

# Bitki Gelişimini Teşvik Eden Rizobakterilere Ait Patentlerin İncelenmesi

**Pınar SÖZER BAHADIR<sup>1</sup>, Özgür GÜVENENLER<sup>2</sup>, Rengin ELTEM<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Biyomühendislik Bölümü, Bornova, İzmir

<sup>2</sup> Ege Üniversitesi EBİLTEM Teknoloji Transfer Ofisi, Bornova, İzmir

## ÖZET

Dünya çapında sürdürülebilir tarım uygulamalarına ilginin artması ile kalıntısız üretime yönelik biyolojik preparatların üretimi ve kullanımını gün geçtikçe yaygınlaşmaktadır. Bitki gelişimini teşvik eden rizobakteriler (plant growth promoting rhizobacteria; PGPR) sürdürülebilir tarım için büyük öneme sahiptir.

Yapılan çalışmaların fikri ve sınai mülkiyet haklarının korunması amacıyla, söz konusu bilimsel veri ve yöntemler, patentler vasıtasıyla dünyadaki tüm araştırmacı ve üreticilerin erişimine sunulmaktadır. Patent dökümanları ilgililenilen konuya ait içerdiği teknik, yasal ve ticari bilgiler sayesinde, en güncel teknolojik bilgi kaynağı olarak nitelendirilmektedir. Dünya çapında agrobiyoteknolojik çalışmalara olan eğilime paralel olarak, bu alandaki patent başvuruları da artış göstermiştir.

Çalışmamızda PGPR'lara ait, mikrobiyal gübre ve/veya biyokontrol etmeni olarak aktivite gösteren çeşitli mikroorganizmalar, üretim yöntemleri, ürün geliştirme amacıyla kullanılan teknikler ve çeşitli uygulamaların yer aldığı dünya çapındaki patent başvurularının taranması amaçlanmıştır. Patent tarama çalışması ile ulaşılabilen 273 adet patente ait bilgiler sınıflandırılarak grafikler ve çizelgeler ile sunulmuştur.

**Anahtar sözcükler:** Bitki gelişimini teşvik eden rizobakteriler, PGPR, mikrobiyal gübre, biyokontrol etmeni, patent

## Investigation of Patents Belongs to Plant Growth Promoting Rhizobacteria

### ABSTRACT

Worldwide, along with the increased interest in sustainable agriculture practices, residueless oriented production of biological preparations and their use is increasing day by day. Plant growth promoting rhizobacteria (plant growth promoting rhizobacteria; PGPR) are of great importance for sustainable agriculture.

For protecting the intellectual and industrial property rights of the studies, this mentioned topic provides access of scientific data and methods to researchers and manufacturers all over the world through the patents. Technical, legal and commercial information of the topic related to patent document can be considered as the most latest source of technological information. In parallel with the trend towards agro-biotechnological work around the world, patent applications in this area have also increased.

Our study aimed to screen worldwide patent applications about various microorganisms belongs to PGPR group showing activities as microbial fertilizers and/or biocontrol agents, techniques used for production and development of product and scope of various practises. Information about 273 accessible patents, attained with the patent survey is classified and presented with charts and graphs.

**Key words:** Plant growth promoting rhizobacteria, PGPR, microbial fertilizer, biocontrol agent, patent

## I. GİRİŞ

Son yıllarda tarımda organik girdilerin kullanımını hedefleyen sürdürülebilir üretim sistemlerinin geliştirilmesi önem kazanmıştır. Biyoteknolojik süreçlerle azalan kimyasal girdi sayesinde daha fazla ve sağlıklı gıda üretiminin sağlanmasına yönelik çalışmalar her geçen gün artmaktadır [6,7,26]. Bu amaçla özellikle organik tarım için önemli bir potansiyele sahip mikrobiyal kaynaklar değerlendirilmektedir [5,22,24,25].

Biyolojik gübre kavramı son yıllarda genişleyerek, bitki gelişimi, verim ve ürün kalitesini iyileştiren, serbest yaşayan biyokontrol etmeni veya mikrobiyal gübre olarak iş gören mikroorganizmalar için genel bir başlık altında, “bitki büyümesini teşvik eden rizobakteriler (PGPR)” terimi kullanılmaya başlanmıştır [2,7,36]. PGPR’ların, bitki gelişimi ve kalitesinde yaptıkları olumlu etkiler çeşitli çalışmalarda ayrıntılı olarak verilmiştir [3,7,8-10,13,14,17-21,27,31,33,39,40].

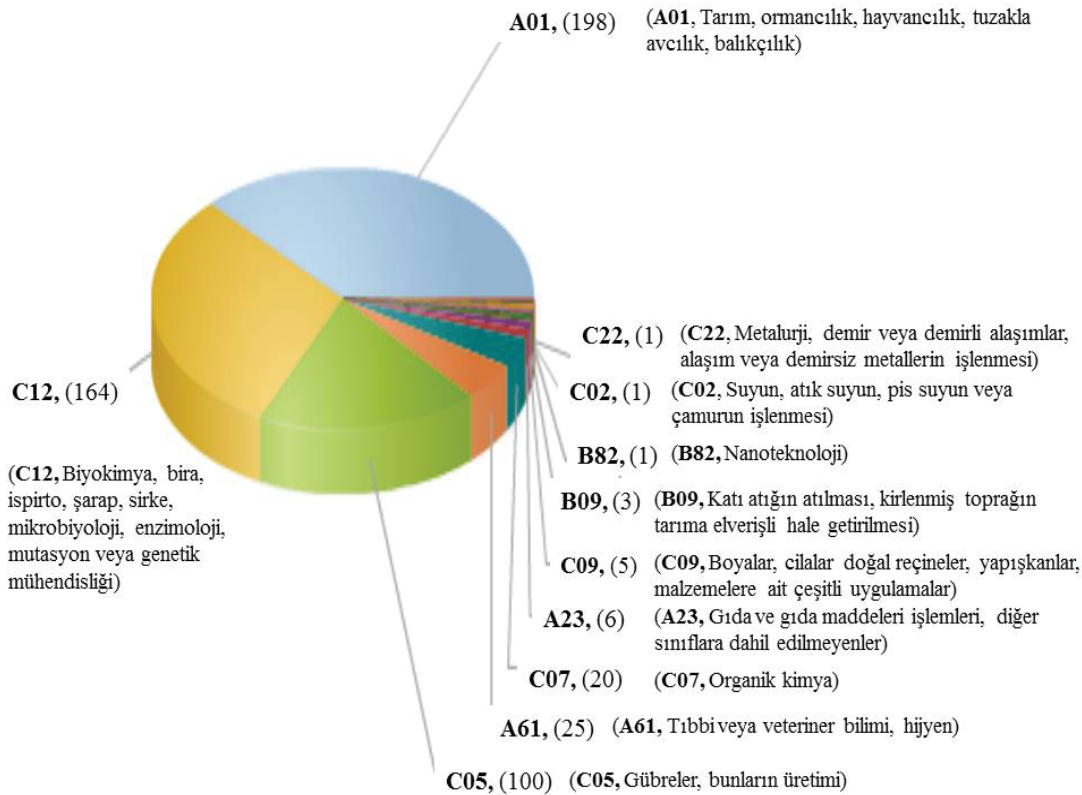
Bu derlemede, PGPR’lar ile ilgili ulaşılabilen patentlerin, uluslararası patent sınıflandırma kriterlerine göre yer aldığı sınıflara, ilk yayınlanma tarihi esas alınarak yıllara ve başvuruların yapıldığı ülkelere (ülke orijini) göre dağılımı

incelenmiştir. Bunun için geniş bir anahtar kelime listesi oluşturularak PatBase Express, EPO (European Patent Office) Espacenet, EPO Global Patent Index, WIPO (World Intellectual Property Organization) Patent Scope, Google Patents ve TPE (Türk Patent Enstitüsü) gibi çeşitli veri tabanları üzerinden tarama yapılmıştır [11,12,15,28,34,37].

Çalışmada ülkemizde PGPR’larla çalışan araştırmacıların bilimsel çalışmalarını patente dönüştürebilmeleri için var olan patentler ve patent başvurularının incelendiği bir kaynak oluşturulması amaçlanmıştır. Bu amaçla PGPR’lara ait ulaşılabilen patent/patent başvuruları; mikrobiyal gübre ve/veya biyokontrol etmeni özelliklerinin vurgulandığı çalışmalar, çeşitli üretim yöntemleri ve bitki uygulamalarına göre sınıflandırılarak, organizma ile ilgili detaylar, patent konusunu içeren kısa başlık ve yayın tarihine ait patent numaralarının yer aldığı çizelgeler oluşturulmuştur.

## II. PGPR’LAR İLE İLGİLİ ULAŞILABİLEN ÇEŞİTLİ PATENTLER

Uluslararası Patent Sınıflandırması (International Patent Classification, IPC) indeks sayfası, teknoloji alanlarına göre



Şekil 1. Uluslararası patent sınıflandırma kriterlerine göre ulaşılabilen patentlerin yer aldığı sınıflar ve patent sayıları [11,12,15,28,34,37].

A'dan H'ye kadar büyük harflerle belirlenmiş 8 bölüm listesi içermektedir. IPC hiyerarşik bir sistem olup bölümler, sınıflar, alt sınıflar ve gruplardan (ana grup ve alt grup) oluşur. IPC'nin halen kullanılmakta olan sekizinci baskısı A dan H ye kadar büyük harflerden biriyle belirlenmiş sekiz bölüm altında yaklaşık 70.000 grup içermektedir [34].

PGPR'lara ait ulaşılabilen patentler incelendiğinde, A (İnsan İhtiyaçları, 223 adet) ile B (İşlemlerin Uygulanması; Taşıma, 6 adet) ve büyük çoğunluğunun da C (Kimya; Metalurji, 293 adet) bölümü altındaki sınıflarda yer aldığı tespit edilmiştir. Ulaşılabilen patentler en fazla C05F11/08 (*Bakteriyel kültürler; miseller vb. içeren organik gübreler*, 66 adet) alt grubunda yer almaktadır. Şekil 1'de incelenen patentlerin konularına göre sınıflandırma kriterleri açısından dağılımı verilmiştir. Bir patent birden fazla sınıfta yer alabilmektedir.

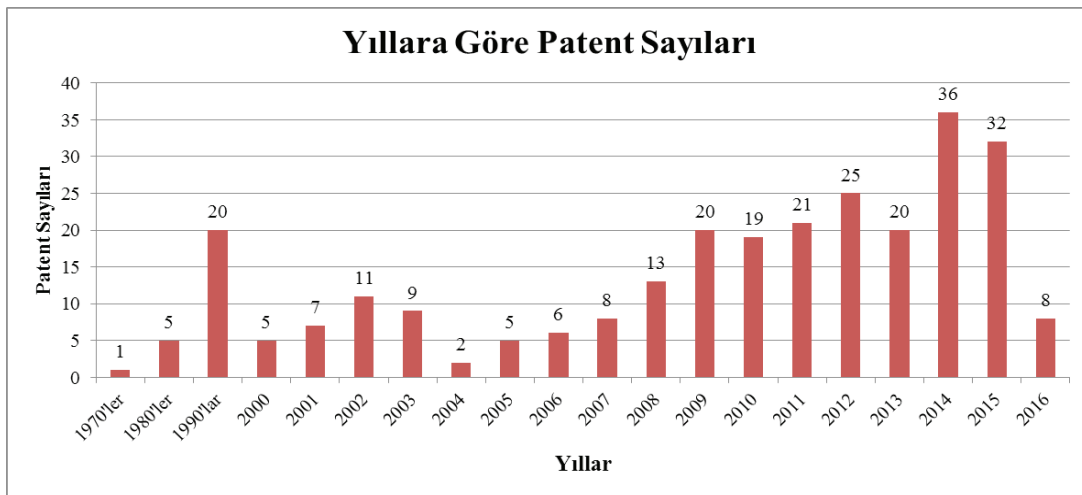
PGPR'larla ilgili ilk patentin (US4155737A, Çizelge 3) yayınlandığı 1979 yılı ile 2016 (02 Mart 2016) yılı arasında ulaşılabilen başvurusu yapılan, yayınlanan ve/veya tescillenmiş 273 adet patentin ilk yayınlanma tarihlerine bakılarak yıllara göre sayıları Şekil 2'de gösterilmiştir. Çizelge 1-4'te verilen 273 adet patentin %46,15 (126' adet)'i tescillenmiştir. Bu patentlere ait farklı ülkeler üzerinden 1102 adet başvuru ve 373 adet patent tescili bulunmaktadır.

2014 ve 2015 yıllarında yapılan başvurular için halen süreç devam etmektedir. 2016 yılı için de iki aylık süreçte sekiz adet patent kaydı mevcuttur. Bu bilgi, 2014 yılından beri süreci devam eden patentlere aittir. Patent başvuruları, 18 aylık sürenin sonunda yayınlanarak veri tabanları üzerinden ulaşılabilir duruma gelmektedir. 2015 ve 2016 yıllarında yapılan patent başvuruları için süreç devam etmektedir.

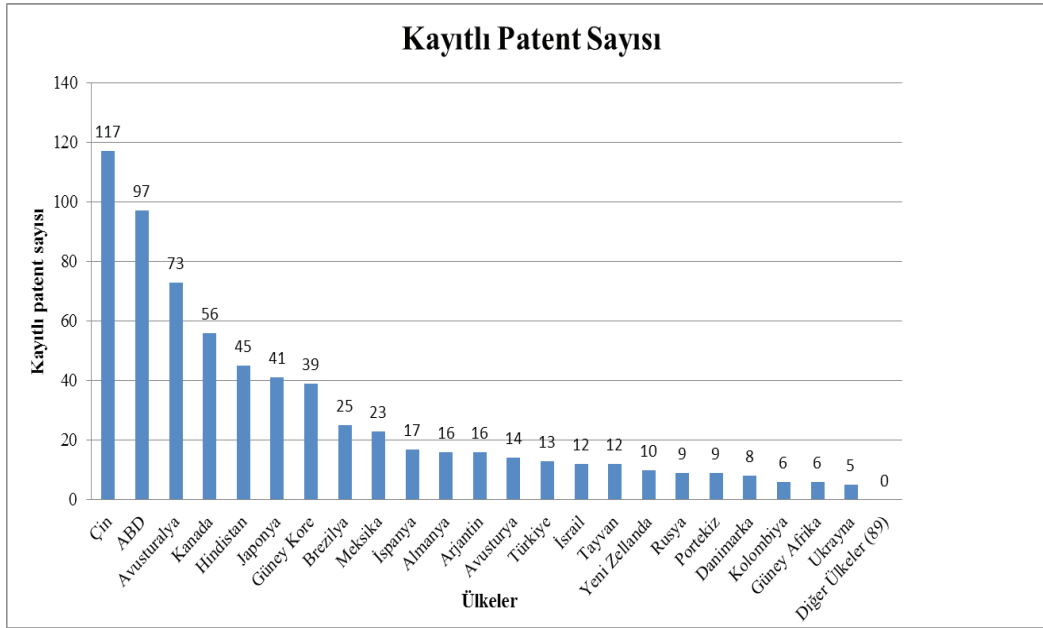
## 2.1 Patentleme Faaliyetlerinin Ülke Orijini, Kurum, Kuruluş ve Firmalar

PGPR'larla ilgili çeşitli araştırmalara ait patentlerin yayınlanma tarihleri esas alınarak başvuru sahiplerinin fikri mülkiyet haklarını korumak istedikleri ülkelere göre yapılan sınıflandırmada sırasıyla Çin (117), Amerika Birleşik Devletleri (97), Avustralya (73), Kanada (56), Hindistan (45), Japonya (41), Güney Kore (39) başta olmak üzere patent sayılarının ülke orijini Şekil 3'te verilmiştir. Fikri ve sınai mülkiyet haklarını koruma altına almak isteyen araştırmacı/firma/üniversite vb. patent için birden fazla ülkeye başvuruda bulunarak buluşunu koruma altına alabilmektedir. Dünya Fikri Mülkiyet Hakları Örgütü'ne üye 184 ülkeyi temsil eden WO'ya kayıtlı 127 ve Avrupa Patent Ofisine yapılan başvurulara ait Avrupa Patenti (EP)'ne kayıtlı 82 patent PGPR'larla ilgili çeşitli çalışmalarını konu almaktadır. Hem Türk hem de yabancı araştırmacıların fikri ve sınai mülkiyet haklarını korumak amacıyla Türk Patent Enstitüsü'nde PGPR'larla ilgili 13 adet patent kaydına ulaşılmıştır (Şekil 3).

PGPR'lar için ulaşılabilen patentler incelendiğinde, 221 adet başvuru sahibine göre yapılan sınıflandırmada, 273 adet patentin %41,4 (113 adet)'ü firmalara, %39,9 (109 adet)'ü araştırma merkezleri/üniversitelere ait iken %13,2 (36 adet)'si buluşçuların bireysel başvurularına aittir. Firmaların akademik çevre ile işbirliğiyle yaptığı başvurular %1,1 (3 adet) ve buluşçuların firmalar ile işbirliği sonucunda yaptığı başvurular %4,4 (12 adet) ile sınırlı kalmaktadır [11,12,15,28,34,37].



Şekil 2. PGPR'larla ilgili olarak ulaşılabilen patentlerin yayınlandığı yıllara göre sayıları [11,12,15,28,34,37].



Şekil 3. Patent sayılarının ülke orijini [11,12,15,28,34,37].

PGPR'lar için başvuru/alınan patentlere rağmen, sınırlı sayıda buluş/yenilik ticarileştirilerek piyasaya sunulmuştur. Biyoteknoloji pazarının önde gelen firmalarından Bayer Crop Science AG (US20001022968A, US2003186852A, US2012231951A, US2013142759A, US2014364309A, US2015011389A, US2015282483A), Novozymes (US2010093538A, US2014143909A), Bioorganics™ (US4551164A, ES8608039A), Du Pont™ Nutrition Bio Sci. Aps (CN85108913A, WO15092549A3), Bioagri AB (WO9945787A1, WO0000032A1), Monsanto Technology LLC (US2014342905A), Syngenta Participations AG (US2003060496A), Basf SE (US2013017949A) ve Biocrop AG (US9187381B)'nin PGPR'larla ilgili formülasyon/üretim yöntemlerine ait çeşitli patentleri mevcuttur ve/veya buluş sahiplerinden patent devralmışlardır. Ulaşılabilen patentlerin önemli bir kısmı Asya-Pasifik kökenli üniversite, araştırma merkezi ve firmalara aittir [11,12,15,28,34,37].

PGPR'lara ait ulaşılabilen patentlerde, Chungbuk Ulusal Üniversitesi Akademik İşbirliği Kurumu- Kore (KR20140054570A; KR100755509B; KR20100115006A; KR20100115002A; KR20100053745A; KR20100053743A), Nanjing Ziraat Üniversitesi- Çin (CN101914474A; CN102943061A; CN104357351A; CN102524303A; CN103805536A; CN104974962A; CN105112319A; US2011214463A; US2011214464A; US2011182860A; US2012045427A) ve Hindistan Tarımsal Araştırma Kurumu (IN03603CH2010A; IN04310CH2011A; IN00518DE2011A; IN01710DE2009A) patent başvuru

sayısında ilk sıralardadır. Ülkemizden de Ege Üniversitesi ve Yeditepe Üniversitesi araştırmacılarının PGPR'larla ilgili çeşitli patentleri mevcuttur [11,12,15,28,34,37].

### 2.2 Mikrobiyal Gübre/Biyokontrol Etmeni İşlevlerine Göre PGPR'lara Ait Patentler

PGPR'lar, biyolojik azot tespiti, mineral ve organik fosfat bileşiklerinin çözünürlüğü gibi bitki gelişimi için gerekli besin elementlerinin döngüsünün sağlanması, oksin (IAA; indol-3-asetik asit), gibberellin, sitokinin gibi çeşitli bitkisel hormon üretimi, 1-aminosiklopropan-1-karboksilat (ACC) deaminaz enzim aktivitesi ile etilen sentezinin engellenmesi, siderofor üretimi yoluyla demir alımının artırılması, vitamin sentezi, kök geçirgenliğinin artırılması gibi doğrudan mekanizmalarla "mikrobiyal gübre" olarak bitki gelişimini ve kalitesini desteklemektedir. Ayrıca, antibiyoz, rekabet, hiperparazitizm, sistemik dayanıklılığın uyarılması, antibiyotik ve litik enzim üretimi vb. dolaylı mekanizmalarla bitki patojenlerine karşı "biyokontrol etmeni" olarak iş görmektedirler. Bununla birlikte bazı PGPR'lar da kirlenmiş topraklarda ksenobiyotiklerin biyolojik olarak bozunumunu sağlayabilmekte ve toprak agregasyonuna destek olabilmektedir [1,4,7,16,18,23,35,38,41].

Mikrobiyal gübre olarak işlev gören PGPR'lara ait ulaşılabilen patentler, organizma detayları, kısa başlıkları, yayınlanma tarihi ve patent numarası bilgileriyle Çizelge 1'de verilmiştir. Ulaşılabilen patentler arasında biyokontrol etmeni özellikleri vurgulanan patentler ise Çizelge 2'de verilmiştir.

**Çizelge 1.** Mikrobiyal gübre olarak işlev gören PGPR'lara ait ulaşılabilen patentler [11,12,15,28,34,37].

Organizma / Detay	Kısa Başlık	Tarih	Patent
<i>Azospirillum brasilense</i> SAB MKB	Bitki gelişimini iyileştiren mikroorganizmalar	1999	US5951978A
<i>Microbispora</i> , <i>Streptomyces</i> , <i>Streptosporangiaceae</i> , <i>Bacillus subtilis</i> , <i>Nocardiodetes</i>	Bitki gelişimini teşvik etmek için endofitik aktinomisetler ve onların metabolitlerini içeren karışımlar	2007	US2007142226A
<i>Bacillus megaterium</i>	Bitki gelişiminin çok yönlü sağlanması	2015	RU2558291C
<i>Bacillus megaterium</i> A07, <i>Paenibacillus barcinonensis</i> A10, <i>Pseudomonas fluorescens</i> N04, <i>Bacillus cereus</i> T11, <i>Lysinibacillus sphaericus</i> T19, <i>Paenibacillus alvei</i> T22, <i>Paenibacillus alvei</i> T29	Bitki gelişimini teşvik eden rizobakteriler ve kullanımları	2015	WO15114552A1
<i>Serratia</i> sp.	Bitki gelişimini teşvik eden rizobakterileri içeren karışım	1998	WO9844802A1
<i>Enterobacter cancerogenus</i>	Bitki gelişimini teşvik eden rizobakteriler (PGPR) ve uygulamaları	2015	CN104805045A
<i>Bacillus subtilis</i> ve <i>Chlorella saccharophila</i>	Mikrobiyal bitki büyüme destekleyicileri	1985	US4551164A
<i>Escherichia</i> sp., <i>Bacillus subtilis</i> , <i>Chlorella saccharophila</i>	Mikrobiyal bitki büyüme destekleyicileri	1986	ES8608039A
<i>Escherichia</i> sp., <i>Bacillus subtilis</i> , <i>Chlorella saccharophila</i>	Mikrobiyal bitki büyüme destekleyicileri ve verim artırıcılar	1987	CN85108913A
<i>Pseudomonas putida</i> , <i>Pseudomonas fluorescens</i> , <i>Arthrobacter citreus</i> , <i>Serratia liquefaciens</i> , <i>Flavobacterium</i> sp.	Agronomik köksüz ürünler için bitki gelişimini teşvik eden rizobakteriler	1996	US5503651A
<i>Pseudomonas putida</i> , <i>Serratia liquefaciens</i> , <i>Pseudomonas</i> sp., <i>P. fluorescens</i> , <i>Arthrobacter citreus</i>	Bitkilerde köklerde kolonize olabilen bakteriyel kültürler	1996	US5503652A
<i>Synechococcus</i> , <i>Halobacterium</i>	Bitki gelişimini destekleyici inokülant	1992	JP4169506A
Çeşitli suşlar*	Bitki gelişimini destekleyici inokülant	1992	JP4178311A
<i>Azospirillum</i> , <i>Rhodobacter</i> , <i>Rhodopseudomonas</i> , <i>Rhodospirillum</i> , <i>Rhodomicrobium</i> , <i>Rhodopila</i>	Bitki gelişimini iyileştiriciler ve bitki gelişimini destekleyiciler	1997	JP9227322A
<i>Pseudomonas fluorescens</i> LS20 (KCTC 8912P)	Siderofor üreten yeni antagonizma türü <i>Pseudomonas fluorescens</i> LS20	2000	KR20000040193A
<i>Bacillus subtilis</i> , <i>Saccharomyces</i> , <i>Lactobacillus</i> sp., asimbiyotik <i>Azotobacterium</i> , streptomiset, silikat bakterisi*	Biyolojik fungus gübre bileşimi	2002	CN1380271A
<i>Lactobacillus</i> sp.	Bakteriyel büyüme artırıcı	2007	US2009087517A
<i>Bacillus fusiformis</i> , <i>Enterobacter pyrinus</i>	Bitki gelişimini teşvik eden rizobakterilerden mikrobiyal inokülantlar	2008	PH2007000122A
<i>Sphingomonas</i> sp. DZYN56	Hindistan sakız ağacı bitkisi rizosferinden büyüme teşvik edici <i>Azotobakter</i> (DZYN56) ve kullanımı	2008	CN101319198A
<i>Microbacterium phyllosphaerae</i> ATSB31 (KACC 91417P) ve <i>Pandoraea</i> sp. ATSB30 (KACC 91418P)	Bitki büyümesini kaya fosfatını çözerek teşvik eden bakteriler ve bunlar kullanılarak bitki büyümesini teşvik etme yöntemi	2010	KR20100053745A
<i>Pandoraea sputorum</i> ATSB28 (KACC 91416P) ve <i>Burkholderia kururiensis</i> ATSB13 (KACC 91415P)	Toprakta rizosferden izole edilen bitki büyümesini teşvik eden bakteriler ve bunlar kullanılarak bitki büyümesini teşvik etme yöntemi	2010	KR20100053743A
<i>Paenibacillus</i> sp. G4	Potasyum bakterisi <i>Paenibacillus</i> sp.G4 ve bitki gelişimini desteklemeye yönelik uygulamaları	2014	CN103805536A
<i>Bacillus megaterium</i> ZH5	<i>Bacillus megaterium</i> ve uygulamaları	2014	CN103992963A
<i>Bacillus cereus</i> GF1, <i>Streptococcus thermophilus</i> BLST, <i>Bacillus mucilaginosus</i> G3, <i>Bacillus subtilis</i> B7348, <i>Bacillus subtilis</i> N9135, <i>Lactobacillus plantarum</i> ve <i>Candida utilis</i>	Suda çözünebilen büyüme destekleyici mikrobiyal bakteri gübresi	2015	CN104844284A
Ektomikoriza, azot tespit eden bakteriler*, fosfat çözümlen bakterisi*, <i>Bacillus</i> , <i>Acinetobacter</i>	İyileştirilmiş toprak gübresi	2016	CN105237290A

<i>Lactobacillus plantarum</i> FERM BP21501	Bitki gelişimini teşvik eden inokülant ve bitki gelişimini teşvik etme yöntemi	2016	WO16021204A1
<i>Bacillus megaterium</i> ve <i>Bacillus mucilaginosus</i>	Tarımsal gübrelemede kullanılabilir, <i>Bacillus megaterium</i> ve <i>Bacillus mucilaginosus</i> içeren biyogübre ürünleri	2014	WO14163472A1
<i>Bacillus subtilis</i> , <i>Bacillus amyloliquefaciens</i> , <i>Bacillus licheniformis</i> , <i>Neocercomonas</i> sp., <i>Cercomonas</i> sp., <i>Vannella</i> sp., <i>Sandona</i> sp., <i>Bodomorpha</i> sp.	Bakteriler ve protozoa içeren gübre	2015	WO15199541A1
<i>Saccharomyces</i> sp., <i>Actinomyces</i> sp., <i>Rhodobacter</i> sp., <i>Bacillus</i> sp.	Faydalı toprak mikroorganizmaları içeren mikrobiyal materyal ve hazırlama yöntemi	2004	KR20040006046A
<i>Azospirillum brasilense</i> CW301 (KACC 91224P)	Azot tespit etme yeteneğinde olan özgün <i>Azospirillum brasilense</i> 'nin büyüme teşvik edici etkisinin biyogübre olarak kullanımı ve bu amaçla hazırlanma süreci	2007	KR100755509B
<i>Bacillus subtilis</i> NRRL B50055	Tarımsal kullanım için <i>Bacillus subtilis</i> suşu	2009	WO09031874A1
<i>Escherichia coli</i> DH1 ve <i>Pseudomonas</i> sp. BWDY42	Bitki büyümesini destekleyici nitrat indirgeyen mikrobiyal biyogübre karışımları	2011	IN00518KO2011A
<i>Bacillus methylotrophicus</i> UTM401 (CGMCC No.5927)	<i>Bacillus methylotrophicus</i> UTM401 ve uygulamaları	2012	CN102703363A
Azot bakterileri*, <i>Rhizobium</i> spp., <i>Metarhizium anisopliae</i> , <i>Beauveria bassiana</i> , <i>Oceanosporillales</i>	Mikroorganizma içeren biyogübreler	2013	CN103351182A
Azot bakterileri*, <i>Rhizobium</i> spp., <i>Metarhizium anisopliae</i> , <i>Beauveria bassiana</i> , <i>Oceanosporillales</i>	Topraktaki faydalı bakteri içeriğini artırma yeteneğindeki biyogübre	2013	CN103351223A
<i>Bacillus subtilis</i> JS	<i>Miscanthus</i> (Çin kılıçotu) toprak rizosferinden izole edilen <i>Bacillus subtilis</i> JS suşunun bitki gelişimi destekleyen özellikleri ve kullanımı	2014	KR20140028777A
<i>Pseudomonas veronii</i> JS128 (KACC91746P), <i>Pseudomonas grimontii</i> JS1215 (KACC91747P), <i>Rhodococcus aetherivorans</i> JS2210 (KACC91748P)	Ağır metallerle kirlenmiş topraklardan izole edilen arsenik direncine sahip bakteri suşunun bitki gelişimini destekleyici özellikleri ve bu amaçla kullanımı	2014	KR20140054570A
<i>Oceanosporillales</i>	Yeşil ferment bakteri biyogübreleri	2014	CN104230552A
Mikorizal fungus*	Mikoriza içeren özgün biyogübre karışımı üretim yöntemi	2015	IN04055DE2012A
<i>Bacillus megaterium</i> X3	<i>Bacillus megaterium</i> X3 suşu hazırlama yöntemi ve uygulaması	2015	CN104928212A
<i>Bacillus thuringiensis</i> , <i>Burkholderia vietnamiensis</i> , <i>Burkholderia metallica</i> , <i>Pantoea agglomerans</i>	Bitki gelişimini destekleyen mikroorganizmalar ve kullanımları	2012	US2014342905A
Çeşitli suşlar*	Toprak iyileştirici	2015	EP 2755464A4
<i>Penicillium bilaii</i>	Bitkiler için bulunabilir fosfatın çözünürlüğünü artırmak için mikrobiyal suşlar, kompozisyonlar ve yöntemler	2014	US2014143909A
<i>Acinetobacter</i> sp. (CGMCC No.10241)	Büyümeyi teşvik eden bakteri Y40 ve uygulaması	2015	CN104974962A
<i>Bacillus subtilis</i> G1	Bitki gelişimini teşvik eden <i>Bacillus subtilis</i> G1 uygulaması	2014	CN103563996A
<i>Bacillus stratosphericus</i> (CGMCC No.7622)	Büyümeyi teşvik eden aktif 1-aminosiklopropan-1-karboksilik asit (ACC) enzimi üreten bakteri ve uygulaması	2014	CN103642730A
<i>Pseudomonas</i> Y2	Fosfat çözücü bakteri <i>Pseudomonas</i> Y2, biyoorganik gübre	2015	CN105112319A
<i>Paenibacillus</i> spp.	Bitki büyüme teşvik edici ve tuz toleransını iyileştirici	2013	JP2013075881A
<i>Bacillus aryabhatai</i> CAP53-CAP56, <i>Bacillus flexus</i> BT054, <i>Paracoccus kondratievae</i> NC35, <i>Enterobacter cloacae</i> CAP12, <i>Bacillus nealsonii</i> BOBA57	Bitki gelişimini teşvik eden bakteriler ve kullanım yöntemleri	2014	US2014274691A

\*: Türü belirtilmeyen mikroorganizmalar.

