

**T.C.
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**



**DENEY TASARIMI VE YAPAY SİNİR AĞLARI
YÖNTEMLERİYLE ALÜMİNYUM EKSTRÜZYON
PROSESİNİN YETİŞTİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ESRA NCEL

BALIKESİR, HAZİRAN - 2016

**T.C.
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİK ANABİLİM DALI**



**DENEY TASARIMI VE YAPAY SİNİR AĞLARI
YÖNTEMLERİYLE ALÜMİNYUM EKSTRÜZYON
PROSESİNİN YETİŞTİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ESRA NCEL

Jüri Üyeleri: Yrd. Doç. Dr. Kadriye ERGÜN (Tez Danışmanı,)

Prof. Dr. Ramazan YAMAN

Yrd. Doç. Dr. Tuğba TUNACAN

BALIKESİR, HAZİRAN - 2016

KABUL VE ONAY SAYFASI

Esra İNCEL tarafından hazırlanan “DENEY TASARIMI VE YAPAY SİNİR AĞLARI YÖNTEMLERİYLE ALÜMİNYUM EKSTRÜZYON PROSESİNİN İYİLEŞTİRİLMESİ” adlı tez çalışmasının savunma sınavı 20.06.2016 tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen jüri tarafından oy birliği ile Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

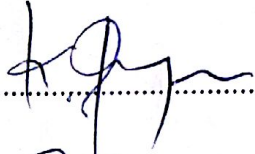
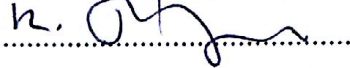
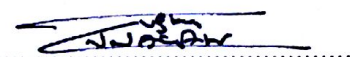
Jüri Üyeleri

İmza

Danışman
Yrd. Doç. Dr. Kadriye ERGÜN

Üye
Prof. Dr. Ramazan YAMAN

Üye
Yrd. Doç. Dr. Tuğba TUNACAN


.....

.....

.....

Jüri üyeleri tarafından kabul edilmiş olan bu tez Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunca onanmıştır.

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Doç. Dr. Necati ÖZDEMİR

.....

Bu tez çalışması TÜBİTAK 2210-D Sanayiye Yönelik Yurtiçi Yüksek Lisans Burs Programı tarafından desteklenmiştir.

ÖZET

**DENEY TASARIMI VE YAPAY SİNİR AĞLARI YÖNTEMLERİYLE
ALÜMİNYUM EKSTRÜZYON PROSESİNİN İYİLEŞTİRİLMESİ
YÜKSEK LİSANS TEZİ
ESRA İNCEL
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
(TEZ DANIŞMANI: YRD. DOÇ. DR. KADRIYE ERGÜN)
BALIKESİR, HAZİRAN - 2016**

Deney tasarımı, bir ürünün seçilen kalite karakteristiği olan yanıt değişkeni üzerinde önemli etkiye sahip faktörlerin belirlendiği bir yöntemdir. Bu kalite karakteristiğinin istenilen değerde elde edilebilmesi için söz konusu faktörlerin hangi seviyelerde belirleneceği araştırılır. Kararlı bir üretim prosesi oluşturmak amacıyla deney yapımındaki zaman ve maliyet kayıplarını en aza indirmek için deney tasarımı yöntemi kullanılmaktadır. Bu çalışma işletmenin şu stratejik amaçlarına hizmet etmiştir: “kapasiteyi verimli kullan, üretimde randıman ve verimliliği arttır” ve “yüksek kalite seviyesini yakala ve kararlılığı sağla”. Bu hedefe ulaşabilmek için deney tasarımı yöntemlerinden biri olan Taguchi Yöntemi kullanılmıştır. Taguchi Yöntemi, ortogonal dizinleri kullanarak deney sayılarını büyük ölçüde azaltan ve aynı zamanda kontrol edilemeyen faktörlerin etkilerini en küçükmeye çalışan bir deney tasarımı tekniğidir.

Çalışma kapsamında ekstrüzyon prosesi incelenmiştir. Alüminyum ekstrüzyon prosesinde malzemenin mekanik özelliklerini etkileyen beş faktörün (hız, soğutma türü, termik sıcaklık, termik süre ve biyet sıcaklığı) daha etkili olduğu öngörülmüştür. Uygulama bölümünde, amaca göre faktör ve seviyeler belirlenerek L₁₆ ortogonal dizisi seçilmiş ve tüm deneyler tekrar edilmiştir. Sonuçlar MINITAB 16 istatistiksel paket programı ile analiz edilmiştir. Daha sonra aynı faktörler, çok yanıtlı problem eniyelenmesi yaklaşımı ile incelenmiştir. Ayrıca sonuçlar, Yapay Sinir Ağları ile elde edilen sonuçlarla da karşılaştırılmıştır. Tüm kombinasyonların (tam faktöriyel deney tasarımı) yanıt değerini tahmin etmek amacıyla MATLAB R2007b programında Yapay Sinir Ağları uygulaması yapılmış ve uygun kombinasyon bulunmuştur.

ANAHTAR KELİMELEER: Deney tasarımı, Taguchi yöntemi, çok yanıtlı deney tasarımı, yapay sinir ağları, ekstrüzyon, alüminyum.

ABSTRACT

**IMPROVEMENT OF ALUMINUM EXTRUSION PROCESS
BY DESIGN OF EXPERIMENT AND
ARTIFICIAL NEURAL NETWORK METHODS
MSC THESIS
ESRA İNCEL
BALIKESİR UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE
INDUSTRIAL ENGINEERING
(SUPERVISOR: ASSIST. PROF. DR. KADRIYE ERGÜN)
BALIKESİR, JUNE 2016**

Experiment design is a method determination of the factors having a significant effect on the product quality of the selected characteristic of the response variable. This quality is evaluated to determine which levels of these factors to obtain the desired value of the characteristic. In order to form a stable production process, experimental design method is used to minimize losses of time and cost on production experiment. This thesis has served following strategic goals of company: “use productively capacity, increase efficiency and productivity on production” and “achieve a high level of quality and provide stability”. Taguchi Method which is one of the experimental design method is utilized to achieve this goal. Taguchi Method is an experimental design technique which reduces the number of experiments significantly by using the orthogonal arrays and also tries to minimize the effects of the uncontrollable factors.

