. 60). 3B yazıcılar dünyanın en hızlı gelişen endüstrilerinden biri (Gruske, 2015, s. 56) olmasından dolayı, bütün endüstriler için yeni kanban sistemi ve gerçek bir tam zamanında envanter yönetimi çözümleri sunmaktadır (Kietzmann vd., 2015, s. 212). Şekil 1'de üretim yapabilen standart bir 3B yazıcı görülmektedir.

Şekil 1: Standart bir 3B yazıcı



Kaynak: <http://uk.pcmag.com>, son erişim: 25.01.2017.

3B yazıcılar bilgisayar teknolojilerinde olduğu gibi yazılım ve donanım ihtiyacı duymaktadır. Donanım olarak bilgisayar, 3B yazıcı ve 3B tarayıcılardan oluşabilir. Yazılım olarak ise bu iş için uygun programlar gerekmektedir. Ayrıca teknoloji, hammadde olarak bazı sarf malzemelerini de gerektirmektedir.

3B yazıcılarda sarf malzeme (üretim yapılacak hammadde) olarak ABS (Akrilonitril bütadien stiren) plastik, poliamit (nylon), cam dolgulu poliamid, stereolitografi malzemeler (epoksi reçineleri), gümüş, titanyum, çelik, balmumu, fotopolimerler ve polikarbonat gibi birçok malzeme kullanılabilir (<http://www.3ders.org/3d-printing-basics.html>, son erişim: 17.10.2016).

Kullanılan bu malzemeler sektörlere göre ve üretim yöntemlerine göre farklılık gösterirler. Bu üretim yöntemleri ve kullanılan malzemeler Tablo 1’de özetlenmiştir.

Tablo 1: 3B Yazıcılarda Üretim Yöntemleri ve Kullanılan Malzemeler

3B Yazıcı ile Üretim Yöntemleri	Kullanılan Malzemeler
Seçici lazer sinterleme	Termoplastik, metal ve seramik tozlar
Doğrudan metalle lazer sinterleme	Her türlü metal alaşım
Bileşimli yığma tekniği,	Termoplastik, maksimum erime yeteneği olan metaller
Stereo litografi (3 boyutlu tasarım yazılımlarında oluşturulan sayısal modeli, fiziksel modele çevirmek için kullanılır)	Foto polimerler
Dijital ışık işleme	Sıvı reçine
Bileşimli telleri birleştirme (polimer kurlama)	Polilaktik asit (PLA) ve Akrilonitrilbütadiyenstiren (ABS) gibi polimerler
Eritme ve püskürtme tekniği	Metal ve plastik tel
Tabakalı üretim	Kağıt, folyo, plastik film
Elektron demeti ile eritme	Titanyum alaşımları
Seçici ısı sinterleme	Termo plastik tozları
Alçı-injekt esaslı teknik (toz zemine mürekkep püskürtme)	Alçı, renkli alçı

Kaynak: Ekici, (2012, s. 27)

3B yazıcılara tedarik zinciri perspektifinden bakıldığında, ürün garantisini göz önüne almak, parça ya da ekipman yenileme, ürünlerin tamiri ve geri çağırılması. Peki ya firmalar kullanıcıların ihtiyaçlarını sipariş etme ve bekleme, seçme, tüketim veya satış noktasına daha yakın 3B yazıcıların yazdırılmasını mümkün kılar mı? (Vargo ve Lush, 2004; Kietzmann vd., 2015, s. 212). O zaman daha önce ithal bir otomobil için aylarca beklediğimiz yedek parça birkaç saat içinde ya da çok daha kısa bir sürede temin edilebilir hale gelecektir. Bu aynı

zamanda tedarik zinciri sürecinde bulunan ve hammaddeden nihai tüketiciye kadar olan akışta birçok aracının ve bazı süreçlerin ortadan kalkması anlamına da gelmektedir.

3B yazıcı ile bir nesne üretiminde; bilgisayar destekli üretim (CAD) yazılımı kullanılarak ya da bir tarayıcı ile taranarak oluşturulan bir model ile üretim başlar, özel olarak geliştirilmiş yazılım sayesinde katmanlar oluşturulur ve bir bilgisayar dosyası halinde 3B yazıcıya gönderilir, daha sonra 3B yazıcı materyalin şekline göre seçilen her bir katmanı şekillendirerek nesne oluşturulur böylece üretim süreci tamamlanmış olur (Campbell vd., 2011, s. 3). Geleneksel üretim yöntemlerine göre üretilmesi planlanan nesne 3B yazıcı tarafından üretim ve tedarik zinciri süreçleri değişikliği uğratarak üretilmiş olur (Şekil 2).

Şekil 2: Genel 3B Yazıcı ile Üretim Süreci



Kaynak: Campbell vd., (2011, s. 3)

Gelişen 3B yazıcı teknolojisi ve kullanım alanlarının genişlemesi ile birlikte bazı sorunlar da yavaş yavaş baş göstermeye başlamıştır. Bu sorunlar yasal izinler, haksız rekabet, telif haklarının ve fikri ve sınai mülkiyet haklarının ihlal edilmesi şeklinde sıralanabilir. Bu sorunlar ile birlikte 3B yazıcılar tedarik zinciri ve lojistik sektörü açısından birçok avantajlara ve dezavantajlara sahiptirler.

2.1. 3B Yazıcıların Avantajları ve Dezavantajları

3B yazıcı teknolojisi tanıtılıp çeşitli endüstrilerde kullanılmaya başladığından bu yana birçok gelişme meydana gelmiştir. Ancak her teknoloji de olduğu gibi bu teknolojinin de beraberinde getirdiği bazı avantajlar ve dezavantajlar bulunmaktadır.

2.1.1. 3B Yazıcıların Avantajları

3B yazma; enjeksiyon kalıplama, döküm ve talaşlı imalat gibi geleneksel üretim metodları için bazı avantajlara sahiptir (Mackley, 2014, s. 28). Bu avantajlar şu şekilde sıralanabilir;

- ✓ İşletmeler, 3B yazıcılar sayesinde karmaşık parçaların dizaynını çok daha kısa sürede gerçekleştirebilirler (Selko, 2015, s.18),
- ✓ 3B olarak yazdırılmış nesneler daha karmaşık olabilirler ve hem dizaynı hem de üretimin dijitalleşmesini sağlarlar. Bu dijitalleşme büyük olasılıkla dizaynırların isteklerini geleneksel metotlara göre daha fazla nihayi ürünlere yansıtması anlamına gelir aynı zamanda parçaların karmaşıklığını da azaltarak maliyetleri düşürürler (Mackley, 2014, s. 28),
- ✓ 3B yazmanın bir diğer etkisi baskı yapılan ürünlerin tüketim noktalarına yakın olması, dolayısıyla mesafelerin kısalması ve günümüzün önemli sorunu olan ekolojik ayak izi problemlerinin çözümüne de katkıda bulunabilir (Kietzmann vd., 2015, s. 212),

- ✓ Üretim sırasına materyaller tabaka tabaka eklendiği için üretimde sadece ihtiyaç kadar malzeme kullanılır, o yüzden de sıfır atık ortaya çıkar (Campbell vd., 2011, s. 6),
- ✓ Dizayn, pazarlama ve üretim arasında daha yakın ve kaliteli bir işbirliği sağlar (Troselj, 2014, s. 24),
- ✓ Tedarik zinciri süreçlerindeki karmaşıklığı azaltır (Jansenn vd., 2014, s. 13),
- ✓ 3B yazıcılar ile sadece satılacak ürünler imal edilir, böylece depolamadaki aşırı stok önemli ölçüde azalmış olur (Çetinkaya ve Özceylan, 2015, s. 650).