Çizelge 2. Biyokontrol etmeni olarak işlev gören PGPR'lara ait ulaşılabilen patentler [11,12,15,28,34,37].

Organizma/Detay	Kısa Başlık	Tarih	Patent
<i>Pseudomonas spinosa</i> (Lkm/B/2), <i>Pseudomonas putida</i> (Lkm/B/1; Lkm/B/35; Lkm/B/ 76c), <i>Burkholderia gladioli</i> (Lkm/B/4), <i>Burkholderia</i> spp.	Biyokontrol etmeni olarak mikrobiyal formülasyonlar	2005	MY135549A
<i>Bacillus</i> spp., <i>Serratia</i> sp.	Biyokontrol etmeni olarak mikrobiyal inokülant PSX'in toprak kökenli bazı hastalıklara karşı çeşitli bakteri kombinasyonları	2009	US2011182860A
<i>Coniothyrium minitans</i> CM2004	Biyokontrol etmeni <i>Coniothyrium minitans</i> CM2004 suşunun <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> ve <i>S. minor</i> 'un neden olduğu hastalıkları önlemek amacıyla hazırlanması ve uygulaması	2011	CN102234619A
<i>Coniothyrium minitans</i> CHY1C1	Biyokontrol etmeni <i>Coniothyrium minitans</i> CHY1C1 suşunun <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> ve <i>S. minor</i> 'un neden olduğu hastalıkları önlemek için hazırlanması ve uygulaması	2010	CN102408995A
<i>Myxamoebae</i>	<i>Amoeba</i> ve biyokontrol amacıyla kullanımı	2014	US2014056850A
<i>Bacillus subtilis</i> TRB3	Tütünde siyah kök çürüklüğüne karşı biyokontrol suşu	2012	CN102747013A
Çeşitli suşlar*	Toprak hastalıklarının etkilerini baskılama yeteneğindeki tarımsal materyal	1999	JP11092320A
<i>Trichoderma</i> , <i>Fusarium</i> , <i>Penicillium</i> , <i>Saccharomyces</i> ve <i>Gliocladium</i>	Bitki hastalıklarını kontrol eden inokülant ve hastalığı kontrol yöntemi	2003	JP2003192515A
<i>Paenibacillus</i> sp. BS0048, <i>Paenibacillus</i> sp. BS0074, <i>Paenibacillus polymyxa</i> BS0105 ve <i>Paenibacillus</i> sp. BS0277	<i>Paenibacillus</i> genusuna ait özgün suşların bitki hastalıklarını kontrol yöntemi veya kültürü	2007	US2007248583A
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i> MJ3	Bitki gelişimi teşvik edici antifungal rizobakteri <i>Bacillus amyloliquefaciens</i> MJ3'ün kullanılması	2006	KR20060021162A
Çeşitli suşlar *	Biyokontrol amacıyla çeşitli bakteriler ve biyokontrol etmeni bakterileri içeren organik gübreler	2015	CN103518781B
<i>Sphingobacterium ematocida</i> ZY711	Kök ur nematodunun biyokontrolünde görevli mikroorganizma ve uygulaması	2011	CN102212498A
<i>Bacillus</i> sp. (CGMCC No.9689)	Nematot öldüren sfingozin, <i>Bacillus</i> suşu ve uygulamaları	2015	CN104450560A
<i>Burkholderia</i> sp., <i>Bacillus</i> sp.	Toprak mikrobiyal gübreleri olarak özgün <i>Bacillus</i> sp. ve <i>Burkholderia</i> sp.	2006	KR100592540B**
<i>Clonostachys rosea</i> (8710)	Bitki canlılığı, sağlığı, büyüme ve verimin iyileştirilmesi; zararlıların kontrolünde kimyasal kullanımına bağlı çevresel stresin azaltılması için özgün inokülant olarak endofitlerin üretimi ve kullanılması	2009	US2009105076A**
<i>Pseudomonas</i> spp.	<i>Pseudomonas</i> bakterileri	2010	US2010093538A**
<i>Bacillus pumilus</i> (CCTCC No. M2010143)	Endomikoriza destekçi <i>Bacillus pumilus</i> ve uygulama yöntemi	2010	CN101914474A**
<i>Bacillus cereus</i> (CGMCC No.4991)	Bitki gelişimini teşvik edici rizobakteri olarak <i>Bacillus cereus</i> ve uygulaması	2012	CN102321554A**
<i>Bacillus licheniformis</i>	Antimikrobiyal aktiviteye sahip <i>Bacillus licheniformis</i>	2012	KR20120063581A
<i>Bacillus</i> spp.	Büyüme, bitki sağlığının desteklenmesi ve hastalık ve zararlıların kontrolü ile zımpara kağıdı inciri ( <i>sand paper fig</i> ) bitkisinin gelişiminin iyileştirilmesi amacıyla mutant <i>Bacillus</i> 'a ait yöntemler	2012	US2012231951A**
<i>Trichoderma harzianum</i> (HAN12)	<i>Trichoderma harzianum</i> (HAN12) suşu ve kök boğazı yanıklığına karşı bitkiyi korumaya yönelik uygulamaları	2012	CN102719364A
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i> (CGMCC No. 6676)	Bitki gelişimini destekleyen bakteri ve fungusit olarak uygulaması	2014	CN103820348A

<i>Bacillus amyloliquefaciens</i> (CGMCC No. 6676)	Bitki gelişimini destekleyen bakteri ve fungusit olarak uygulaması	2014	CN103820349A
<i>Bacillus subtilis</i> EB045 (KACC91355P)	Özgün antifungal ve büyüme teşvik eden ve biyopestisit <i>Bacillus subtilis</i> EB045 (KACC91355P) bakterisinin sıvı üreme ortamı	2009	KR20090125978A**
<i>Gluconacetobacter</i>	<i>Gluconacetobacter</i> suşunun bitki gelişimini teşvik etmek amacıyla kullanılması	2015	CN105132332A**
<i>Serratia plymuthica</i> (A 153)	Yeni bakteriyel izolat, hazırlanma yöntemi ve aktif bileşenlerinin kullanımı	2003	US2003130121A
<i>Penicillium bilaii</i>	Bir fosfat çözücü mikroorganizma ve fungisidal aktif bileşen içeren bileşikler	2013	US2013017949A
<i>Meira geulakonigae</i> (CBS 110052), <i>Meira argovae</i> (CBS 110053) ve <i>Acaromyces ingoldii</i> (CBS 110050)	Çeşitli fungus türleri ve bunların zararlılarla mücadele ve hastalıkların kontrolünde kullanılması	2005	US2005119125A
<i>Aspergillus oryzae</i> , <i>Aspergillus sojae</i> (NRRL 21368, NRRL 21369, NRRL 21882, NRRL 30038, NRRL 30039)	Ürünlerde aflatoxin kontaminasyonunun kontrolü için toksijenik olmayan <i>Aspergillus flavus</i> suşu	2012	US2012183507A
<i>Pichia anomala</i> , <i>Candida oleophila</i> , <i>Ulocladium atrum</i>	Biyopestisit kompozisyonları	2004	US2004096428A
<i>Lactobacillus parafarraginis</i> , <i>L. buchneri</i> , <i>L. rapi</i> , <i>L. zeae</i> , <i>L. casei</i> , <i>L. paracasei</i>	Antimikrobiyal aktivite ve biyokontrol özelliği olan bakteriyel suşlar	2014	WO14172758A1
<i>Metarhizium</i> sp.	Toprak kökenli zararlıların biyolojik kontrolü	2002	WO02087344A1
<i>Bacillus pumilus</i> QST2808	Nematotların biyokontrolü	2013	US2013142759A
<i>Trichoderma atroviride</i> SC1	Bitkilerdeki fungal hastalıkların biyokontrolü için <i>Trichoderma atroviride</i> SC1	2011	US2011020286A
<i>Paecilomyces carneus</i>	<i>Paecilomyces</i> ile fitoparazitik nematotların biyokontrolü	2015	US2015342199A
<i>Lactobacillus casei</i>	Fırsatçı patojen enfeksiyonlarının tedavisinde kullanılmak üzere biyokontrol etmenleri	1997	WO9736603A1
<i>Cryptococcus flavescens</i>	<i>Fusarium</i> solgunluğunun biyokontrolü için protiyokonazol'e toleranslı <i>Cryptococcus flavescens</i> suşlarının kullanımı	2011	US2011027233A
<i>M.anisopliae</i> ve mutant <i>E.coli</i>	Biyokontrol mikroorganizmaları	2012	US2012263690A
<i>Paenibacillus alvei</i> (TS15)	<i>Paenibacillus alvei</i> (TS15) ve ürünlerdeki patojenik organizmaların kontrolünde kullanımı	2014	US2014322168A
<i>Aspergillus flavus</i>	Toksijenik olmayan <i>Aspergillus flavus</i> suşu	2014	WO14191917A1
<i>Trichoderma asperellum</i>	<i>Phytophthora ramorum</i> 'un istila ettiği topraklardan giderilmesinde <i>Trichoderma asperellum</i> 'un kullanımı	2015	US2015056169A
<i>Pseudomonas</i> spp. (KI72, AB131, KI 353, MF41, MA 358)	Özgün biyokontrol etmenleri	2000	WO0000032A1
<i>Sphaerodes mycoparasitica</i>	<i>Fusarium</i> ve diğer patojenik funguslar ve mikotoksin biyokontrolü	2012	US2012156173A
<i>Paenibacillus macerans</i> , <i>Pseudomonas putida</i> <i>Sporobolomyces roseus</i>	Bitkilerde <i>Paenibacillus macerans</i> , <i>Pseudomonas putida</i> , <i>Sporobolomyces roseus</i> ile biyokontrol	2002	US2002028228A
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i> FZB42	Bitkiler için biyolojik etmenler	2015	WO15092549A3
<i>Verticillium lecanii</i>	<i>Verticillium lecanii</i> kullanılarak külleme hastalığının kontrolü	2003	WO03000050A2
<i>Bacillus cereus</i> NRRL B30517, NRRL B30519, <i>Bacillus amyloliquefaciens</i> NRRL B30518, <i>Bacillus subtilis</i> NRRL B30520	Patojenik fungusların biyolojik kontrolü için <i>Bacillus</i> suşları	2003	US6589524B
<i>Pseudozyma aphidis</i>	Çeşitli bitki patojenlerine karşı <i>Pseudozyma aphidis</i> 'in biyokontrol etmeni olarak kullanımı	2013	US2013184154A
<i>Pichia anomala</i>	Nemli tahılların depolanmasında <i>Pichia anomala</i> 'nın biyokontrol etmeni olarak ilavesi	1999	WO9945787A1
<i>Bacillus</i> spp.	Yeşil küf inhibitörü	2009	US2009214502A



<i>Bacillus</i> sp. izolat F727	Antifungal, antibakteriyel ve büyüme destekleyici <i>Bacillus</i> sp. suşu	2014	US2014128256A
<i>Rhizobium</i> spp.	İnokülan toleranslı fungisidal bileşikler	2003	US2003060496A
Bakteri suşları (NRRL B30486, NRRL B30487, NRRL B30488)	NRRL B30486, NRRL B30487, NRRL B30488 olan bakteriyel suşların sinerjistik biyoinokülan kompozisyonu ve bu kompozisyonun hazırlanma yöntemi	2003	US2003211119A
<i>Bacillus methylotrophicus</i> YC 7077	Endofitik <i>Bacillus methylotrophicus</i> YC 7077 suşu ve çok fonksiyonlu biyopestisit olarak kullanımı ile mikrobiyal gübre geliştirme	2015	WO14175496A8
<i>Bacillus subtilis</i>	<i>Bacillus</i> genusuna ait özgün bakteri ve kullanımı	2016	WO16027279A1
<i>Bacillus</i> sp.	Bitki hastalıklarının kontrolü için özgün <i>Bacillus</i> sp.	2001	US2001022968A TR200201745

\*: Türü belirtilmeyen mikroorganizmalar.

\*\* : Ulaşılabilen patentler arasında hem mikrobiyal gübre hem de biyokontrol etmeni özellikleri vurgulanan patentler.

### 2.3 PGPR'ların Üretim Yöntemi, Formülasyon ve Bitki Uygulamalarına Ait Patentler

PGPR'larla ilgili araştırma-geliştirme faaliyetleri ile ürün geliştirme çabalarında mevcut teknolojilerin bilinen durumu, geliştirilen üretim yöntemleri ve çeşitli formülasyon çalışmaları patent veri tabanlarından araştırılarak ulaşılabilen patentler Çizelge 3'te verilmiştir. PGPR'larla ilgili bu patentler, çizelgede detayı verilen organizmalara ait çeşitli üretim yöntemleri, ürün geliştirmek amacıyla kullanılan yeni teknolojiler ve çalışılan çeşitli formülasyonlar olarak üç ayrı konu başlığı altında özetlenebilir. Ulaşılabilen patentler arasında mikrobiyal gübre ve/veya biyokontrol etmeni özelliğine sahip mikroorganizmalar için bahsedilen üretim yöntemleri; PGPR özelliğine sahip mikroorganizmaların izolasyonu, suş geliştirme, mikroorganizmalara özgü üretim ortamı ve koşullarının belirlenmesine ait, özellikle düşük maliyeti hedefleyen besiyeri içeriklerinin denendiği çalışmalar ile çeşitli kokültür uygulamalarına aittir.

PGPR biyopreparatları için ürün geliştirme amacıyla yeni teknolojileri konu alan patentlerde, genetik mühendisliği çalışmaları ile geliştirilen biyofarmülasyonlar (US6277625B, US2008182790A, WO09072762A2, CN102943061A, US2004139495A, US2014140961A, US2014274707A, US2015143578A) dikkat çekerken, mevcut biyopreparatların

özelliklerini iyileştirmeye yönelik farklı çalışmalara (IN-00399CH2012A) da rastlanmıştır. Antagonistik aktivite-nin yanısıra uzun raf ömrü ve dayanıklılığın amaçlandığı bir formülasyon için altın ve gümüş nanopartikül biyosentezinin çalışıldığı nanoteknolojik bir uygulama da yeni teknikler arasındadır (US2012108425A). Bakteriyel hastalıkların, yeterli çoğunluğu algılama (quorum sensing) sinyalleri ile kontrol edilmesine ait tekniğin yer aldığı patentler (US7410638B, US2008182790A) ile PGPR'ların tespiti için spesifik oligonükleotit problemlerinin geliştirilmesine ait patentli bir çalışma (EP1130115A2) da mevcuttur.

Çeşitli katkı maddelerinin (örneğin talk tozu, kitin/kitosan vb. kimyasal maddeler ile tarımsal atık ve yan ürünlerin) ilavesiyle geliştirilen formülasyonlar ve PGPR preparatlarının etkinliğini artırmaya yönelik çeşitli uygulamalar (tohum kaplama, suda iyi çözünen/suda tamamen çözünen katı formlar, sıvı, emülsiyon, granül, kapsül vb.) ile amaca yönelik (örneğin alkali toprak yapısı, okaliptüs için özel biyogübre, toprak kaynaklı bitki patojeni funguslara karşı etkili) geliştirilen formülasyonlara (CN101318856A, CN101318857A, US5068105A) ait patentler çizelgede içeriklerinde yer alan organizma detayı ile birlikte verilmiştir. Formülasyon çalışmalarına ait ulaşılabilen patentlerde fungus, bakteri, maya, alg, protozoa ve aktinomisetlerin birlikte kullanıldığı patentlere de rastlanmıştır (IN00864MU2004A).

**Çizelge 3.** PGPR'larla ilgili çeşitli üretim yöntemleri, kullanılan teknolojiler, geliştirilen formülasyonlar ile ilgili çalışmalara ait ulaşılabilen patentler [11,12,15,28,34,37].

Organizma / Detay	Kısa Başlık	Tarih	Patent
<i>Azospirillum</i> ve fosfor çözücü bakteriler*	Bitki sistemi rizosferine etki ederek daha iyi ürün gelişimi ve tarımsal verimlilik için biyokapsül uygulaması	2007	IN01451CH2007A
<i>Aureobasidium</i> spp.	Biyokontrol etmenlerinin hazırlanması, saklanması ve uygulaması için yöntem	2004	WO04047541A1
<i>Bacillus</i> spp.	Bitki gelişimini iyileştirmek için bileşimler ve yöntemler	2007	US2007148754A
Çeşitli suşlar*	Toprak için elverişli mikroorganizmaların iç döngülerini kullanarak bitki gelişiminin iyileştirilmesi yöntemi	2007	KR20070118044A
Azot tespit edebilen, fosfat ve potasyum çözebilen bakteriler*	Biyolojik ve yarı organik fonksiyonel gübreler ve hazırlama yöntemleri	2010	CN101891544A
<i>Bacillus</i> sp.	Buğday ve mısırdaki ors tozu ve toprak kaynaklı hastalıklara karşı fungusit olarak kullanılmak amacıyla biyokontrol etmeni hazırlama yöntemi	2008	CN101485333A
<i>Bacillus firmus</i> , <i>Bacillus cereus</i> , <i>Bacillus pumilus</i> , <i>Bacillus amyloliquefaciens</i> , <i>Bacillus subtilis</i> GB03, <i>Bacillus subtilis</i> QST713	Fluopiram ve biyokontrol etmeni içeren aktif bileşen kompozisyonu	2013	US2015011389A
<i>Trichoderma harzianum</i> , <i>Trichoderma viride</i> ve <i>Bacillus licheniformis</i>	Mikrobiyal bakterisit kompoziti, hazırlama yöntemi ve uygulaması	2014	CN102964178B
<i>Azotobacter chroococcum</i> , <i>Azospirillum lipoferum</i> , <i>Bacillus coagulans</i> , <i>Bacillus tequilensis</i> , <i>Bacillus licheniformis</i>	Biyogübre ve biyopestisit olarak yararlı doğal PGPB karışık kültürleri için teknoloji	2013	IN01060DE2013A
<i>Paecilomyces lilacinus</i>	Biyolojik gübre olarak <i>Paecilomyces lilacinus</i> 'in hazırlama yöntemi	2010	CN101671210A
<i>Bacillus megaterium</i> ve Streptomiset	Bitki büyümesi için bakteri inokülantı ve hazırlama yöntemi	2003	CN1442063A
<i>Bacillus subtilis</i>	<i>Bacillus</i> türlerinin inokülasyonu ile bitki gelişiminin artırılması için karışım ve yöntemler	2003	US2003228679A
<i>Bacillus subtilis</i> EB045 (KACC91355P)	Özgün antifungal ve büyüme teşvik eden ve biyopestisit <i>Bacillus subtilis</i> EB045 (KACC91355P) bakterisinin sıvı üreme ortamı	2009	KR20090125978A
<i>Burkholderia</i> sp.	Ağır metal direnci ve bitki gelişimini teşvik eden özelliğe sahip bakterilerin hazırlanması ve uygulama yöntemi	2010	CN101671636A
<i>Trichoderma citrinoviride</i>	<i>Trichoderma citrinoviride</i> mikropropagüllerinin ekonomik bir süreç ile üretilmesi	2014	WO14104998 A1 US2015368673A
Biyokontrol etmeni*	Liyofilize biyopestisit efervesan granül ve üretim yöntemi	2010	WO2012035454A1 US2013209372A TR201007613A2
<i>Burkholderia cepacia</i> OSU-7, <i>Bacillus megaterium</i> M-3, <i>Bacillus subtilis</i> OSU-142	Biyolojik gübre ve elde edilme yöntemi	2012	TR201206294U
<i>Trichoderma harzianum</i>	<i>Trichoderma</i> granül üretimi	2009	WO09083819A1TR200709242 A2
<i>Trichoderma harzianum</i> , <i>Bacillus subtilis</i> ve <i>Gliocladium roseum</i>	Bitki ürünlerinde sürekli hastalıkların kontrolü için kompozit mikrobiyal inokülantlar, hazırlama yöntemleri ve uygulamaları	2015	CN104531533A
<i>Trichoderma</i> sp. ve <i>Bacillus</i> sp.	Biyolojik olarak hastalık önlenmesinde çimenler için özel kültür substratının hazırlama yöntemi	2012	CN102633564A
<i>Streptomyces</i> sp.	Streptomiset kullanılarak bitki gelişimini teşvik eden rizosfer bakterilerinin üretim yöntemi	2005	CN1565197A

<i>Trichoderma</i> sp.	Mikrobiyal biyokontrol etmeni <i>Trichoderma</i> ile kapsül formda inokülant hazırlama yöntemi	2008	CN101496528A
<i>Pseudomonas auneofaciens</i> Tx-1, <i>Pseudomonas chlononaphis</i> 63-28	Bitki hastalıklarının biyolojik kontrolünde ve bitki gelişimini teşvik etmek için kullanılacak bakteri formülasyonu	2014	US2014026258A
<i>Lysinibacillus sphaericus</i> TC1	<i>Lysinibacillus sphaericus</i> TC1 suşunun bitki hastalıklarında kullanılmak için hazırlanması ve bitki hastalık kontrolü	2014	WO14065589A1
<i>Trichoderma viride</i> , <i>Trichoderma hamatum</i> , <i>Trichoderma harzianum</i> , <i>Talaromyces flavus</i> , <i>Gliocladium virens</i> , <i>Gliocladium roseum</i> , <i>Paecilomyces fumosoroseus</i> , <i>Penicillium oxalicum</i> ve <i>Laetisaria arvalis</i>	Toprak kaynaklı bitki patojenlerinin biyokontrolü için fungal formülasyon	1991	US5068105A
<i>Bacillus subtilis</i>	Mikrobiyal biyokontrol etmeni olarak <i>Bacillus subtilis</i> suşunun hazırlama yöntemi ve uygulaması	2014	CN104357351A
Simbiyotik ve simbiyotik olmayan yolla azot tespit edebilen, fosfat çözebilen, potasyum hidrat mobilizasyonu yapabilen pestisidal, fungisidal ve nematodisidal mikroorganizmalar	Bitkilerin sağlıklı büyümesi için faydalı mikroorganizmaların kapsül formları	2011	WO13035032A2
<i>Streptomyces</i> spp., <i>Trichoderma atroviride</i> , <i>Pseudomonas auroginosa</i>	Antagonistik aktiviteler için uzun raf ömrü ve dayanıklılığın amaçlandığı altın ve gümüş nanopartiküllerin biyosentezi	2010	US2012108425A
CM biyogübre (Ticari ürün)*	Biyolojik organik gübre ve üretim yöntemi	2015	CN101508605A
<i>Lysobacterium enzymogenesis</i>	Genetik modifiye <i>Lysobacterium enzymogenesis</i> suşun bitkiyi bakteriyozisten koruma yeteneği	2013	CN102943061A
<i>Bacillus subtilis</i> JUWEI001	<i>Bacillus subtilis</i> , kültür yöntemi ve uygulaması	2013	CN103146617A
<i>Bacillus subtilis</i> SBT14	Bitki gelişimini teşvik eden <i>Bacillus</i> sp. rizobakterisinin düşük maliyetli üretim yöntemi	2011	IN01155CH2010A
Karışık kültür*	Patojenleri önlemek ve gübre kullanımını azaltmak amacıyla tohum kaplama kompozisyonu ve hazırlanması	2011	IN01491DE2009A
<i>Paenibacillus</i> spp.	Pirinç tohumunda biyokontrolün iyileştirilmesi için bakteriyel biyofilm oluşumu	2012	CN102618466A
Çeşitli funguslar*	Biyogübre ve biyopestisitler için büyümeyi iyileştirme ve taşıyıcı geliştirilmesi amacıyla tapyoka nişastası ve soya unu koformülasyonu	2010	IN00766DE2009A
Çeşitli suşlar*	Bitki gelişimini teşvik edici rizobakteri (PGPR) biyolojik gübreler ve üretim yöntemi	2013	CN102942417A
<i>Pseudomonas fluorescens</i> , <i>Bacillus subtilis</i> , <i>Paenibacillus</i> spp., <i>Pseudomonas putida</i>	Bitki gelişimini teşvik edici rizobakteriyel sıvı inokülant	2014	IN00801CH2011A
<i>Aspergillus awamori</i>	Fosfat çözücü sıvı biyogübre eldesi ve hazırlanışı için yöntem	2006	IN00356MU2006A
<i>Trichoderma harzianum</i>	Bitki hastalıklarının biyolojik kontrolünde bir fungal antagonist emülsiyon formülasyonu	2010	IN03603CH2010A
Fungal biyokontrol etmenleri*	Fungal biyokontrol etmeni için tarımsal atık esaslı büyüme ortamının formülasyonu	2011	IN01335DE2009A
<i>Azospirillum brasilense</i>	<i>Azospirillum brasilense</i> 'nin kist esaslı özgün sıvı biyogübresi ve üretim yöntemi	2011	IN02004DE2010A
<i>Bacillus polymyxa</i>	Strese toleranslı sıvı biyokütlenin fosfat çözücü bakterilerle özgün formülasyonu	2011	IN01547DE2010A
İzolat UW4*	Bitki teşvik edici bakteri ve üretimi	2009	CN101481666A
<i>Trichoderma</i> sp.	Toprak kalitesini artırmak için buğday/pirinç atıklarının mikrobiyal dekompozisyonu	2011	IN01925DE2010A

<i>Trichoderma harzianum</i>	<i>Trichoderma</i> 'nın hindistan cevizi liflerinden üretim süreci	2011	IN04310CH2011A
<i>Azotobacter chroococcum</i>	<i>Azotobacter chroococcum</i> sıvı biyoinokülantı ve üretim süreci	2012	IN00518DE2011A
Karışık bakteri kültürleri*	Biyokontrol formülasyonu ve üretim yöntemi	2013	IN00521DE2011A
<i>E. araneorum</i> (JN036556)	Patates nematot kistlerinin kontrolü için yumurta paraziti fungusun ( <i>Engyodontium araneorum</i> ) biyofarmülasyonu	2013	IN00399CH2012A
<i>Pseudomonas fluorescens</i> LR1	<i>Pseudomonas fluorescens</i> LR1 ile iki fosfat çözücü mikroorganizmadan oluşan sıvı formülasyonun tarımsal gübrelemede kullanılması	2014	WO14163473A1
<i>Azotobacter</i> spp.	Biyogübre ürünü olarak kullanılabilen iki <i>Azotobacter</i> suşunun sıvı formülasyonu	2014	WO14163474A1
<i>Lactobacillus</i> , <i>Bacillus</i> , fotosentetik bakteri*, maya*	Etkili mikroorganizmalar kullanılarak bitki gelişimini iyileştiren içeriğin üretim süreci	2008	KR20080101148A
<i>Pseudomonas cedrina</i> UW3, <i>Pseudomonas putida</i> UW4	Bitki gelişimini teşvik eden bakterilerden oluşan biyolojik preparatlar, hazırlanması ve kullanımı	2009	CN101497542A
Çeşitli suşlar*	İyileştirilen raf ömrü ile bitki gelişimini teşvik eden özgün formülasyon ve hazırlanması	2011	IN01710DE2009A
<i>Pseudomonas aurantiaca</i>	Kültür yöntemi ve uygulamaları	2011	CN102199558A
<i>Bacillus polymyxa</i> , <i>Bacillus subtilis</i> , <i>Pseudomonas putida</i> , <i>Pseudomonas fluorescens</i>	Bitki gelişimini teşvik etmek için beslenme gereksinimini karşılamak amacıyla bakteriyel formülasyonun hazırlama yöntemi ve başlıca materyaller	2011	WO11154962A1
<i>Pseudomonas aurantiaca</i>	<i>Pseudomonas aurantiaca</i> preparatı, hazırlama yöntemi ve uygulaması	2012	CN102505009A
<i>Microbacterium</i> spp., ve algal kültür	Gübre kompozisyonu ve üretim yöntemi	2012	US2012192605A
<i>Bacillus lateraporus</i> , <i>Bacillus licheniformis</i> , <i>Chlorella</i>	Bitki gelişimini iyileştirmek için mikrobiyal gübre ve kültür yöntemi	2012	CN102617198A
<i>Chlorella salin</i> , <i>Rhodospseudomonas palustris</i>	Bitki gelişimini teşvik etmek için fikomisetlerin kokültür yöntemi	2012	CN102628024A
<i>Bacillus</i> spp., <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	Bakteriyel ve fungal büyüme için besiyeri içeriği	2014	US2014295482A
<i>Pseudomonas</i> , <i>Bacillus</i> , <i>Azospirillum</i> , <i>Rhizobium</i> ve <i>Serratia</i>	PGPR izolasyonu ve <i>Pseudomonas</i> türleri ile bitki büyümesi için indol asetik asit üretimi	2014	IN04455CH2012A
<i>Bacillus licheniformis</i> (CGMCC No. 667)	Fungisit olarak <i>Bacillus licheniformis</i> 'in hazırlama yöntemi ve uygulaması	2014	CN103820349A
<i>Piriformospora indica</i> , <i>Azotobacter chroococcum</i>	<i>Piriformospora indica</i> ve <i>Azotobacter chroococcum</i> 'in talk tozu ile bitki gelişimini teşvik eden formülasyon çalışması	2015	WO15001575A9
Çeşitli suşlar*	Tamamen suda çözünebilen katı biyoorganik gübrenin üretim yöntemi	2015	CN104446930A
<i>Rhizobium</i> HZ76	Ağır metal dayanıklılığına sahip <i>Rhizobium</i> ve uygulaması	2015	CN104498410A
<i>Arthrobacter woluwensis</i> ED	<i>Arthrobacter woluwensis</i> içeren immobilize bitki büyüme teşvik edici etmen	2015	KR20150105548A
<i>Bacillus oryzicola</i>	Pirinç rizosferinden izole edilen özgün endofitik bakteri <i>Bacillus oryzicola</i> 'nın doğal bitki koruma etmeni ve bitki gelişimini destekleyici etmen olarak geliştirilmesi ve kullanımı	2015	WO15183003A1
<i>Ochrobactrum</i> sp. NW3	Bitki gelişimini teşvik eden bakterilerde suş geliştirme ve biyolojik gübre olarak uygulamalarının araştırılması	2015	CN105112331A
Bakteriyosin	Bitki gelişimi ve hastalık direnci için bakteriyosinlerin kullanımı	2008	US2008248953A