Extrusion process is analyzed within the context of our study. Five factors (speed, type of cooling, thermal temperature, thermal time and billet temperature) affecting mechanical properties of material in aluminum extrusion process is presumed to be more effective. In the application section, L₁₆ orthogonal arrays is selected by determining factor and levels according to purpose and all experiments have been replicated. Results were analyzed with MINITAB 16 statistical software program. Afterwards, the same factors were examined with a very responsive approach to optimization problems. The results of the Taguchi method was performed to compare results of artificial neural networks. Artificial Neural Network was implemented on MATLAB R2007b in order to forecast response value of all combinations (full factorial experimental design) and suitable combination has been found.

KEYWORDS: Design of experiments, Taguchi method, very response power design of experiments, artificial neural networks, extrusion, aluminum.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER.....	iii
ŞEKİL LİSTESİ.....	v
TABLO LİSTESİ.....	vii
KISALTMALAR LİSTESİ	ix
ÖNSÖZ.....	x
1. GİRİŞ.....	1
2. ALÜMİNYUM VE EKSTRÜZYON YÖNTEMİ.....	4
2.1 Alüminyum ve Özellikleri	4
2.2 Alüminyum Sektörü ve Kullanım Alanları.....	7
2.3 Alüminyum Alaşımlarının Sınıflandırılması	10
2.4 Alaşım Elementlerinin Etkileri	14
2.5 6XXX Serisi Alaşımların Özellikleri	17
2.6 Ekstrüzyon Yöntemi.....	19
2.6.1 Ekstrüzyon Ana Parametreleri.....	20
2.6.1.1 Ekstrüzyon Oranı	21
2.6.1.2 Ekstrüzyon Sıcaklığı	21
2.6.1.3 Ekstrüzyon Hızı	21
2.6.1.4 Malzemenin Akma Gerilmesi.....	22
2.6.2 Ekstrüzyon Kalitesi ve Hataları.....	22
2.6.3 Ekstrüzyon Parametrelerinin Değerlendirilmesi	23
3. DENEY TASARIMI.....	26
3.1 Deneysel Tasarımın Tarihçesi.....	27
3.2 Taguchi Yönetim Felsefesi	28
3.3 Taguchi' nin Kalite Kontrol Sistemi	29
3.4 Endüstride Taguchi Yönteminin Potansiyel Uygulamaları	31
3.5 Taguchi Yöntemi Uygulama Adımları	32
3.5.1 Problemin Belirlenmesi	35
3.5.2 Faktör ve Seviyelerin Belirlenmesi	35
3.5.3 Uygun Ortogonal Dizin Seçilmesi.....	36
3.5.4 Deneysel Uygulanması ve Verilerin Analizi	37
3.5.5 Doğrulama Deneyi.....	38
3.6 Çok Yanıtlı Problemler	39
4. YAPAY SINIR AĞLARI	45
4.1 Yapay Sinir Ağlarının Gelişimi	47
4.2 Yapay Sinir Ağlarının Özellikleri	47
4.3 Yapay Sinir Ağlarının Sınıflandırılması.....	50
4.4 Yapay Sinir Ağlarının Uygulama Alanları	50
4.5 Yapay Sinir Ağının Çalışma Prosedürü.....	52

5. ALÜMİNYUM SEKTÖRÜ'NDE FAALİYET GÖSTEREN BİR FİRMAKİ EKSTRÜZYON PROSESİNDE TAGUCHİ YÖNTEMİNİN UYGULANMASI	54
5.1 Uygulamanın Yapıldığı Firma Hakkında Genel Bilgi.....	54
5.2 Proses Hakkında Genel Bilgi	55
5.2.1 Biyet Üretim Tesisi (Dökümhane)	56
5.2.2 Kalıp Tasarım ve Üretim Tesisi	56
5.2.3 Alüminyum Ekstrüzyon- Profil Üretimi	57
5.2.4 Profil Eloksal Kaplama Üretim Tesisi	60
5.2.5 Profil Elektrostatik Boya Tesisi	61
5.2.6 Mekanik İşlem Tesisi.....	61
5.3 Taguchi Yönteminin Uygulanması	62
5.3.1 Problemin Belirlenmesi	62
5.3.2 Faktör ve Seviyelerin Belirlenmesi	65
5.3.3 Uygun Ortogonal Dizin Seçilmesi.....	65
5.3.4 Deneyin Uygulanması ve Verilerin Analizi.....	67
5.3.4.1 Akma Sonuçları	70
5.3.4.2 Çekme Sonuçları.....	73
5.3.4.3 Uzama Sonuçları.....	77
5.3.4.4 Sertlik Sonuçları	79
5.3.4.5 Elektrik İletkenliği Sonuçları	81
5.3.4.6 Tane Sayısı Sonuçları	83
5.3.5 Doğrulama Deneyi.....	86
5.4 Çok Yanıtlı Deney Tasarımı	89
5.5 Yapay Sinir Ağı Yöntemi	93
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	100
7. KAYNAKLAR	102
8. EKLER:	108