2.1.2. 3B Yazıcıların Dezavantajları

Avantajlarının yanı sıra 3B yazıcılar ile üretim, kontrol, yasal ve çevresel nedenler gibi bazı dezavantajlara da sahiptirler. Bu dezavantajları şu şekilde sıralamak mümkündür.

- ✓ Daha az üretim işleri, tüm yeni teknolojilerde olduğu gibi, imalat işleri azalacaktır. Bu dezavantaj özellikle de, düşük beceri gerektiren işlere bağlı olan Çin gibi ülkelerin ekonomilerinde büyük bir etkiye sahip olacaktır (Çetinkaya ve Özceylan, 2014, s. 650),
- ✓ İmalatçı işletmeler yazdırılan nesneler üzerindeki kalite ve spesifikasyonlar konusundaki kontrollerini kaybederler (Kietzmann vd., 2015, s. 212),
- ✓ 3B yazıcılar ile silahlar da üretilebildiği için güvenlik için önemli bir sorun teşkil ederler (Campbell vd., 2011, s. 13),
- ✓ 3B yazıcılarda kullanılan hammadde seçeneği günümüzde biraz sınırlı olmasına rağmen bu seçenekler gün geçtikçe artmaktadır (Janssen vd., 2014, s. 6),
- ✓ 3B yazıcılarda kullanılan naylon, ABS ve polikarbonat gibi plastikler kanserojen madde olan stiren kadar tehlikeli parçacıklar yarattığı görüşleri ortaya atılmış olsa da bu konudaki araştırmalar hala devam etmektedir (<http://shiftdelete.net>, 05.03.2016).

2.2. 3B Yazıcıların Günümüz Piyasası

Günümüzde 3B yazıcı teknolojisi mücevher, aksesuar, ayakkabı tasarımında, endüstriyel ve mimari tasarımlarda, inşaat mühendisliğinde, yapı işlerinde, otomotiv sanayiinde, havacılık ve uzay, dişçilik ve tıp sektöründe, eğitimde, coğrafi bilgi sistemlerinde ve farklı alanlardaki bilimsel çalışmalarda birçok ülkede yaygın olarak kullanılmaktadır (Ekinci, 2012: 27). 3B yazıcıların kullanıldığı alanlar her geçen gün çeşitlenmeye devam etmekte olup artık bu yazıcılar günümüzde evlere dahi girmeye başlamıştır.

3B yazıcı konsepti ciddi olarak 1980'li yıllarda başlamıştır ve birkaç yıl içerisinde uygulamalar artış göstermiştir. Otomobil, medikal, havacılık ve uzay sanayinde kullanılması ile birlikte 3B yazıcı pazarının 2025 yılında 8.4 milyar ABD doları olması öngörülmektedir Lux Research, (2013). Bugün birçok endüstride 3B yazıcı ürünlerin farklı parçalarını üretmek için kullanılmaktadır. 3B yazıcı tekniğini kullanan şirketler ve bu şirketlerin ürettikleri ürünler Tablo 2'de gösterilmektedir. Tablo 2 incelendiğinde 3B yazıcıların genellikle yüksek teknoloji gerektiren ve yenilikçi ürün üreten şirketler tarafından kullanıldığı görmek mümkündür.

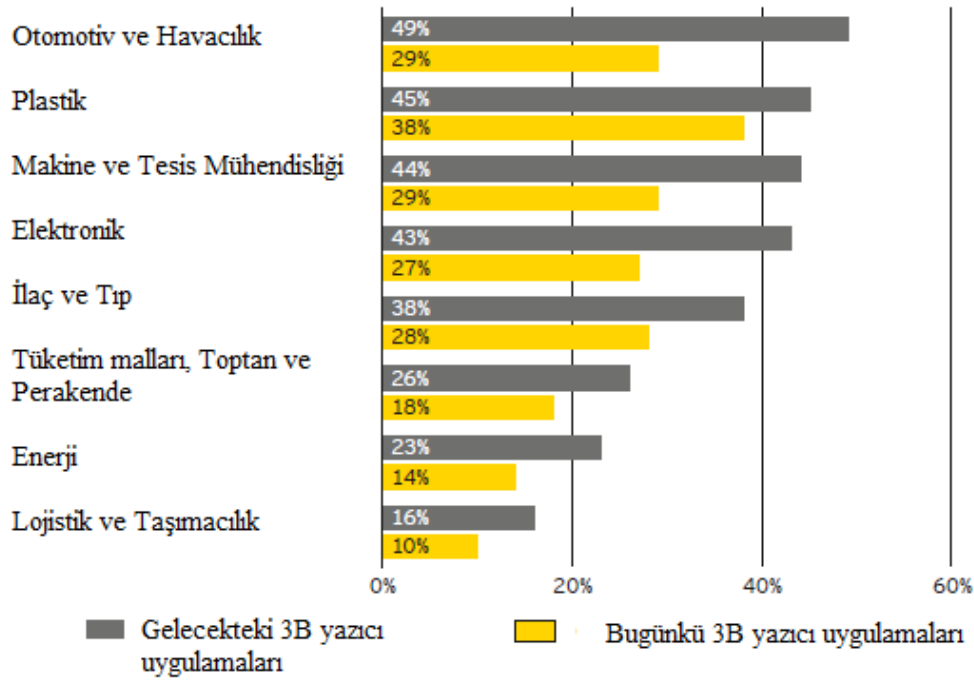
Tablo 2: 3B yazıcı ürünleri kullanan şirketler

Şirketler	Ürünler
Boeing	Hava kanalları, 787 için menteşe
Feads	Airbus 320 için dökme çelik dirsek
Empire Cycle	Metal bisiklet şasisi
Ex One	Standart dökme alaşım çark
Ford	Mustang için motor kapağı
General Electric	LEAP motor için yakıt enjektörü
Nike	Spor ayakkabı pençesi
Win Sun China	Villa ve apartman inşası

Kaynak: Selko, (2015, s. 20)

3B yazıcı teknolojisi günümüzde birçok sektörde kullanılmak ile birlikte gelecekte de bu sektörlerde kullanımının artarak devam edeceği öngörülmektedir. Şekil 3 bugünkü 3B yazıcı kullanımı açısından incelendiğinde bu teknolojinin en fazla plastik sektöründe; en az da lojistik ve taşımacılık sektöründe kullanıldığını görmek mümkündür. Şekil 3 gelecekteki 3B yazıcı kullanımı açısından incelendiğinde en fazla otomotiv ve havacılık sektörlerinde, en az ise lojistik ve taşımacılık sektöründe kullanımının amaçlandığını söylemek mümkündür (Şekil 3).