AMF+PGPR (Arbüsküler mikorizal fungus + bitki gelişimini teşvik edici rizobakteri)	Arbüsküler mikorizal fungus + bitki gelişimini teşvik edici rizobakterilerin mikrobiyal inokülant kombinasyonu, hazırlama yöntemi ve geliştirilen mikrobiyal inokülant organofosfor pestisit kalıntılarının giderilmesi için uygulanması	2013	CN103146608A
104 HXHXDH 109 ~60aa~H 169 ~21aa~D 191 ve 103 HXHXDH 108 ~72aa~H 180 ~21aa~D 202 bakteri genleri	Bakteriyel suşlar, genler ve enzimler ile bakteriyel hastalıkların yeterli çoğunluğu algılama (quorum sensing) sinyalleri ile kontrolü	2008	US7410638B
<i>aiiA</i> genini taşıyan bakteri patojenleri*	Bitki patojeni bakterilerin quorum sensing sekansı ile bakteriyel enfeksiyonun kontrolü	2004	US2004139495A
104 HXHXDH 109 ~60aa~H 169 ~21aa~D 191 ve 103 HXHXDH 108 ~72aa~H 180 ~21aa~D 202 bakteri genleri	Bakteriyel suşlar, genler ve enzimler ile bakteriyel hastalıkların quorum sensing sinyalleri ile kontrolü	2008	US2008182790A
Fungus*, maya*, aktinomiset*, protozoa*, alg* ve bakteriler*	Bir biyofaunada organik gübrenin mikrobiyal inokülant ile iyileştirilmesi için özgün süreç	2007	IN00864MU2004A
<i>Bacillus cereus</i> (EP1, EP2, EP3, EP5, BP315)	Palmiye yağı atığı kullanılarak biyogübre hazırlama yöntemi	2009	WO09131265A1
<i>Bacillus methylophilus</i> UTM401 (CGMCC No.5927)	<i>Bacillus methylophilus</i> UTM401 uygulamaları	2012	CN102703363A
Çeşitli suşlar*	Mikrobiyal gübreler, hazırlanma yöntemi ve kullanımı	2013	CN102899264A
Ektomikorizal fungus*	Mikorizal biyogübre ve hazırlanma yöntemi	2013	CN103449917A
Mikorizal fungus*	Mikoriza esaslı özgün biyogübre karışımı üretim yöntemi	2015	IN04055DE2012A
<i>Paenibacillus polymyxa</i> M10, <i>Azospirillum canadense</i> B2 ve <i>Bacillus pumilus</i> L13	Biyogübre ve biyopestisit formülasyonu için bileşim ve yöntem	2015	US9187381B
<i>Azospirillum brasilense</i> , <i>Gluconacetobacter diazotrophicus</i> , <i>Burkholderia cepacia</i> ve <i>Herbaspirillum</i>	Biyogübre hazırlama yöntemi ve kullanımı	2016	WO16009397A1
Tellürik mikroorganizmalar	Kültüre edilen bitkilerde verimi kontrol etmek için mikrobiyal süreç	1979	US4155737A
Çeşitli suşlar*	Alkali toprak için sıvı gübre	2008	CN101318857A
Çeşitli suşlar*	Okaliptüs için özel amaçlı gübre	2008	CN101318856A
Çeşitli suşlar*	Organik sıvı gübre	2008	CN101318851A
Çeşitli suşlar*	Gübre	2008	CN101318852A
Çeşitli suşlar*	Organik gübre mikroorganizmaları ve hazırlama yöntemi	2011	CN102079674A
Çeşitli suşlar*	Bitki gelişimini teşvik etmek ve gizli hastalıkların önlenmesinde görevli biyolojik karışımlar	2003	US6524998B
<i>Bacillus subtilis</i> , <i>Bacillus licheniformis</i> , <i>Pseudomonas putida</i>	Amonyum lignosülfat içeren yeni toprak aktivatörü	2015	WO15157865A1
<i>Gliocladium</i> sp.	Bitki hastalıklarını önlemek için yöntem	2004	US2004060232A
<i>Ascomycete</i> , <i>Trichoderma atroviride</i> klonu, <i>Trichoderma atroviride</i> BCCM	Yeni <i>Trichoderma atroviride</i> suşu, üretim ortamı ve bitki gelişimi ve çimlenmeyi uyarmak amacıyla kullanımı	2008	EP1876232A1
Virulent bakteriyofaj	Bitki hastalıklarının kontrolü ve uygulama için yöntem	2014	US2014140961A
Çeşitli suşlar*	Modifiye biyokontrol etmenleri ve kullanımları	2015	US2015218568A
<i>Pochonia chlamydosporia</i>	Tohum kaplama yapılan nematosidal biyolojik kontrol etmenlerinin kombinasyonu	2010	US2010034792A
<i>Streptomyces</i> sp. WYE 20 (KCTC 0341BP) ve WYE 324 (KCTC 0342BP)	Antifungal biyokontrol etmenlerinin hazırlanması ve uygulanmasını içeren bir süreç	2001	US6280719B
<i>Brevibacillus laterosporus</i> (NMI No.V12/001946, NMI No. V12/001945 ve NMI No. V12/001944)	Biyokontrol kompozisyonları	2014	US2014086876A

<i>Trichoderma viride, Beauveria bassiana</i>	Kitinaz/proteaz enzimleri üreten çeşitli mikroorganizmaları içeren özgül kitin/demineralize dehidre kitinaz/eklem bacaklı iskeleti içeren formülasyon	2015	US2015366185A
Transgenik <i>Pseudomonas</i> spp.	Bitki kök hastalıklarının biyokontrolü için transgenik <i>Pseudomonas</i>	2001	US6277625B
<i>Gliocladium virens</i>	Biyolojik mücadele veya kontrol amaçlı bir ürüne ait üretim yöntemi	2006	US2006159660A
<i>Aspergillus flavus</i>	Aflatoksini azaltmak amacıyla biyokontrol etmeni fungusun suda çözünen formülasyonu	2009	US2009060965A
<i>Bacillus</i> spp.	Pestisidal bileşikler	2014	US2014228212A
<i>Trichoderma viride, Trichoderma harzianum</i>	Bitki hastalıklarının biyolojik kontrolü için bileşik	2010	WO10064889A1
<i>Actinomyces</i> spp.	Toprak kökenli patojenlerin biyolojik kontrolü için materyal ve yöntem	2002	US2002000540A
Bakteriyofajlar	Biyokontrol etmeni içeren canlı biyolojik materyallerin, patojenik bakterilerin önlenmesinde uygulama için spreylene aparatı ve yüzey sterilizasyon yöntemi	2009	WO09072762A2
<i>Bacillus cereus</i>	Enterotoksin içermeyen <i>Bacillus</i>	2002	US2002151071A
<i>Serratia plymuthica</i> CCGG2742	Fitopatojenik fungusun kontrolü için biyofungisidal bileşimi	2012	US2012107280A
Çeşitli suşlar	Bitki verimliliğinin artırılması için çoklu mikrobiyal formülasyonlar	2009	US2009308121A
<i>Azospirillum, Rhizobium, Azotobacter, Trichoderma harzianum, T. viride, Pseudomonas fluorescens, P. striate, Bacillus polymyxa, B. subtilis, Saccharomyces cerevisiae, Lactobacillus</i>	Tarımsal uygulamalarda geniş çaplı kullanım için mikrobiyal karışım içeren biyoinkülantın özgül formülasyonu	2012	US2012015806A
<i>Bacillus firmus, Bacillus cereus, Bacillus pumilus, Bacillus amyloliquefaciens, Bacillus subtilis</i> GB03, <i>Bacillus subtilis</i> QST713	<i>Bacillus</i> ve biyokontrol etmeni içeren aktif bileşenlerin kombinasyonu	2014	US2014364309A
Entomopatojenik fungus	Zararlıların kontrolü için entomopatojenik fungus içeren formülasyon	2015	WO15080545A1
<i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>Tagetis</i>	Biyokontrol etmenlerinin stabilizasyonu için granül formülasyon	2002	US6455036B
Çeşitli suşlar	Bir veya daha fazla patojene karşı bileşimler	2008	US2008160101A
Çeşitli suşlar	İkili fungisidal veya pestisidal karışım	2015	US2015282483A
Çeşitli suşlar*	Bitki sağlığının korunmasında tarımsal zararlı ve hastalıkları önlemek amacıyla koruyucu kaplama ve uygulama yöntemi	2009	WO09063099A1
<i>Azotobacter chroococcum Beijerinckia fluminensis</i>	Organik mineral gübrelere biyolojik ilaveler	2005	US6939688B
<i>Bacillus subtilis, Bacillus thuringiensis, Pseudomonas aeruginosa, Arthrobacter, Cellulomonas uda, Bacillus megaterium, Micrococcus, Thiobacillus novellas Saccharomyces cerevisiae</i>	Çeşitli salgılar içeren gübrelere	2002	WO0246126A1
Ticari ürün (BioP 2000 Z Organik gübre; BioAgent ve BioPlus)	Sıvı organik gübre ve biyoperforasyon teknolojisi	2001	WO0183400A2
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	Kümes hayvanı gübresi içeren biyolojik gübre	2002	US2002187552A
<i>Azospirillum brasilense</i>	Bitki gelişimini teşvik etmek için biyolojik gübre eldesi ve kullanımı için yöntem	2011	US2011045976A
<i>Bacillus licheniformis, B. subtilis, Pseudomonas</i> spp., <i>Streptomyces</i> spp.	Biyolojik gübre üretim yöntemi ve bu yöntemle üretilen biyolojik gübre	2012	WO12107603A1
Biyokontrol etmeni*	Gübrelere biyolojik etmenlerin dahil edilmesi	2016	WO16007460A1

<i>Azospirillum</i> , <i>Skermanella</i> , <i>Rhodocista</i> , <i>Herbaspirillum</i> , <i>Acetobacter diazotrophicus</i> türlerinin tespiti	Bitki gelişimini teşvik eden bakterilerin tür ve/veya sınıflarının spesifik tespiti için oligonükleotit problemler	2001	EP1130115A2
<i>Bacillus vallismortis</i> BS07M	Bitkiye soğuğa dayanıklılık kazandırabilen ve bitki gelişimini iyileştirebilen özgün <i>Bacillus vallismortis</i> ve bu amaçla mikrobiyal formülasyonu	2013	WO13042900A2
Rekombinant <i>Bacillus cereus</i>	Bitki köklerinde <i>Bacillus</i> sporlarının immobilizasyonu ve bitkilerin patojenlerden korunması, bitki gelişiminin iyileştirilmesi için füzyon proteinler ve uygulama yöntemleri	2014	US2014274707A
<i>Burkholderia vietnamensis</i> G4, <i>B. xenovorans</i> LB400, <i>Cupriavidus taiwanensis</i> LMG19424, <i>Rhizobium etli</i> CFN42, <i>Sinorhizobium meliloti</i> RMP110, <i>B. phytofirmans</i> PSJN, <i>C. pinatubonensis</i> JMP134	Azot tespit edebilen bakteri ile bitki düzenleyici genlerinin birlikte etkisi	2015	US2015143578A
Bitki gelişimini artırıcı etkisi olan kök bakterileri*	Perlit, zeolit ve kokopit taşıyıcılarıyla bakteriyel biyogübre üretimi	2012	TR201200239U
Özgün bakteriyel endofitler* (520 adet izolat)	Tohuma yönelik endofit popülasyonu, bileşimi ve kullanımını	2015	US2015020239A
<i>Tsukamurella paurometabola</i>	Biyogübre bileşimi	2010	US2010300166A
<i>Bacillus subtilis</i>	Bitki hastalıklarının kontrolü için bileşimler ve yöntemler	2003	US2003186852A

\*: Türü belirtilmeyen mikroorganizmalar

Bugün dünyanın pek çok ülkesinde PGPR'ların bitkilerde gelişimi destekleyici ve ürün verimini ve bitki kalitesini artırıcı etkileri üzerinde çalışılmaktadır. Çizelge 4'te dünya çapında çeşitli araştırmacıların farklı bitki türleri ile

PGPR uygulamalarına ait ulaşılabilen patentler özetlenmiştir. Bunların çoğunluğunu, biyolojik kontrol amacıyla PGPR'ların kullanılmasına ait çeşitli yöntem ve uygulamalara ait patentler oluşturmaktadır.

**Çizelge 4.** PGPR'larla ilgili çeşitli bitkiler üzerinde yapılan çalışmalara ait ulaşılabilen patentler [11,12,15,28,34,37].

Organizma / Detay	Kısa Başlık	Tarih	Patent
Mikrobiyal inokülüm*	<i>Polygonum multiflorum</i> için biyogübre hazırlama yöntemi ve uygulaması	2012	CN103011965A
Mikrobiyal inokülüm*	Salatalık için özel biyogübre ve hazırlama yöntemi	2013	CN103524228A
<i>Bacillus megaterium</i> , nitrifikasyon bakterileri*, maya* ve laktik asit bakterileri*	Mikroorganizmaların paketlenme ve hazırlama yöntemi	2015	CN105060506A
<i>Bacillus subtilis</i> TRB3	Tütünde siyah kök çürüklüğüne karşı biyokontrol şuşu uygulaması	2012	CN102747013A
<i>Bacillus licheniformis</i> XGY132	Domateste erken çürüklüğün kontrolü ve önlenmesi için biyokontrol yeteneğine sahip şuşun uygulaması	2014	CN104087541A
<i>Rhizoctonia</i> sp. (BCRC930076) <i>Rhizoctonia</i> sp. (BCRC930077)	Orkide bitkilerinde büyümeyi teşvik etmek için biyogübre kompozisyonu ve uygulamaları	2006	US2006154821A
<i>Bacillus subtilis</i> ve <i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	Üzümler için özel biyokontrol içeriğine sahip mikrobiyal gübre üretim yöntemi ve uygulaması	2015	CN104496573A
<i>Achromobacter piechaudii</i> , <i>Agrobacterium tumefaciens</i> , <i>Stenotrophomonas maltophilia</i> , <i>Delftia acidovorans</i>	Kanolda performansı artırmak için sülfür okside eden bitki gelişimini destekleyen rizobakteriler	2003	US2003172588A
<i>Bacillus pumilus</i> (CS23) ve <i>Bacillus subtilis</i> (SM16)	Pamukta yanıklık hastalığı ve <i>Verticillium</i> zararına karşı bakteri karışımı	2012	CN102524303A
<i>Bacillus firmus</i>	Kanola bitkisinde verimi artırmak için fosfat çözücü rizobakteri <i>Bacillus firmus</i>	2015	US2015259260A

<i>Pseudomonas fluorescens</i> VP5	Çay bitkisinde kırmızı kök hastalığının biyolojik kontrolü için PGPR biyoformülasyonunun hazırlanması	2012	US2012270735A
Toprak aktinomisetleri*	Bir tür salatalık antraknozunun biyokontrolü için formülasyon ve hazırlanma yöntemi	2016	CN105284901A
Çeşitli bakteri izolatları (FERM BP11078, FERM BP11079, FERM BP11080 FERM BP11071)	Kavak bitkisi ve bitki tohumunun büyümesinin iyileştirilmesi için bakteriler ve uygulama yöntemi	2011	US2011028321A
<i>Agrobacterium tumefaciens</i> CBCN5(KACC 91459P)	Çin lahanası bitkisi kök dokusundan bitki gelişimini iyileştirmek için CBCN5 bakteri suşunun izole edilmesi ve kullanımı	2010	KR20100115002A
<i>Agrobacterium tumefaciens</i> CBCN5 (KACC 91459P)	Çin lahanası bitkisi rizosferinden bitki gelişimini iyileştirmek için CBCN5 bakteri suşunun izole edilmesi ve kullanımı	2010	KR20100115006A
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i> HFJ7 (CGMCC No.10011)	Süs biberinde büyümenin teşvik edilmesi için <i>Bacillus amyloliquefaciens</i> bakteriyel gübresinin hazırlama yöntemi ve uygulamaları	2015	CN104877937A
<i>Bacillus subtilis</i> , <i>Bacillus licheniformis</i> , <i>Bacillus late-rosporus</i> , fotosentetik bakteri* ve aktinomiset*	Biyolojik gübrenin bitki kök gelişimi için iyileştirmek için hazırlanma yöntemi	2015	CN105085040A
<i>Glomus</i> (Arbusküler mikoriza)	Domates fidelerinde büyüme ve gelişim için mikroorganizma karışımı ve uygulaması	2016	CN105296366A
<i>Trichoderma</i> sp. ve <i>Bacillus</i> sp.	Çimende büyümeyi destekleyici bileşen ve referans geni	2005	KR20050032646A
<i>Bacillus firmus</i>	Fosfat çözücü <i>Bacillus firmus</i> 'un kolza bitkisinde verimi artırmak için biyogübre olarak kullanımı	2016	UY35585A
Çeşitli suşlar*	Zencefil için organik üretim amaçlı gübre	2008	CN101318850A
<i>Trichoderma harzianum</i>	<i>Trichoderma harzianum</i> sporlarının kanola bitkisine uygulanması yöntemi	2009	TR200908397A2
<i>Pseudomonas putida</i> , <i>Pseudomonas fluorescens</i> , <i>Arthrobacter citreus</i> , <i>Serratia liquefaciens</i> , <i>Flavobacterium</i> sp.	Agronomik köksüz ürünler için bitki gelişimini teşvik eden rizobakteriler	1996	US5503651A
<i>Trichoderma harzianum</i>	Mantarlarda yeşil küf hastalığına karşı biyokontrol etmeni	1998	US5762928A
<i>Aspergillus flavus</i>	Ürünlerde aflatoksin kontaminasyonunun kontrolü için toksijenik olmayan <i>Aspergillus flavus</i> suşu	2012	US2012183507A
<i>Gliocladium roseum</i> ACM941 (ATCC 74447)	Bitkilerde fungal patojenlerin kontrolünde yararlı <i>Gliocladium roseum</i> suşları	2002	US6495133B
Bakteri izolatu* S2HA	Patateste kahverengi kök hastalığının kontrolünde bir biyokontrol etmeni S2HA	2006	WO06069588A2
<i>Phoma</i> spp.	Yabani otların kontrolü için fungal izolatlar ve biyolojik kontrol bileşikleri	2005	US2005079978A
<i>Ascochyta caulina</i>	Yabani otların biyokontrolü	1996	WO9624250A1
<i>Pyricularia setariae</i> 94904A	Fungal patojen ile yabani otların kontrolü	2005	US2005054530A
<i>Brevibacillus brevis</i> NJL25, <i>Bacillus cereus</i> NJL14	Tütünde <i>Fusarium</i> 'un neden olduğu hastalıkların (solgunluk) önlenmesinde ve giderilmesinde antagonistik bakteri ve mikrobiyal organik gübresi	2012	US2012045427A
<i>Brevibacillus brevis</i> NJL25, <i>Bacillus cereus</i> NJL14	Muzda <i>Fusarium</i> 'un neden olduğu hastalıkların (solgunluk) önlenmesinde ve giderilmesinde antagonistik bakteri ve mikrobiyal organik gübresi	2011	US2011214463A
<i>Trichoderma harzianum</i> SQRT037	Karpuz ve salatalıkta hastalıkların (solgunluk) önlenmesinde ve giderilmesinde antagonistik bakteri ve mikrobiyal organik gübresi	2011	US2011214464A
<i>Bacillus polymyxa</i> , <i>Bacillus subtilis</i> , <i>Pseudomonas putida</i> , <i>Pseudomonas fluorescens</i>	Bitki gelişiminin desteklenmesi için besinsel gereksinimlerin karşılanması amacıyla özgün bakteri içerikli ürünlerin hazırlanması	2011	WO11099024A1
<i>Bacillus subtilis</i>	Bitki hastalıklarının ve kök kurdunun kontrolü için özgün <i>Bacillus</i> suşu	1999	TR9902765 T2



<i>Lysobacterium enzymogenesis, Flavobacterium sp.</i>	Rizobakteri içeren karışım ya da bakteriyel uçucu bileşen 2,4-diterbütilfenol ile antraknoz ve meyvede sararma yapan fitofitora kök çürüklüğü hastalığının kontrolü ve aynı zamanda olgunlaşmanın uyarılması	2012	KR20120101253A
<i>Frateuria, Pseudomonas, Stenotrophomonas, Bacillus</i>	Bitki gelişimini teşvik eden rizobakterilerin okaliptüse aşılama süreci	2002	WO02063946A1
Fosfat çözebilen bakteri*	Fakir topraklardaki bitkilerin büyümesini teşvik etmek için fosfat çözücü bakteri inokülasyon yöntemi	2014	CN103718690A
<i>Bacillus subtilis</i> (FB17)	Bitki sağlığının iyileştirilme yöntemi	2010	US2010260735A
<i>Trichoderma, Penicillium, Leclercia, Pantoea, Enterobacter, Serratia, Bacillus, Penicillium, Gliocladium, Talaromyces, Pseudomonas</i>	Bitki hastalıklarının kontrolü	2003	JP2003034607A
<i>Agrobacterium vitis</i> F2/5	Kök uru hastalığının biyolojik kontrolü	2002	US2002090354A
<i>Xylella fastidiosa</i>	<i>Xylella fastidiosa</i> 'nın zararlı suşları ile virüsent suşlarının neden olduğu hastalığın çapraz koruma ile biyokontrolü	2005	US2005053584A
<i>Cryptococcus albidus</i>	Meyve hastalıklarının kontrolü için yöntem ve bileşik	1998	WO9831229A1

\*: Türü belirtilmeyen mikroorganizmalar.

### III. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bilginin korunmasını amaçlayan patent sisteminin temel hedefi, yeni buluşların teşvik edilmesiyle buluş sahiplerinin cesaretlendirilmesi bu yolla bilim ve teknolojinin gelişiminin önünün açılabilmesi ve toplumsal refaha katkı sağlamaktır.

Araştırma-geliştirme ve inovasyonun ilk adımı patent araştırmalarıdır. Bir ürün geliştirme ve ar-ge çalışması planlandığında, çeşitli patent veri tabanlarında araştırma yapılması ile zaman ve para kaybının önüne geçebilir. Teknolojik ve bilimsel araştırmalarda tekrarları önlemek ve kaynak israfına engel olmak için patent araştırmaları sonucunda elde edilecek patent bilgisine başvurulmalıdır.

Konvansiyonel tarımda amaçlanan verime ulaşabilmek için kimyasal gübre, pestisit, insektisit, herbisit gibi girdilerin kullanımı bir sorun zincirini beraberinde getirirken, bunun etkilerinin her geçen gün artması ise üreticileri, girdi maliyeti ve işletmenin sürdürülebilirliği noktasında yol ayrımına getirmiştir. Tarımsal üretimde verim kayıplarına neden olan faktörlerin biyoteknolojik çözümü için, mikrobiyal gübreler ve biyokontrol etmenleri geliştirilerek, laboratuvar, sera, tarla veya doğal üreme koşullarında test edilmeli ve bunların ticari üretimleri gerçekleştirilmelidir.

Yakın gelecekte, tarımda bitki büyümesini teşvik eden rizobakteriler (PGPR)'in tüm dünyada daha da önem kazanması beklenmektedir. Günümüzde kullanım, üretim ve ticaretinin sınırlı olması ve en önemlisi de etkinliklerinin ortaya çıkarılmasındaki çalışmaların yetersizliği yüzünden istenen seviyeye ulaşılamamıştır. Mikrobiyal biyopreparatların tüketildiği ülkelere bakıldığında, bunların gelişmiş ülkeler olduğu görülmektedir. Dolayısıyla bir ülkenin gelişmişliğinin

göstergelerinden biri de, insan sağlığı ve çevreye olan duyarlılığıdır. Bu tür ürünlerin üretiminin ise daha çok Uzakdoğu ve Asya ülkelerinde gerçekleştirildiği, bu ülkelerin bu alanda biyoteknolojik faaliyetlerine hız kazandırdığı görülmektedir. PGPR'lerin, mikrobiyal gübre ve biyokontrol etmeni olarak kullanımlarında, avantaj ve dezavantajlar ile yoğun (entansif) tarımdaki potansiyelleri ve gelecekleri halen araştırmaya açıktır.

Geliştirilen ürün/yönteme ait teknik bilgilerin yaklaşık %80'ninin patent dökümanlarında bulunması sebebiyle, ticari ürünler için yapılacak patent taraması sonuçları, firmalar için de bir çeşit fuar niteliğindedir. Ülkemizden Simbiyotek Biyolojik Ürünler firması, "Trichoderma granül üretimi" başlıklı WO09083819A1 (TR200709242A2) yayın numaralı patenti ile geliştirdiği mikrobiyal gübre özellikleri ön plandaki ürünün, üretim yöntemini ve TR200908397A2 yayın numaralı "Trichoderma harzianum sporlarının kanola bitkisine uygulanması yöntemi" patenti ile de geliştirdikleri biyoformülasyonun bitki denemesine ait bilgilerinin fikri ve sınai mülkiyet haklarını korumaya almıştır.

Patent taraması ile ulaşılabilen patentleri ülkemiz açısından değerlendirdiğimizde, bu alanda patent sayılarının yeterli seviyeye ulaşamadığı görülmektedir. Ülkemizde çeşitli araştırma gruplarının, PGPR'larla ilgili çok sayıda bilimsel çalışması mevcuttur. Fakat bu alanda ulaşılabilen patent başvuruları sınırlıdır. Ege Üniversitesi'nden Prof. Dr. Rengin Eltem, Doç. Dr. Sayıt Sargın, Prof. Dr. Fazilet Vardar Sukan, Seçil Sözer'in "Trichoderma citrinoviride mikropropagüllerinin ekonomik bir süreç ile üretimi" (WO14104998A1 /US2015368673A) ve Dr. Emek Aslan, Prof. Dr. Fazilet Vardar Sukan, Prof. Dr. Hatice Özaktan'ın

“Perlit, zeolit ve kokopit taşıyıcılarıyla bakteriyel biyogübre üretimi” (TR201200239U) başlıklı patentli çalışmaları mevcuttur. Yeditepe Üniversitesi’nden de Dr. M. Müge Yazıcı, Prof. Dr. Fikretin Şahin, Yrd. Doç. Güleğül Duman’ın “Liyofilize biyopestisit efervesan granül ve üretim yöntemi” (WO2012035454A1/ US2013209372A/ EP11763990/ 201007613A2) ve Prof. Dr. Fikretin Şahin, Dr. M. Müge Yazıcı, Yrd. Doç. Güleğül Duman, Prof. Dr. Metin Turan, Prof. Dr. Medine Güllüce’nin “Biyolojik gübre ve elde edilme yöntemi” (TR201206294U) çalışmasının fikri mülkiyet hakları koruma altındadır.

Patent istatistikleri, bir ülkenin inovasyon konusunda yerini görebilmesi için fikir vermektedir. Türkiye’nin biyoteknoloji bilgi altyapısı ve teknolojisi konularında zayıf yönlerinden biri de bilimsel çalışmaların yeterince patente dönüşmemesidir. Ülkemiz 21. yüzyılda vakit kaybetmeden dünyadaki gelişmeleri takip ederek kendi ekonomisine katkıda bulunacak biyoteknolojik uygulama alanları üzerinden stratejik planlarla ilerlemek zorundadır. Ülkemizin bu konudaki en güçlü yönü, teknoloji transfer ofisleri (TTO) ve devletin patent destekleri ile araştırmacıların önünü açmasıdır.

Gıda güvenliği, çevre sorunları, tarımda ekonomik gelirlerin artışı gibi sorunlara getirilecek çözümlerde bitki gelişimini teşvik eden mikroorganizmalar gün geçtikçe önem kazanmaktadır. Bu noktada, tüm araştırmacılara, hem özel sektör, hem de üniversitelerimiz ve 48 adet devlet tarımsal araştırma merkezine büyük görevler düşmektedir [32].

Bu derleme çalışması ile ulaşılabilen patent verilerinden elde ettiğimiz patent haritaları ile PGPR’ların ülkemizde ve Dünya çapındaki durumu için bir bakış açısı kazandırma amaçlanmıştır. Fakat PGPR’lara ait patent dökümanlarının bu alandaki ilgili literatürün sadece bir kısmını oluşturduğu göz önünde bulundurulmalıdır.

## TEŞEKKÜR

Çalışmanın patent taraması aşamasında desteklerinden dolayı Ege Üniversitesi, EBİLTEM-TTO Patent Ofisi’ne teşekkürlerimizi sunarız.

## KAYNAKLAR

- [1] Ahemad, M. ve Khan, M.S. (2011). Functional aspects of plant growth promoting rhizobacteria: recent advancements. *Insight Microbiology*, 1(3), 39-54.
- [2] Antoun, H. ve Prevost, D. (2006). Ecology of plant growth promoting rhizobacteria. In: PGPR: Biocontrol and Biofertilization, Z. A. Siddiqui (ed.), Springer, The Netherlands, s. 1-38.
- [3] Aslantaş, R., Çakmakçı, R. ve Şahin, F. (2007). Effect of plant growth promoting rhizobacteria on young apple tree growth and fruit yield under orchard conditions. *Scientia Horticulturae*, 111, 371-377.
- [4] Bashan, Y. ve Holguin, G. (1998). Proposal for the division of plant growth-promoting rhizobacteria into two classifications: Biocontrol-PGPB (plant growth-promoting bacteria) and PGPB. *Soil Biology and Biochemistry*, 30, 1225-1228.
- [5] Bashan, Y., Puente, M.E., de-Bashan, L.E. ve Hernandez, J.P. (2008). Environmental uses of plant growth-promoting bacteria. In: Plant-microbe interactions. C. Clement (ed.), Trivandrum, Kerala, India, s. 69-93.
- [6] Bhardwaj, D., Ansari, M. W., Sahoo, R. K. ve Tuteja, N. (2014). Biofertilizers function as key player in sustainable agriculture by improving soil fertility, plant tolerance and crop productivity. *Microbial Cell Factories*. (Open Access) 13:66.
- [7] Bhattacharyya, P.N. ve Jha, D.K. (2012). Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR): Emergence in agriculture. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 2, 1327-1350.
- [8] Canbolat, M., Bilen, S., Çakmakçı, R., Şahin, F. ve Aydın, A. (2006). Effect of plant growth promoting rhizobacteria and soil compaction on barley seedling growth, nutrient uptake, soil properties and rhizosphere microflora. *Biology and Fertility of Soils*, 42, 350-357.
- [9] Çakmakçı, R. (2005). Bitki gelişimini teşvik eden rizobakterilerin tarımda kullanımı. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 36 (1), 97-107.
- [10] Çakmakçı, R., Erat, M., Oral, B., Erdoğan, U., Şahin, F., 2009. Enzyme activities and growth promotion of spinach by indole-3-acetic acid-producing rhizobacteria. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 84(4), 375-380.
- [11] EPO Espacenet, <http://worldwide.espacenet.com>, (March 2016).
- [12] EPO Global Patent Index, <http://www.epo.org/searching/subscriptions/gpi.html>, (March 2016).
- [13] Ercişli, S., Eşitken, A. ve Şahin, F. (2004). Application of exogenous IBA and inoculation with *Agrobacterium rubiscultivate* adventitious root formation among stem cuttings of two rose hip genotypes. *Horticultural Science*, 39, 533-534.
- [14] Eşitken, A., Pırlak, L., Turan, M. ve Şahin, F., 2006. Effects of floral and foliar application of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on yield, growth and nutrition of sweet cherry. *Scientia Horticulturae*, 110, 324- 327.
- [15] GooglePatents, <http://www.google.com/patents> (March 2016).
- [16] Govindasamy, V., Senthilkumar, M., Magheshwaran, V., Kumar, U., Bose, P., Sharma, V. ve Annapurna, K. (2010). *Bacillus* and *Paenibacillus* spp.: Potential PGPR for sustainable agriculture. In: Plant Growth and Health Promoting Bacteria. D.K. Maheshwari (ed.), Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, s. 333-364.