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1: Alüminyum üretimi ve geri dönüşüm döngüsü.	6
Şekil 2.2: Alaşım seçimini etkileyen temel unsurlar.	14
Şekil 2.3: Alüminyum ekstrüzyon sisteminin şematik gösterimi.	20
Şekil 2.4: Ekstrüzyon presinin şematik gösterimi.	20
Şekil 2.5: Ekstrüzyon kalitesini etkileyen parametreler.	22
Şekil 2.6: Ekstrüzyon hataları.	23
Şekil 2.7: Ekstrüzyon parametrelerinin değerlendirilmesi.	24
Şekil 2.8: Gerdirme, kesme ve ısıtma işlem parametrelerinin değerlendirilmesi.	25
Şekil 3.1: Taguchi' nin üretim-kalite çemberi.	29
Şekil 3.2: Deney tasarımı uygulama adımları.	34
Şekil 3.3: Taguchi faktör ve seviye sayılarına göre ortogonal dizilim seçim tablosu.	37
Şekil 3.4: ÇKKV yöntemleri tabanlı Taguchi yöntemi uygulama prosedürü.	42
Şekil 3.5: Taguchi yöntemi'nde çok yanıtlı problemler için eniyileme prosedürü.	44
Şekil 4.1: Yapay sinir hücresi.	45
Şekil 4.2: Biyolojik sinir hücresi ve bileşenleri.	46
Şekil 4.3: YSA sınıflandırması.	50
Şekil 5.1: Uygulamanın yapıldığı işletmenin genel görünümü.	54
Şekil 5.2: İşletmenin faaliyet alanları ve tesisleri.	55
Şekil 5.3: Ekstrüzyon proses akışı.	55
Şekil 5.4: Dökümhane üretim tesisi.	56
Şekil 5.5: Kalıp tasarım ve üretimi.	57
Şekil 5.6: Ekstrüzyon iş akışı.	57
Şekil 5.7: Ekstrüzyon pres hattı ve ekipmanları.	58
Şekil 5.8: Ekstrüzyon üretim hattı.	59
Şekil 5.9: Elokso bölümleri.	60
Şekil 5.10: Elokso tesisinin basitleştirilmiş işlem şeması.	60
Şekil 5.11: Profil elektrostatik boya tesisi.	61
Şekil 5.12: 5 eksen CNC tezgahta alüminyum profil işleme.	62
Şekil 5.13: Ekstrüzyon iş akışı.	63
Şekil 5.14: Çalışmada kullanılan profilin teknik çizimi.	67
Şekil 5.15: Profil boyları ve hurdaya ayrılan bölümler.	68
Şekil 5.16: Deney uygulanma akış şeması.	69
Şekil 5.17: Faktör ve seviye sayılarının seçilmesi.	70
Şekil 5.18: Fonksiyon türünün seçilmesi.	71
Şekil 5.19: Akma yanıt değişkeni 2,6 mm et kalınlığı için faktörlerin etkilerini gösteren grafik.	71
Şekil 5.20: Akma yanıt değişkeni 15,5 mm et kalınlığı için faktörlerin etkilerini gösteren grafik.	68
Şekil 5.21: Çekme yanıt değişkeni 2,6 mm et kalınlığı için faktörlerin etkilerini gösteren grafik.	75
Şekil 5.22: Çekme yanıt değişkeni 15,5 mm et kalınlığı için faktörlerin etkilerini gösteren grafik.	76
Şekil 5.23: Uzama için faktörlerin etkilerini gösteren grafik.	78

Şekil 5.24: Sertlik için faktörlerin etkilerini gösteren grafik.	80
Şekil 5.25: Elektrik iletkenliği için faktörlerin etkilerini gösteren grafik.	82
Şekil 5.26: Mikroyapı görüntüleri (1, 2, 3, 4. deneyler).	83
Şekil 5.27: Mikroyapı görüntüleri (5, 6, 7, 8. deneyler).	83
Şekil 5.28: Mikroyapı görüntüleri (9, 10, 11, 12. deneyler).	84
Şekil 5.29: Mikroyapı görüntüleri (13, 14, 15, 16. deneyler).	84
Şekil 5.30: Tane sayısı için faktörlerin etkilerini gösteren grafik.	85
Şekil 5.31: Akma yanıtının 16 deney ve doğrulama deneyi için değerleri.	87
Şekil 5.32: Çekme yanıtının 16 deney ve doğrulama deneyi için değerleri.	87
Şekil 5.33: Uzama yanıtının 16 deney ve doğrulama deneyi için değerleri.	87
Şekil 5.34: Sertlik yanıtının 16 deney ve doğrulama deneyi için değerleri.	88
Şekil 5.35: Elektrik İletkenliği yanıtının 16 deney ve doğrulama deneyi için değerleri.	88
Şekil 5.36: Çok yanıtlı için faktörlerin etkilerini gösteren grafik.	92
Şekil 5.37: Çok katmanlı ağı gösterimi.	97
Şekil 5.38: Oluşturulan yapay sinir ağı.	98
Şekil 5.39: YSA eğitimi sırasındaki eğim değişim grafiği.	98

TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 2.1: Saf alüminyumun özellikleri.....	5
Tablo 2.2: Alüminyumun bazı özelliklerinin diğer metallerle karşılaştırılması.....	5
Tablo 2.3: İSO ilk ve ikinci 500 listesinde yer alan alüminyum firmaları.....	8
Tablo 2.4: Alüminyum kullanım alanları ve örnekleri.....	8
Tablo 2.5: Alüminyumun kullanım alanlarına göre dağılımı.....	9
Tablo 2.6: Alüminyum ürünlerin sınıflandırılması.....	10
Tablo 2.7: Alüminyum alaşım çeşitleri ve ısıl işlem durumları.....	11
Tablo 2.8: Alaşım elementlerinin alüminyumun mekanik ve fiziksel özellikleri üzerine etkisi.....	14
Tablo 2.9: Alaşım elementlerinin alüminyuma etkileri.....	17
Tablo 2.10: AA6005A' nın çeşitli özellikleri ve uygulama alanları.....	17
Tablo 2.11: AA6016' nın çeşitli özellikleri ve uygulama alanları.....	17
Tablo 2.12: AA6060' ın çeşitli özellikleri ve uygulama alanları.....	18
Tablo 2.13: AA6061' in çeşitli özellikleri ve uygulama alanları.....	18
Tablo 2.14: AA6063 'ün çeşitli özellikleri ve uygulama alanları.....	18
Tablo 2.15: AA6082 'mn çeşitli özellikleri ve uygulama alanları.....	19
Tablo 2.16: AA6106' mn çeşitli özellikleri ve uygulama alanları.....	19
Tablo 3.1: Endüstride Taguchi yöntemi bazı uygulama örnekleri.....	31
Tablo 4.1: YSA ve sinir sistemi elemanlarının karşılaştırılması.....	46
Tablo 4.2: YSA' nın tarihsel süreçte ilerlemesi.....	47
Tablo 4.3: Yapay sinir ağları ve uygulama alanları.....	51
Tablo 4.4: Ağların başarılı oldukları alanlar.....	52
Tablo 5.1: Ürünün mekanik özellikleri etkileyen faktörler.....	64
Tablo 5.2: Girdi değişkenlerinin derecelendirilmesi.....	64
Tablo 5.3: Faktörler ve seviyeleri.....	65
Tablo 5.4: L ₁₆ ortogonal dizisi.....	66
Tablo 5.5: Yapılması gereken deneyler.....	66
Tablo 5.6: Çalışmada kullanılan biyetin kimyasal bileşimi.....	67
Tablo 5.7: Et kalınlığı değeri 2,6 mm için akma yanıt değişkeni değeri.....	70
Tablo 5.8: Akma (et kalınlığı 2,6 mm) verileri S/N oranına göre elde edilen sonuçlar.....	71
Tablo 5.9: Akma (et kalınlığı 2,6 mm) verileri ortalamaya göre elde edilen sonuçlar.....	71
Tablo 5.10: Et kalınlığı değeri 15,5 mm olduğunda akma yanıt değişkeni değeri.....	72
Tablo 5.11: Akma (et kalınlığı 15,5 mm) verileri S/N oranına göre elde edilen sonuçlar.....	72
Tablo 5.12: Akma (et kalınlığı 15,5 mm) verileri ortalamaya göre elde edilen sonuçlar.....	72
Tablo 5.13: En yüksek akma değeri bulunacağı tahmin edilen faktör seviyeleri.....	73
Tablo 5.14: Et kalınlığı değeri 2,6 mm için çekme yanıt değişkeni değeri.....	74
Tablo 5.15: Çekme (et kalınlığı 2,6 mm) verileri S/N oranına göre elde edilen sonuçlar.....	74

Tablo 5.16: Çekme (et kalınlığı 2,6 mm) verileri ortalamaya göre elde edilen sonuçlar.	74
Tablo 5.17: Et kalınlığı değeri 15,5 mm olduğunda çekme yanıt değişkeni değeri.....	75
Tablo 5.18: Çekme (et kalınlığı 15,5 mm) verileri S/N oranına göre elde edilen sonuçlar.	76
Tablo 5.19: Çekme (et kalınlığı 15,5 mm) verileri ortalamaya göre elde edilen sonuçlar.	76
Tablo 5.20: En yüksek çekme değeri bulunacağı tahmin edilen faktör seviyeleri.	77
Tablo 5.21: Uzama yanıt değişkeni değeri.	77
Tablo 5.22: Uzama verileri S/N oranına göre elde edilen sonuçlar.	78
Tablo 5.23: Uzama verileri ortalamaya göre elde edilen sonuçlar.	78
Tablo 5.24: En yüksek uzama değeri bulunacağı tahmin edilen faktör seviyeleri.	79
Tablo 5.25: Sertlik yanıt değişkeni değeri.	79
Tablo 5.26: Sertlik verileri S/N oranına göre elde edilen sonuçlar.	80
Tablo 5.27: Sertlik verileri ortalamaya göre elde edilen sonuçları.	80
Tablo 5.28: En yüksek sertlik değeri bulunacağı tahmin edilen faktör seviyeleri.	81
Tablo 5.29: Elektrik iletkenliği yanıt değişkeni değeri.	81
Tablo 5.30: Elektrik iletkenliği verileri S/N oranına göre elde edilen sonuçlar... ..	82
Tablo 5.31: Elektrik iletkenliği verileri ortalamaya göre elde edilen sonuçlar.	82
Tablo 5.32: En yüksek elektrik iletkenliği değeri bulunacağı tahmin edilen faktör seviyeleri.	83
Tablo 5.33: Tane sayısı yanıt değişkeni değeri.	84
Tablo 5.34: Tane sayısı verileri S/N oranına göre elde edilen sonuçlar.	85
Tablo 5.35: Tane sayısı verileri ortalamaya göre elde edilen sonuçlar.	85
Tablo 5.36: Doğrulama deneyi faktör ve seviyeleri.....	86
Tablo 5.37: 6005 alaşımının TS EN 755-2 standardındaki akma, çekme, uzama değerleri.	86
Tablo 5.38: Hesaplanan kalite kayıp değerleri.	89
Tablo 5.39: Hesaplanan normalleştirilen kalite kayıp değerleri.....	90
Tablo 5.40: Ağırlıklara göre hesaplanan TNQL ve MRSN değerleri.	91
Tablo 5.41: Çok yanıtlı için elde edilen sonuçlar.	91
Tablo 5.42: En yüksek çok yanıtlı değeri bulunacağı tahmin edilen faktör seviyeleri.	92
Tablo 5.43: Çok yanıtlı doğrulama deneyinde bulunan sonuçlar.	92
Tablo 5.44: Modelde kullanılan değişkenler ve tipleri.	94
Tablo 5.45: Kullanılan faktör ve faktör seviyeleri.	94
Tablo 5.46: L ₁₆ Ortogonal dizisine göre belirlenen veri seti.	95
Tablo 5.47: Verilerin nümerik değerler ile gösterimi.	95
Tablo 5.48: Normalize edilmiş veriler.	97
Tablo 5.49: YSA girdi parametreleri.	98
Tablo 5.50: Regresyon istatistikleri.	99
Tablo 5.51: YSA ile en yüksek uzama değeri tahmini.....	99
Tablo 6.1: Çalışmanın fayda – maliyet analizi.	101