Şekil 3: 3B yazıcı uygulamalarını bugün kullanan ve gelecekte kullanmayı hedefleyen endüstriler



*N= 900 şirket, Ernst & Young 3B yazıcı çalışması, Nisan, 2016

Kaynak: E&Y, (2016, s.15)

Bu sektörleri daha ayrıntılı incelemek gerekir ise; Otomotiv, Havacılık ve Uzay Sanayii: 3B yazıcıların otomotiv sektöründe test, tasarım, prototip ile belirli parçaların ve araç gereçlerin üretimi gibi çeşitli kullanım amaçları bulunmaktadır (Şekil 4). Yakıt tüketimi düşük araç alternatifleri geliştirmekte 3B yazıcılar ile üretilmiş araçlar değerlendirmeye alınmıştır. Otomotiv sektöründe yer alan yedek parça ve yan sanayi üretimi yapan firmalar tarafından kolay kullanımı, üstün hassasiyeti ve düşük maliyetleri nedeniyle tercih sebebi olan 3B yazıcılar yaygın olarak kullanılmaktadır (<http://www.3dyazici3dbaski3dtarama.com/3d-baski-hizmeti-firmalar-ozel/3-boyutlu-yazici-ve-otomotiv-sektoru/>, son erişim: 5.11.2016).

Şekil 4: Otomotiv sektöründe 3B yazıcı kullanımı



Kaynak: <http://www.goospoos.com/2012/12/coolest-3d-printing-applications/#AutoMobile>, son erişim: 02.12.2016

Havacılık ve uzay sanayiinde ise, otomobil sanayindekine benzer şekilde havacılık ve uzay sanayi için gerekli üretim parçaları ve yedek parça gibi ekipmanların üretimi sağlanmaktadır (Şekil 5). Ayrıca NASA'nın yaptığı çalışmalar sonucunda uzay istasyonlarında 3B yazıcı kullanımı sayesinde astronotlar dünyadan yedek parça gelmesini beklemeden gerekli parçaları yazdırmak suretiyle üretebileceklerdir (<http://www.3dortgen.com/blog/nasa-uzaya-uc-boyutlu-yazici-gonderdi>, son erişim: 5.11.2016).

Şekil 5: Havacılık ve uzay sanayinde 3B yazıcı kullanımı



Kaynak: <http://www.javelin-tech.com/3d-printer/industry/aerospace/>, <http://airtec.aero/>, https://www.nasa.gov/mission_pages/station/research/experiments/3DPrinting1.JPG, son erişim: 02.12.2016.

Makine ve Tesis Mühendisliği: 3B yazıcılar sayesinde imalat yapan makinelerin gerekli yedek parçaları üretilebilir. Bu da stok maliyetlerinin ve taşıma maliyetlerinin azalmasına ve tam zamanında yedek parçanın üretilmesinde büyük faydalar sağlar (Şekil 6).

Şekil 6: 3B yazıcılarda üretilen makine parçaları



Kaynak: <http://www.siemens.com/innovation/en/home/pictures-of-the-future/industry-and-automation/additive-manufacturing-3d-spare-parts-gas-turbines.html>, <http://www.themak3rs.com/images/Parts.jpg>, son erişim: 08.12.2016.

Sağlık (Tıp ve Diş): 3B yazıcılar son zamanlarda sağlık sektöründe yaygın olarak kullanılan çok önemli bir teknoloji haline gelmiştir. 3B yazıcılar tıpta özellikle kaybedilmiş vücut uzuvları (kol, bacak, el, kulak, kemik, çene vb. yapay organlar) için protez ya da geçici sağlık durumları için ortez üretiminde ve diş protezlerinin yapılmasında kullanılmaktadır (Şekil 7).

Şekil 7: Sağlık sektöründe 3B yazıcı kullanımı



Kaynak: <http://www.3dsistemler.com/sektorel-alanlar/saglik/>, son erişim: 01.12.2016.

Tüketim malları, toptan ve perakende / Elektronik: 3B yazıcılar elektronik sektörüne ait birçok ekipmanın yapılmasında kullanılmaktadır. Aynı zamanda bisiklet ekipmanları ve oyuncak gibi farklı sektörlerde ait perakende mallarının üretiminde de kullanılabilir (Şekil 8).

Şekil 8: 3B yazıcılarda üretilen elektronik ekipmanlar ve tüketim malları



Kaynak: <http://www.stratasys.com/industries/consumer-products>, son erişim: 01.12.2016.

Enerji; enerji sektöründe daha yeşil ve daha verimli enerji elde etme yarışında sistemleri test etme gereğinden dolayı enerji üretim sistemleri için hızlı prototipleme 3B yazıcılar çok yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Birçok enerji şirketi, yenilenebilir enerji, elektrik enerjisi, nükleer enerji, petrol sektörü ve alternatif enerji kaynakları sektörlerinde daha yenilikçi olabilmek için 3B yazıcı kullanmaktadırlar (<https://www.3dsystems.com/solutions/energy>, son erişim: 08.12.2016) (Şekil 9).

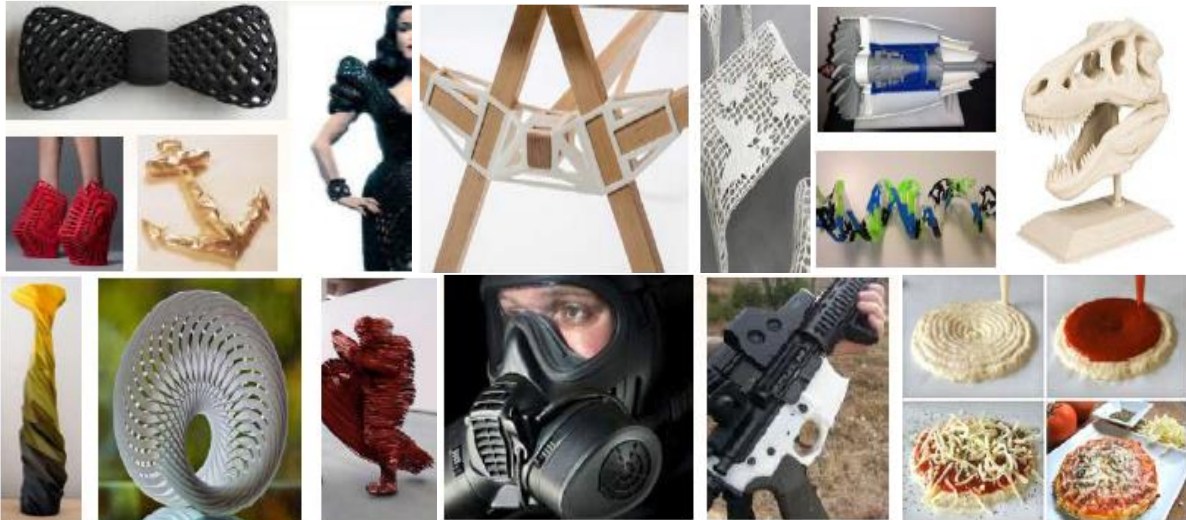
Şekil 9: 3B yazıcılar ile üretilen hidroelektrik santrali için tribün üretimi



Kaynak: <http://www.3ders.org/articles/20160317-verterra-energys-3d-printed-turbine-prototype-shows-promise-for-sustainable-hydropower.html>, son erişim: 08.12.2016.