- [17] Güneş, A., Ataoğlu, N., Turan, M., Eşitken, A. ve Ketterings, Q.M. (2009). Effects of phosphatesolubilizing microorganisms on strawberry yield and nutrient concentrations. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 173, 385-392.
- [18] Hayat, R., Ali, S., Amara, U., Khalid, R. ve Ahmed, I. (2010). Soil beneficial bacteria and their role in plant growth promotion: A review. *Annals of Microbiology*, 60(4), 579-598.
- [19] Karlıdağ, H., Eşitken, A., Turan, M. ve Şahin, F. (2007). Effects of root inoculation of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on yield, growth and nutrient element contents of leaves of apple. *Scientia Horticulturae*, 114, 16-20.
- [20] Kotan, R., Şahin, F., Demirci, E. ve Eken, C. (2009). Biological Control of the potato dry rot caused by *Fusarium* species using PGPR strains. *Biological Control*, 50, 194-108.
- [21] Kumar, A., Prakash, A. ve Johri, B.N. (2011). *Bacillus* as PGPR in crop ecosystem. In: *Bacteria in Agrobiolgy: Crop Ecosystem*, D.K. Maheshwari (ed.), Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, s. 37-59.
- [22] Lawai T. E. ve Babalola, O.O. (2014). Relevance of biofertilizers to agriculture. *Journal Human Ecology*. 47, 35-43.
- [23] Lucy, M., Reed, E. ve Glick, B.R. (2004). Application of free living plant growth-promoting rhizobacteria. In: *Antonie van Leeuwenhoek*, Kluwer Academic Publishers, Netherlands, s. 1-25.
- [24] Mahdi, S., Hassan, S., Samoon, G.I., Rather, S.A., Dar, H.A. ve Zehra, B. (2010). Bio-fertilizers in organic agriculture, *Journal of Phytology*, 2(10), 42-54.
- [25] Mishra, D.J., Rajvir, S., Mishra, U.K. ve Kumar, S.S. (2013). Role of bio-fertilizer in organic agriculture: A review. *Research Journal of Recent Sciences*. 2(ISC-2012), 39-41.
- [26] Nakkeeran, S., Fernando, W.G. ve Siddiqui, Z.A. (2005). Plant growth promoting rhizobacteria formulations and its scope in commercialization for the management of pests and diseases. In: *PGPR: Biocontrol and Biofertilization*. Siddiqui, Z.A. (ed.), Springer, Netherlands, s. 257-296.
- [27] Orhan, E., Eşitken, A., Ercişli, S. ve Şahin, F. (2007). Effects of indole 3-butyric acid (IBA), bacteria and radicle tip-cutting on lateral root induction in *Pistacia vera*. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology*, 82, 2-4.
- [28] PatBase Express, <https://www.patbase.com> (March 2016).
- [29] Ramiraz, L.E.F. ve Mellado, J.C. (2006). Bacterial Biofertilizers. In: *PGPR: Biocontrol and Biofertilization*. Siddiqui, Z.A. (ed.), Springer, Netherlands, s. 143-172.
- [30] Saharan, B.S. ve Nehra, V. (2011). Plant growth promoting rhizobacteria: a critical review. *Life Sciences and Medicine Research*. LSMR-21.
- [31] Şahin, F., Çakmakçı, R. ve Kantar, F. (2004). Sugar beet and barley yields in relation to inoculation N<sub>2</sub>-fixing and phosphate solubilizing bacteria. *Plant Soil*, 265, 123-129.
- [32] T.C. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, <http://www.tarim.gov.tr/TAGEM/Link/13/Enstituler> (July 2016).
- [33] Turan, M., Güllüce M. ve von Wiren N. (2012). Yield promotion and phosphorus solubilization by plant growth-promoting rhizobacteria in extensive wheat production in Turkey. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 75, 818-826.
- [34] Türk Patent Enstitüsü, <http://www.tpe.gov.tr/> (March 2016).
- [35] Verma, J.P., Yadav, J., Tiwari, Lavakush, K. N. ve Singh, V. (2010). Impact of plant growth promoting rhizobacteria on crop production. *International Journal of Agricultural Research*, 5, 954-983.
- [36] Vessey, J. K. (2003). Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. *Plant and Soil*, 255, 571-586.
- [37] WIPO Patent Scope, - <http://patentscope.wipo.int> (March 2016).
- [38] Wu, C. H., Wood, T. K., Mulchandani, A. ve Chen, W. (2006). Engineering plant-microbe symbiosis for rhizoremediation of heavy metals. *Applied and Environmental Microbiology*, 72(2), 1129-1134.
- [39] Yıldırım, E., Turan, M., Ekinçi, M., Dursun, A., Çakmakçı, R. (2011). Plant growth promoting rhizobacteria ameliorate deleterious effect of salt stress on lettuce. *Scientific Research and Essays*, 6, 4389-4396.
- [40] Zahir, Z.A., Muhammad, A. ve Frankenberger, W. T. (2004). Plant growth promoting rhizobacteria: applications and perspectives in agriculture. *Advances in Agronomy*, 81, 97-168.
- [41] Zhuang, X., Chen, J., Shim, H. ve Bai, Z. (2007). New advances in plant growth-promoting rhizobacteria for bioremediation. *Environment International*, 33(3), 406-413.

# Baş Boyun Radyoterapisinde Farklı Tedavi Teknikleri İle Simultane Integre Boost Yönteminin Karşılaştırılması

Bilgehan COŞKUN<sup>1</sup>, Ayşe YUMAK YAŞI<sup>2</sup>, Ayşe OKUMUŞ<sup>3</sup>, Şahin AKTAŞ<sup>2</sup>, Füsün TOKATLI<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Şişli Hamidiye Etfal Eğitim Araştırma Hastanesi, Radyasyon Onkolojisi Bölümü, Şişli-İstanbul

<sup>2</sup>Marmara Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Fizik Bölümü, Kadıköy-İstanbul

<sup>3</sup>Yeni Yüzyıl Üniversitesi Gaziosmanpaşa Hastanesi, Radyasyon Onkolojisi Bölümü, Gaziosmanpaşa-İstanbul

<sup>4</sup>Medicana International İstanbul Hastanesi, Radyasyon Onkolojisi Bölümü, Beylikdüzü-İstanbul

## ÖZ

Bu çalışmada, baş boyun kanserlerinin tedavisinde kullanılan yoğunluk ayarlı radyoterapi ve yoğunluk ayarlı ark terapi tekniklerinin dozimetrik olarak karşılaştırılması amaçlanmıştır. Planlarda benzer planlama hedefleri ile 33 günlük fraksiyonlarla eş zamanlı olarak hedef hacimlerde farklı doz seviyelerinin sağlandığı Simultane Integre Boost tekniği kullanılmıştır. Planlar, 6 MV foton enerjisi kullanılarak, anisotropic analitic algoritması ile Eclipse tedavi planlama bilgisayarında hesaplatılmıştır. 9 Alan YART ve 2 Ark YAAT planlarının doz homojenitesi ve doz konformalitesi açısından daha üstün oldukları görülmektedir. Kritik organların doz değerleri incelendiğinde optik sinirler, kiazma, gözler, lensler ve parotisler için en düşük dozlar 7 ve 9 Alan YART planları ile elde edilirken beyin sapı, spinal kord, mandibula ve larenks için en iyi dozlar 2 Ark YAAT planları ile elde edilmiştir. Oral kavite dozu 1 Ark YAAT planları ile önemli ölçüde azaltılabilmektedir. Normal dokuda yüksek doz alan hacim değerleri ve ortalama normal doku doz değerleri 1 ve 2 Ark YAAT planları ile azalırken, normal dokuda düşük doz alan hacim değerleri azda olsa 1 ve 2 Ark planları ile artış göstermektedir. 1, 2 Ark YAAT ve 7, 9 Alan YART planları baş boyun kanserlerinde klinik olarak kabul edilebilir tedavi yöntemleridir. Tedavi süresinin kısalığı ve monitor unit değerlerinin düşük olması açısından YAAT planları daha avantajlıdır.

**Anahtar kelimeler:** Baş boyun kanserleri, simultane integre boost tekniği, yoğunluk ayarlı ark terapi, yoğunluk ayarlı radyoterapi

## Comparison of Simultaneous Integrated Boost Method for Different Treatments in Head and Neck Cancer Radiotherapy

### ABSTRACT

A comparative planning study was undertaken to evaluate dosimetric differences between volumetric modulated arc therapy versus intensity modulated radiation therapy in the treatment of head and neck. Patients were investigated, with a standard prescription of three dose levels to the target volumes in 33 fractions. Simultaneous Integrated Boost technique was generated for all techniques, with similar planning objectives. Plans were calculated for 6MV photon using anisotropic analytical algorithm implemented in Eclipse treatment planning system. 9 field IMRT and 2 arc VMAT plans show superior dose homogeneity and dose conformity in PTVs. Doses to optic nerves, chiasm, eyes, lenses and protists were slightly lower in 7, 9 field IMRT plans. Doses to the brain stem, spinal cord, mandibula and larynx were better in the 2 arc VMAT techniques. Oral cavity dose reduced significantly with 1 arc VMAT. The high dose radiation volume to the normal tissue and the mean normal tissue dose decreased, but the low dose radiation volume increased slightly in the 1 and 2 arc VMAT plans. 1, 2 arc VMAT and 7, 9 field IMRT plans produced clinically acceptable treatment plan for the head and neck cancer. VMAT represents an attractive solution because of the shorter delivery time and the lower of monitor unit compared with IMRT.

**Keywords:** Head and neck cancer, simultaneous integrated boost technique, volumetric modulated arc therapy, intensity modulated radiation therapy

## I. GİRİŞ

Radyoterapi (RT), kanser hücrelerinin iyonlaştırıcı radyasyonla yok edilmesi veya çoğalmasının durdurulması temeline dayanır. Radyoterapinin amacı, tanımlanmış bir tümör hacmine, çevresindeki sağlıklı dokularda olabildiğince en az zarar oluşturacak şekilde mümkün olan en yüksek dozu vererek lokal kontrolün sağlanması ve hayat kalitesinin artırılmasıdır [1-3]. Konvansiyonel RT (KRT) ile daha geniş alanlar alınarak sağlıklı dokuları korumak mümkün olmamaktadır. KRT'ye bir alternatif olarak gelişen yoğunluk ayarlı radyoterapi (YART) tekniği ile hedef hacimde en uygun doz dağılımı elde edilebilmektedir. YART, üniform olmayan yoğunlukları, ışın veya 'demetçik' denilen küçük demet alt birimlerine en optimal şekilde ayırabilmektedir. Her demetteki ışınların ayrı ayrı yoğunluğunu en optimal şekilde ayarlama yeteneği, radyasyon akısı üzerinde kontrolün artmasına izin vermekte ve optimum doz dağılımlarının özel olarak tasarlanmasını sağlamaktadır [4,5]. Radyasyon demet yoğunluğunu değiştirerek tümörlü dokuya maksimum doz verilirken, radyasyona duyarlı normal dokuları korumak mümkün olmaktadır. YART, standart üç boyutlu KRT (3BKRT) tekniklerine göre çok daha konformal doz dağılımları elde etmek için kullanılabilir. Teorik olarak, planlanan hedef hacim (PTV) içerisindeki bu dağılımlar daha homojen hale getirilebilmekte ve istenirse alan kenarlarında daha hızlı doz düşüşü sağlanabilmektedir. YART tekniğinde hedef hacim içinde homojen olmayan bir doz dağılımı oluşmaktadır. Bu inhomojenite, bir veya daha fazla kritik organı kısmi ya da tam olarak koruma gereksiniminin ağır basmasından kaynaklanmaktadır. Çünkü homojenite kriteri normal yapıları koruma kriterinden daha az önemli sayılmaktadır. YART 3B hedefin ve diğer kritik yapıların şeklini ve sınırlarını daha yakın olarak saran konkav şekilli izodoz dağılımları sağlayabilmektedir. 3BKRT planlarındaki doz dağılımları konveks şekildedir ve bu durumda belirli hastalık bölgelerinin tedavisinde suboptimal kalabilmektedir. Bu gelişmiş doz dağılımları sayesinde, tümör kontrolünde artışa ve normal doku toksisitesinde azalmaya yol açabilmektedir [6,7]. Örneğin, baş ve boyun tümörlerinde yakındaki hassas kritik yapıları (örn. beyin sapı, spinal kord) korumak için genellikle konkav şekilli tedavi hacimleri gerekmektedir. Bu şekildeki demetlerin akısının dağılımları YART ile kolaylıkla elde edilebilmekte, ancak 3BKRT dahil diğer tekniklerle bunu elde etmek mümkün olmamaktadır. YART yönteminin temelinde, alt alanları oluştururken çok yapraklı kolimatör (MLC) sistemini kullanması yatmaktadır. YART yönteminde sözü edilen küçük alt alanlar, "leaf" adı verilen hızlı hareket edebilen kurşun yaprakçıkların belli bir gantri açısı içerisinde hareket etmesi ile oluşturulur. Bu küçük alt alanlar ile sadece istenilen hedef

bölgenin ışınlanması sağlatılarak, ışınlanması istenmeyen normal dokuların korunması gerçekleştirilmiştir olmaktadır.

YART teknikleri 3B doz dağılımını, belirli sabit doğrultularda çok sayıda bağımsız alan ya da tek veya birden fazla arkın üst üste bindirilmesi ile sağlamayı amaçlamaktadır [8-10]. 360° lik tek bir gantri dönüşü ile tedavi planı optimizasyonunda tanımlanan hacme, istenen dozun uygulanması tekniği yoğunluk ayarlı ark terapi (YAAT) olarak isimlendirilir [11]. YAAT, tedavi alanının MLC'ler ile dinamik olarak şekillendirildiği bir tedavi tekniğidir. Bu yöntemde her bir alan segmentlere bölünür ve MLC'lerin her bir segment pozisyonunu alması sırasında gantri döner. Çok sayıda üst üste çakışan arklar, yaprakların düzenli açılarla (örn. 5°) yeni pozisyonlara hareket ettirilmesi ile sağlanır. Her ark her gantri açısındaki bir segmenti oluşturmak için programlanır. Bir sonraki segmenti oluşturmak için yeni bir ark başlatılır [12,13].

Tüm hedef hacimler (gros hastalık, subklinik yayılım) ve elektif tedavi edilen nodlar eş zamanlı farklı fraksiyon büyüklükleri kullanılarak tedavi edilirse en konformal hale gelebilir. Bu tedavi stratejisine Simultane Integre Boost (SIB) denilmektedir [14-16]. SIB YART stratejisi sadece daha üstün doz dağılımları sağlamakla kalmayıp, aynı zamanda daha kolay, daha etkin ve muhtemelen daha hatasız bir YART planlama ve uygulama yöntemidir. Çünkü tüm tedavi boyunca aynı plan kullanılmaktadır. Ayrıca çoğu vadede elektron alanlarına gerek kalmamakta ve nodal hacimler YART alanlarına dahil edilebilmektedir. Entegre ek doz tedavisi, fraksiyon başına hedef hacme daha yüksek doz verirken, normal dokulara fraksiyon başına daha düşük doz verilebilmesi gibi ek radyobiyojik avantajlar sağlamaktadır [17]. Fraksiyon başına yüksek doz ayrıca fraksiyon sayısını azaltmakta ve bu nedenle de tedavi maliyetinin düşürülmesi ve hastanın tedavi sırasındaki yükünü azaltmaktadır. Birçok bölgenin tedavisinde sürekli karşılaşılan alan çakışması sorunu [18] da bu yöntemle ortadan kalkmaktadır.

Bu çalışmada, Eclipse tedavi planlama sisteminde, 20 baş boyun bölgesi kanserli hastaya SIB yöntemi ile dört farklı (7 Alan YART, 9 Alan YART, 1 Ark YAAT ve 2 Ark YAAT) teknik kullanılarak hedef hacimler ve risk altındaki organların almış oldukları dozları doz hacim histogramı (DVH) yardımıyla değerlendirmeyi amaçladık.

Sonuçlar ile baş boyun RT'inde kullanılan farklı tekniklerin hedef hacim ve risk altındaki organların doz dağılımları üzerindeki etkileri konusunda literatüre katkı sağlanacaktır. Farklı tekniklerde hedef hacim dışında kalan sağlıklı dokuların aldığı düşük doz hacimleri karşılaştırılarak, kullanılacak teknik belirlenirken sağlıklı dokuların maruz kalacakları dozların göz önüne alınabilmesi sağlanacaktır. Tedavi süresi

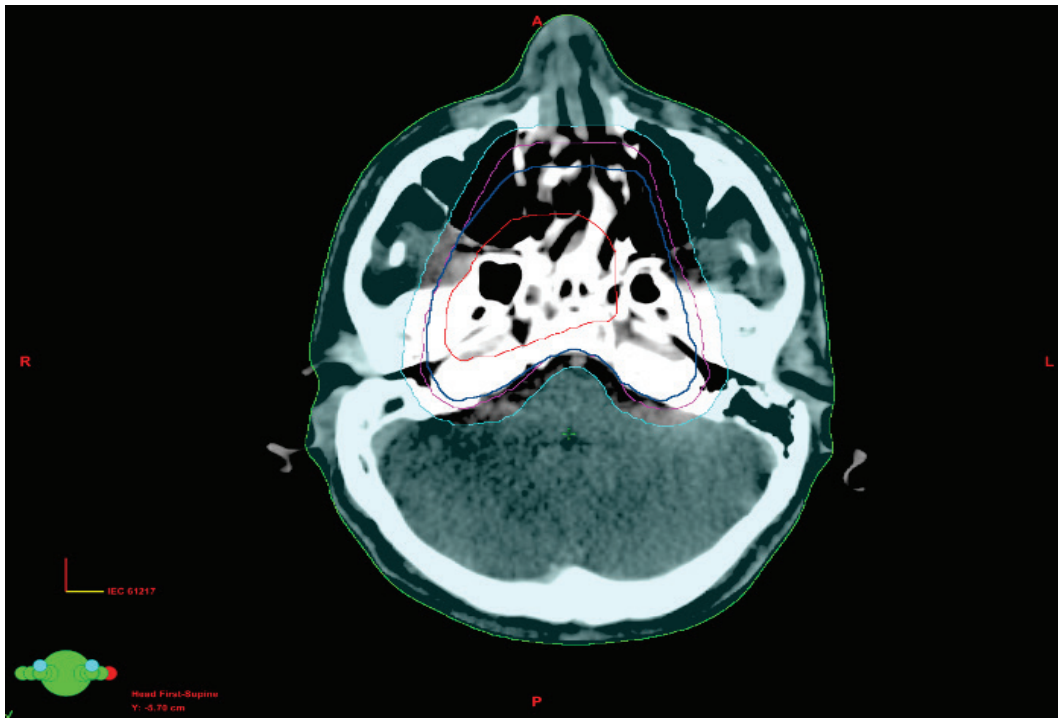
açısından elde edilen istatistiksel verilerin, planlamadaki doz dağılımı açısından fark görülmeyen noktalarda, teknikler arasında seçim yapılmasını kolaylaştıran ve klinik uygulamada tedavi verimini arttıran faktörler olarak rol oynayacağı düşünülmektedir.

## II. MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışmada, Şişli Hamidiye Etfal Eğitim Araştırma Hastanesi Radyasyon Onkolojisi bölümünde daha önce baş boyun RT' si almış 20 hastaya (3 hipofarenks, 4 larenks, 2 orofarenks, 4 dil kökü, 3 nazofarenks, 2 parotis, 2 maksiller sinüs) ait bilgisayarlı tomografi (BT) görüntüleri kullanılmıştır. Hastaların immobilizasyonunda termoplastik baş boyun maskesi kullanılmıştır. Tedavi planlaması için BT tarama kalınlığı 3mm' dir. Görüntüler Digital Imaging and Communication in Medicine (DICOM) ile online olarak tedavi planlama sistemine aktarılmaktadır. Baş boyun bölgesinin ana görüntüleme araçları BT, magnetik rezonans (MR) ve pozitron emisyon tomografisi (PET)' dir. Görüntülemeler boynu içerecek şekildedir. Tüm görüntüleme tiplerinde koronal ve sagittal kesitler değerlendirilmiştir. Hedef hacimlerin belirlenmesinde PET-CT veya MR görüntüleri, CT görüntüleri ile üst üste bindirilerek, hedef yapılar ve kritik organlar radyasyon onkologları tarafından belirlenmiştir.

### 2.1 Hedef Hacim ve Risk Altındaki Organların Tanımlanması

Hedef hacimler olarak gros tümör hacmi (GTV54, GTV60, GTV70), klinik hedef hacmi (CTV54, CTV60, CTV70) ve PTV (PTV54, PTV60, PTV70) konturlanmıştır. GTV, klinik ve radyolojik olarak tanımlanan makroskobik tümör hacmidir. Sadece RT uygulanan hastalarda CTV70, radyolojik ve klinik bulgulara göre uygun marjlarla belirlenmiş sınırlarla nodal GTV' yi tanımlar. Postoperatif hastalarda CTV70, preoperatif GTV+tümörün yumuşak doku invazyonu veya metastatik lenf nodunun ektrakapsüler uzanımını kapsayacak şekilde tümör ve rezeksiyon yatağını 0.5-1.5cm marj ile içerir. Cerrahi yatak, preoperatif görüntüleme, cerrahi defektler veya postoperatif BT' deki cerrahi sonrası değişiklikleri kapsar. CTV60, sadece RT uygulanan hastalarda CTV70 ve klinik BT veya MR görüntülerindeki bulgulara göre CTV70' e komşu direkt tümör tutulumu olmayan yapıları içerir. Klinik veya radyolojik olarak saptanan tutulu lenf nodları 1cm marj ile hava ve kemikler dışlanarak CTV60' a dahil edilir. Postoperatif hastalarda CTV60, profilaktik veya elektif boyun lenf nodu bölgesi olarak değerlendirilen klinik/radyolojik veya patolojik olarak tutulu olmayan servikal lenf nodlarını içerir. Sadece RT uygulanan hastalarda CTV54, profilaktik veya elektif boyun lenf nodu bölgesi olarak değerlendirilen klinik/radyolojik veya patolojik olarak tutulu olmayan servikal lenf nodlarını içerir. CTV hacimlerine



Şekil 1. Nazofarenks kanserli hastada PTV ve Body-PTV çizimi

0.5cm marj verilerek PTV hacimleri oluşturulmuştur. Hasta planlamasına geçmeden önce hedef yapılar (PTV54, PTV60 ve PTV70) toplanarak toplam PTV oluşturulur ve Şekil 1’ de gösterildiği gibi body konturundan 0.5cm marjla çıkartılarak Body-PTV oluşturulur. Böylece, PTV dışında kalan sağlıklı dokuların gereksiz doz alması engellenir.

Şekil 2’ de gösterildiği gibi kritik organlar olarak sağ ve sol gözler, sağ ve sol lensler, sağ ve sol parotisler, oral kavite, mandibula, larenks, kiazma, beyin sapı, spinal kord, sağ ve sol optik sinirler konturlanmıştır. Keskin doz değişimlerinin rahatça sağlanabilmesi için hedef yapılar birbirlerinden 2mm marjla çıkartılmıştır. Hedef yapıların içerisine giren kritik organların tümörle kesişmeyen kısımları 2mm marjla çıkartılarak, ortalama doz değerlerinin düşürülmesi sağlanmıştır. Beyin sapı ve spinal kord için 5mm marj verilerek planlama risk hacimi (PRV) oluşturulmuştur.



Şekil 2. Konturlanan hedef hacim ve kritik yapıların 3B görünümü

## 2.2 Planlar Yapılırken Hedeflenen Doz Değerlerinin Belirlenmesi

YART ve YAAT planlarında eş zamanlı olarak, farklı dokularda farklı doz seviyelerinin sağlandığı SIB tekniği kullanılmıştır. Eş zamanlı olarak yüksek riskli PTV’ ye 6996cGy (fraksiyon başına 212cGy), orta riskli PTV’ ye 6000cGy (fraksiyon başına 182cGy) ve düşük riskli PTV’ ye 5400cGy (fraksiyon başına 164cGy) uygulamak için 33 günlük fraksiyonlar kullanılmıştır.

Kritik organlar için Radiation Therapy Oncology Group (RTOG) 0022, 0225, 1016, 1008, 0920 ve 0912 baş boyun protokolleri [19] referans alındı.

Risk altındaki organlar için hedeflenen doz sınırları ise aşağıda verilmiştir;

- Beyin sapı; <52Gy herhangi hacim>0,03cc
- Kiazma; maksimum≤54Gy
- Spinal kord; <48Gy herhangi hacim>0,03cc  
PRV<50Gy herhangi hacim>0,01cc
- Optik sinir; maksimum≤54Gy
- Göz; ortalama<35Gy
- Lens; olabildiğince düşük maksimum doz değerleri elde edilmelidir.
- Parotis; bir bez korunuyorsa;  
ortalama<26Gy veya %50<30Gy
- Oral kavite; ortalama<40Gy
- Mandibula; maksimum<66Gy
- Larenks; maksimum<50Gy

## 2.3 YART ve YAAT Planlarının Yapılışı

Bu çalışmada, SIB-YART ve SIB-YAAT teknikleriyle baş boyun kanserli hastalara yedi ve dokuz koplanar alanlı dinamik YART, bir tam ark ve iki tam ark YAAT tedavi planlamaları oluşturuldu. 7 Alan YART planlarında, 51<sup>0</sup>’ lik eşit aralıklı gantri açıları (0<sup>0</sup>, 51<sup>0</sup>, 102<sup>0</sup>, 153<sup>0</sup>, 204<sup>0</sup>, 255<sup>0</sup>, 306<sup>0</sup>), 9 Alan YART planlarında, 40<sup>0</sup>’ lik eşit aralıklı gantri açıları (0<sup>0</sup>, 40<sup>0</sup>, 80<sup>0</sup>, 120<sup>0</sup>, 160<sup>0</sup>, 200<sup>0</sup>, 240<sup>0</sup>, 280<sup>0</sup>, 320<sup>0</sup>) kullanıldı. 1 Ark YAAT planları gantrinin tek bir dönüşü (179<sup>0</sup>-181<sup>0</sup>) ile oluşturulurken, 2 Ark YAAT planları birbirine ters yönlere gantri dönüş açılarına (179<sup>0</sup>-181<sup>0</sup>, 181<sup>0</sup>-179<sup>0</sup>) sahip planlarla oluşturuldu. 2 arklı planlarda arklar birbirine ters yönde 30° ve 330° ‘ lik kolimatör açıları ile oluşturularak MLC’ lerden kaynaklanacak sızıntı ve “*tongue and groove*” etkisinin [20] minimuma indirilmesi amaçlanmıştır. Alanlar belirlendikten sonra optimizasyon işlemine geçildi. Tedavi planı optimizasyonu aşamasında, hedef hacimlere minimum ve maksimum doz sınırlamaları yapılarak PTV’ lerin %95’ inin tanımlanan dozun %100’ ünü almasına çalışıldı. Riskli organlara belirlenen kriterler arasında en düşük dozu verebilmek için gerekli doz sınırlamaları yapıldı. Eğer planda iyileştirme yapmak gerekli ve mümkün ise, objektif fonksiyon değerleri değiştirilmekte ve tatmin edici bir tedavi planı elde edene kadar optimizasyon işlemi tekrar edilmektedir. Optimizasyon ve doz dağılımının hesaplanması sonrasında YART planlarında her alana genel *fluence* düzeltilmesi uygulanarak MLC hareketleri düzgünleştirildi.

Bütün planlar, 6MV foton enerjisi kullanılarak, 120 yaprak millenium MLC’ li Varian *Clinac iX* model lineer hızlandırıcı parametreleriyle oluşturulmuştur ve anisotropic analitik algoritması (AAA v.10.28) ile Eclipse tedavi planlama bilgisayarında hesaplatılmıştır.

#### 2.4 Tedavi Planlarının Karşılaştırılması

Tüm tedavi planlarının hedef hacim, risk altındaki organ ve sağlıklı doku dozlarının karşılaştırılmasında DVH' ler kullanıldı. Hedef hacim içinde soğurulan doz dağılımının düzgünlüğünü karakterize etmek için ICRU' nun 83 numaralı raporunda [6] belirtilen denklem (1)' deki homojenite indeks eşitliği kullanıldı.

$$HI = (D_{\%2} - D_{\%98}) / D_{\%50} \quad (1)$$

$D_{\%2}$  PTV' lerin %2' sinin almış olduğu doz olup maksimum dozu,  $D_{\%98}$  PTV' lerin %98' inin almış olduğu doz olup minimum dozu ve  $D_{\%50}$  PTV' lerin %50' sinin almış olduğu dozu göstermektedir. Yüksek doz bölgesinin hedef hacim ile uyumunu belirlemek amacıyla Van't Riet ve ark. [21] tarafından tanımlanan, hem hedef hacim hem de sağlıklı doku terimlerini barındıran denklem (2)' deki konformalite indeks eşitliği kullanıldı.

$$CI = (TV_{RI}/TV) \times (TV_{RI}/V_{RI}) \quad (2)$$

$TV_{RI}$  referans izodoz ile kapsanan hedef hacmi,  $TV$  hedef hacmi ve  $V_{RI}$  referans izodoz hacmini göstermektedir. Ayrıca, PTV' ye ait DVH' ler kullanılarak hedef hacme ait  $D_{min}$  (cGy),  $D_{max}$  (cGy),  $D_{ort}$  (cGy) (hedef hacimde minimum, maksimum ve ortalama dozlar),  $V_{105}$  (%),  $V_{107}$  (%),  $V_{110}$  (%) (tanımlanan dozun %105, %107 ve %110' unu alan hacim) verileri karşılaştırılmıştır. Kritik organlarda optik sinirler, kiazma, beyin sapı ve spinal kord için maksimum doz ( $D_{max}$  (Gy)), gözler, lensler, parotisler, mandibula, oral kavite ve larenks için ortalama doz ( $D_{ort}$  (cGy)) değerleri karşılaştırılmıştır. Sağlıklı dokuların maruz kaldığı dozların, kullanılan tedavi tekniklerine bağlı farklılıklarının belirlenmesinde Body-PTV' ye ait DVH' ler kullanılarak  $D_{ort}$  (Gy) (sağlıklı dokuda oluşan ortalama doz),  $V_5$  (%),  $V_{10}$  (%),  $V_{15}$  (%) ve  $V_{20}$  (%) (sağlıklı dokuda 5Gy, 10Gy, 15Gy ve 20Gy doz alan hacmin yüzdesi) değerleri karşılaştırılmıştır. Bunlara ek olarak her bir planlama tekniğine ait MU ve tedavi sürelerinin karşılaştırılması yapılmıştır.

Çalışmadaki araştırma verileri SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) version 23 ile değerlendirilmiştir. 4 farklı tedavi planlama tekniğinde verilerin gruplar arası ikili karşılaştırmalarında, parametrik koşullar sağlanıyorsa "Paired-Samples T" testi, sağlanamıyorsa "Mann-Whitney U" testi kullanıldı.

### III. BULGULAR VE TARTIŞMA

Baş boyun kanserlerinin tedavisinde radyoterapi önemli bir yere sahiptir. Gerek erken ve lokal ileri evre tümörlerde primer tedavi yöntemi olarak gerekse lokal ileri evre tümörlerde postoperatif olarak kullanılmaktadır. Baş boyun bölgesi anatomisinin kompleks oluşu bir çok risk altındaki

organı barındırması radyoterapi planlamasını güçleştirmektedir. Düzensiz hedef hacimlere yüksek dozların tanımlandığı ve hedef hacim etrafında korunması gereken birçok sağlıklı dokuyu barındıran baş boyun bölgesi kanserlerinin radyoterapisinde, YART ve YAAT tekniklerinin karşılaştırılıp, birbirlerine göre avantaj ve dezavantajları bu çalışmada araştırılmıştır.

Tablo 1' de 20 baş boyun hastası için 7 ve 9 Alan YART, 1 ve 2 Ark YAAT tedavi planlamalarından elde edilen PTV70, PTV60, PTV54' e ait doz değerlerinin ortalamaları ve HI, CI değerlerinin ortalamaları, MU ve tedavi süreleri için ortalama sayısal değerler ile teknikler arası ikili istatistiksel analiz sonuçları verilmektedir.