KISALTMALAR LİSTESİ

ANOVA	: Varyans Analizi (Variance of Analysis)
CAD	: Bilgisayar Destekli Tasarım (Computer-Aided Design)
CAM	: Bilgisayar Destekli Üretim (Computer-Aided Manufacturing)
Co	: Kobalt
Cr	: Krom
Cu	: Bakır
ÇKKV	: Çok Kriterli Karar Verme
ÇYP	: Çok Yanıtlı Problemler
DOE	: Deney Tasarımı (Design of Experiment)
Fe	: Demir
KD	: Kontrol Edilebilen Değişkenler
KED	: Kontrol Edilemeyen Değişkenler
LTB	: Daha Büyük Daha İyi (Larger-the-Better)
MATLAB	: Matrix Laboratuvarı (Matrix Laboratory)
Mg	: Magnezyum
Mn	: Mangan
MRSN	: Çok Tanıtlı Sinyal/Gürültü Oranı (Multi Response Signal Noise)
Ni	: Nikel
NTB	: Nominal En İyi (Nominal-the-Best)
Si	: Silisyum
SN	: Sinyal/Gürültü Oranı (Signal/Noise)
STB	: Daha Küçük Daha İyi (Smaller-the-Better)
Ti	: Titanyum
TNQL	: Normalleştirilen Toplam Kalite Kaybı (Total Normalized Quality Loss)
YSA	: Yapay Sinir Ağı
Zn	: Çinko

ÖNSÖZ

Yüksek lisans eğitimim süresince ilgi ve yardımlarını benden esirgemeyen, tez çalışmam süresince bilimsel katkıları ile bana her zaman yardımcı ve yol gösterici olan değerli tez danışmanım Sayın Yrd. Doç. Dr. Kadriye ERGÜN' e,

Deney tasarımı konusunda çok değerli katkılarından dolayı Kocaeli Üniversitesi öğretim üyesi Doç. Dr. Sayın Kasım BAYNAL' a ve Sakarya Üniversitesi öğretim üyesi Doç. Dr. Sayın Semra BORAN' a,

Çalışmamın uygulama kısmında bana yardımcı olan Asaş Alüminyum Sanayi ve Ticaret A.Ş. çalışanlarına,

Her zaman ve her konuda yanımda olan aileme ve yardımcı olan herkese içtenlikle teşekkür ederim.

Ayrıca 2210-D sanayiye yönelik yurt içi yüksek lisans burs programı ile lisansüstü eğitimimi destekleyen Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK)' na teşekkürlerimi sunarım.

1. GİRİŞ

Üretimde teknolojik gelişmelerin henüz yaşanmadığı 1960' lı yıllarda pazarda rekabet edebilmenin en önemli unsuru kitle üretimken, 1970' lerde teknolojinin ilerlemesiyle düşük maliyetli üretim olmuştur. Bu dönemde pazarın hakimi üretim maliyetlerini azaltarak ürünlerini daha ucuza satan şirketler olmuştur. Bu dönemde yaşanan iki gelişme 1980'li yıllarda rekabetin pazardaki ibresini "kalite" ye çevirmiştir. Bu gelişmelerden birincisi şirketlerin ucuz ürün üretmek için müşteri isteklerini gözardı edip ucuza kaçarak kalitesiz ürün üretmeleri olmuştur ve bu şirketler pazardan silinmişlerdir. İkinci gelişme ise şirketlerin ürünlerini kaliteli fakat daha ucuza üretebilmek için maliyetleri azaltma yöntemlerini geliştirmeleri olmuştur. Kalite bazlı rekabette maliyet ögesi ikame edilmemiş, aksine yüksek kalite düşük maliyet bir arada istenmiştir. Böylelikle 1980' li yıllarda pazarda bol, ucuz ve kaliteli ürün üreten şirketler pazarlarında söz sahibi olmuşlardır. 1990' lı yıllarda ise pazarda çeşitli farklı fonksiyonları içeren ürünler ve bu ürünleri en hızlı pazara ulaştıran şirketler rekabette öne geçmişlerdir (Kavrakoğlu, 1998).

Taguchi' ye göre; günümüzde rekabetçi bir ekonomide işletmenin varlığını sürdürebilmesi için kaliteyi sürekli olarak geliştirmesi ve maliyetleri düşürmesi gereklidir. Bunun için mühendislik çalışmalarında maliyetleri en aza indirecek, kaliteyi ürünün her aşamasında sağlayacak hatasız ürün ve süreç tasarımı ve iyileştirmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda kalitenin, ürünün ve ürünü oluşturan sürecin tasarımı aşamasında sağlanması için bütün bileşenlerin ürüne ve sürece etkilerinin ve birbirleriyle olan etkileşimlerinin araştırılma ihtiyacı giderek artmıştır. Bu araştırmanın yapılabilmesi için deney tasarımı yöntemlerinden faydalanılması gerekmektedir. Deney tasarımı yöntemleri, ürün üzerine etki eden faktörlerin, bu faktörlerin farklı seviyelerinin ve faktörlerin birbiriyle etkileşimlerinin çıktığı üzerindeki etkilerini araştırarak en iyi ürün ve sürecin elde edilmesine olanak sağlamaktadır (Kumaş, 2011).

Deney tasarımının önemini gösteren bir araştırmanın sonucunda; tasarlanmadan, ön çalışma olmaksızın gerçekleştirilen çalışmalarda probleme hemen atlama yaklaşımı ile çözülmeye çalışılan problemlerde, problemin çözüm şansı %20, doğru çözüm şansı %30 ve ilk çözümden sonra yeni problemlerin oluşma olasılığı %70 olarak belirlenmiştir. İstatistiksel tasarım kullanılarak yapılan çalışmalarda ise problemin çözüm şansının ve bulunan çözümün doğru olma olasılığının %95 olduğu ve aynı zamanda ilk çözümden yeni problem doğma olasılığının çok düşük olduğu belirlenmiştir. İstatistiksel deney tasarımlarının düzensiz deneylerden daha verimli olmaları araştırma ve geliştirme çalışmalarında ürün ve kalite geliştirme amacıyla kullanılmalarını zorunlu hale getirmiştir. Böylece tesadüfen ulaşılan yüksek kaliteyi oluşturan sebepleri geriye dönerek tekrar araştırmak için harcanan zaman, para ve riski ortadan kaldırmak mümkün olur (Karakuş, 2001).