3B yazıcı kullanan diğer sektörler ise; 3B yazıcı teknolojilerinin farklı endüstrilerde de kullanımı her geçen gün yaygınlaşmaktadır. 3B yazıcılar moda, mobilya, eğitim, sanat ve heykel, savunma sanayii ve gıda endüstrileri gibi farklı sektörlerde de kullanılmaktadır. Şekil 10'da birçok sektörde 3B yazıcıların kullanımını görmek mümkündür.

Şekil 10: 3B Yazıcıların Farklı Sektörlerde Kullanılması



Kaynak: <http://www.gpcasupplychain.com/wp-content/uploads/2016/05/25-Abdulrahman-Almunayes.pdf>, son erişim: 16.12.2016.

3. 3B YAZICILARIN TEDARİK ZİNCİRİNE ETKİLERİ

Lojistik, bir plan veya operasyonun ayrıntılı bir biçimde örgütlenmesi ve uygulanmasıdır (Çancı ve Erdal, 2013, s. 41). Tedarik zinciri ise talep piyasalarında tedarikçiler, üreticiler, lojistik servis sağlayıcılar, depolar, perakendeciler ve müşterilerin ağlarından oluşmaktadır (Nagurney, 2013, s. 2). Başka bir deyişle tedarik zinciri, hammaddeden nihai tüketiciye kadar uzanan bir dizi faaliyetler dizisidir. Bu dizi içerisinde hammaddelerin tedarik edilmesi, üretilmesi ve dağıtımı gibi faaliyetleri barındırmaktadır.

3B yazıcıların yaygınlaşması ile tedarik zinciri içerisindeki bazı süreçlerin kökten ya da kısmen değişeceği öngörülmektedir.

Standart bir tedarik zincirinin işleyişi Şekil 11’de gösterilmektedir. Şekil incelendiğinde standart olarak devam eden tedarik zinciri sürecinin planlama ve ihtiyaçların tanımlanması, üretim, taşıma, depolama ve saklama, dağıtım ve bakım onarım ve yok etme olmak üzere altı temel aşamadan meydana gelmektedir.

Şekil 11: Standart bir tedarik zinciri süreci

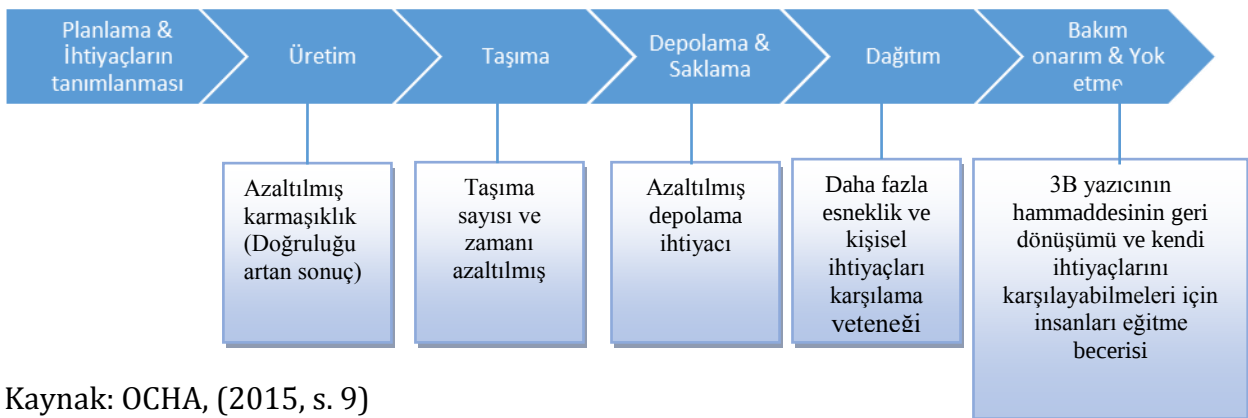


Kaynak: OCHA, (2015, s. 4)

3B yazıcıların kullanılmasıyla birlikte standart tedarik zinciri içerisindeki bazı süreçler tamamen ortadan kalkmakta veya kısmen değişmektedir.

Şekil 12’de altı aşamada gerçekleşen standart bir tedarik zincirine 3B yazıcıların etkileri görülmektedir. Üretim aşamasında; 3B yazıcılar ile üretim yapılması ile geleneksel yöntemlerle yapılan üretim yöntemlerine kıyasla bazı üretim süreçlerinin ortadan kalkması ile karmaşıklığın azalması sağlanmıştır. Taşıma aşamasında; ürünlerin taşıma sayılarının azaltılması dolayısıyla da depolama ve saklama ihtiyacının azalmasına, dağıtım aşamasında; daha fazla esneklik katılmakta ve kişisel ihtiyaçların karşılanmasına benzer çözümler sunulmaktadır. Bakım onarım ve yok etme aşamasında; 3B yazıcılarda kullanılan hammaddelerin geri dönüşümleri ve ihtiyaçların karşılanabilmesi için insanları eğitime becerisidir.

Şekil 12: 3B yazıcıların standart tedarik zinciri ile olası çözümleri



Kaynak: OCHA, (2015, s. 9)

Tedarik zinciri perspektifinin genel bir sorusu “3B yazıcılar potansiyel bir yıkıcı teknoloji haline mi gelecek yoksa sadece tedarik zincirini bir adım öteye mi taşıyacak ?” Kidd ve

Sciacchitano, (2015) sorusudur. Üretim yapan işletmeler 3B yazma teknolojilerini benimser benimsemez üretim teknolojilerini, tedarik zinciri dizaynı ve lojistik operasyonlarını da değiştireceklerdir (Jansenn vd., 2014, s. 9). 3B yazıcılar, tedarik ağlarının teslim sürelerinde azalmaya sebep olur (Troselj, 2014, s. 24). Bu da demek oluyor ki hammaddeden nihayi tüketiciye kadar olan tedarik zinciri sürecinde aradaki taşıma, depolama, elleçleme, dağıtım gibi lojistik faaliyetler ortadan kalkacaktır.