PTV70 hedef hacmin tanımlanan doz ile kapsanması açısından 7 Alan YART, 9 Alan YART ve 2 Ark YAAT planlama teknikleri 1 Ark YAAT planlama tekniğine göre daha avantajlıdır. HI' nın en ideal değeri "0" olduğundan en homojen doz dağılımının olduğu teknikler 9 Alan YART (HI=0,0755) ve 2 Ark YAAT (HI=0,079) olarak bulunmuştur. Krishnan J. ve arkadaşlarının çalışmasında [22] baş boyun kanserli 22 hasta için 9 Alan YART ile 2 Ark YAAT teknikleri karşılaştırılmış, PTV70 HI değeri açısından bizim çalışmamızla uyumlu olarak 9 Alan YART ve 2 Ark YAAT teknikleri arasında anlamlı fark olmadığı görülmüştür. CI' nın en ideal değeri "1" olduğundan en konformal teknik 2 Ark YAAT (CI=1,036) olarak bulunmuştur. Bu sonuç, Krishnan J. ve arkadaşlarının çalışması ile desteklenmektedir [22].

PTV60 hedef hacmin tanımlanan doz ile kapsanması açısından 9 Alan YART ve 2 Ark YAAT planlama teknikleri 7 Alan YART ve 1 Ark YAAT planlama tekniklerine göre daha avantajlıdır. En homojen doz dağılımının olduğu teknik 9 Alan YART (HI=0,1036) olarak bulunmuştur. Boylan C. ve arkadaşlarının çalışmasında [23] baş boyun kanseri 10 hasta için 7 Alan YART ve 2 Ark YAAT teknikleri karşılaştırılmış, PTV60 HI değeri açısından bizim çalışmamızla uyumlu olarak 7 Alan YART ve 2 Ark YAAT teknikleri arasında anlamlı fark olmadığı görülmüştür.

PTV54 hedef hacminin tanımlanan doz ile kapsanması açısından 7 Alan YART, 9 Alan YART ve 2 Ark YAAT planlama teknikleri 1 Ark YAAT planlama tekniğine göre daha avantajlıdır. En homojen doz dağılımının olduğu teknik 2 Ark YAAT (HI=0,1334) olarak bulunmuştur. Bu sonuç, Krishnan J. ve arkadaşlarının [22] 9 Alan YART ile 2 Ark YAAT tekniklerinin karşılaştırılması ve Syam Kumar S.A. ve arkadaşlarının [24] 9 Alan YART ile 1 ve 2 Ark YAAT tekniklerinin karşılaştırılması çalışması ile desteklenmektedir.



**Tablo 1.** 20 baş boyun hastası için, dört farklı planlama tekniğinden elde edilen, hedef hacimlere ait ortalama doz, hacim değerleri, ortalama HI, CI, MU, tedavi süreleri ve teknikler arasındaki istatistiksel analiz sonuçları

	7 Alan YART	9 Alan YART	1 Ark YAAT	2 Ark YAAT	p	p*	p**	p***	p****	p*****
<b>PTV70</b>										
D <sub>min</sub> (cGy)	6184,0	6203,4	6180,0	6272,3	0,629	0,950	0,165	0,722	0,262	0,012
D <sub>max</sub> (cGy)	7620,5	7582,1	7825,6	7636,6	0,017	0	0,614	0	0,063	0
D <sub>ort</sub> (cGy)	7261,3	7246,6	7322,5	7262,7	0,078	0,002	0,933	0	0,337	0
D <sub>2</sub> (cGy)	7469,9	7443	7590,6	7474,2	0,005	0	0,868	0	0,202	0
D <sub>98</sub> (cGy)	6872,5	6884,2	6877,3	6899,2	0,035	0,763	0,037	0,657	0,288	0
D <sub>50</sub> (cGy)	7287,2	7272	7353,1	7288,7	0,068	0,005	0,944	0,002	0,471	0
V <sub>105</sub> (%)	26,07	23,52	50,57	31,74	0,112	0,001	0,386	0	0,229	0
V <sub>107</sub> (%)	7,17	5,44	19,36	5,55	0,537	0,001	0,321	0	0,123	0,001
V <sub>110</sub> (%)	0,06	0	1,43	0,05	0,264	0,002	0,672	0	0,515	0,001
HI	0,0809	0,0755	0,0957	0,0790	0	0,008	0,695	0,001	0,405	0
CI	1,107	1,083	1,095	1,036	0	0,499	0	0,544	0,009	0
<b>PTV60</b>										
D <sub>ort</sub> (cGy)	6728,9	6720,3	6771,1	6702,2	0,205	0,080	0,177	0,029	0,328	0
D <sub>2</sub> (cGy)	6765,3	6679,1	6847,5	6691,8	0,102	0,036	0,029	0,011	0,811	0
D <sub>98</sub> (cGy)	5995,0	6020,2	5929,3	5942,2	0,008	0,098	0,135	0,036	0,047	0,345
D <sub>50</sub> (cGy)	6378,8	6360,6	6435,2	6354,1	0,091	0,085	0,332	0,029	0,801	0
HI	0,1209	0,1036	0,1427	0,1180	0,039	0	0,394	0	0,046	0
<b>PTV54</b>										
D <sub>ort</sub> (cGy)	6205,7	6201,9	6235,3	6162,1	0,596	0,297	0,101	0,248	0,145	0
D <sub>2</sub> (cGy)	6201,2	6171,7	6258,1	6064,1	0,073	0,173	0,001	0,091	0,027	0
D <sub>98</sub> (cGy)	5274,1	5299,9	5228,9	5300,2	0,003	0,146	0,279	0,044	0,989	0
D <sub>50</sub> (cGy)	5738,6	5730,5	5808,9	5731,6	0,369	0,027	0,792	0,019	0,970	0
HI	0,1616	0,1519	0,1773	0,1334	0,039	0	0,394	0	0,014	0
MU	1492	1617	566	568	0,079	0	0	0	0	0,860
Tedavi Süresi(s)	472	517	191	338	0	0	0	0	0	0

p - 7 Alan YART ile 9 Alan YART teknikleri arasındaki istatistiksel analiz; p\* - 7 Alan YART ile 1 Ark YAAT teknikleri arasındaki istatistiksel analiz; p\*\* - 7 Alan YART ile 2 Ark YAAT teknikleri arasındaki istatistiksel analiz; p\*\*\* - 9 Alan YART ile 1 Ark YAAT teknikleri arasındaki istatistiksel analiz; p\*\*\*\* - 9 Alan YART ile 2 Ark YAAT teknikleri arasındaki istatistiksel analiz; p\*\*\*\*\* - 1 Ark YAAT ile 2 Ark YAAT teknikleri arasındaki istatistiksel analiz.

Ortalama tedavi süresi bakımından, dört teknik arasında istatistiksel olarak anlamlı fark vardır ( $p < 0,05$ ). En uzun tedavi süresine sahip tedavi planlama tekniği 9 Alan YART, en kısa tedavi süresine sahip tedavi planlama tekniği ise 1 Ark YAAT olarak bulunmuştur. Krishnan J. ve arkadaşlarının çalışmasında aynı şekilde YAAT tekniğinde tedavi süresi YART tekniğine göre anlamlı olarak daha kısa bulunmuştur ( $p = 0,00001$ ) [22]. Ortalama MU değeri bakımından, en büyük değere sahip tedavi planlama tekniği 9 Alan YART, en küçük değere sahip tedavi planlama tekniği ise 1 Ark YAAT olarak bulunmuştur. YART teknikleri ile YAAT teknikleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark vardır ( $p < 0,05$ ).

Bu sonuç, Syam Kumar S.A. ve arkadaşlarının çalışması ile desteklenmektedir [24].

Tablo 2' de 20 baş boyun hastası için 7 ve 9 Alan YART, 1 ve 2 Ark YAAT tedavi planlamalarından elde edilen sağ optik sinir, sol optik sinir, kiazma, beyin sapı ve spinal kord için ortalama D<sub>max</sub>(cGy) değerleri ile sağ göz, sol göz, sağ lens, sol lens, sağ parotis, sol parotis, oral kavite, mandibula ve larenks için ortalama D<sub>ort</sub>(cGy) değerleri, sağlıklı dokuda oluşan D<sub>ort</sub>(cGy), V<sub>5</sub>(%), V<sub>10</sub>(%), V<sub>15</sub>(%) ve V<sub>20</sub>(%) değerlerinin ortalamaları ve teknikler arası ikili istatistiksel analiz sonuçları verilmektedir.

**Tablo 2.** 20 baş boyun hastası için, dört farklı planlama tekniğinden elde edilen, kritik organlar için ortalama doz değerleri, sağlıklı dokuda ortalama doz ve hacim değerleri ile teknikler arasındaki istatistiksel analiz sonuçları

	7 Alan YART	9 Alan YART	1 Ark YAAT	2 Ark YAAT	p	p*	p**	p***	p****	p*****
<b>D<sub>max</sub> (cGy)</b>										
Sağ Optik Sinir	1426,0	1387,3	1482,5	1455,3	0,296	0,044	0,037	0,002	0,009	0,232
Sol Optik Sinir	1306,2	1301,6	1439,5	1446,1	0,191	0,002	0,002	0,001	0,002	0,852
Kiazma	1441,9	1401,2	1611,4	1564,6	0,008	0,011	0,030	0,006	0,006	0,136
Beyin Sapı	4593,5	4507,4	4757,8	4439,9	0,070	0,119	0,078	0,033	0,485	0
Spinal Kord	4342,4	4288,0	4347,9	4173,1	0,436	0,971	0,143	0,693	0,374	0,025
<b>D<sub>ort</sub> (cGy)</b>										
Sağ Göz	593,6	587,2	688,5	658,3	0,491	0,110	0,216	0,048	0,057	0,012
Sol Göz	506,3	545,9	583,5	589,5	0,221	0,236	0,214	0,298	0,250	0,594
Sağ Lens	329,0	321,3	412,4	363,8	0,506	0,084	0,230	0,023	0,086	0,014
Sol Lens	358,2	348,7	371,9	402,4	0,641	0,787	0,508	0,568	0,352	0,127
Sağ Parotis	2243,5	2285,2	2533,1	2307,5	0,253	0,013	0,572	0,070	0,867	0
Sol Parotis	2278,2	2298,6	2475,1	2325,1	0,522	0,031	0,708	0,058	0,847	0,001
Oral Kavite	4259,2	4320,9	3925,3	3984,9	0,383	0,001	0,006	0,001	0,001	0,171
Mandibula	4874,4	4838,0	4405,1	4396,4	0,106	0	0	0	0	0,644
Larenks	3676,7	3680,9	3699,6	3620,0	1	0,745	1	0,765	0,849	0,745
<b>Sağlıklı Doku</b>										
D <sub>ort</sub> (cGy)	829,73	840,73	814,80	811,57	0,019	0,079	0,062	0,007	0,006	0,337
V <sub>5</sub> (%)	32,94	32,77	34,44	34,77	0,294	0	0	0	0	0,064
V <sub>10</sub> (%)	24,79	24,65	24,66	25,29	0,643	0,717	0,134	0,995	0,129	0,058
V <sub>15</sub> (%)	20,81	20,94	20,15	20,26	0,376	0,015	0,042	0,001	0,018	0,422
V <sub>20</sub> (%)	17,55	17,39	16,28	16,22	0,274	0	0,001	0	0,001	0,695

p - 7 Alan YART ile 9 Alan YART teknikleri arasındaki istatistiksel analiz; p\* - 7 Alan YART ile 1 Ark YAAT teknikleri arasındaki istatistiksel analiz; p\*\* - 7 Alan YART ile 2 Ark YAAT teknikleri arasındaki istatistiksel analiz; p\*\*\* - 9 Alan YART ile 1 Ark YAAT teknikleri arasındaki istatistiksel analiz; p\*\*\*\* - 9 Alan YART ile 2 Ark YAAT teknikleri arasındaki istatistiksel analiz; p\*\*\*\*\* - 1 Ark YAAT ile 2 Ark YAAT teknikleri arasındaki istatistiksel analiz.

Seri kritik organ (sağ optik sinir, sol optik sinir, kiazma, beyin sapı ve spinal kord) ve paralel kritik organ (sağ göz, sol göz, sağ lens, sol lens, sağ parotis, sol parotis, oral kavite, mandibula ve larenks) dozları 7-9 Alan YART ve 1-2 Ark YAAT planlama teknikleri ile tolerans limitlerinin altında bulunmuştur. 7-9 Alan YART tekniklerinde sağ ve sol optik sinir ortalama D<sub>max</sub> (cGy) değerleri 1-2 Ark YAAT tekniklerine göre anlamlı olarak daha küçük bulunmuştur. Kiazma ortalama D<sub>max</sub> (cGy) değeri 9 Alan YART tekniğinde diğer tekniklere göre anlamlı olarak daha küçük bulunmuştur.

Beyin sapı için ortalama D<sub>max</sub> (cGy) değeri bakımından, en büyük değere sahip tedavi planlama tekniği 1 Ark YAAT, en küçük değere sahip tedavi planlama tekniği ise 2 Ark YAAT olarak bulunmuştur. Sonuç olarak, 7-9 Alan YART ve 2 Ark YAAT tekniklerinde beyin sapı ortalama D<sub>max</sub> (cGy) değeri 1 Ark YAAT tekniğine göre daha küçük bulunmuştur. Syam Kumar S.A. ve arkadaşları çalışmalarında [24] YART ve YAAT teknikleri arasında beyin sapı ortalama D<sub>max</sub> (cGy) değeri bakımından anlamlı fark olmadığını belirtmişlerdir. Spinal kord ortalama D<sub>max</sub> (cGy) değeri açısından planlar

arasında önemli farklar görülmezken, en düşük doz değeri 2 Ark YAAT tekniği ile elde edilmiştir. Boylan C. ve arkadaşlarının [23] ve White P. ve arkadaşlarının çalışmalarında [25] baş boyun kanserli hastalar için 7 Alan YART ile 2 Ark YAAT teknikleri karşılaştırılmış, beyin sapı ve spinal kord  $D_{max}$  (cGy) değeri açısından çalışmamızla uyumlu olarak teknikler arasında anlamlı fark olmadığı görülmüştür.

7-9 Alan YART ve 2 Ark YAAT tekniklerinde sağ göz, sağ lens, sağ parotis ve sol parotis ortalama  $D_{ort}$  (cGy) değerleri 1 Ark YAAT tekniğine göre daha küçük bulunmuştur. Sol göz, sol lens ve larenks ortalama  $D_{ort}$  (cGy) değerleri bakımından, teknikler arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır. Boylan C. ve arkadaşlarının çalışmasında [23] sağ göz, sol göz, sağ parotis, sol parotis ve larenks  $D_{ort}$  (cGy) değerleri açısından istatistiksel değerlendirmede, bizim çalışmamızla uyumlu olarak 7 Alan YART ve 2 Ark YAAT teknikleri arasında anlamlı fark olmadığı görülmüştür. 1-2 Ark YAAT tekniklerinde oral kavite ve mandibula ortalama  $D_{ort}$  (cGy) değerleri 7-9 Alan YART tekniklerine göre anlamlı olarak daha küçük bulunmuştur. Benzer şekilde, Krishnan J. ve arkadaşlarının çalışmasında [22] 2 Ark YAAT tekniğinde oral kavite  $D_{ort}$  (cGy) değeri 9 Alan YART tekniğine göre anlamlı olarak daha küçük bulunmuştur. Mandibula için bulunan değerler, Syam Kumar S.A. ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmanın sonuçları ile uyumludur [24].

Sağlıklı dokuların aldığı dozlar için,  $V_5$ (%) değeri açısından YART teknikleri YAAT tekniklerine göre daha avantajlı bulunurken,  $V_{10}$ (%) değeri açısından teknikler arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır.  $D_{ort}$  (cGy),  $V_{15}$ (%) ve  $V_{20}$ (%) değerleri açısından YAAT tekniklerinin YART tekniklerine göre daha avantajlı olduğu bulunmuştur. Krishnan J. ve arkadaşlarının çalışmasında [22] sağlıklı dokuda oluşan  $D_{ort}$  (cGy) ve  $V_5$ (%) değerleri için ve Syam Kumar S.A. ve arkadaşlarının çalışmasında [24]  $D_{ort}$  (cGy),  $V_{10}$ (%) ve  $V_{15}$ (%) değerleri için YART ve YAAT teknikleri arasında istatistiksel değerlendirmede anlamlı fark olmadığı görülmüştür. Ortalama  $V_{20}$ (%) değeri açısından bulduğumuz değerler Syam Kumar S.A. ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmanın sonuçları ile uyumludur [24].

### 3.1 Sonuçlar ve Değerlendirmeler

7 Alan YART, 9 Alan YART, 1 Ark YAAT ve 2 Ark YAAT tekniklerini kullanarak elde ettiğimiz tüm planlamalar, hedef hacim ve riskli organlar açısından kabul edilebilir doz sınırları içindedir. 9 Alan YART ve 2 Ark YAAT tekniklerinin hedef hacimdeki minimum, maksimum ve ortalama dozlar açısından baş boyun kanserli hastalarda 7 Alan YART ve 1 Ark YAAT tekniklerine göre biraz daha üstün oldukları

görülmüştür. Hedef hacim ile reçete edilen doz hacmi arasındaki uyumu analiz etmek amacıyla kullanılan CI ve hedef hacim içindeki doz dağılımını değerlendirmek için kullanılan HI değerleri açısından 9 Alan YART ve 2 Ark YAAT tekniklerinin daha iyi sonuçlar verdiği bulunmuştur. Kritik organların  $D_{max}$  (cGy) değerleri incelendiğinde; sağ optik sinir, sol optik sinir ve kiazma için en düşük değerler 9 Alan YART planları ile elde edilirken, beyin sapı ve spinal kord için ise en düşük değerler 2 Ark YAAT planları ile elde edilmiştir. Kritik organların  $D_{ort}$  (cGy) değerleri incelendiğinde; sağ göz ve sağ lens için 9 Alan YART, sağ parotis ve sol parotis için 7 Alan YART, oral kavite için 1 Ark YAAT, mandibula için ise 2 Ark YAAT planları ile en düşük ortalama doz değerleri elde edilmiştir. Sol göz, sol lens ve larenks için ortalama doz değerleri açısından teknikler arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olmadığı görülmüştür. Yüksek doz alan sağlıklı doku hacmi ( $D_{ort}$  (cGy),  $V_{15}$ (%) ve  $V_{20}$ (%)) YAAT planlarında anlamlı olarak daha düşükken, düşük doz ile ışınlanan sağlıklı doku hacmi ( $V_5$ (%)) değeri YART planlarında anlamlı olarak daha düşük bulunmuştur. YART planlarındaki MU değerleri YAAT planlarındaki MU değerlerine göre %38 daha fazladır. Tedavi süresinin kısalığı ve MU değerlerinin daha düşük olması açısından YAAT planları hasta için daha uygundur ve klinik uygulamada daha avantajlıdır. Hastanın durumuna ve radyasyon onkolojisi kliniğinin teknik şartlarına bağlı olarak dört tekniğin de uygulanabilir olduğu gösterilmiştir. İdeali her hastayı ayrıntılı olarak değerlendirip hasta bazında tedavi tekniğine karar verilmesidir.

### KAYNAKLAR

- [1] Nath, R., Biggs, P.J., Bova, F.J., Ling, C.C., Purdy, J.A., van de Geijn, J., Weinhaus, M.S. (1994). SYN45 : *AAPM Code of Practice for Radiotherapy Accelerators*, Report of AAPM Radiation Therapy Task Group, USA.
- [2] Edward, C.H., Carlos, A.P., Luther, W.B. (2007). Perez and Brady's Principles and Practice of Radiation Oncology. Lippincott Williams&Wilkins (ed.), 5. baskı, New York, USA.
- [3] Hall, E.J., Giaccia, A.J. (2006). Radiobiology for the radiologist. Lippincott Williams&Wilkins (ed.), 6. baskı, Philadelphia, USA.
- [4] Carol, M.P. (1995). A system for planning and rotational delivery of intensity-modulated fields. *International journal imaging systems technology*, 6, 56-61.
- [5] Ling, C.C., Burman, C., Chui, C.S. (1996). Conformal radiation treatment of prostate cancer using inversely-planned intensity-modulated photon beams produced with dynamic multileaf collimation. *International Journal of Radiation Oncology Biology Physics*, 35(4), 721-730.
- [6] International Commission on Radiation Units and Measurements. (2010). *Prescribing, Recording, and Reporting*

- Photon-Beam Intensity-Modulated Radiation Therapy (IMRT)*, Oxford University, ICRU Report 83, UK.
- [7] Carol, M.P., Targovnik, H., Smith, D. (1992). 3-D planning and delivery system for optimized conformal therapy. *International Journal of Radiation Oncology Biology Physics*, 24, 158.
- [8] Mundt, A.J., Roeske, J.C. (2005). Intensity Modulated Radiation Therapy A Clinical Perspective. BC Decker (ed.), 5. baskı, Hamilton, USA.
- [9] James, D.C., Kian, A. (2010). Radiation Oncology: Rationale, Technique, Results. Mosby Elsevier (ed.), 9. baskı, Philadelphia, USA.
- [10] Paul, Q.M., Peter, H.R.E., Patrick, J.G. (2009). Principles and Practice of Head and Neck Surgery and Oncology. Informa healthcare (ed.), 2. baskı, New York, USA.
- [11] Otto, K. (2007). Volumetric modulated arc therapy: IMRT in a single gantry arc. *Medical Physics*, 35(1), 310.
- [12] Khan, F.M. (2003). The Physics of Radiation Therapy. Lippincott Williams&Wilkins (ed.), 4. baskı, Philadelphia, USA.
- [13] Khan, F.M., Gibbons, J.P. (2014). Treatment Planning in Radiation Oncology. Lippincott Williams&Wilkins (ed.), 5. baskı, Philadelphia, USA.
- [14] Lauve, A., Morris, M., Schmidt-Ullrich, R. (2004). Simultaneous integrated boost intensity-modulated radiotherapy for locally advanced head and neck squamous cell carcinomas: II clinical results. *International Journal of Radiation Oncology Biology Physics*, 60(2), 374-387.
- [15] Mohan, R., Wu, Q., Manning, M., Schmidt-Ullrich, R. (2000). Radiobiological considerations in the design of fractionation strategies for intensity-modulated radiation therapy of head and neck cancers. *International Journal of Radiation Oncology Biology Physics*, 46(3), 619-630.
- [16] Bai, Y.R., Wu, G.H., Guo, W.J. (2003). Intensity modulated radiation therapy and chemotherapy for locally advanced pancreatic cancer: results of feasibility study. *World Journal of Gastroenterol*, 9(11), 2561-2564.
- [17] Orlandi, E., Palazzi, M., Pignoli, E., Fallai, C., Giostra, A., Olmi, P. (2010). Radiobiological basis and clinical results of the simultaneous integrated boost (SIB) in intensity modulated radiotherapy (IMRT) for head and neck cancer. *Critical Reviews in Oncology Hematol*, 73(2), 111-125.
- [18] Li, J.G., Xing, L., Boyer, A.L., Hamilton, R.J., Spelbring, D.R., Turian, J.V. (1999). Matching photon and electron fields with dynamic intensity modulation. *Medical Physics*, 26(11), 2379-2384.
- [19] Radiation Therapy Oncology Group (RTOG), <http://www.rtog.org/ClinicalTrials/ProtocolTable/StudyDetails.aspx>, (16.05.2012).
- [20] Schelegel, W., Bortfeld, T., Grosu, A.L. (2006). New Technologies in Radiation Oncology. Springer (ed.), 1. baskı, Verlag, Berlin.
- [21] Van't Riet, A., Mak, A.C., Moerland, M.A. (1997). A conformation number to quantify the degree of conformality in brachytherapy and external beam irradiation: Application to the prostate. *International Journal of Radiation Oncology Biology Physics*, 37, 731-736.
- [22] Krishnan, J., Rao, S., Hedge, S., Shetty, J., Shambhavi. (2015). A Dosimetric Comparison of Double Arc Volumetric Modulated Arc Therapy with Large Field Intensity Modulated Radiation Therapy for Head and Neck Cancer. *International Journal of Medical Physics*, 4, 353-363.
- [23] Boylan, C., Rowbottom, C. (2014). A bias-free, automated planning tool for technique comparison in radiotherapy-application to nasopharyngeal carcinoma treatments. *Journal of Applied Clinical Medical Physics*, 15(1), 213-225.
- [24] Syam Kumar, S.A., Vivekanandan, N., Sriram, P. (2012). A study on conventional IMRT and RapidArc treatment planning techniques for head and neck cancers. *ScienceDirect*, 17, 168-175.
- [25] White, P., Chan, K.C., Cheng, K.W., Chan, K.Y., Chau, M.C. (2013). Volumetric intensity-modulated arc therapy vs conventional intensity-modulated radiation therapy in nasopharyngeal carcinoma: a dosimetric study. *Journal of Radiation Research*, 54, 532-545.

# Hazır Giyim Mağazacılık Sektöründe İş Kazaları ve Çözüm Önerileri: Örnek Bir Uygulama

Hande Ergin<sup>1,2</sup>, Ayhan Mergen<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İş Güvenliği Anabilim Dalı, Göztepe Kampüsü, 34722 Göztepe, İstanbul

<sup>2</sup>Biruni Üniversitesi, Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, İş Sağlığı ve Güvenliği Bölümü, 34104 Topkapı, İstanbul

## ÖZ

Hazır giyim mağazacılık sektörü, ülkelerin ekonomik kalkınma sürecinde etkin rol oynayan bir sanayi dalıdır. Bu sektör dünya ekonomisinde olduğu gibi ülkemiz ekonomisinde de önemli bir yere sahiptir. 76 milyondan fazla nüfusu olan Türkiye’de ekonomik gelişmeler doğrultusunda son tüketiciye yönelik hazır giyim ürünlerinin iç pazarı ve mağazacılık sektörü büyüme eğilimindedir. Gelişen teknoloji ve pazar payının büyümesi ile beraber istihdamda artış yaşanmakta ve çalışanların karşılaştığı iş kazaların sayısı da artmaktadır. Dünyada bütün gelişmiş ülkelerde olduğu gibi ülkemizde de en önemli kavramlardan biri iş sağlığı ve güvenliğidir. Bu çalışmada hazır giyim mağazacılık sektöründe yaşanan iş kazaları örnek bir firma üzerinden ki-kare istatistik yöntemi kullanılarak, SPSS istatistik programı yardımı ile araştırılmış ve çözüm önerileri sunulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** İş Kazası, İş Güvenliği, Hazır Giyim, Mağazacılık, SPSS

## Occupational Accidents and the Solutions in the Apparel Retail Sector: A Sample Application

### ABSTRACT

Sector of retail apparel that plays an effective role in the economic development process of the country, is a part of industry. This sector has an important place in our country’s economy, as well as world. More than 76 million population of Turkey’s retail sector tends to grow in line with the economic developments for apparel products to the final consumer. With developing technology and market share with growth being experienced an increase in employment and the number of occupational accidents encountered by workers is also increasing. One of the most important concepts in our country as well as in all developed countries in the world is the occupational health and safety. In this study, samples of work accidents that occurred in the retail apparel sector has been investigated with using ki-kare statistical method and the help of SPSS program and has been presented solutions.

**Keywords:** Work Accident, Occupational Safety, Apparel, Retail, SPSS

## I. GİRİŞ

Gelişen teknoloji ile beraber çalışanların karşılaştığı güvensiz durumlar artmaktadır. Güvensiz durumların yanı sıra çalışanlar tempoya ayak uydurmaya çalışmakta ve bu durum fizyolojik, psikolojik baskılar oluşturmaktadır. Bu tür olumsuzluklar çalışanların güvensiz davranış sergilemelerine yol açmaktadır. Gerek güvensiz davranışlar, gerek çalışanların karşılaştığı güvensiz durumlar iş verimini de etkilemekte ve bütün bunlardan dolayı da sağlık ve güvenlikle ilgili alınan tedbirlerin önemi daha da artmaktadır.

Yapılan araştırmalara göre Türkiye’de sekiz dakikada bir iş kazası yaşanmakta, altı saatte bir ölümlü iş kazası ve iki buçuk saatte bir sakat kalma ile sonuçlanan iş kazaları yaşanmaktadır [1]. Sanayileşmenin artması ile iş kazalarının sayısı da günden güne artmaktadır. Her geçen gün iş kazalarıyla doğrudan ve dolaylı kayıpların büyük boyutlara ulaşması, konunun önemini daha da arttırmaktadır.

Dünyada sanayileşme artarken hazır giyim üretim ve mağazacılık sektöründeki gelişmeler de önemli bir artış göstermiştir. Sanayi Genel Müdürlüğü tarafından yapılan

çalışmalar gösteriyor ki; tekstil, hazır giyim ve deri sektörleri 2013 yılı içerisinde 29 milyar dolar ihracat yapmıştır. Bu rakamların 2023 yılında 80 milyar dolara kadar yükselmesi planlanmıştır. Bunun yanı sıra ülkemiz, 2013 yılı içerisinde dünya hazır giyim ihracatının %3.7 lik kısmını oluşturmaktadır. İmalat sanayi sektörleri incelendiğinde 2013 yılı içerisinde “net ihracatçı” sıralamasında ülkemiz birinci sıradadır [2]. Onuncu Kalkınma Planı’nda planlanan hedefler doğrultusunda, Türkiye’nin ihracattaki %35’lik payı, istihdamın tek başına %11’ini ve GSMH’nin %10’unu karşılması ve sanayideki yatırımların %25’ini bünyesinde toplaması tekstil ve hazır giyim sektörünün ülke ekonomisinin en önemli kollarından biri olduğunu göstermektedir [3].

### 1.1 İş Sağlığı ve Güvenliği Kavramları

İş sağlığı ve güvenliği; iş yerlerinde işin yürütülmesi sırasında, çalışanın sağlığına zarar verebilecek koşulları analiz eden ve bu olumsuz koşullardan korunmak amacıyla sistemli ve bilimsel değerlendirmeler yapan çalışmaların tamamıdır [4]. İş güvenliği çalışma ortamında sürekli olan risk ve tehlikeleri, tespit edip kaynağında önlemeyi, iş kazalarını ve acil durumları ortadan kaldırmayı amaç edinir [5].

#### 1.1.1 İş Sağlığı ve Güvenliğinin Amacı ve Önemi

İş sağlığı ve güvenliğinin öncelikli amacı çalışanları korumaktır. Çalışanları işyerinin olumsuz etkilerinden korumak, güvenli, sağlıklı ve rahat çalışma ortamı yaratmak asıl amaçlardır. Başka bir deyimle, çalışanları meslek hastalıklarına ve iş kazalarına karşı koruyarak beden ve ruh tam iyilik hallerini sağlamaktır. İkinci önceliği ise üretim güvenliğini sağlamaktır. Üretimin güvenliğini sağlamak demek dolaylı olarak çalışanın güvenliğini sağlamak anlamına gelmektedir. Bir işletmede üretim güvenliği sağlandığı takdirde iş verimi artacaktır, bu durum ekonomik olarak işverene ve işçilere de yansıtacaktır. Üretim güvenliği olan bir işletmede çalışanların da meslek hastalığına ya da iş kazasına uğrama ihtimalleri azalmaktadır. İş sağlığı ve güvenliğinin diğer amacı ise işletme güvenliğini sağlamaktır [6].

İş kazalarından ve meslek hastalıklarından en çok etkilenen grup çalışanlardır. Ülkemizde iş hukukuna göre haftalık çalışma saatinin 45 saat olduğu düşünülürse, çalışanlar hayatlarının büyük bir kısmını işyerlerinde geçirmektedirler. Çalışma ortamının düzenli, güvenli ve sağlıklı olması çalışanların işyerindeki verimliliğini arttıracaktır gibi aynı zamanda işi benimsemelerini ve işlerini daha dikkat ve özenle yapmalarını sağlar. Bu anlamda işverenlerin çalışma ortamında gerekli önlemleri alması ve çalışanlara iş sağlığı ve güvenliğinin önemini detaylı bir şekilde aktarmaları çok

önemlidir. İş kazası ya da meslek hastalığı yaşadıklarında sürekli ya da geçici iş göremezlik yaşayan işçiler maddi ve manevi kayıplar yaşayacaktır. Yaşanan bu kayıp ile çalışanın yaşadığı psikolojik sorunların yanında, ücret gelirinin bir kısmını ya da tamamını belirli bir süre ya da sürekli olarak kaybedebilir. Bu durum hem çalışana hem de ailesini zor durumda bırakacaktır [7].