Deney tasarımı teknikleri sadece istatistiksel bir yaklaşım değil, tüm araştırma geliştirme faaliyetlerinde kullanılacak, kaliteyi artıran, maliyetleri düşüren, sonuçların güvenilirliğini sağlayan, diğer kalite tekniklerini destekleyen ve tamamlayan tekniklerdir. Uygulamada getirdikleri avantajlar performans ve kalitenin artırılması, kaynakların verimli kullanılması, araştırma ve geliştirme faaliyetlerinin hızlandırılması, ürünün ve/veya prosesin kalite özelliklerini belirleyen değerlerin kontrol edilemeyen veya edilmesi zor/maliyetli faktörlere karşı daha az duyarlı olması şeklinde sıralanabilir (Savaşkan, 2003).

Çalışmanın ikinci bölümünde alüminyum ve bir alüminyum üretim yöntemi olan ekstrüzyon prosesi hakkında bilgi verilmiştir. Bu bölümde sırasıyla alüminyum özellikleri, alüminyum sektörü ve kullanım alanları, alüminyum alaşımların sınıflandırılması, alaşım elementlerinin özellikleri, 6XXX serisi alüminyum alaşımların özellikleri, ekstrüzyon yöntemi, ekstrüzyon prosesine etki eden parametreler ve ekstrüzyon kalitesi ve hataları açıklanmıştır. Üçüncü bölümde deney tasarımı, bir deney tasarımı yöntemi olan Taguchi yöntemi ve çok yanıtlı deney tasarım yöntemi hakkında bilgi verilmiştir. Dördüncü bölümde yapay sinir ağları açıklanmıştır. Bu bölümde yapay sinir ağlarının genel özellikleri, uygulama alanları ve çalışma prosedürü açıklanmıştır.

Çalışmanın beşinci bölümünde alüminyum sektöründe faaliyet gösteren bir işletmenin ekstrüzyon prosesinde 6XXX serisi alüminyum alaşımlı ürünün mekanik özelliklerine etki eden faktörler incelenmiştir. Mekanik özellikleri etkileyen hız, soğutma tipi, termik sıcaklık, termik süre ve biyet sıcaklığı olmak üzere 5 faktör ve bu faktörlere ait 4 seviye belirlenmiştir. Yanıt olarak ise akma, çekme, uzama, sertlik, elektrik iletkenliği ve tane sayısı olmak üzere 6 değişken incelenmiştir. Taguchi yöntemi kullanılarak her yanıt değişkeni için en yüksek değere hangi faktör ve seviye kombinasyonu ile ulaşılabileceği belirlenmiştir. Sonuçlar MINITAB 16 istatistiksel paket programı ile analiz edilmiştir. Daha sonra çok yanıtlı deney tasarımı yöntemi ile belirlenen yanıt değişkeni ağırlıklarına göre birden fazla yanıtı en iyileyen faktör ve seviye kombinasyonu belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar için doğrulama deneyi yapılmıştır. Ayrıca çalışmanın uygulama bölümünde yapay sinir ağlarının tahmin özelliği MATLAB programı aracılığıyla kullanılmıştır. Tam faktöriyel deney tasarımı yapılması durumunda 5 faktör ve 4 seviye için 1024 adet deney yapılması gerekmektedir. YSA ile 1024 adet deney yapılmadan daha az deney ile sonuçlar tahmin edilmiştir. Altıncı bölüm olan sonuç ve öneriler bölümünde elde edilen tüm sonuçlar özetlenerek açıklanmıştır. Bu bölümde ayrıca yapılan çalışmanın fayda-maliyet analizi yapılmıştır.

2. ALÜMİNYUM VE EKSTRÜZYON YÖNTEMİ

Bu bölümde alüminyumun özellikleri, alüminyum alaşımların sınıflandırılması, alaşım elementlerinin etkileri, 6XXX serisi alüminyum alaşımların özellikleri, ekstrüzyon yöntemi, ekstrüzyon ana parametreleri, ekstrüzyon kalitesi ve hataları ve ekstrüzyon parametrelerinin değerlendirilmesi hakkında bilgi verilmiştir. Çalışmanın uygulama kısmında kullanılan alaşım 6XXX serisinde olduğu için bu bölümde 6XXX serisi alüminyum alaşımları daha ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

2.1 Alüminyum ve Özellikleri

Alüminyum doğada bileşikler halinde bulunur. Dünyamızda yaklaşık olarak %8 civarında bulunan alüminyum metali, oksijen ve silisyumdan sonra en çok bulunan üçüncü elementtir. Bu kadar çok bulunmasına rağmen varlığı 1808 yılında İngiliz Sir Humphry Davy tarafından tespit edilen bu metalin ticari anlamda üretim teknolojisi ancak 1886 yılında Paul Louis Taussaint Heroult (Fransa) ve Charles Martin Hall (ABD) tarafından, birbirlerinden habersiz şekilde ayrı ayrı çalışmaları sonunda geliştirilmiştir. Günümüzde Hall-Heroult yöntemi olarak halen kullanılan bu yöntemde bu iki bilim adamı, alüminyum oksitini ergimiş kriyolit içinde çözündürülerek üzerinden güçlü bir elektrik akımı geçirildiğinde, alüminyumun elektrolit altında sıvı halde biriktiğini fark etmişlerdir. Bu yöntemin keşfinden sadece iki yıl sonra, 1888'de İsviçre'nin Neuhausen kentinde Schweizerische Metallurgische Gesellschaft tarafından Heroult patentiyle, yine aynı yıl ABD'deki Pittsburgh kentinde Pittsburgh Reduction Company tarafından Hall patentiyle ilk alüminyum elektrolizhaneleri kurulmuştur (Ekonomik ve Sosyal Araştırmalar Müdürlüğü, 2006).