Aslında bu durum lojistik sektörü konusunda faaliyet gösteren birçok işletme için kötü haber niteliğindedir. Eskisi kadar lojistik faaliyetlere ihtiyaç duyulmayacak olması bu konuda yapılmış olan birçok yatırımın atıl durumda kalmasına ve bu sektörde eskisi kadar istihdam sağlanmamasına sebep olabilir. Lojistik faaliyetler 3B yazıcıların en yaygın olduğu dönemlerde bile gerçekleşecektir.

3B yazıcı teknolojisi üçüncü endüstriyel devrim olarak da adlandırılmaktadır. Bütün bu gelişmelerin hepsi üç boyutlu yazıcı teknolojisini bir dönüm noktasına getirmiştir. Yakın bir gelecekte, 3B yazıcıların üretim süreçlerinde ve lojistik sektöründe büyük değişiklikler yapması muhtemeldir Dychko, (2015). Tedarik zincirinde ve buna bağlı olarak lojistik sektörü ve ilgili sektörlerde meydana gelmesi muhtemel değişiklikler şu şekilde sıralanabilir:

Küresel Lojistik ve Tedarik Zinciri: 3B yazıcıların gelişimi, üretim ve tedarik zincirini büyük ölçüde etkileyecektir (<http://www.usanfranonline.com/resources/supply-chain-management/3d-printing-and-its-impact-on-the-supply-chain/#.Vue7bPmLTIU>, son erişim:15.03.2016).

Uluslararası lojistik maliyetleri artmaya devam ederken, 3B yazıcı teknolojisi daha uygun fiyatlı hale geldiğinde, imalatçılar üretim tesislerini ana ülkeye geri çekebilirler. Bu da deniz aşırı ülkelerdeki üretim miktarını azaltabilir. Durumun bu şekilde olması da bütün uluslararası taşımacılık faaliyetlerini dolayısıyla da taşımacılık sektörü ile ilgili sektörleri de etkileyebilir Dychko, (2015).

Esneklik: 3B yazıcı ile üretim, tedarik zinciri ile yüksek derecede bütünleşmiş olan geleneksel üretim sistemlerinin aksine, ihtiyaç duyulan doğru parçaların doğru zamanda birden fazla tedarikçiden temin edilmesini sağlar (Mashhadi vd., 2015, s.4). Ayrıca 3B yazıcı ile üretim değişen müşteri taleplerine hızlı bir şekilde yanıt verecek ürün dizaynlarını değiştirebilir.

Stok Seviyesi ve Konumlandırma: 3B yazıcı ile üretim müşteriye özel, karmaşık ürünleri üretmek ile asıl değerini bulur. Ürünler sadece sipariş edildiğinde üretilirler, bu da depolardaki hammadde, yarı mamul, yardımcı malzeme ve nihai ürünlerin miktarının azalması anlamına gelmektedir. 3B yazıcılar ile çok kısa sürede makine parçaları, otomobil veya tıbbi ekipmanlar dizayn edilip üretilebilir. Bu durum da ürün stokunu tutmak için masrafları azaltmaya ve çok sayıda stok yapılan deponun ortadan kalkmasına sebep olacaktır. Yüksek hacimli üretim tesisleri ve çalışanlara ihtiyaç duyulmayacağından da tedarik zincirinin bir kısmı gereksiz hale gelecektir Dychko, (2015). Üreticiler için 3B yazıcı kullanımı hem stok miktarlarını hem de fiziksel anlamda depo yeri gereksinimlerini azaltacaktır Pannett, (2014). Buna rağmen 3B yazıcılar tedarik zinciri yönetiminde "Just in Time" kavramına tamamiyle yeni bir anlam vermektedir. Peki biz bugün satışlarımızı durdurup depo raflarında yer açmak için bütün depolarımızı elden çıkarmaya hazır mıyız ? Bunun cevabı apaçık şu an için hayır olacaktır (Brown vd., 2014, s.10).

Tamamlama: Sipariş üzerine üretim stratejisi perakende satış stratejilerini ve perakendecinin rolünü de etkileyecektir. Aslında bütün üretici-toptancı-perakendeci ilişkisi değişecektir. Perakendecilerin stokları kendi stoklarında tutma ihtiyaçları kalmayacağından siparişler direkt olarak üreticiler tarafından karşılanacaktır Dychko, (2015).

Taşımacılık Rotası: 3B yazıcılar, nihai kullanıcıların veya stratejik pazarların yakınındaysa, taşıma maliyetlerini büyük ölçüde azaltacaktır. Aynı zamanda tedarik zinciri süreçlerini

kısaltacak bundan dolayı da çevre üzerindeki olumsuz etkileri azaltacaktır. Yerel 3B üretim merkezleri taşımacıların daha hızlı teslim etmesini sağlayacaktır. Böylece olumsuz hava koşulları veya taşımacılık hataları nedeniyle gecikmeler yaşanmayacaktır Dychko, (2015).

Daha Az Üretim Atıkları ve Çevresel Etkiler: Geleneksel alt katmanlı üretim süreçlerinde ürün aşırı öğütüldüğünden, kazındığından ve zımparalandığından malzeme atığı bir hayli yüksektir. Bu atık maddeler geri dönüştürülebilir olsa bile, bunları tekrar imalata hazır hale getirmek için ek bir işlem gerektirir. 3B baskı teknolojisi, malzemenin katman bazlı olarak eklenmesinden dolayı malzeme kullanımını ve atık işlemeyi azalttığı için burada çevresel bir avantaja sahiptir. Kullanılan teknolojiye bağlı olarak 3B yazıcılar giriş seviyesindeki malzemeler ile çok verimli bir şekilde çalışmaktadır (Faludi, 2013; Jansenn, 2014, s.11). Bu imalat şekli ile ilgili özellikle de tüketim malları açısından daha fazla yakıt tüketimi ve atıklar konusunda bir endişe söz konusudur. Fakat 3B yazma da çoğunlukla ısı ile şekil alabilen geri dönüşümlü plastikler kullanıldığından dolayı, tersine tedarik zinciri yaklaşımını mümkün kılar Kaltenbrunner, (2014). Üretim sürecindeki malzemelerin geri kazanımının yanı sıra, üretim sürecinde ortaya çıkan katı, sıvı ve gaz atıklar ile birlikte, tedarik zinciri sürecinde lojistik faaliyetleri sonucu ortaya çıkan CO2 miktarında da önemli ölçüde azalma meydana gelecektir.