Çalışanlardan birinin iş kazasına ya da meslek hastalığına yakalanması, çalışanlar kadar işvereni de önemli ölçüde etkilemektedir. İşyerinde iş kazası yaşandığı anda çalışanlar manevi anlamda bir kayıp yaşadıkları için bu durum işin yürütümüne ve verimliliğine de zarar verir. İşin temposunun aksaması, verimliliğin ve üretimin düşmesi ya da yavaşlaması işveren açısından dolaylı mali kayıplardır. Meydana gelen kazanın büyüklüğü ne olursa olsun işveren ülke mevzuatına göre açılan davalarda kazazedeye ödenecek tazminatlar ve ödemelerle de ciddi bir kayıp yaşar. Kimi zaman zarar gören makina ve teçhizatların değiştirilmesi, kimi zaman da uzun süre kullanılmaması ve bu süre zarfında bakımlarının yapılması gerekmektedir. Kaza nedeniyle makina ve teçhizatlarda meydana gelen hasarlar ve zaman kaybı da işveren için maliyet yaratmaktadır.

Kaza sonucunda iş göremezlik, sakatlık ya da ölüm gerçekleştiği takdirde, işveren kazazede yerine personel alımı yapmak zorunda kalmaktadır. Bu durumda kalifiye olan personelin kaybı ve yeni bir işçinin işe yerleştirilme süreci de işverene hem mali kayıp hem de zaman kaybı olarak yansıtacaktır. Ayrıca yaşanan iş kazaları firmalar için prestij ve müşteri kaybına da yol açmaktadır.

#### 1.1.2 İş Kazası Kavramı ve Nedenleri

5510 Sayılı Sosyal Sigortalar ve Genel Sağlık Sigortası Kanunu’nda 13. maddede iş kazası tanımı şu şekilde yapılmıştır: Sigortalının işyerinde bulunduğu sırada, işveren tarafından yürütülmekte olan iş nedeniyle sigortalı kendi adına ve hesabına bağımsız çalışıyorsa yürütmekte olduğu iş nedeniyle, bir işverene bağlı olarak çalışan sigortalının, görevli olarak işyeri dışında başka bir yere gönderilmesi nedeniyle asıl işini yapmaksızın geçen zamanlarda, emziren kadın sigortalının, iş mevzuatı gereğince çocuğuna süt vermek için ayrılan zamanlarda, sigortalıların, işverence sağlanan bir tatil ile işin yapıldığı yere gidiş geliş sırasında, meydana gelen ve sigortalıyı hemen veya sonradan bedenen ya da ruhen engelli hâle getiren olaydır [8].

İş kazalarının çok çeşitli olması sınıflandırma yapılmasını zorlaştırmaktadır. Cascio sınıflandırma yaparken kazaları güvensiz durumlar ve güvensiz davranışlar olarak 2’ye ayırır. Güvensiz davranışları, kişilerin yarattığı güvensizlikler olarak değerlendirir. Güvensiz durumları da fiziksel

ve çevresel koşullar olarak ayrı ayrı değerlendirir. Fiziksel koşullar, çalışma ortamında kontrolleri ya da bakımları yapılmamış makinalar, uygun olmayan koruyucu takılmış ekipmanlar gibi durumlardır. Çevresel koşullar ise gürültü, aydınlatma, toz gibi sıralayabileceğimiz fiziksel risk etmenlerinin meydana getirdiği güvensiz durumlardır [9].

Günümüzde yaşanan iş kazaları incelendiğinde iş kazalarının üç temel nedeni olduğu tespit edilmiştir. Bu üç temel nedenler de güvensiz davranışlar, güvensiz durumlar ve tabiatın gelen kazalardır [10]. Güvensiz davranışlar, çalışanlar tarafından yapılan işyeri ortamında güvensizlik yaratan davranışlardır. İş kazalarının %80'i çalışanların davranışlarından kaynaklıdır. İnsanların doğal yapısından kaynaklı olarak günlük işlerini yapabilmesi için belli bir enerji gereksinimi vardır. İş gücü ve fiziksel iş becerisinin üzerinde iş yapmaya çalışan insanlarda yorgunluk belirir ve yorgunluk en önemli güvensiz davranış örneklerindedir. Güvensiz durumlar, çalışma ortamında güvensizlik yaratan koşullardır. İş kazalarının %18'i güvensiz durumlardan kaynaklanmaktadır [6].

Çalışma ortamındaki güvensiz durumlar irdelendiğinde; yönetimin organizasyon eksikliği, kusurlu olan makina ya da ekipmanlarının bakım ve onarımlarının yapılmaması, çalışma ortamının fiziksel olarak yeterli olmaması, sağlıksız çevre koşulları gibi konular en başta gelen güvensiz durum örneklerindedir. Güvensiz durumlar ciddi kazalara sebep olduğu gibi çalışanların performansını ve iş verimini de düşürmektedir. Tabiatın gelen kazalar ise iş kazalarının %2'sini oluşturmaktadır ve bu kazalar doğadan gelen deprem, sel gibi olaylar sonucu yaşanmış olup, güvensiz durum ya da davranışların sebep olmadığı kazalardır [6].

### 1.1.3 İş Kazalarının Sınıflandırılması

İş kazaları sınıflandırılırken kazanın meydana gelme şekli, kaza sonucu oluşan zararın tespiti gibi konulara göre farklı sınıflandırılmaktadır [11].

Yaralanmanın ağırlığına göre yapılan sınıflandırmalarda ilkyardım sonucu çalışanın işbaşı yapabileceği, yaralanma ile sonuçlanan kazalar, sürekli iş görememeziğe sebep olan kazalar ve ölüm ile sonuçlanan kazalar gibi kriterler ile kaza sonucu kişinin yaşadığı zarar tespit edilir. Yaralanmanın cinsi de kaza sınıflandırmada kişinin vücudunda hangi bölgenin (el, kol, bacak, gövde, kafa vb.) yaralandığını tespit etmek açısından oldukça önemlidir. Yaralanmanın ağırlığı ve cinsi sınıflandırıldıktan sonra kazanın cinsi de tespit edilir. Kazanın cinsinde ise yaralanan kişide oluşan yaralanmalar (yumuşak doku zedelenmesi, sıyrık, kesik, kırık, yanma vb.) sınıflandırılır.

Yaralanmanın ağırlığına göre sınıflamalar yaparken çalışanın işten kaç gün uzak kaldığı yaralanmanın boyutunu tespit edebilmek için oldukça önemlidir. Kaza sınıfı tespit edilirken majör, minör ve maddi hasarlı olmak üzere 3 sınıf altında inceleme yapılır [11]. Bu sınıflar:

**Minör Kazalar:** Minör kazalar, iş günü kaybı az olan, küçük hasarlı ve çoğunlukla ilk yardım gerektiren kazalardır.

**Majör Kazalar:** Çalışana önemli derecede zarar veren, dış tedavi gerektirebilen kazalardır.

**Maddi Hasarlı Kazalar:** Kaza sonucunda çalışanlarda herhangi bir yaralanma yoktur ancak çalışma ortamında maddi hasar söz konusudur.

### 1.1.4 Türkiye İş Kazaları İstatistiksel Verileri

İş kazaları dünya çapında olduğu gibi Türkiye'de de çalışma hayatını etkileyen en önemli sorunlardandır. Ülkemizde iş kazaları ve meslek hastalıklarının bildirimini Sosyal Güvenlik Kurumu'na yapılmaktadır. SGK istatistiklerine göre ülkemizde 2014 yılında sigortalı olarak çalışan sayısı, 2013 yılına göre %5 artışla 19.821.822 kişiye ulaşmıştır. SGK verilerinden sigortalı çalışanların işçi, esnaf ve memur olarak dağılımı incelendiğinde %70'ten fazla işçi statüsünde çalışanın SGK'lı olduğu ortaya çıkmaktadır. SGK'lı işçilerin %61'i 50 kişinin altında istihdamı olan işyerlerinde çalışmaktadırlar [12].

SGK istatistiklerine göre 2013 yılında 191.389 iş kazası meydana gelmiştir. Bu sayı 2014 yılında 221,366'e yükselmiştir, yani iş kazası oranı %15.6 oranında artmıştır. Tablo 1.1'de yıllara göre Türkiye'de yaşanan iş kazalarının sayılarını ve iş kazasında ölen kişilerin sayılarını görebiliriz.

**Tablo 1.1** 2004-2014 Yılları arası yaşanan iş kazalarının sayıları ve iş kazasından ölenlerin sayısı [13]

Yıllar	Kaza Sayısı	İş Kazası Sonucu Ölen Kişilerin Sayısı
2004	83830	843
2005	73923	1096
2006	79027	1601
2007	80602	1044
2008	72963	866
2009	64316	1171
2010	62903	1444
2011	69227	1700
2012	74871	744
2013	191389	1360
2014	221366	1626

### 1.2 Hazır Giyim Mağazacılık Sektörü

Giyim, insanların en önemli gereksinimlerinden biridir ve bu gereksinim tarihin ilk zamanlarında soğuk hava gibi tabiatın olumsuz etkilerinden korunmak amacıyla insanların örtünmesiyle başlamıştır [14]. Mamul kumaş ve aksesuarlarla beraber insanların standartlaştırılmış ölçülerine göre belli üretim teknik ve prosesleri kullanılarak yapılan giyim eşyalarına hazır giyim denir. Bu sektör dokuma ya da örme kumaşlardan kadın, erkek ve çocuklar için yaşamlarının her alanında kullanabilecekleri giyilmek üzere üretilmiş tüm iç ve dış giysileri içermektedir [15]. Hazır giyim sektörü, kumaşın giyim eşyasına dönüşme sürecinden, giysilerin dağıtım ve satış sürecine kadar insan gücünün çok fazla kullanıldığı, emek yoğun bir sektördür [16].

Hazır giyim, dünya çapında olduğu gibi Türkiye’de de çok büyük istihdam ve ekonomik gelir sağlayan bir sektör haline gelmiştir. Türkiye ihracatının yaklaşık üçte birini kapsayan hazır giyim iş kolu, ülkeye sağladığı ekonomik gelirin yanı sıra istihdam için de çok önemli rol oynayarak, Türkiye’deki toplam istihdamın %20’sini oluşturmaktadır. Sektörün en önemli hammaddesi olan pamuk üretiminde Türkiye’nin dünya sıralamasında 6. olması da sektörün ülkemizdeki boyutu, istihdam kapasitesi, teknoloji düzeyi ve sosyal etkileşimini olumlu yönde etkilemektedir. Sektörün mevcut konumunun önümüzdeki yıllarda korunması ve hatta daha da geliştirilmesi ve yükselmesi beklenmektedir [17].

#### 1.2.1 Hazır Giyim Mağazacılık Sektöründe İş Sağlığı ve Güvenliğini Tehdit Eden Faktörler

Çalışma hayatı insanların hayatının büyük bir kısmını oluşturmaktadır. Çalışma ortamında oluşan fiziksel, biyolojik, kimyasal, ergonomik, psikososyal vb. tehditler karşısında önlem alınmadığı takdirde çalışanların tam iyilik halleri olumsuz etkilenebilmektedir [18]. Mağazacılık sektöründe iş sağlığı ve güvenliğini tehdit eden faktörler incelendiğinde; fiziksel, ergonomik ve psikososyal risk etmenleri başlıkları altında incelenebilir.

#### Fiziksel Risk Etmenleri

Fiziksel risk etmenlerinden gürültü, özellikle tekstil-hazır giyim, metal, dökümhaneler, kimya ve otomotiv yan sanayi sektörleri gürültü kaynağı olarak ön plana çıkmaktadır [19]. Hazır giyim mağazalarında, müşteriye mağazayı cazip göstermek amaçlı çok yüksek seslerde müzik yayını yapmak, çalışanların gürültüye maruz kalmasına sebep olmaktadır.

Hazır giyim sektöründe mağazalarda, müşterinin ürünleri rahatlıkla inceleyebilmesi için optimal bir aydınlatmaya ihtiyaç vardır [20]. Uygun aydınlatma, hem iş kazalarını

önlemek açısından hem de gözün korunması bakımından oldukça önemlidir. Bunun yanı sıra, çalışan üzerinde iyi hissetme, moral yüksekliği ve yorgunluk hissetmeme gibi etkileri de vardır [21].

Çalışma ortamında insanların daha rahat ve verimli çalışabilmeleri için çalışma alanındaki hava kalitesi de oldukça önemlidir. Bu sebeple insanların hayatlarının önemli bir kısmını geçirdiği çalışma alanında termal konforu sağlamak iş güvenliğinin önceliklerindedir. Termal konfor sağlanırken; ortamın sıcaklığı, radyan ısı, nem durumu, hava akım hızı, yapılan işin niteliği, çalışma ortamında çalışanların giydiği iş kıyafetleri, yaş ortalaması ve cinsiyet, beslenme şekilleri, fiziki durumları ve sağlık durumları göz önünde bulundurulmalıdır.

#### Ergonomi

Hazır giyim mağazacılık sektöründe çalışanların yaşadığı en önemli ergonomik sorunlar; çalışma ortamlarındaki ekipman ve teçhizatların fizyolojilerine uygun olmayışı ve mağazalarda fazla ürün sergilemek adına çalışanlara yetersiz kullanım alanı bırakılmasıdır. Bu sebepten çalışanların yaşadığı kas, iskelet sistemi rahatsızlıkları en şikayetçi oldukları konudur. Bel ve boyun fitikleri, sırt ve omuzlarda ağrı, boyun düzleşmesi, ayak ve bacaklarda ağrı, kollarda uyuşma ve ağrı ve bunların yanı sıra görme problemleri ve varis çalışanların yaşadığı sağlık sorunları arasındadır [20].

#### Psikososyal Risk Etmenleri

Stresli çalışma, trafik, vardiyalı çalışma sistemi, uyku bozukluğu gibi durumlar çalışanların iş kazalarına sebebiyet veren psikososyal risk etmenleridir. Günümüzde yeni yeni kullanılan ve detaylandırılan bu risk faktörlerinden en önemlisi strestir. İş hayatındaki stres kaynakları incelendiğinde aşırı iş yükü, görev tanımının belirsizliği, başka kişilerin sorumluluğunu üstlenmek, çalışanlarda ortaya çıkan görev çatışması, iş ile ilgili karar verme sürecine katılım, iş doyumunda yaşanan eksiklikler, gelecekle ilgili yaşanan kaygılar, işin gerekliliğine inanmama, kariyer engelleri, zamanın yapılan işe yeterli gelmemesi, iş konusunda kaygılanma, memnun olmadığı halde işyerinden ayrılamama, yönetim tarzının yanlış olması, işyerindeki üst yöneticilerle ve çalışma arkadaşlarıyla iletişim bozukluğu, çalışılan ortamın fiziki şartlarının yeterli olmaması gibi sebepler ortaya çıkmaktadır [22].

Hazır giyim mağazacılık sektörü, işin şekli ya da içeriği gereği zaman odaklı çalışılan, işin yoğun olduğu, vardiyalı çalışmanın çok fazla olduğu, psikososyal risk etmenleri ile çok fazla karşılaşılan bir sektördür. Strese neden olan



faktörler çalışanların hem iş hayatında hem de sosyal yaşantılarında psikolojik problemler yaratmakta, iş verimini düşürmekte ve iş kazalarına sebebiyet vermektedir.

### 1.3 Türkiye’de Hazır Giyim Mağazacılık Sektöründe Yaşanan İş Kazaları İstatistikleri

Hazır giyim iş kolunda da diğer iş kollarında da olduğu gibi çalışanların karşılaştığı fiziksel, psikososyal, ergonomik risk etmenleri gibi sebeplerden dolayı iş kazaları çok fazla yaşanmaktadır.

Hazır giyim ve tekstil sektöründe üretim ve satış alanlarında SGK 2014 verilerine göre, erkeklerin yaşadığı iş kazalarının sayısının kadınların yaşadıklarının iki katından daha fazla olduğu anlaşılmaktadır. Bu kazaların çoğu tekstil ürünleri imalatı iş kolunda yaşanmış olup, bu alanda erkek istihdamının fazla olması da iş kazası geçiren erkeklerin sayısının fazla olmasını açıklamaktadır. Sektörde kadın ve erkeklerin yaşadığı toplam kaza sayısına bakıldığında 15457 adet iş kazası ile Türkiye’deki iş kazalarının %7’sinin bu iş kolunda yaşandığı ortaya çıkmaktadır. 2014 yılında hazır giyim ve tekstil sanayi kolunda yaşanan 10 adet meslek hastalığı da Türkiye genelinin % 4,9’unu kapsamaktadır.

SGK verilerine bakıldığında, ölümlü sonuçlanan iş kazalarında erkeklerin ölüm sayısının 20, kadınların ise 2 olduğu tespit edilmiştir. Hazır giyim ve tekstil iş kolunda 2014 yılı içerisinde yaşanan 22 ölümlü iş kazası Türkiye’deki ölümlü iş kazalarının %1,35’ini kapsamaktadır. Meslek hastalıklarına bakıldığında ise, 2014 yılı içerisinde ölümlü sonuçlanan meslek hastalığı yaşanmamıştır [13].

Yapılan çalışmalar incelendiğinde iş sağlığı ve güvenliğinin önemi ve ilkeleri ile ilgili çok farklı çalışmaların yürütüldüğü belirlenmiştir. Bunlardan, H.Akıllı ve Ö.Aydoğdu (2012) tarafından yapılan “İş Sağlığı ve Güvenliğinin Önemi” isimli çalışmada [23] iş sağlığı ve güvenliğinin önemi, Türkiye’de ve dünyada yaşanan iş kazalarının sayıları, 6331 sayılı kanunun ülkemize getirdikleri, kazaların nedeni, kazalardan doğan kayıplar, kazaları önleme yöntemleri hakkında bilgi vermiştir. A.Algün (2014) tarafından hazırlanan “İş Sağlığı ve Güvenliğinin Temel Prensipleri” isimli çalışmada [24] ise iş sağlığı ve güvenliğinin 10 temel ilkesi ve prensipleri ile ilgili detaylı bilgiler verilmiştir.

Literatürde kaza sebeplerini incelemeye yönelik çalışmalardan, E.N.Dizdar (2001) tarafından hazırlanan “Kaza Sebeplendirme Yaklaşımları” isimli çalışmada kaza sebeplendirme yaklaşımları, kaza teorileri, kazaya sebep olan insan hataları hakkında bilgi vermiştir [25]. A.Milli (2015) tarafından hazırlanan “Bir Hazır Giyim İşletmesinde İş Sağlığı ve Güvenliği Kapsamında Hata Türü ve Etkileri Analizi” isimli yüksek lisans tez çalışmasında ise hazır giyim

sanayi de yaşanan iş kazaları, kaza teorileri hakkında detaylı bilgi verilmiş ve hata türü ve etkileri analiz yöntemi detaylandırılmıştır [26].

Bu çalışmanın amacı, ülkemiz ekonomisinde önemli bir yere sahip olan hazır giyim mağazacılık sektöründe çalışanların ve bu sektörün sürükleyici faktörü müşterilerin karşı karşıya kaldığı kazaları saptamak ve bu kazaların minimize edilmesine yönelik tedbirlerin tespit edilmesine katkı sağlamaktır. Yapılan çalışmada; ülkemizde önde gelen, hazır giyim sektöründe mağazalar zincirine sahip firmada yaşanan iş kazaları, kaza nedenleri ve kaza sonucu oluşan kayıplar açısından detaylı olarak incelenmiştir. Kazaların sebepleri incelenirken güvensiz durum/güvensiz davranışlar, iş kazalarının sınıfları, mağaza içerisinde iş kazası yaşanan yerler, kaza geçirenin cinsiyeti, kaza geçiren çalışan grubu ve yıllara göre yaşanan kazaların sayısı analiz edilerek, aynı kazaların bir daha yaşanmaması için alınması gereken önlemler hakkında değerlendirme yapılmıştır. Ayrıca, çalışma kapsamında ki-kare istatistik yöntemi kullanılarak kazazedelerin görev tanımlarına göre cinsiyetlerinin dağılımını ve kazazedelerin yaralanan uzuvlarına göre yaralanma şekillerini belirlemek ve çıkan sonuçlara göre iş kazalarının yaşanmaması için alınması gereken önlemlerin tespit edilmesi amaçlanmıştır.

## II. YÖNTEM

Bu çalışmada, hazır giyim sektöründe mağazalar zincirine sahip bir firmanın 1 Ocak 2012 tarihi ile 1 Haziran 2016 tarihi aralığında yaşadığı iş kazalarının değerlendirmesi yapılmıştır. 150’den fazla yurt dışı mağazası, 250’den fazla Türkiye içerisinde mağazası olan bu firmanın on bine yakın çalışanı vardır. İş kazalarının değerlendirilmesinde Türkiye içerisindeki mağazalarında yaşanan 285 adet iş kazası ele alınmıştır ve kaza sayıları “n” ile ifade edilmiştir. Bu kazalar değerlendirilirken, ilgili firmanın İnsan Kaynakları Departmanı tarafından Sosyal Sigorta İşlemleri Yönetmeliği’ne istinaden Sosyal Güvenlik Kurumu’na yaptığı iş kazası bildirimleri göz önünde bulundurulmuştur. Ayrıca müşterilerin yaşadığı kazalar da değerlendirmeye alınmış ve bu değerlendirmeler yapılırken, mağaza müdürlerinin İnsan Kaynakları Departmanı’na gönderdikleri mail içerikleri incelenmiştir. Sosyal Güvenlik Kurumu’na yapılan bildirimlerde kullanılan İş Kazası Bildirim Formu; kazazedenin cinsiyeti, firma içerisindeki görev tanımı, kazanın yaşandığı tarih, kaza sonucu yaşanan iş gücü kaybının kaç gün olduğu, kazazedede meydana gelen zararın fiziksel olarak tanımı bilgilerini içermektedir. Yapılan çalışmada, İş Kazası Bildirim Formu’nda bildirim yapılan bilgiler doküman üzerinde değerlendirilmiş, kazaların sebepleri tehlikeli durum/tehlikeli davranış olarak incelenmiş ve kaza sınıfları tespit edilmiştir.

Çalışmada, kazalar değerlendirilirken çalışanın görevi, cinsiyeti, kaza yaşanan yıl, kaza yaşanan yer, kaza sınıfı, kaza oluş şekli, tehlikeli durum/davranış koşulları, yaralanma şekli ve yaralanan uzuv dikkate alınmıştır. Bu etmenler aşağıda belirtilen kriterler dahilinde değerlendirmeye alınmıştır.

Görev tanımına göre yaşanan kazaların sıklığını değerlendirmek için, kaza geçiren personellerin firma tarafından tebliğ edilen görev tanımları dikkate alınmıştır. Görev tanımları mağaza çalışanı, depo çalışanı, yönetici, müşteri ve diğer kategorileri altında değerlendirmeye alınmıştır. Diğer olarak tanımlanan kategoride kaza sayısı az olan görev tanımları değerlendirilmiştir.

Kazazedelerin cinsiyetleri değerlendirilirken kadın, erkek olarak değerlendirilmiş, kaza raporunda kazazedenin cinsiyetinin belirtilmediği durumlar için ise "Uygulanabilir Değil" anlamında "NA" ifadesi kullanılmıştır.

Kazanın gerçekleştiği yer analiz edilirken mağaza kullanım alanı spesifik bölümlere ayrılmadığı için aşağıdaki başlıklar şeklinde bir sınıflandırma yapılmıştır:

Mağaza İçi: Mağaza içerisinde yaşanan kazalar

Depo: Mağazanın depo alanında yaşanan kazalar

Ofis: Mağazanın ve genel müdürlüğün ofis alanlarında yaşanan kazalar

Mağaza Dışı: Lavabolar, dinlenme alanları, araç içi, gibi alanlar

Diğer: Kaza raporunda ya da tutanaklarda kazanın gerçekleştiği yer belirtilmediği durumlar

Kaza sınıfları değerlendirilirken bilimsel açıklamalara bağlı olarak kaza sonucunda 3 güne kadar istirahat alan kazazedelerin yaşadığı kazalar minör, 3 gün ve üzerinde istirahat alan kazazedelerin geçirdiği kazalar major, hiç kimsenin zarar görmediği ancak maddi hasarın olduğu kazalar maddi hasar olarak değerlendirilmiştir.

Heinrich'in kaza zincirinde 3. sırada olan tehlikeli durum ve davranışlar kazanın asıl sebebini tespit etmek için çok önemlidir. Bu çalışmada tehlikeli durum ve tehlikeli davranışlar değerlendirilirken yapılan bilimsel açıklamalar dikkate alınmıştır. Diğer başlığı altında ise kaza raporlarında kazanın detayı belirtilmemiş olan kazalar ve genel hastalık halleri dikkate alınmıştır.

Kazanın insana verdiği zarar yaşanan olayın boyutlarını belirlemede çok önemli bir rol oynamaktadır. Bu sebepten yaralanma şekilleri analiz edilmiş ve hekim tarafından düzenlenen raporda konulan tanılar dikkate alınmıştır. Yaralanma şekilleri burkulma/incinme, kesik, kırık/çukuk/çatlak, sıyrık, yumuşak doku zedelenmesi gibi başlıklarda değerlendirilmiş olup, kaza sonucu herhangi bir yaralanma

yaşanmadıysa yaralanma yok kapsamında dikkate alınmıştır. Diğer başlığı altında ise daha düşük oranda yaşanan genel hastalık, ezilme ve kas yırtılması vakaları incelenmiştir.

Kaza sonucunda insanların en çok hangi uzuvlarının zarar gördüğünü tespit etmek alınması gereken önlemleri belirlemede oldukça etkilidir. Yaralanan uzuvlar kategorilendirilirken ayak ve bacak bölgesi; ayak, ayak parmakları ve bacak bölgesini, baş bölgesi; ağız, diş, burun, göz, yüz ve baş kısımlarını kapsamaktadır. El ve kol bölgesi olarak belirlenen kategori; omuz, kol, el ve el parmaklarını kapsamaktadır. Gövde bölgesi ise bel, sırt, kalça, omurga ve iç organları kapsamaktadır. Diğer olarak tanımlanan kısımda kaza raporunda vücudun hangi kısmında yaralanma olduğu belirtilmeyen kısımlar için kullanılmıştır.

Araştırmalarda elde edilen sonuçları değerlendirmek için, ham verileri düzenlemek, özetlemek ve özelliklerini belirlemek gerekmektedir. Elde edilen veriler kategorilere ayrılır ve her kategoriye ait değerlendirmeye sınıf frekansı denir ve tespit edilen frekanslar tablolar halinde gösterilir [27]. Çalışmada kullanılan ki-kare testi çoğunlukla iki ya da daha çok grup arasında fark olup olmadığını, iki değişken arasında bağ olup olmadığını, gruplar arası homojenlik olup olmadığını, örneklerden elde edilen verilerin homojen dağılımını test eden bir yöntemdir [28].

Bu çalışmada, iş kazalarının yıllara, çalışan grubuna, cinsiyete, iş kazası yaşanan yerin bölgesine, kaza sınıfına ve kazaya sebep olan tehlikeli durum ve tehlikeli davranışlara göre dağılımı değerlendirilmiştir. Ayrıca, görev tanımı ile kazazedenin cinsiyeti arasında homojen bir dağılım olup olmadığını test etmek için ki-kare istatistik yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntem aynı zamanda yaralanan uzuv ile yaralanma şekilleri arasında bağ olup olmadığını ve bu değişkenlerin arasında homojen bir dağılım olup olmadığını test etmek için de kullanılmıştır. Ki-kare istatistik yöntemi kullanılarak; kazazedelerin cinsiyetleri ile görev tanımları ve yaralanan uzuv ile yaralanma şekilleri arasındaki dağılımların belirlenmesi hedeflenmiştir. Yapılan bu değerlendirmelerle amaçlanan; yaşanan iş kazalarının kök nedenlerini tespit etmek, çözüm önerileri getirmek ve aynı tür kazaların bir daha yaşanmaması sağlamaktır. Ki-kare yöntemi uygulanırken "Statistical Package for the Social Sciences" (SPSS) programı kullanılmıştır. Değerlendirmeye alınan 285 adet iş kazası verilerinin tamamı uygun bulunmuş ve her kriter kodlanarak SPSS paket programına veri girişleri yapılmıştır.

### III. SONUÇLAR

Bu çalışmada, yaşanan iş kazaları yıllara göre değerlendirilmiştir ve en çok iş kazasının 2015 yılında %38.6'lık bir oranla yaşandığı gözükülmektedir. 2016 yılında yaşanan

kazalar 1 Haziran tarihine kadar değerlendirildiği için, 2015 ve 2016 yılında yaşanan iş kazaları sayısının diğer yıllara göre daha fazla olduğu tespit edilmiştir (Tablo 3.1).

**Tablo 3.1** Yıllara göre yaşanan iş kazalarının dağılımı

Kaza Yılı	n	%
2012 (1 Ocak itibari ile)	22	7.7
2013	58	20.4
2014	43	15.1
2015	110	38.6
2016 (Haziran ayına kadar)	52	18.2
<b>Toplam</b>	<b>285</b>	<b>100</b>

Çalışan grubuna göre yaşanan iş kazalarının frekansları değerlendirildiğinde, kaza geçirenlerden mağaza içerisinde görevli çalışanların %61.8'lik oranla en çok iş kazası geçiren grup olduğu tespit edilmiştir. Mağazaya müşteri olarak gelen kişilerin yaşadığı kazalar ise % 14'lük bir orana sahiptir (Tablo 3.2).

**Tablo 3.2** Çalışan grubuna göre iş kazalarının dağılımı

Kaza Geçiren Çalışan Grubu	n	%
Mağaza Çalışanı	176	61.8
Depo Çalışanı	25	8.8
Yönetici	11	3.9
Müşteri	40	14
Diğer	33	11.6
<b>Toplam</b>	<b>285</b>	<b>100</b>

İş kazası geçiren kişilerin cinsiyetleri değerlendirilirken mağaza çalışanları ve müşterilerin yaşadığı kazaların tümü dikkate alınmıştır. Tablo 3.3'te görüldüğü gibi iş kazalarını % 50.5 oranla kadınların, % 43.9 oranla erkeklerin yaşadığı ortaya çıkmaktadır. Müşterilerin yaşadığı kazalarda mağaza müdürleri tarafından İnsan Kaynakları Departmanı'na gönderilen bilgilendirme mailleri incelenmiştir.

**Tablo 3.3** Cinsiyete göre yaşanan iş kazalarının dağılımı

Kaza Geçirenin Cinsiyeti	n	%
Kadın	144	50.5
Erkek	125	43.9
NA	16	5.6
<b>Toplam</b>	<b>285</b>	<b>100</b>

Kaza yaşanan yerler detaylandırıldığında en çok iş kazası %75.1'lik oranla mağaza içerisinde yaşanmıştır. Firma yetkililerinden alınan bilgi doğrultusunda mağazaların depo alanları mağazaların ortalama %10'unu kapsamaktadır ve

depo alanlarında yaşanan iş kazalarının oranı %14.4 olarak tespit edilmiştir (Tablo 3.4).