Dünyadaki gelişmelerden sonra 1950' li yıllarda alüminyum ekonomimize girmiş ve bir sektör oluşturmuştur. Saf alüminyumun genel özellikleri Tablo 2.1' de bulunmaktadır (Sun, 1998).

Tablo 2.1: Saf alüminyumun özellikleri.

Atom numarası	13
Atom ağırlığı	26,97 g/mol
Kristal yapısı	Yüzey Merkezli Kübik (YMK)
Yoğunluğu	2,7 g/cm ³
Ergime noktası	660 °C
Yeniden kristalleşme sıcaklığı	150 °C-300 °C
Buharlaşma noktası	2450 °C
Özgül ısı	0,224 cal/g (100 °C)
Elastisite modülü	72x10 ³ MPa
Poisson oranı	0,33
Kayma modülü	27x10 ³ MPa
Çekme mukavemeti	40-90 MPa
Akma mukavemeti	10-30 MPa
Kopma uzaması	% 30-40

Alüminyumun saflığı arttıkça, alaşımın sertliği düşer. Alüminyum oranı %99,2 iken sertliği 24-54 HB, alüminyum oranı %99,8 iken sertliği 19-41 HB arasında değişmektedir. Yapılan deneyler, alüminyumun çekme mukavemetinin artan saflık derecesi ile azaldığını göstermiştir. Kopma anındaki kesit yüzeyinin küçülmesi ise yüksek saflıktaki alüminyumda (>%99,9) en fazladır. Yani alüminyumun yüzdesi arttıkça, numune daha esnek hale gelmektedir. Çok saf alüminyumun çekme dayanım değeri, alüminyum soğuk haddeleme ile elde edilmişse 110-130 N/mm², tavlama işlemi görmüşse 35-60 N/mm² aralığındadır. Bu değerlerin üzerine çıkılamaz. Uzama miktarı ise %5,5' den %40-50 mertebelerine kadar olabilir (Tuncer, 2010). Alüminyumun bazı özelliklerinin diğer metallerle karşılaştırılması Tablo 2.2' de bulunmaktadır (Andaç, 2010).

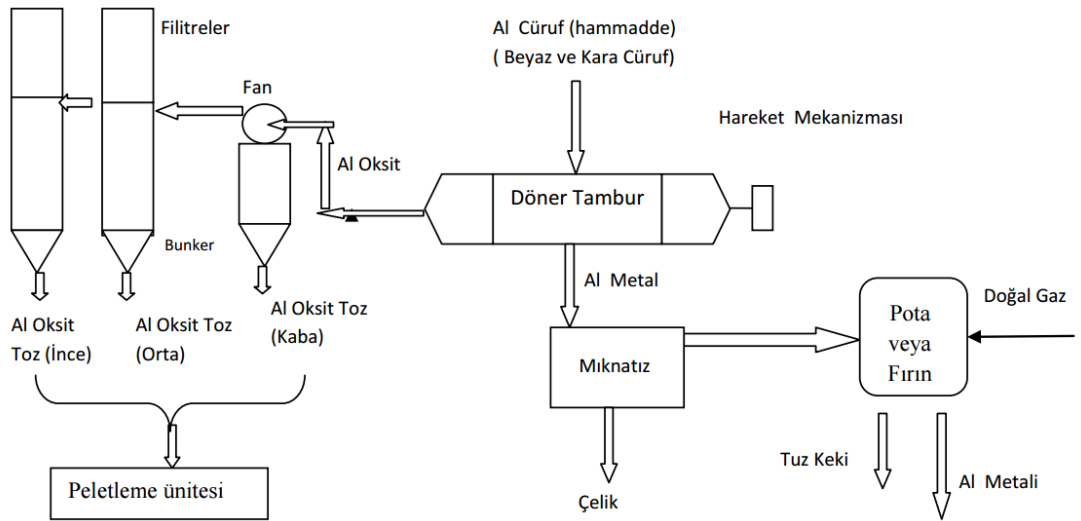
Tablo 2.2: Alüminyumun bazı özelliklerinin diğer metallerle karşılaştırılması.

Özellikler	Al	Cu	Fe	Zn	Mg
Özgül Ağırlık	2,7	8,94	7,87	7,1	1,74
Elektrik direnci (ohm.mm ² /m).10 ²	2,66	1,68	9,8	6	4,46
Isıl iletkenliği (cal/cm ² /°C.sec)	0,52	0,92	0,19	0,27	0,37
Isıl genleşme katsayısı (mm/mm °C)*10 ⁻⁶	24	16,7	11,9	33	25,7
Ergime sıcaklığı (°C)	660	1083	1535	420	651
Yanma ısı (kcal/kg)	6970	1083	1600	1270	6000
Yansıtma =0,6 (%)	90	70	58	70	73
Uzama (%)	43	50	48	-	-
Sertlik (BHN)	19	25	70	-	-

Alüminyumun aşağıdaki özellikleri kullanımının çok büyük bir hızla yaygınlaşmasına neden olmuş, böylelikle alüminyum 21. yüzyıla damgasını vuran bir metal yapmıştır (Zeytin, Teymur ve Arısoy, 2000).