Müşteri İlişkileri: Üretim yapan işletmeler ve müşteri arasında ürünlerin daha fazla kişiselleştirilmesi ve daha az aracı kullanımı ile müşteri ilişkileri daha da gelişecektir. Müşteri isteklerine göre özelleştirilmiş giyim, mobilya ve hatta farklı araçlar mağazalarda veya internet üzerinden satın alınabilecektir. Müşteriler evlerinde 3B yazıcılara sahip olursa, ayakkabı ve kozmetik gibi kişisel ürünleri evde yazdırılabilecekler veya bu ürünleri internet üzerinden sipariş verip satın alınabilecektir. Bu değişiklikler ve kolaylıklar müşteri talebini karşılamaya ve iş yapma maliyetini düşürmeye yardımcı olacaktır Dychko, (2015). 3B yazıcıların hem olumlu hem de olumsuz etkileri ile birlikte 3B baskı işletmelerin daha yenilikçi ve yüksek kaliteli ürünler üretmesine imkân vermesi de belirgin bir etkisi olacaktır (<http://www.scanco.com/how-will-3d-printing-affect-your-supply-chain-business/>, son erişim: 15.03.2016).

3B yazıcıların tedarik zincirine getireceği değişikliklerin öngörülmesine rağmen günümüzde öngörülemeyen ve hala cevapsız kalan bazı sorular mevcuttur. Bu sorular 3B yazıcıların yaygınlaşmaları ile zaman içerisinde kendisine cevap bulacaktır. Bu sorular görüş ve sahip olduğu sorular açısından Tablo 4'te özetlenmiştir.

Tablo 4: 3B yazıcıların gelecekte tedarik zinciri üzerindeki yıkıcı etkileri ile ilgili cevapsız kalan başlıca sorular

Görüş	Sorular
Üretim	• 3B yazıcıların gelişimi bu sektördeki inovasyonlara nasıl imkan tanıyacak ? • Üretimin sahip olduğu diğer alanlardaki dağıtım nasıl etkilenecek ?
Yayılmış Üretim	• Yerel iş modelleri küresel lojistik faaliyetlerini nasıl etkileyecek ? • Taşınan mallarda hammaddeye doğru bir kayma olacak mı ?
Dizayn	• 3B yazıcı ile üretimde inovasyon ürün dizaynında devam edecek mi ? • Hangi sektörlerde ya da ürün gruplarında yeni dizaynlarla etkilenecek ?
Ustalık gereksinimdeki değişiklik	• Gelecekte tedarik zinciri yöneticileri için ne gibi yetenekler gerekecek ? • Düşük maliyetli ülkelerdeki işgücünün çoğunluğuna ne olacak ?
Sürdürülebilirlik	• 3B yazıcı teknolojisi sürdürülebilir işleri için yeni bir dönem başlatabilir mi ? • Malzeme tasarrufu ve akıllı tasarımlar uzun vadede üretimi nasıl etkiler ?
Yasal/Güvenlik Kaygıları	• Dizayn ve üretim riskini kim sahiplenecek ? • Toplam maliyet sahipliği nasıl belirlenecek ?

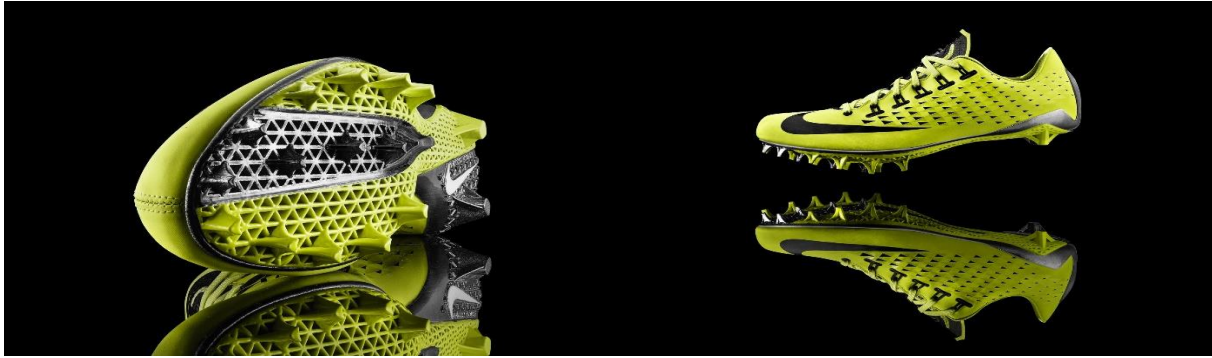
Kaynak: Mohr ve Khan, (2015, s. 23)

Üretim yapan ve tedarik zinciri ve lojistik sektörlerinde faaliyette bulunan işletmeler bu cevapsız soruları, avantaj ve dezavantajları göz önünde alarak gelecekte uygulayacakları stratejiler ile birer fırsata çevirmeleri mümkündür.

3.1. 3B Yazıcı Teknolojisi Sektörel Örnekler

Nike 3B yazıcı ile futbol ayakkabısı üretiyor: Nike 3B yazıcı kullanımı ile futbolcuların en iyi performansı göstermelerine yardımcı olacak devrim niteliğinde Vapor Laser Talon isimli futbol ayakkabılarını piyasaya sürdü. Bu ayakkabılar özel tasarımları sayesinde sporcuların hareket esnasında ivmelerini ciddi şekilde arttırmaktadır. 3B yazıcılar kullanılarak SLS (Seçici Lazer Sinterleme) yöntemi ile üretilen bu ayakkabılar 5.6 oz yani yaklaşık 158 gr ağırlığındadır (Şekil 13) (<http://news.nike.com/news/nike-debuts-first-ever-football-cleat-built-using-3d-printing-technology>, son erişim: 26.01.2017).

Şekil 13: Nike'ın 3B yazıcı teknolojisi ile üretmiş olduğu "Vapor Laser Talon" Modeli



Kaynak:<http://news.nike.com/news/nike-debuts-first-ever-football-cleat-built-using-3d-printing-technology>, son erişim: 26.01.2017.

İtalyan Girişimci Youbionic 3B Yazıcılar ile Biyonik El Üretiyor: İtalya merkezli girişim olan Youbionic 3B yazıcı ile ürettiği fonksiyonel, miyoelektrik biyonik el ile alternatif çözüm sunmayı hedeflemektedir. Parmakta bulunan servo motorlar ile bilekten hareket ettirilen diğer ellere nazaran geniş hareket kabiliyeti sağlayan Youbionic, diğer taraftan onda bir oranında daha ucuza üretilmesiyle ön plana çıkıyor (<http://www.log.com.tr/tamamen-3d-yazici-ile-uretilen-protez-el-youbionic-video/>, son erişim: 26.01.2017) (Şekil 14).

Şekil 14: Youbionic Şirketi Tarafından 3B yazıcı ile üretilen biyonik el



Kaynak:<http://newatlas.com/3d-printing-bionic-hand-youbionic/34682/>, son erişim: 26.01.2017.

3. SONUÇ

Stratejik karar verme sürecinin bir parçası olarak işletmeler, ürünlerin nasıl ve nerede üretileceği, bir ürünün dağıtımında kullanılacak kanallar, hammadde ve / veya bileşenlerin nereden karşılanacağı ve fiziksel dağıtımın kendileri tarafından mı yoksa dış kaynak kullanarak bir servis sağlayıcı tarafından mı karşılanacağı konusunda karar vermek zorundadır (Janssen vd., 2014: 21).