**Tablo 3.4** Yaşanan iş kazalarının kaza yerlerine göre dağılımı

Kaza Yeri	n	%
Mağaza içi	214	75.1
Depo Alanı	41	14.4
Ofis	11	3.9
Mağaza Dışı	14	4.9
Diğer	5	1.8
<b>Toplam</b>	<b>285</b>	<b>100</b>

Kazaların sınıflarına göre yaşanan kazaların dağılımı değerlendirilmiştir (Tablo 3.5). Kaza sınıfları belirlenirken bilimsel açıklamalar göz önünde bulundurulmuştur [11]. İş günü kaybı 3 güne kadar olan, küçük hasarlı ve çoğunlukla ilk yardım gerektiren minör kazalar değerlendirilmiş ve %77.9'luk oranla daha fazla yaşandığı tespit edilmiştir. İş Sağlığı ve Güvenliğine İlişkin İşyeri Tehlike Sınıfları Tebliği EK-1'e istinaden Hazır Giyim Mağazacılık iş kolu az tehlikeli sınıfta yer almaktadır [29].

**Tablo 3.5** Kaza sınıfına göre yaşanan kazaların dağılımı

Kaza Sınıfı	n	%
Major	61	21.4
Minor	222	77.9
Maddi Hasarlı	2	0.7
<b>Toplam</b>	<b>285</b>	<b>100</b>

Heinrich, iş güvenliği çalışmalarında 10 temel ilkedden bahsetmiştir. Bu ilkelerin ikincisinde iş kazalarının %88'inin tehlikeli davranışlardan, %10'unun tehlikeli durumlardan, %2'sinin ise nedeni bilinmeyen durumlardan oluştuğunu ifade etmiştir [3]. Tablo 3.6 incelendiğinde çalışma yapılan firmada yaşanan iş kazalarının %68.1'inin tehlikeli davranışlardan kaynaklandığı ortaya çıkmaktadır. Tehlikeli durumlardan kaynaklanan iş kazalarının oranı ise %11.6 olarak tespit edilmiştir.

**Tablo 3.6** Tehlikeli durum ve tehlikeli davranışların yaşanan iş kazalarına göre dağılımı

Tehlikeli Durum & Tehlikeli Davranış	n	%
Tehlikeli Davranış	194	68.1
Tehlikeli Durum	33	11.6
Tehlikeli Durum+Tehlikeli Davranış	23	8.1
Diğer	35	12.3
<b>Toplam</b>	<b>285</b>	<b>100</b>

**Tablo 3.7** Görev tanımına göre kazazedelerin cinsiyetlerinin dağılımlarının değerlendirilmesi

			Mağaza Çalışanı	Depo Çalışanı	Yönetici	Müşteri	Diğer	p
Kazazedinin Cinsiyeti	Kadın	n	114	0	3	14	13	0.001
		%	64.8	0.0	27.3	35	39.4	
	Erkek	n	60	25	8	13	19	
		%	34.1	100	72.7	32.5	57.6	
	NA	n	2	0	0	13	1	
		%	1.1	0.0	0.0	32.5	3.0	
Toplam	n	176	25	11	40	33		
	%	100	100	100	100	100		

Ki-kare yöntemi ile yapılan çalışmada, kazazedelerin görev tanımlarına göre cinsiyetleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmaktadır. Tablo 3.7'ye göre mağaza çalışanı kazazedelerden kadınların oranı (%64.8), erkeklerin oranından (%34.1) anlamlı şekilde yüksek çıkmıştır. Depo çalışanlarında bütün kazalar erkekler tarafından yaşanmıştır. Yönetici kademesinde çalışanlarının %81'i erkek olan ilgili firmada, yönetici statusündeki kazazede erkeklerin oranı (%72.7), kadınların oranından (%27.3) fazla çıkmıştır. Müşterilerin yaşadığı kazalar değerlendirildiğinde ise erkek ve kadınların eşit sayılarda kazalar yaşadığı anlaşılmaktadır. Sonuç olarak, en fazla kaza geçiren grup mağaza çalışanı kadınlar olarak tespit edilmiştir.

Kazazedelerin yaralanan uzuvlarına göre yaralanma şekilleri dağılımları da ki-kare yöntemi ile değerlendirilmiş, p değeri 0.001 olarak bulunmuş ve aralarında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar tespit edilmiştir. Tablo 3.8'e göre ayak ve bacak bölgesinde yaşanan yaralanma şekillerinden burkulma/incinme (%38.0), yumuşak doku zedelenmesinden (%28.0), kırık/çıkık/çatlak ile sonuçlanan kazalardan (%10) anlamlı şekilde yüksektir. Baş bölgesinde olan yaralanma şekillerine bakıldığında en çok yumuşak doku zedelenmesi (%61.5) ile sonuçlanan kazaların yaşandığı ortaya çıkmaktadır. El ve kol bölgesindeki yaralanma şekillerinden kesik (%35.2) ve burkulma/incinme (% 18.3) sonucu yaşanan kazaların daha fazla yaşandığı tespit edilmiştir. Gövde

**Tablo 3.8** Yaralanan uzuva göre yaralanma şekillerinin dağılımlarının değerlendirilmesi

			Yaralanan Uzuv					p	
			Ayak ve Bacak Bölgesi	Baş Bölgesi	El ve Kol Bölgesi	Gövde	Diğer		Yaralanma Yok
Yaralanma Şekli	Burkulma / İncinme	n	19	0	13	12	0	0	0.001
		%	38.0	0.0	18.3	46.2	0.0	0.0	
	Kesik	n	3	10	25	0	2	0	
		%	6.0	15.4	35.2	0.0	4.3	0.0	
	Kırık/Çıkık/Çatlak	n	5	0	9	3	0	0	
		%	10.0	0.0	12.7	11.5	0.0	0.0	
	Sıyrık	n	1	8	4	0	4	0	
		%	2.0	12.3	5.6	0.0	8.7	0.0	
	Yumuşak Doku Zedelenmesi	n	14	40	12	6	16	0	
		%	28.0	61.5	16.9	23.1	34.8	0.0	
	Diğer	n	5	3	5	5	9	3	
		%	10.0	4.6	7.0	19.2	19.6	11.1	
	Yaralanma yok	n	3	4	3	0	15	24	
		%	6.0	6.2	4.2	0.0	32.6	88.9	
Toplam	n	50	65	71	26	46	27		
	%	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0		

bölgesinde yaşanan yaralanma şekillerine bakıldığında ise, burkulma/incinme (% 46.2) vakasının daha çok yaşandığı gözükmektedir.

Sonuç olarak, en çok baş bölgesinde yumuşak doku zedelenmesi (%61.5) yaşandığı ortaya çıkmaktadır. Firmanın yaptığı bildirim formlarında verilen bilgilere göre, baş bölgesi yaralanması olan kazalar reyon bölgesinde düzenleme yapan personellerin kafasını rafa ya da standı çarpması sonucu yaşandığı yaralanmalar ortaya çıkmaktadır.

Bel ağrılarını kapsayan kas iskelet sistemi rahatsızlıkları ergonomik alanında yapılan araştırmaların büyük bir kısmını oluşturmaktadır. Yapılan çalışmalar bel ağruları ile yapılan iş arasında ilişki olduğunu göstermektedir [30]. Elle Taşıma İşleri Yönetmeliği'nde elle taşıma işleri ile ilgili risk faktörleri yükün özellikleri, fiziksel güç gereksinimi, çalışma ortamının özellikleri ve yapılan işin gerekleri olarak belirtilmiştir [31]. Kazazedelerin gövde bölgesindeki burkulma ve incinme oranı % 46.2 olarak çıkmış ve gövde bölgesindeki incinmeler bel incinmesi olarak yaşanmıştır (Tablo 3.8).

#### IV. DEĞERLENDİRME

Hazır giyim mağazacılık sektöründe mağazalar zinciri olan firmada yaşanan iş kazalarının araştırılması sonucu ortaya çıkan en önemli sonuçlar ve öneriler aşağıdaki gibi sıralanabilir.

Yaşanan kazaların yıllara göre dağılımları incelendiğinde iş kazalarının en çok 2015 yılında %38.6'lık bir oranla yaşandığı gözükmektedir. İlgili firmanın kazaları 1 Haziran 2016 tarihine kadar değerlendirilmiştir ve ilk 5 ayda yaşanan iş kazalarının oranı da (%18.2) diğer yıllara göre yüksek çıkmıştır. 6331 Sayılı Kanun'un getirisi olan iş sağlığı ve güvenliği profesyonellerinden hizmet alma zorunluluğu ile beraber iş kazası sayılarında artış yaşandığı ortaya çıkmaktadır. İş güvenliği uzmanı ve işyeri hekimi hizmeti ile iş kazalarının doğru tespit edildiği ve bildirim sayılarında artış yaşandığı tespit edilmiştir.

Yaşanan kazaların sebepleri incelendiğinde tehlikeli davranış oranı %68.1 ve tehlikeli durum oranı %11.6 olarak tespit edilmiştir. Tehlikeli davranış oranının yüksek çıkması ve minör boyutta yaşanan kazaların oranının (%77.9) daha yüksek çıkması kazaların büyük bir oranının kolaylıkla önlenilebilir olduğunu göstermektedir. Çalışanların iş güvenliği eğitimleri ve seminerleri ile güvenli çalışma koşulları konusunda bilgilendirilmesi yaşanan kazaların azalacağını göstermektedir.

Kaza yaşanan yerler incelendiğinde %75.1 oranında mağaza içerisinde kazaların yaşandığı ve mağaza içerisinde yaşanan kazaların büyük bir oranının yüksekten düşme, çarpma sonucu yaşandığı ortaya çıkmıştır. Çalışanların yüksekten ya

da basamaktan düşme sonucu yaşadığı kazalar detaylandırıldığında çalışanların uygun merdiven kullanarak yüksek yerlere erişimlerini sağlamadığı, iş yoğunluğu sebebiyle vakit kaybetmemek için tabure, sandalye ya da raf kenarına basarak yükseğe erişim sağlamaya çalıştığı tespit edilmiştir. Uygun merdiven kullanımı ile ilgili çalışanlara eğitim verilmesi ve çeşitli görsellerle bu eğitimlerin desteklenmesi ile yaşanan bu kazaların önüne geçilmesi sağlanabilecektir. Mağazaların tasarımı yapılırken, mağaza kullanım alanına göre eşyaların yerleşimi ve çalışan sayısının belirlenmesi, kullanım alanını arttıracak ve alan darlığından dolayı çarpma sonucu yaşanan kazaların önlenmesi sağlanabilecektir. Mağaza içerisinde mevcut alana maksimum ürün yerleştirebilmek ve sergileyebilmek için alanların insan antropometrik yapısı gözardı edilerek tasarım yapıldığı düşünülmektedir.

Çalışanların çarpma sonucu yaşadığı kazaların önemli bir oranı çok alçak seviyelerdeki raflara eğilirken ya da dar alanlarda hareket ederken meydana geldiği saptanmıştır. Raf tasarımlarının insanların rahat kullanabileceği ergonomik şekilde tasarlanması ve mevcut durumda kullanılan keskin köşeli mobilyalar yerine, daha yuvarlak hatlara sahip mobilyaların kullanımı çalışanların mağaza içerisinde rahat ve güvenli hareket etmesini sağlayacaktır. Müşteri potansiyeli ve çalışan sayısı göz önünde bulundurularak oluşturulan kullanım alanları çalışanların ve müşterilerin mağaza içerisinde yaşadığı kazaları azaltacaktır.

Alınan bu önlemler ile çalışanların iş verimi, performansı ve güvenliği artacak, güvensiz davranış ve güvensiz durumlar azalacak, dolayısıyla iş kazalarının engellenmesi sağlanabilecektir. Yaşanan kazalar dolaylı ve dolaysız maliyetlere sebep olurken diğer taraftan toplum vicdanında da büyük yaralar açmaktadır. İşyerinde sağlık ve güvenliğin devamlılığını sağlayabilmek için bütün kazaların önlenilebilir olduğu farkındalığı ile işveren ve çalışanlarda iş güvenliği bilincinin oluşması, iş güvenliği prensiplerinin ve ilkelere dikkate alınması çok önemlidir.

#### KAYNAKÇA

- [1] Ölmez, T. (2014) Hazır Giyim İşletmelerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Uygulamaları. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Türkiye, 2,38,39.
- [2] T.C. Bilim, Teknoloji ve Sağlık Bakanlığı Sanayi Genel Müdürlüğü (2014): Türkiye Tekstil, Hazır giyim Ve Deri Ürünleri Sektörleri Strateji Belgesi Ve Eylem Planı (2015-2018), Ankara, Türkiye.
- [3] Atılğan, T., Dengizler, İ. (2007) Hazır Giyim Sektöründe Örgütsel Stres Üzerine Bir Araştırma, Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 9, 62-93.
- [4] Avcı, A. (1998) İşyerinde İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği

- Mevzuatı, 2.Baskı, Alfa Yayıncılık, İstanbul, s:64.
- [5] Yaman, M. (2004) İş Sağlığı ve Güvenliği mi? O da ne? ,1. Baskı, İsgiad Yayınları, Ankara, s:7.
- [6] Yiğit, A. (2013) İş Güvenliği, 3.Baskı, Dora Yayıncılık, Bursa.
- [7] Altan, Z., Gerek, N., Güven, E. (2000) İş ve Sosyal Güvenlik Hukuku, Anadolu Üniversitesi Yayınları, Eskişehir, s.190-192.
- [8] Sosyal Sigortalar ve Genel Sağlık Sigortası Kanunu (2006), Ankara.
- [9] Cuscio, N. F. (1995) Managing Human Resources. 5. Edition, Irwin Mc Graw Hill.
- [10] Seber, V. (2012) İşçi Sağlığı ve İş Güvenliğinde Risk Analizleri Nasıl Yapılır?, Elektrik Mühendisliği Dergisi, Sayı 445, s.30-34.
- [11] Yılmaz, G. (2009) İş Kazalarının Nedenleri ve Maliyeti, Mühendis ve Makina Dergisi, Cilt 50, Sayı 592, s.27-32.
- [12] Üçüncü, K. (2015) 2014 Yılı SGK İş Kazası İstatistiklerinin Analizi, s.1-6.
- [13] T.C. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı (2015) Çalışma Hayatı İstatistikleri 2014, Ankara.
- [14] Şahin, A. (2009) Tüketicilerin Haute Couture ve Hazır Giyim Tercihleri İstanbul-Konya İllerinde Örnek Bir Araştırma, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Şahin, 2009: 38
- [15] Orta Karadeniz Kalkınma Ajansı (2014) Tekstil ve Hazır Giyim Sektör Raporu.
- [16] Uğurlu, F. (2011) Tekstil Sektöründe İş Sağlığı ve Güvenliği, Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, İş Teftiş Kurulu Başkanlığı, Adana.
- [17] T.C. Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı 2015-2018, Sanayi Genel Müdürlüğü, Türkiye Tekstil, Hazır Giyim ve Deri Ürünleri Sektörleri Strateji Belgesi ve Eylem Planı
- [18] Çankıcı, M. N. (2011) İş Teftişi Sistemi Bakışıyla Kobilerde Karşılaşılan Sorunlar ve Çözüm Önerileri, İş Sağlığı ve Güvenliği dergisi, 50, s.4.
- [19] Gönüllü, M.T., Avşar, Y., Arslankaya, E., Tosun, İ., (2002) Değişik Endüstri Birimlerinde Oluşan Gürültülerin Araştırılması Ve İşitme Sağlığı Açısından Değerlendirilmesi
- [20] Kariptaş, F.S., Yarael, B., Ünver, B., (2012) Ofis Mekanlarında Ergonominin Çalışanlar Üzerindeki Psikolojik ve Psikolojik Etkileri. 18. Ulusal Ergonomi Kongresi, Gaziantep.
- [21] Kürkcü, E.A., Çakar, İ., Zeyrek, S. (2013) İşyerlerinde Aydınlatma, İş Sağlığı ve Güvenliği Merkezi Müdürlüğü (İSGÜM), Ankara.
- [22] Atılğan, T., Dengizler, İ. (2007) Hazır Giyim Sektöründe Örgütsel Stres Üzerine Bir Araştırma, Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, Cilt 9, Sayı 2, İzmir.
- [23] Akıllı, H., Aydoğdu, Ö. (2012) İş Sağlığı ve Güvenliğinin Önemi, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Enerji Hammadde Etüt ve Arama Dairesi Başkanlığı, Ankara, s.245-250.
- [24] Algün, A. (2014) İş Sağlığı ve Güvenliğinin Genel Prensipleri, TMMOB EMO Ankara Şubesi Haber Bülteni 2014/3,s.3.
- [25] Dizdar, E.N. (2001) Kaza Sebeplendirme Yaklaşımları, Türk Tabipler Birliği Mesleki Sağlık ve Güvenlik Dergisi, Temmuz Sayısı, s.26-31.
- [26] Milli, A. (2015) Bir Hazır Giyim İşletmesinde İş Sağlığı ve Güvenliği Kapsamında Hata Türü ve Etkileri Analizi (Failure Mode And Effect Analysis) Yöntemi ile Risk Analizi Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Eğitim Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- [27] Spiegel, M.R., Stephens, L.J. (2004) Teori ve Problemlerle İstatistik, Çeviren: Esin, A., Çelebioğlu, S., 3. Baskı, Nobel Dağıtım, Ankara.
- [28] Güngör, M., Bulut, Y. (2008) Ki-Kare Testi Üzerine, Doğu Anadolu Bölgesi Araştırmaları, Elazığ.
- [29] İş Sağlığı Ve Güvenliğine İlişkin İşyeri Tehlike Sınıfları Tebliği EK-1, (2016) Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı.
- [30] Health and Safety Authority (Ireland) (2005) Guidance on the Management of Manual Handling in the Workplace, Dublin.
- [31] Elle Taşıma İşleri Yönetmeliği, Resmi Gazete Sayısı: 28712, Resmi Gazete Tarihi: 24.07.2013, T.C. Resmi Gazete, Ankara

# Plastik Enjeksiyon Kalıplama Yöntemi ile Sac Metallerin Şekillendirilebilirliğinin İncelenmesi

Murat ŞEN<sup>1</sup>, Mihrigül Ekşi ALTAN<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Marmara Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye

<sup>2</sup>Yıldız Teknik Üniversitesi, Makine Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye

## ÖZET

Günümüzde otomotiv, havacılık ve uzay endüstrisinde karmaşık geometriye sahip ve dar toleranslı parçaların kullanımı giderek artmıştır. Bunun yanı sıra enerji tüketimi imalat aşamasında proses seçimini etkileyen en önemli parametrelerden biri olmuştur. Bu çalışmada, endüstrinin talebini karşılayabilmek ve en az enerji tüketimiyle gerçekleştirebilmek amacıyla sac metal şekillendirme alanında oldukça sık kullanılan sıvı basıncı ile şekillendirme yöntemi incelenmiştir. Deneysel çalışmalar Al-1050.O malzemesi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Geleneksel sıvı basıncı ile şekillendirme yönteminde kullanılan yağ yerine plastik enjeksiyon makinesi yardımıyla ergitilen polimer malzeme kullanılmıştır. İstenilen formda ve tolerans aralığında maksimum şekillendirilebilirliğin sağlanabilmesi için ergiyik polimer sıcaklığı, enjeksiyon basıncı ve enjeksiyon hızı gibi proses parametreleri dikkate alınarak deneysel çalışmalar yapılmıştır. Taguchi metodu ile optimum proses parametreleri belirlenmiştir. ANOVA metodu ile de parametrelerin, şekillendirilen sacın inceliği üzerine etkinlikleri irdelemiştir. Şekillendirme üzerinde enjeksiyon basıncı ve ergiyik sıcaklığının sırasıyla en etkili parametreler olduğu görülmüştür. Ayrıca şekillendirme öncesi malzemeye uygulanan ön ısıtma işleminin uygulanması ile yöntemin uygulanabilirliğinin ve performansının arttığı gözlemlenmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Plastik enjeksiyon kalıplama, Sac metal şekillendirme, İncelme oranı, Taguchi metodu.

## Investigations of Formability of Sheet Metals by Plastic Injection Molding Method

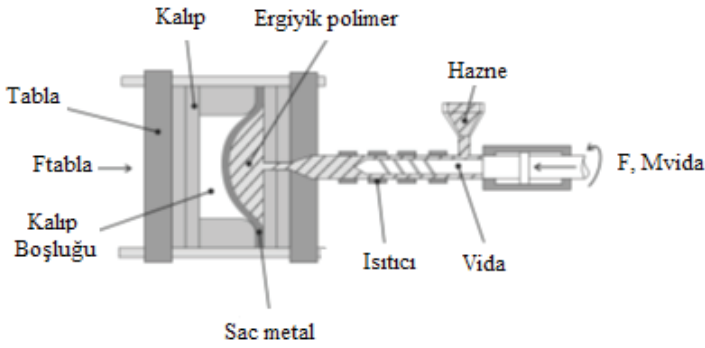
### ABSTRACT

In recent years, the usage of parts which have complex geometry and low tolerance have been gradually increased in aviation, aerospace and automotive industries. Moreover, energy consumption has become one of the most important parameter in effecting of process selection during the manufacturing. In this study, hydroforming process which has widely used in sheet metal forming was investigated to compensate the demands of industry and enable to product with minimum energy consumption. Experimental work was carried out using Al-1050.O material. In that process, a polymer material that melted by using a injection machine was used instead of oil that was performed in conventional hydroforming process. Experimental studies were conducted taking account of the temperature of polymer, injection pressure and injection velocity to provide maximum formability in demanded form and range of tolerance. Also, Taguchi method was used to determine optimum process parameters. The ANOVA method was used to examine the effectiveness of the parameters on thinning of shaped sheet metal. Injection pressure and temperature of polymer were found to be the most effective parameters, respectively. Furthermore, it was observed that the applicability and performance of method has increased with the application of the pre-heating process on parts before forming.

**Keywords:** Polymer injection molding, Sheet metal forming, Thinning ratio, Taguchi method.

## I. GİRİŞ

Plastik enjeksiyon kalıplama yöntemi ile şekillendirme günümüzde sac malzemelerin imalatında kullanılan yeni bir yöntemdir (Şekil 1). Bu yöntem otomotiv, havacılık ve uzay endüstrisinde hafif, hassas, estetik ve fonksiyonel parçaların imalatında geleneksel derin çekme metoduna alternatif olarak günümüzde tercih edilmektedir. Yöntemin üstün yanları şekillendirme sonrası iyi yüzey kalitesine ve düşük artık gerilmelere sahip parçaların elde edilmesi ve maliyeti daha düşük, dayanıklı, rijit parçaların imalatının yapılabilmesidir. Geleneksel derin çekme yönteminden zayıf yanları ise şekillendirme süresinin uzun olması ve yüksek basınç gereksinimidir [1].



Şekil 1. Plastik enjeksiyon kalıplama yöntemi ile sac şekillendirme

Plastik enjeksiyonla şekillendirme yönteminde yüksek basınçlı akışkan olarak enjeksiyon makinesinde ergitilen polimer malzeme kullanılmaktadır. Plastik enjeksiyon makinesinde ergitilen polimer malzeme vida yardımıyla yüksek basınç kazanarak kalıba gönderilmektedir. Yüksek basınçlı polimer sac malzemenin ön yüzeyine temas ederek kalıp boşluğunun formunu almasını sağlamaktadır [2].

Plastik enjeksiyon makinesi kullanılarak yüksek basınçlı ergiyik polimerin enjeksiyonuyla sac metalin şekillendirilmesinde, malzemenin son şeklini almasında birçok parametre etkilidir. Yöntemin üstün yanlarından biri de bu parametrelerin enjeksiyon makinesi üzerinden kolaylıkla kontrol altına alınabilmesidir. Şekillendirme üzerinde en çok etkisi olan basınç ve sıcaklık gibi parametreler makine üzerinden kontrol edilerek parçanın istenilen formda ve tolerans aralığında imal edilmesi sağlanabilmektedir. Genel olarak sac malzemelerin şekillendirilmesi sonucu parçadaki inceltme miktarının tolerans değerleri arasında olması ve formunun tam olarak elde edilmesi aranan isteklerin başında gelmektedir. Bu amaçla basınç, sıcaklık ve enjeksiyon hızı gibi parametrelerin optimum olarak elde edilmesi gerekmektedir. Buna yönelik olarak literatürde birçok çalışma yer almaktadır. Koç ve

arkadaşları, plastik enjeksiyon kalıplama ile sac malzemele- rin şekillendirilebilirliğini farklı proses parametreleri kullanılarak incelemiştir. Proses parametreleri olarak sıcaklık, basınç ve pot kuvvetini ele alarak, bu parametrelerin proses sonu parça formuna, incelmeye ve boşluk doldurma oranına etkilerini değerlendirmişlerdir [3]. Lucchetta ve Baesso ise tek operasyonla metal ve polimerden oluşan makro-kompozit parçaların imalatını plastik enjeksiyon yöntemini kullanarak gerçekleştirmişlerdir. Çalışmalarında farklı enjeksiyon parametrelerinin sac metalin şekillendirilebilirliğine etkilerini deneysel olarak incelemiştir. Sonuç olarak şekillendirilebilirlik üzerine en etkili parametrelerin, polimerin ergime sıcaklığı ve makinenin kapama kuvveti olduğu sonucuna ulaşmışlardır [4]. Bu konuda bir başka çalışmada Bariani ve diğerleri, sonlu elemanlar yöntemini kullanarak metal-polimer kompozit parçalara yönelik fiziksel bir model oluşturmuşlardır. Böylece proses esnasında metal ve polimer malzemeleri arasındaki termal ve mekanik etkileşim görülerek, prosesi optimum koşullarda kontrol edebilmek ve en doğru tasarımı gerçekleştirebilmek mümkün hale gelmiştir. Çalışmalarını simülasyonlara ek olarak deneysel olarak ta gerçekleştirerek optimum modele ulaşmayı amaçlamışlardır [5]. Behrens ve arkadaşları, benzer olarak plastik enjeksiyonuyla şekillendirme yöntemine dayalı bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada sac metal parçanın malzeme davranışı, sıcaklığa bağlı elasto-plastik malzeme modeli kullanılarak sonlu elemanlar metoduyla oluşturulmuştur. Nümerik çalışmalara ilaveten deneysel çalışmalar da gerçekleştirmişlerdir. Nümerik olarak elde edilen sonuçların deneysel çalışmalarla elde edilen sonuçlara yakın değerler verdiği sonucuna ulaşmışlardır [6]. Plastik enjeksiyonla sac şekillendirme prosesine ait bir başka çalışma da Michaeli ve Maesin tarafından gerçekleştirilmiştir. Çalışmalarında alüminyum ve paslanmaz çelik metal parçalarının enjeksiyon yöntemiyle şekillendirilmesini esas almışlardır. Enjeksiyon proses parametrelerinin şekillendirmeye etkisini incelemiştir. Parametre olarak sıkıştırma basıncını, hızı ve polimerin ergime sıcaklığını dikkate alarak çeşitli deneysel çalışmalar gerçekleştirmişlerdir. Buna ek olarak sonlu elemanlar yöntemine dayalı simülasyonlarla deneysel verileri karşılaştırmışlardır [7]. Chen ve diğerleri, yeni bir yaklaşım olan metal-polimer makro kompozit parçaların enjeksiyon yöntemiyle imalatında farklı proses basınçları altındaki şekillendirilebilirliklerini, şekillendirilen parçaların farklı bölgelerindeki gerilim ve kalınlık dağılımlarını sonlu elemanlar yöntemiyle ve deneysel çalışmalarla incelemiştir [8]. Altan ve diğerleri, plastik enjeksiyon yöntemini kullanarak titreşim sönmüleme amacıyla metal-polimer makro kompozit yapıların imalatını gerçekleştirmişlerdir. Çalışmalarında matris malzemesi olarak 1000 serisi alüminyum plakalar (Al-1100) ve takviye malzemesi olarak üç farklı polimer malzeme (PP, TPE ve



TiO<sub>2</sub> ilaveli PP) kullanmışlardır. Kompozit yapıların eğilme dayanımlarını ölçmek için üç noktadan bükme testi uygulamışlardır. Sonlu elemanlar yöntemine dayalı ANSYS yazılımını da kullanarak bükme sonuçlarını karşılaştırmışlardır. Çalışma sonucunda TPE kullanılarak oluşturulan makro kompozit yapının en yüksek sönümlenme oranına sahip olduğu görülmüştür [9]. Karaağaç ve Özdemir ise sıvı basıncı ile şekillendirme yöntemiyle geleneksel derin çekme yöntemini şekillendirilebilirlik, kalınlık değişimi ve üç farklı polimer malzeme maliyet açısından karşılaştırmışlardır. Sıvı basıncı ile şekillendirme yönteminin dar toleranslı ve hassas parça imalatına, geleneksel derin çekme yöntemine göre daha uygun olduğuna ancak yüksek sıvı basınçlarının kullanılmasından dolayı ilk yatırım maliyetlerinin daha yüksek olduğu sonucuna gerçekleştirdikleri deneysel ve sonlu elemanlar çalışmalarıyla ulaşmışlardır [10]. Landgrebe ve diğerleri, plastik enjeksiyonla sac metal şekillendirme yönteminin enerji verimliliği üzerine bir çalışma yapmışlardır. Bu yeni yöntemin işlem sayısını düşürmesinden ve sadece tek taraflı kalıp elemanına ihtiyaç duymasından dolayı geleneksel yöntemle göre 20% daha az enerji gereksinimine ihtiyaç duyduğu sonucuna ulaşmışlardır [11].

Plastik enjeksiyonla sac metal şekillendirme, yeni bir yöntem olmasından dolayı geleneksel derin çekme yöntemine göre işlem bilgisi açısından daha kısıtlıdır. Ayrıca proses parametrelerinin sonuca etkilerinin tam olarak bilinmemesi açısından dezavantaja sahiptir. Konu hakkında literatürde birçok çalışma bulunmasına rağmen farklı proses parametrelerinin şekillendirme üzerine ve parçalarda meydana gelen kalınlık ve iç yapı değişimlerine ait bir çalışma bulunmamaktadır. Bu amaçla, yapılan bu çalışmada enjeksiyon basıncı, ergiyik sıcaklığı ve enjeksiyon hızı gibi proses parametreleri dikkate alınarak çeşitli deneysel çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Şekillendirme sonrası parçaların enine ve boyuna kalınlık değişimleri ölçülerek Taguchi ve ANOVA metotları ile optimum proses parametreleri elde edilmiştir. Ek olarak ön ısıtma işlemi gerçekleştirilerek sacların şekillendirilebilirliğinin iyileştirilmesi sağlanmıştır.

## II. MATERYAL VE YÖNTEM

### 2.1 Malzeme

Deneysel çalışmalarda otomotiv endüstrisinde yaygın olarak kullanılan Al-1050.O malzemesi seçilmiştir. Malzemeye ait kimyasal analiz sonuçları Tablo 1’de verilmiştir.

**Tablo 1.** Al-1050.O kimyasal analiz sonuçları (%Hacim)

Al	Cu	Fe	Mg	Mn	Si	Ti	Zn
99.5	0.05	0.4	0.05	0.05	0.25	0.03	0.07

Malzemenin şekillendirilebilirliği üzerinde etkili olan mekanik özellikleri Tablo 2’de verilmiştir. Malzemenin kalıcı şekil değiştirebilmesi için akma sınırına ulaşması gerekmektedir. Akma mukavemetinin yüksek olması o malzemenin şekillendirilmesinin zor olduğunu göstermektedir. Tablo 2 incelendiğinde Al-1050.O malzemesinin akma mukavemetinin düşük olması sebebiyle kolay şekillendirilebilir olduğu görülmektedir.

**Tablo 2.** Al-1050.O mekanik özellikleri

Akma Mukavemeti (MPa) min-max	Çekme Mukavemeti (MPa) min-max	Uzama (%50)	Sertlik (Brinell)
20-35	65-80	38	20-21

Deneysel çalışmalar 1.5 mm kalınlığındaki sac plakalar kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Plakaların boyutları 76 mm x 116 mm’dir.

Deneysel çalışmalarımızda şekillendirme işlemi gerçekleştiren polimer malzemesi olarak polistiren tercih edilmiştir. Polistirene ait özellikler Tablo 3’te verilmiştir. Polistiren, monomer haldeki stirenden polimerizasyon ile üretilen bir termoplastiktir. Plastik endüstrisinde PS olarak bilinmektedir. Oda sıcaklığında katı halde bulunmaktadır, fakat enjeksiyon prosesi esnasında yüksek sıcaklıklarda ergiyik hale gelmektedir. Yoğunluğu ise 1,03-1,06 g/ml aralığında değişmektedir.

Polimer malzemesi olarak polistirenin tercih edilmesinde birçok parametre etkilidir. Bunların başında polistirenin düşük ergime noktasına sahip olması gelmektedir. Malzemenin ergime sıcaklığı 210-250 °C aralığındadır. Polistirenin amorf bir yapıya sahip olmasından ötürü, işlem esnasında kendini çekmesi kısmi kristalin olan polimerlere göre daha düşüktür. Bu da sac metalin şekillendirilmesini daha etkili kılmaktadır. Ayrıca polistiren enjeksiyon yönteminde çok yaygın olarak kullanılan, kolaylıkla ulaşılabilen ve çok pahalı olmayan bir plastik türüdür.

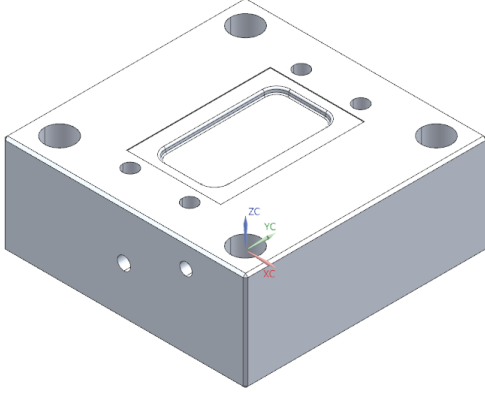
**Tablo 3.** Polistiren yoğunluk ve ergime sıcaklığı

Yoğunluk (g/ml)	Ergime sıcaklığı (°C)
1,03-1,06	210-250

### 2.2 Metot

Plastik enjeksiyonla sac şekillendirmede tek taraflı kalıp kullanıldığı için kalıp maliyeti, işçiliği ve bakımı açısından üreticiye avantaj sunmaktadır. Geleneksel derin çekme yönteminde alt ve üst kalıp gereksiniminin olması tercihi plastik enjeksiyonla şekillendirme yöntemine kaydırmaktadır.

Deneyel çalışmalarda kullanılan kalıbın katı modeli ve boyutları Şekil 2 ve 3'te verilmiştir. Parçanın hassas bir şekilde imal edilebilmesi için kalıp boşluğunun oldukça iyi işlenmesi ve yüzeyinin çok iyi parlatılması gerekmektedir.



Şekil 2. Kalıbın katı modeli

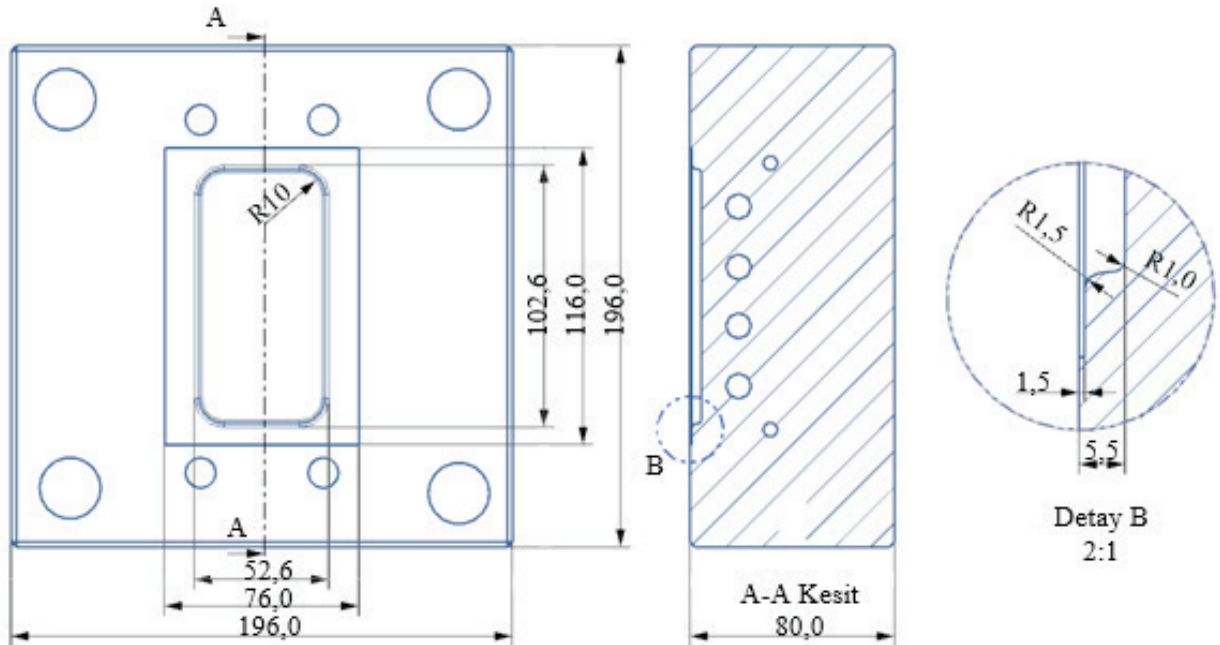
Plastik enjeksiyon kalıplama yöntemi ile şekillendirilmede enjeksiyon makinesinde ergiyen polimer, yüksek basınç kazandırılarak kalıba gönderilir. Tek taraflı kalıp üzerinde bulunan sac plaka ergiyen yüksek basınçlı polimer tarafından kalıp boşluğunun şeklini almaya zorlanır. Şekillendirme işleminin tamamlanmasının ardından sac parça ile katılaştıran polimer malzeme birbirinden ayrılarak istenilen

hassas, dar toleransa sahip, yüzeyleri düzgün sac parçalar imal edilmiş olur (Şekil 4). Çalışmada polimerin ergitilmesini ve kalıba yüksek basınçla gönderilmesini sağlayan 40 tonluk plastik enjeksiyon makinesi kullanılmıştır.

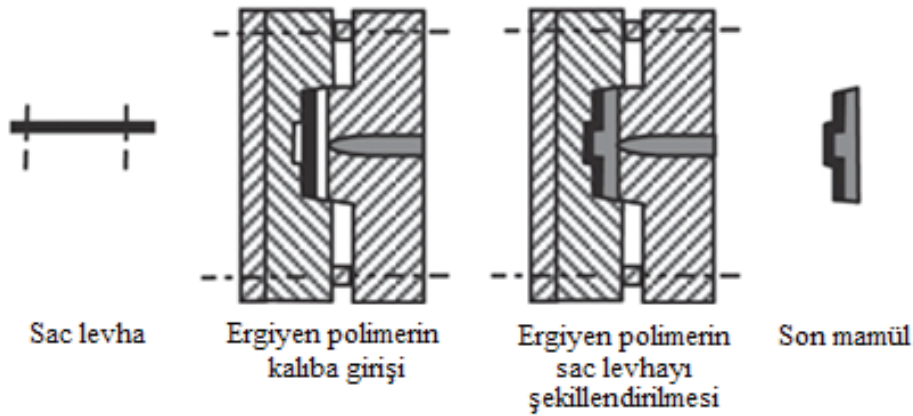
### 2.3 Proses Parametreleri ve Deneyel Tasarım

Plastik enjeksiyonuyla sac metal şekillendirme yöntemine ait daha önceki literatür çalışmaları incelendiğinde ergiyik polimer malzemesinin kalıba giriş sıcaklığının, enjeksiyon makinesinin uygulamış olduğu basınç ve proses hızının şekillendirilebilirliği, kalınlık ve malzeme iç yapı değişimlerini oldukça etkilediği görülmektedir [3]. Deneyel çalışmalarda bu nedenle kontrol faktörleri olarak; enjeksiyon basıncı, ergiyik polimer sıcaklığı ve enjeksiyon hızı seçilmiştir. Bu faktörlere ait seviyeler Tablo 4'te gösterilmiştir. Deneyel tasarım olarak Taguchi metodu kullanılarak daha az sayıda deney sonucunda optimum proses parametrelerinin belirlenmesi sağlanmıştır. Çalışmada  $L_9$  ortogonal matrisi esas alınarak deneyel çalışmalar gerçekleştirilmiştir.

Tablo 4'te görüldüğü gibi her kontrol faktörüne ait üçer seviye bulunmaktadır. Enjeksiyon basıncı olarak 40, 60 ve 80 MPa, ergiyik sıcaklığı olarak 200, 220 ve 240°C ve enjeksiyon hızı olarak ise 30, 32 ve 34 (%) değerleri deneyel çalışmalarda kullanılmıştır.



Şekil 3. Kalıbın boyutları (mm)

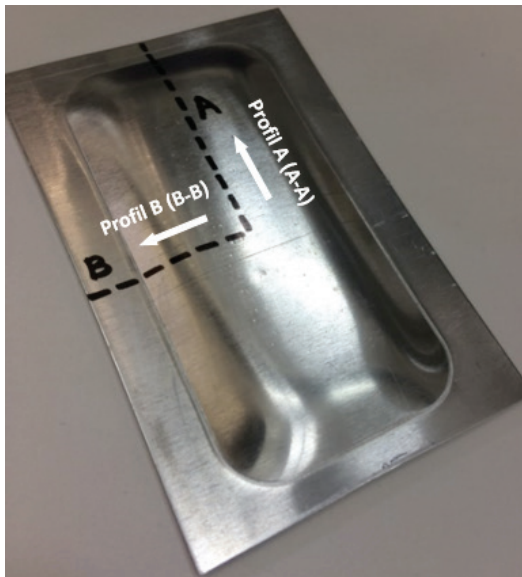


Şekil 4. Plastik enjeksiyon kalıplama ile şekillendirme

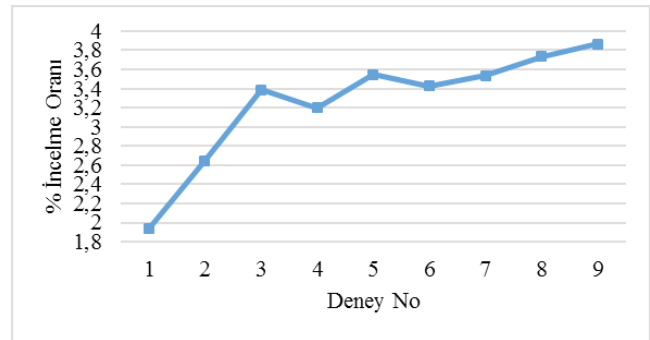
Tablo 4. Kontrol faktörleri ve seviyeleri

Kontrol Faktörleri	Sembol	Seviyeler			Birim
		Seviye 1	Seviye 2	Seviye 3	
Enjeksiyon Basıncı	A	40	60	80	MPa
Ergiyik Sıcaklığı	B	200	220	240	°C
Enjeksiyon Hızı	C	30	32	34	(%)

Şekillendirme sonrası imal edilen parçaların kalınlık değerleri frezeleme yöntemiyle dört eşit parçaya bölünerek parçanın iki kesiti boyunca ölçülmüştür: profil A, uzun kesit (A-A) ve profil B, kısa kesit (B-B), (Şekil 5). Ölçme işlemleri optik mikroskop kullanılarak % 0,01 hassasiyetinde gerçekleştirilmiştir. Ölçüm sonuçlarının ortalamaları alınarak % incelleme değişimleri hesaplanmıştır (Şekil 6).



Şekil 5. Parça üzerindeki A-A ve B-B kesitleri



Şekil 6. 1,5 mm kalınlığına sahip alüminyum plakaların A-A ve B-B kesitleri boyunca meydana gelen % incelleme değişimleri

Alüminyum sac metal malzemesinin şekillendirilmesi sonucunda parçanın formunda yırtılma veya tolerans sınırları içerisinde aşırı incelleme olmaması kaydıyla sac kalınlığına bağlı olarak maksimum şekillendirmeyi elde etmek amacıyla meydana gelen incelleme miktarının en fazla olması istenmektedir. 1,5 mm sac kalınlığındaki plakalar ile gerçekleştirilen deneyler ve ölçümler neticesinde parça formunda herhangi bir yırtılma yada aşırı incelleme durumuyla karşılaşılmasından dolayı deneysel tasarımda yer alan sinyal/gürültü (S/N) oranının hesaplanmasında "Daha büyük daha iyi" ifadesini temsil eden 1 nolu denklem esas alınmıştır. Bu denklemde n deney sayısını,  $y_i$  de elde edilen i. veriyi ifade etmektedir [12].

$$S/N = -10 \cdot \log \left( \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 1/y_i^2 \right) \quad (1)$$

"En büyük en iyidir" yaklaşımına göre hesaplanmış S/N oranlarına ait değerler Tablo 5'te sunulmuştur. Deneysel sonuçlar neticesinde ölçülen incelleme değerlerinin yorumlanması ile S/N oranlarına bağlı olarak optimum proses parametreleri elde edilmiştir.

**Tablo 5.** Çalışmada kullanılan L9 ortogonal dizisi, faktörler, inceleme (%) ölçüm sonuçları ve S/N oranları

Deney No	Semboller			Kontrol Faktörleri			Son Kalınlık Ortalaması [mm]	% İnceleme	S/N
	A	B	C	Basınç [MPa]	Sıcaklık [°C]	Hız [%]			
1	1	1	1	40	200	30	1,4710	1,933	5,7246
2	1	2	2	40	220	32	1,4603	2,647	8,4551
3	1	3	3	40	240	34	1,4492	3,387	10,5963
4	2	1	2	60	200	32	1,4520	3,200	10,1030
5	2	2	3	60	220	34	1,4468	3,547	10,9972
6	2	3	1	60	240	30	1,4486	3,427	10,6983
7	3	1	3	80	200	34	1,4470	3,533	10,9629
8	3	2	1	80	220	30	1,4440	3,733	11,4412
9	3	3	2	80	240	32	1,4420	3,867	11,7475

### III. DENEYSEL SONUÇLAR VE TARTIŞMA

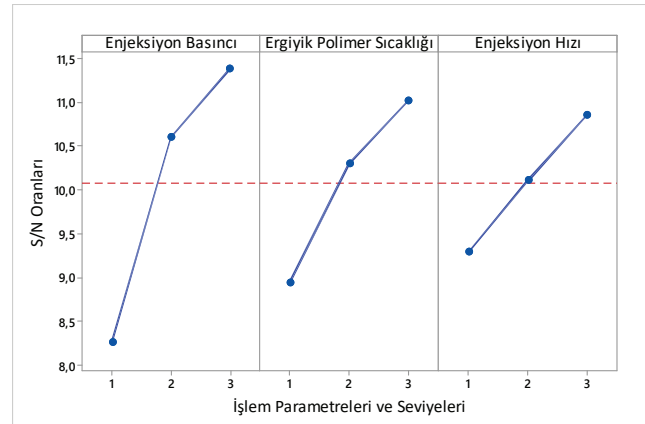
#### 3.1 Taguchi Metodu Değerlendirmeleri

Al-1050.O malzemesinin farklı proses parametreleri kullanılarak plastik enjeksiyonla şekillendirilmesi sonucu ölçülen inceleme sonuçları Minitab 17 programı kullanılarak analiz edilmiştir. Kontrol faktörlerinin inceleme üzerindeki etkilerini belirleyebilmek amacıyla S/N yanıt tablosu oluşturulmuştur (Tablo 6). Her faktörün farklı seviyelerinden elde edilen maksimum ve minimum ortalama gürültü oranları arasındaki farkların daha fazla ya da daha az olması faktörlerin inceleme üzerindeki etkinliği hakkında bilgi vermektedir. Farkların işaretine bakılmaksızın seviyeleri arasında büyük farka sahip olan kontrol faktörünün sonuç üzerinde daha etkili olduğu göz önüne alındığında Tablo 6'ya göre inceleme üzerinde en etkili parametrelerin sırasıyla enjeksiyon basıncı (A), ergiyik sıcaklığı (B) ve enjeksiyon hızı (C) olduğu görülmektedir.

**Tablo 6.** (S/N) ortalamaları için yanıt tablosu

Semboller	Kontrol Faktörleri	S/N Ortalamaları			
		Seviye 1	Seviye 2	Seviye 3	Max. – Min.
A	Enj. Basıncı	8,25867	10,5995	11,3838	3,12513
B	Erg. Sıcaklığı	8,93017	10,2978	11,014	2,08383
C	Enj. Hızı	9,28803	10,1018	10,8521	1,56407

$\sum (S/N) / 9 = S/N$  ortalamalarının ortalaması 10,0806 olarak bulunmuştur. Elde edilen S/N ortalamaları grafik olarak Şekil 7' de verilmiştir.

**Şekil 7.** % inceleme oranları için ortalama S/N grafiği (Daha büyük daha iyi)

Şekil 7' de kontrol faktörleri ve seviyelerine ait S/N oranları görülmektedir. Şekillendirme sonrasında 1,5 mm lik alüminyum plakalar için parçada meydana gelen inceleme miktarının maksimum olmasının istenmesinden dolayı en büyük en iyidir kalite karakteristiğine göre yapılan optimizasyona göre, inceleme miktarının en büyük olduğu seviyeler enjeksiyon basıncında 80 Mpa, ergiyik polimer sıcaklığında 240 °C ve enjeksiyon hızında 34 % olmuştur. Buna göre maksimum inceleme sağlayan şekillendirme parametreleri "A3-B3-C3" olarak belirlenmiştir. Yapılan deneysel çalışmada inceleme değerlerinin optimal sonuçları elde edilmiştir. İnceleme için optimum sonuca mevcut deneylerden ulaşılamamıştır. Bu nedenle ilave bir doğrulama deneyine ihtiyaç duyulmuştur.

Plastik enjeksiyon kalıplama yöntemi ile şekillendirilmiş parçaların kalınlık değişimlerini etkileyen kontrol faktörlerinin sonuç üzerindeki % katkı oranlarını belirleyebilmek amacıyla Varyans Analizi (ANOVA) kullanılmıştır. Her bir kontrol faktörünün inceleme üzerindeki % katkı oranları Minitab 17 programından faydalanılarak %95 güvenilirlik seviyesinde hesaplanmıştır. Tablo 7’ de her kontrol faktörüne ait % katkı oranları verilmiştir. Buna göre inceleme üzerinde en etkili parametrelerin sırasıyla; Enjeksiyon Basıncı: A (59,84%), Ergiyik Sıcaklığı: B (23,46%) ve Enjeksiyon Hızı: C (10,75%) olduğu gözlemlenmiştir. Enjeksiyon basıncı ve ergiyik sıcaklığının artmasıyla diğer literatür çalışmalarında olduğu gibi incelenen arttığı ve basıncın şekillendirme üzerinde en etkili proses parametresi olduğu görülmüştür [3].

ANOVA sonuçları incelendiğinde Taguchi metoduyla elde edilen sonuçlarla paralellik gösterdiği görülmektedir. Her iki analizde de inceleme üzerinde en fazla etkiye sahip parametre olarak enjeksiyon basıncı ve en az etkiye sahip parametre olarak ise enjeksiyon hızı bulunmuştur.

### 3.2 Regresyon Analizi ve Cevap Yüzey Metodu İle Tahminsel Denklemlerin Elde Edilmesi

Al-1050.O malzemesinin plastik enjeksiyon yöntemiyle şekillendirilmesi sonucu parçalarda meydana gelen inceleme miktarlarının tahmini için regresyon analizi ve cevap-yüzey metodu kullanılarak birinci ve ikinci dereceden tahminsel denklemler geliştirilmiştir. Lineer regresyon analizi ile elde edilen tahminsel denklemin korelasyon katsayısı  $R^2 = 0,907$  olarak hesaplanmıştır (Denklem 2). Denklem oluşturulmasında kullanılan katsayılar Tablo 8’ de gösterilmiştir. Korelasyon katsayısının yüksek olması elde edilen denklemin % 90,7 doğruluğunda ve oldukça güvenilir olduğunun

bir göstergesidir. Bu denklemin kullanılmasıyla 1,5 mm kalınlığındaki plakalar için mevcut deneylerden ulaşılamayan optimum A3-B3-C3 (80MPa-240°C-34%) seviyelerine ait tahminsel kalınlık değeri 1,4350 mm olarak hesaplanmıştır. Aynı parametrelerle gerçekleştirilen doğrulama deneyi sonucundaki kalınlık değeri ise 1,4395 mm olarak ölçülmüştür (Şekil 8).

$$\text{Kalınlık (mm)} = 1,5853 - 0,000396.A - 0,000252.B - 0,001717.C \quad (2)$$

**Tablo 8.** Regresyon analizine ait katsayılar

Notasyonlar	Katsayılar	SE Katsayılar	T-Değeri	P-Değeri
Sabit	1,5853	0,0280	56,56	0,000
A	-0,000396	0,000071	-5,55	0,003
B	-0,000252	0,000071	-3,53	0,017
C	-0,001717	0,000713	-2,41	0,061

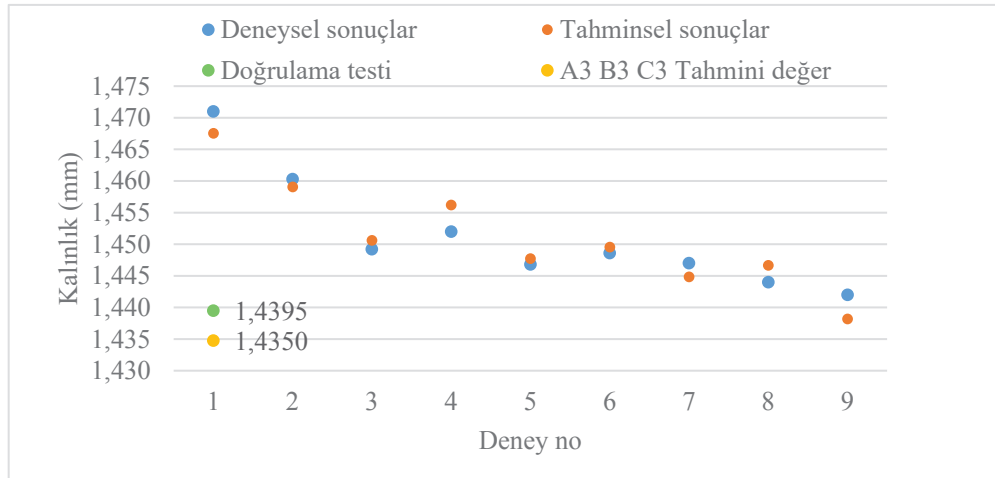
Cevap yüzey metodu ile elde edilen ikinci dereceden tahminsel denklem kullanılarak Taguchi deneysel tasarımında yer alan belirli parametre değerlerine bağlı kalmaksızın kontrol faktörlerine ait istenilen ara değerler denkleminde yerine yazılarak gerçeğe en yakın kalınlık değerleri tahmin edilebilmektedir (Denklem 3). Bu denklemde kontrol faktörlerinin birbirleriyle etkileşimleri de dikkate alınmaktadır.

$$\text{Kalınlık (mm)} = 1,814 - 0,004899.A + 0,000211.B - 0,01181.C + 0,000008.A^2 - 0,000001.B^2 + 0,000079.C^2 + 0,000003.A.B + 0,000089.A.C \quad (3)$$

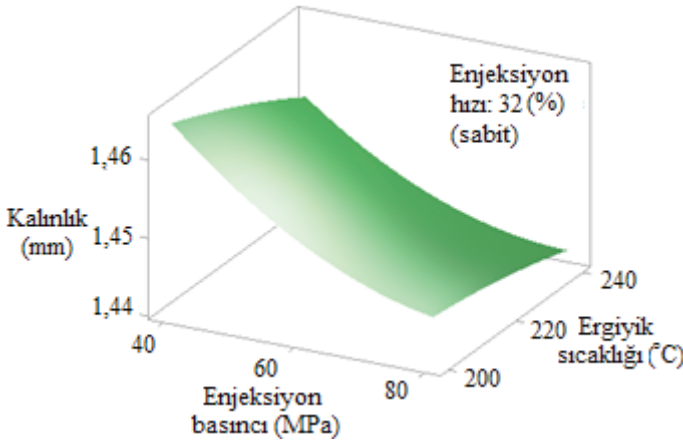
Değişen enjeksiyon basıncı ve ergiyik polimer sıcaklığının kalınlık üzerindeki etkilerine ait cevap yüzey metoduyla oluşturulan yüzey grafiği Şekil 9’ da gösterilmiştir.

**Tablo 7.** % İnceleme oranları için varyans analizi

Notasyonlar	Serbestlik Dereceleri	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Oranı	P Değeri	Katkı Oranı (%)
A	2	0,000395	0,000198	10,38	0,088	59,84
B	2	0,000155	0,000078	4,07	0,197	23,46
C	2	0,000071	0,000035	1,86	0,349	10,75
Hata (e)	2	0,000038	0,000019	-	-	5,75
Toplam	8	0,000660	-	-	-	100



Şekil 8. 1,5 mm kalınlığında alüminyum saclar için deneysel ve tahminsel kalınlık değerleri



Şekil 9. Enjeksiyon basıncı – Ergiyik polimer sıcaklığı – Sac metal kalınlık yüzey grafiği

Grafik incelendiğinde Taguchi ve ANOVA da olduğu gibi enjeksiyon basıncının inceleme üzerinde diğer parametrelere kıyasla daha etkili olduğu anlaşılmaktadır.

Şekillendirme öncesi malzemeye uygulanan ön ısıtma işleminin parçalar üzerindeki etkisini incelemek ve daha iyi sonuçlar elde edebilmek amacıyla optimum inceleme sonuçlarına ulaştığımız 3-3-3 (80 MPa, 240 °C, 34 %) ve en az incelenen görüldüğü 1-1-1 (40 MPa, 200 °C, 30 %) seviyeleri dikkate alınarak ek deneysel çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Şartlandırıcı yardımıyla kalıp ısıtılarak sac plakaların yüzey sıcaklıklarının 60 °C' ye ulaşması sağlanmıştır. Ön ısıtma işlemi sonrası yapılan şekillendirme neticesinde 3-3-3 seviyeleri için ölçülen ortalama kalınlık değeri 1,4287

mm, 1-1-1 seviyeleri için ölçülen ortalama kalınlık değeri ise 1,4390 mm olmuştur. Elde edilen sonuçlardan ön ısıtma işleminin şekillendirilebilirliği önemli oranda arttırdığı görülmektedir. Şöyle ki minimum incelenen gerçekleştirildiği 1-1-1 kombinasyonu için uygulanan ön ısıtma işlemi sayesinde daha yüksek basınç ve ergiyik sıcaklığında ulaşabileceğimiz yüksek şekillendirilebilirliğe çok daha düşük basınç ve sıcaklık değerlerinde ulaşılmıştır. Dolayısıyla, plastik enjeksiyon yöntemi ile sac metalin şekillendirilmesinde ön ısıtma uygulanması ile çok daha düşük basınç değerleri uygulanarak istenilen inceleme oranları elde edilmiştir. Bu da, literatürde belirtildiğinin aksine plastik enjeksiyonda sac şekillendirme için yüksek basınç gereksinimini ortadan kaldırmaktadır.

#### IV. SONUÇLAR

Yapılan bu çalışmada otomotiv ve havacılık sektöründe oldukça sık kullanılan alüminyum sac metal malzemesinin yeni bir yöntem olan plastik enjeksiyon kalıplama ile şekillendirilmesinde proses parametrelerinin şekillendirilebilirlik üzerine etkileri araştırılmıştır. Al-1050.O malzemesinin şekillendirilmesinde, ergiyik sıcaklığı, enjeksiyon basıncı ve hızı kontrol faktörlerinin optimal seviyelerini belirlemek amacıyla yapılan bu çalışmada kontrol faktörlerinin farklı seviyelerinde inceleme oranları %1,933 - %3,867 aralığında bulunmuştur. İnceleme üzerinde en etkili parametreler sırasıyla; Enjeksiyon Basıncı: A (59,84%), Ergiyik Sıcaklığı: B (23,46%) ve Enjeksiyon Hızı: C (10,75%) olduğu gözlemlenmiştir. Taguchi deneysel tasarımında; tüm kontrol

faktörlerinin üçüncü seviyeleri (A=80 MPa, B= 240°C, C=34 %) en yüksek şekillendirilebilirliği sağlayan optimum seviyeler olarak belirlenmiştir. Ergiyik sıcaklığı, enjeksiyon basıncı ve hızının artmasıyla şekillendirilebilirlik artmıştır. Geliştirilen tahminsel denklemin korelasyon katsayısı  $R^2 = 0,907$  olarak hesaplanmıştır. Plastik enjeksiyonla sac şekillendirme yönteminde ön ısıtma işleminin şekillendirilebilirlik üzerinde oldukça etkili olduğu görülmüştür. Düşük enjeksiyon basıncı değerlerinde dahi ön ısıtma uygulanmış sac metallerin istenilen performansta şekillendirilebildiği tespit edilmiştir.

## V. KAYNAKLAR

- [1] Moralar, A. (2015). İnce sac levhaların yüksek basınç altında (hydroforming) şekillendirilmesi. *Electronic Journal of Vocational Colleges*, Cilt 5, Sayı 4.
- [2] Van Der Aa, H., Verdier, A. ve De Wolf, H. (2003). Method and device for producing a composite product and composite product produced therewith. *World Patent WO 03/057446 A1*.
- [3] Koç, M., Ağçayazı, A. ve Carsley, J. (2011). An experimental study on robustness and process capability of the warm hydroforming process. *Journal of Manufacturing Science and Engineering*, 133, 021008-1.
- [4] Lucchetta, G. ve Baesso, R. (2006). Polymer injection forming (PIF) of thin-walled sheet metal parts—preliminary experimental results. *10th Esaform Conference on Material Forming*, at Zaragoza; Spain, April, 907, 1046-1051.
- [5] Bariani, P.F., Bruschi, S., Ghiotti, A. ve Lucchetta, G. (2007). An approach to modelling the forming process of sheet metal-polymer composites. *Annals of the CIRP*, 56(1).
- [6] Behrens, B.A., Bouguecha, A. ve Götze T. (2010). Consideration of fundamental influence parameters for the simulation of sheet-metal forming processes by means of plastic melt pressure. *Mat.-wiss. u. Werkstofftech*, 41(10).
- [7] Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing E.h. Michaeli. W. ve Maesing. R. (2010). Injection moulding and metal forming in one process step. *25th International Plastics Technology Colloquium of the Institute of Plastics Processing (IKV)*, at RWTH Aachen University, Germany, March.
- [8] Chen, M., Zhang, X., Lei, Q. ve Fu, J. (2002). Finite element analysis of forming of sheet metal blank in manufacturing metal/polymer macro-composite components via injection moulding. *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, 42, 375–383.
- [9] Altan, M., Bayraktar, M. ve Yavuz, B. (2016). Manufacturing polymer/metal macro composite structure for vibration damping. *International Journal of Advanced Manufacturing Technologies*, 86, 2119-2126.
- [10] Karaağaç, İ. ve Özdemir, A. (2009). Sıvı basıncı ile sac şekillendirme (SBS) yönteminin derin çekilebilirlik üzerine etkilerinin incelenmesi. *5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (Iats'09)*, Karabük, Türkiye, 13-15 Mayıs.
- [11] Landgrebe, D., Krausel, V., Rautenstrauch, A., Albert, A. ve Wertem, R. 2016. Energy-efficiency in a hybrid process of sheet metal forming and polymer injection moulding. *Procedia CIRP* 40, 109-114.
- [12] Lee-Ing, T., Chao-Ton, S. ve Chung-Ho, W. (1997). The optimization of multi-response problems in the Taguchi method. *International Journal of Quality&Reliability Management*, 14, 367-380.