Her teknolojik gelişmede olduğu gibi 3B yazıcı teknolojilerinin de yaygınlaşma sürecinin avantajlarının ve dezavantajlarının olması doğaldır. Bu yüzden hem üretim yapan hem de lojistik faaliyetlerde bulunan işletmelerin bu teknolojinin avantajlarından azami derecede yararlanabilmek ve dezavantajlarını da birer fırsata dönüştürebilmeleri için geleceğe dönük stratejiler geliştirmeleri faydalı olacaktır.

3B baskı teknolojisi tedarik zinciri yönetiminde değişiklikler getirir. Özetle, işletmelere bu değişiklikler için şunları yapmaları önerilebilir (Janssen vd., 2014, s. 21):

- ✓ Belirli müşterilerin isteklerine göre ürün üretim,
- ✓ Ekonomik olarak tek seferlik seri ve küçük ölçekli özel ürünler üretim,
- ✓ Üretim süreçlerinde daha yüksek malzeme ve kaynak verimliliğinin keyfini çıkarın,
- ✓ Standartlaştırılmış 3B baskı süreçlerini kullanarak küresel üretim kapasitesini artırımı,
- ✓ Uzman servis sağlayıcılara fason üretim yaptırılması,
- ✓ Yaygın olarak kullanılan hammaddeleri tedarik ederek kısıtlamaları hafifletin,
- ✓ Tedarik ve üretim operasyonlarını ev pazarına geri getirin,
- ✓ 3B tasarımları için dünya çapındaki yeteneklerden yararlanmak,
- ✓ Müşteri odaklı ürün dağıtım deneyimlerinden yararlanın,
- ✓ Birden fazla tedarik zinciri bağlantısının arabuluculuğu yoluyla tedarik zinciri ağının karmaşıklığını azaltmak,
- ✓ 3B üretim faaliyetleri ile hızlı kurye ağının etkinliği ile entegre edin,
- ✓ Siparişlerin karşılanmasını hatasız, tam zamanında ve eksiksiz olacak şekilde iyileştirin,
- ✓ Ürünün karmaşıklığını azaltın ve ortaya çıkan lojistik yalınlaştırmasından yararlanın,
- ✓ Çalışma sermayesini ve nakit akışını iyileştirin.

Bu çalışmada 3B yazıcı teknolojisi ve bu teknolojinin tedarik zincirine olan etkileri konusu ele alınarak geleceğe yönelik bir perspektif oluşturmak amaçlanmıştır. Burada ele alınan konularla günümüzde uygulanmakta olanlar ele alınmış ve gelecekte bu sektörde olabilecek gelişmeler öngörülmeyle çalışılmıştır.

Gelecekte bu konu ile ilgili yapılacak çalışmaların uygulamalı ve somut verilere dayalı olarak 3B yazıcıların somut etkilerini ortaya koyabilen çalışmalar olması literatür ve iş dünyası açısından daha önemli olacaktır.

KAYNAKÇA

3 Boyutlu Yazıcı ve Otomotiv Sektörü, <http://www.3dyazici3dbaski3dtarama.com/3d-baski-hizmeti-firmalar-ozel/3-boyutlu-yazici-ve-otomotiv-sektoru/>, son erişim: 5.11.2016

3B Yazıcılarda Üretilen Elektronik Ekipmanlar ve Tüketim Malları, <http://www.stratasys.com/industries/consumer-products>, son erişim: 01.12.2016

3B yazıcılarda üretilen makine parçaları, <http://www.siemens.com/innovation/en/home/pictures-of-the-future/industry-and-automation/additive-manufacturing-3d-spare-parts-gas-turbines.html>, son erişim: 08.12.2016.

3B yazıcılarda üretilen makine parçaları, <http://www.themak3rs.com/images/Parts.jpg>, son erişim: 08.12.2016

3B Yazıcıların Farklı Sektörlerde Kullanılması, <http://www.gpcasupplychain.com/wp-content/uploads/2016/05/25-Abdulahman-Almunayes.pdf>, son erişim: 16.12.2016

3D Printing and Its Impact on the Supply Chain, <http://www.usanfranonline.com/resources/supply-chain-management/3d-printing-and-its-impact-on-the-supply-chain/#.Vue7bPmLTIU>, son erişim tarihi: 15.03.2016

3D Printing Basics ?. <http://www.3ders.org/3d-printing-basics.html>, son erişim: 17.10.2016

3D Yazıcılar Kanserojen Madde İçeriyor, <http://shiftdelete.net/3d-yazicilar-kanserojen-madde-iceriyor-68300>, son erişim:05.03.2016

Bozkurt, A., (2014). Hayat, 3 Boyutlu Yazıcıların Yaratacağı Sınırsız Dünyayla Değişiyor, 4, 56-60, <http://www.bilisimdergisi.org/s164>, son erişim: 18.09.2016.

Brown, R., Davis, J., Dobson, M. ve Mallicoat, D., (2014). 3D Printing, How Much Will It Improve the do Supply Chain of the Future ?. Defense AT&L: May-June, 7-10.

Campbell, T., Williams, C., Ivanova, O., Garrett, B., (2011). Could 3D Printing Change the World ?. Technologies, Potential, and Implications of Additive Manufacturing, Strategic Foresight Report, Atlantic Council, Ideas. Influence.

Campbell, T., Williams, C., Ivanova, O., Garrett, B., (2011). Could 3D Printing Change the World ?. Technologies, Potential, and Implications of Additive Manufacturing, Strategic Foresight Report, Atlantic Council, Ideas. Influence. [Impact.http://www.atlanticcouncil.org/publications/reports/could-3d-printing-change-the-world](http://www.atlanticcouncil.org/publications/reports/could-3d-printing-change-the-world), son erişim tarihi: 13.10.2016.

Çancı, M. ve Erdal, M., (2013). Lojistik Yönetimi, UTİKAD yayınları, İstanbul

Çetinkaya, C. ve Özceylan, E., (2015). Impacts of 3D Printing on Supply Chain Management, XIII. International Logistics and Supply Chain Congress, October, (22-23), 649-657

Dychko, E., (2015). 6 Effects 3D Printing has on Supply Chains, <https://www.quora.com/What-will-be-the-impact-of-3D-printing-in-the-consumer-supply-chain>, son erişim: 23.01.2017

Ekici, Ö.K., (2012). Üç Boyutlu Yazıcı Teknolojisi, Bilim ve Teknik Dergisi, Aralık, 46, (541), 24-29

Enerji sektöründe 3B yazıcı kullanılarak üretilen prototip, <http://www.3ders.org/articles/20160317-verterra-energys-3d-printed-turbine-prototype-shows-promise-for-sustainable-hydropower.html> , son erişim: 08.12.2016

Enerji sektöründe 3B yazıcı kullanımı, <https://www.3dsystems.com/solutions/energy>, son erişim: 08.12.2016

EY's Global 3D Printing Report, (2016). How will 3D Printing Make Your Company the Strongest Link in the Value Chain ?,<http://www.de.ey.com/de/de/services/advisory/performance-improvement/supply-chain/ey-global-3d-printing-report-2016-3dp-industry>, son erişim: 27.10.2016

Faludi, J., (2013). Is 3D Printing An Environmental Win ?, <https://www.greenbiz.com/blog/2013/07/19/3d-printing-environmental-win>, son erişim: 25.01.2017

Gruske, C., (2015). Mass Customization, Value Additive, Temmuz / Ağustos <http://www.canadianshipper.com/features/value-additive/>, son erişim: 27.08.2016.

Havacılık sanayinde 3B yazıcı kullanımı <http://airtec.aero/>, son erişim tarihi: 02.12.2016.

Havacılık sanayinde 3B yazıcı kullanımı, <http://www.javelin-tech.com/3d-printer/industry/aerospace/>, son erişim: 02.12.2016

Hessman, T., (2013). Reprinting the Supply Chain, New Equipment Digest, Penton's MFG&Supply Chain Group, News & Information.

How will 3D Printing Affect Your Supply Chain Business ?. <http://www.scanco.com/how-will-3d-printing-affect-your-supply-chain-business/>, son erişim tarihi: 15.03.2016.

İtalyan Girişimci Youbionic şirketi 3B yazıcılar ile biyonik el üretiyor, <http://www.log.com.tr/tamamen-3d-yazici-ile-uretilen-protez-el-youbionic-video/>, son erişim: 27.01.2017

Janssen, R., Blankers, I., Moolenburgh, E., Posthumus, B., (2014). TNO: The Impact of 3D Printing on Supply Chain Management, TNO Innovation for Life, <http://3din.nl/wp-content/uploads/2014/02/TNO-Whitepaper-3-D-Printing-and-Supply-Chain-Management-April-2014-web.pdf>

Jin, Y., ve Ji, S., (2013). Partner Choice of Supply Chain Based on 3D Printing and Big Data, Information Technology Journal, 12, (22), 6822-6826.

Kaltenbrunner, H.G., (2014). How 3D Printing is Set to Shake Up Manufacturing Supply Chains, <http://www.theguardian.com/sustainable-business/2014/nov/25/how-3d-printing-is-set-to-shake-up-manufacturing-supply-chains>, son erişim tarihi: 15.03.2016

Kidd, A., ve Sciacchitano, J., (2015). How 3-D Printing Could Disrupt Your Supply Chain, <http://www.industryweek.com/supply-chain/how-3-d-printing-could-disrupt-your-supply-chain>, son erişim tarihi: 15.03.2016

Kietzmann, J., Pitt, L. ve Berthon, P., (2015). Disruptions, Decisions, and Destinations: Enter the Age of 3-D Printing and Additive manufacturing, Marketing & Technology, Business Horizons, (58), 20-215.

Kleviet, A., ve Suraj, M.A., (2015). Is your Supply Chain Additive, Supply Chain Management Review, Mayıs / Haziran, 34 – 39.

Lux Research. (2013). Led by Auto, Medical and Aerospace, 3D Printing to Growing to \$ 8.4 Billion Market in 2025. Boston: Lux Research.

Mackley, C.J., (2014). Reducing Costs and Increasing Productivity in Ship Maintenance Using Product Lifecycle Management, 3D Laser Scanning, and 3D Printing, Naval Postgraduate School Thesis, Monterey, California

Manners-Bell, J. ve Lyon, K., (2012). The Implications of 3D Printing for the Global Logistics Industry, Transport Intelligence, http://www.supplychain247.com/article/the_implications_of_3d_printing_for_the_global_logistics_industry

Mashhadi, A.R., Esmaeillian, B., Behdad, S., (2015). Impact of Additive Manufacturing Adoption on Future of Supply Chains, Proceeding of the ASME 2015 International Manufacturing Science and Engineering Conference, June 8-12, Charlotte, North Carolina, USA.

Mohr, S., ve Khan, O., (2015). 3D Printing and Its Disruptive Impacts on Supply Chains of the Future, Technology Innovation Management Review, November, (5), 11, 20-25.

Nagurney, A., (2013). Supply Chains and Transportation Networks, Handbook of Regional Science, Springer, Germany, (787-810).

NASA Uzay'a 3 Boyutlu Yazıcı Gönderdi, <http://www.3dortgen.com/blog/nasa-uzaya-uc-boyutlu-yazici-gonderdi>, son erişim: 5.11.2016

Nike'in 3B yazıcı teknolojisi ile üretmiş olduğu "Vapor Laser Talon" Modeli, <http://news.nike.com/news/nike-debuts-first-ever-football-cleat-built-using-3d-printing-technology>. son erişim: 26.01.2017

Otomotiv sektöründe 3B yazıcı kullanımı, <http://www.goospoos.com/2012/12/coolest-3d-printing-applications/#AutoMobile>, son erişim tarihi: 02.12.2016.

Özbolat, İ.T., (2012). Yapay Organ Üretimi, 3 Boyutlu Organ Prototiplenmesine Doğru, Bilim ve Teknik Dergisi, 10, (539), 56-59.

Pannet, L., (2014). 3D: The Future of Printing, <http://www.cips.org/en-ME/Supply-Management/Analysis/2014/January/3D-The-future-of-printing/> son erişim tarihi: 15.03.2016

Sağlık Sektöründe 3B yazıcı kullanımı, <http://www.3dsistemler.com/sektorel-alanlar/saglik/>, son erişim: 01.12.2016.

Selko, A., (2015). 3-D Technology Shrinks the Supply Chain, Material Handling & Logistics, 18-20. <http://mhlnews.com/technology-automation/3-d-technology-shrinks-supply-chain>

Shrinking the Supply Chain: Hyperlocal Manufacturing and 3D Printing in Humanitarian Response, OCHA Policy and Studies Series, July 2015, 014. https://docs.unocha.org/sites/dms/documents/ocha_op14_3d%20printing_online.pdf

Standart Bir 3D yazıcı, <http://uk.pcmag.com/lulzbot-mini-3d-printer/39682/review/lulzbot-mini-3d-printer>, son erişim: 25.01.2017.

Troselj, M. (2014). The Impact of 3D Printing, MHD Supply Chain Solutions, May / June.

Uzayda 3B yazıcılar, https://www.nasa.gov/mission_pages/station/research/experiments/3DPrinting1.JPG, son erişim: 02.12.2016

Vargo, S. L., ve Lusch, R. F., (2004). Evolving to A New Dominant Logic for Marketing. Journal of Marketing, 68 (1), 1—17.

Youbionic Şirketi Tarafından 3B yazıcı ile üretilen biyonik el, <http://newatlas.com/3d-printing-bionic-hand-youbionic/34682/>, son erişim: 26.01.2017