- Uygun mekanik özelliklerle birlikte düşük ağırlık,
- Korozyona karşı dayanımı,
- Alaşımlarının sağlamlık ve yumuşaklık açısından son derece çeşitli olması,
- Koku ve kimyasallara karşı dayanım ve hijyenik koşullar,
- Uygulanan enerjiyi barındırma yeteneği,
- Geri dönüşebilir olması,
- Yüksek elektrik ve ısı iletkenliği,
- Parlama ve alev almazlık,
- Magnetik nötrallite,
- Kolay işlenebilme ve biçimlendirilebilmesi,
- Çok farklı yöntemlerle yüzey işlemleri,

Alüminyumun en önemli avantajlarından biri geri kazanılabilir olmasıdır. Bu özellik hem ekonomik hem de ekolojik yönden önemlidir. Alüminyum, cevherden (birincil üretim) ve hurdadan üretim (ikincil üretim) yöntemi ile üretilmektedir. Alüminyum cürufu birincil ve ikincil alüminyum üretimi sonucu oluşan atıklardır. Bu cüruflar alüminyum içeriğine göre beyaz ve kara cüruf olarak sınıflandırılır. Beyaz cüruf yüksek alüminyum metali içermekte olup, birincil ve ikincil üretim sonucu alüminyumun ergitilmesi sonucu ortaya çıkan atıktır. Kara cüruf ise düşük alüminyum metali içermekte ve alüminyumun geri dönüşümü sonucu oluşan atıktır. Birincil ve ikincil alüminyum üretimi sonucunda atık olarak çıkan beyaz ve kara cürufları, geri kazanım prosesi uygulanarak alüminyum metali ve alüminyum oksit elde edilmektedir. Geri dönüşüm prosesinin akış şeması Şekil 2.1’de gösterilmektedir (Sözbir, Akçil ve Okuyucu, 2014).



Şekil 2.1: Alüminyum üretimi ve geri dönüşüm döngüsü.

Birincil ve ikincil alüminyum cürufları (özellikle kara cürufları), döner tamburda uygulanan fiziksel işlemle içerisindeki çelik bilyalar sayesinde alüminyum metali üzerindeki alüminyum oksit metalden ayrılır. Alüminyum metali tambur dibinde birikirken, bundan çok daha hafif bir malzeme olan alüminyum oksit bir fan yardımı ile çekilmekte ve torba filtrelelere verilmektedir. Torba filtrelerde tutulan alüminyum oksit bunkerde toplanmakta ve bunker tabanından torbalara konularak geçici depolama sahasına alınmaktadır. Tamburun tabanında biriken alüminyum metalleri ise, tambur taban kapağı açılarak dışarı alınmakta ve doğrudan ergitme potasına beslenerek ergitilmektedir. Ergitme işlemi yaklaşık 750 °C’ de gerçekleştirilmektedir. Potada uygulanan ergitme işlemine bağlı olarak meydana gelen cüruf, işletmede tekrar hammadde olarak kullanılmakta, sıvı hale gelmiş alüminyum metali ise kalıplara dökülerek külçe alüminyum elde edilmekte ve ambalajlanarak piyasaya arz edilmektedir.

2.2 Alüminyum Sektörü ve Kullanım Alanları

Alüminyum, ülkemizde demir-çelikten sonra en çok tüketilen metaldir. Türkiye alüminyum sektörü, büyüyen ve gelişen bir sektör durumundadır. Sektör, yükselen bir eğilim ile alüminyum yarı ürünlerini ve çeşitli diğer ürünleri, Avrupa, Asya ve Afrika ülkelerine ihraç ederek önemini ve gelişimini gün geçtikçe arttırmaktadır. Türkiye’de alüminyum tüketiminde gelişmiş ülkeler düzeyine varması beklenen bir artış söz konusudur. Alüminyum ekstrüzyon ürünleri, kullanım alanı olarak yaklaşık %70 ile en büyük payı almaktadır. Bu nedenle inşaat sektöründeki büyüme alüminyum ekstrüzyon sektörü ile doğru orantılıdır. Türkiye’de yıllık kişi başı alüminyum tüketimi 2010 yılı sonunda 9 kg’a ulaşmıştır. Ulaşılan bu tüketim seviyesi, AB ülkelerindeki kişi başına 22 kg ve OECD ülkelerindeki 33 kg değerleriyle karşılaştırıldığında oldukça düşük kalmaktadır. Tüketimin kişi başına yılda 30 kg gibi seviyelere çıkacağı göz önünde bulundurulduğunda sektörün önünde büyük bir gelişme alanı olduğu görülmektedir. Mevcut üretim tesislerimiz, dünya ölçülerine göre orta ve küçük ölçekli olmakla beraber, ekonominin gelişmesine paralel olarak sektörde de gelişme görülmektedir (İstanbul Demir ve Demir Dışı Metaller İhracatçıları Birliği, 2011) .

Alüminyum sektöründe değişik alanlarda faaliyet gösteren 1500' ü aşkın firma bulunmakta ve toplam istihdamın yaklaşık 30000 kişi civarında olduğu tahmin edilmektedir. Tablo 2.3' te alüminyum sektöründe yer alan firmaların dağılımları verilmiştir (Yılmaz, 2015).

Tablo 2.3: İSO ilk ve ikinci 500 listesinde yer alan alüminyum firmaları.

SEKTÖR	İSO-1000 FİRMA SAYISI*	ÜRETİMDEN SATIŞLAR (Milyon TL)	SEKTÖRDE TOPLAM FİRMA SAYISI	TOPLAM SEKTÖREL BÜYÜKLÜK (Milyon TL)	PAYI
EKSTRÜZYON	12	2.894	78	3.705	78%
DÖKÜM	9	2.868	195	3.108	92%
YASSI VE FOLYO	2	1.842	57	3.477	53%
İLETKEN	4	922	7	1.150	80%
SON MAMÜL	6	985	1100	5.448	12%
İKİNCİL	4	672	125	2.019	36%
BİRİNCİL	1	262	1	262	100%
TOPLAM	38	10.445	1.563	19.169	54%

*: İSO Birinci ve İkinci 500 Sanayi Kuruluşu Listesinde yer alan firmalar.

Tablo 2.4' te alüminyumun kullanım alanları ve örnekleri, Tablo 2.5' te alüminyumun kullanım alanlarına göre yüzdesel dağılımı bulunmaktadır (Ekonomik ve Sosyal Araştırmalar Müdürlüğü, 2006).

Tablo 2.4: Alüminyum kullanım alanları ve örnekleri.

İnşaat sektöründe
<ul style="list-style-type: none"> Konut yapımında Konut dışı yapılarda Karayollarında Diğer yapısal kullanımlarda
Kimya ve Gıda Sanayinde
<ul style="list-style-type: none"> Organik Bileşikler Üretiminde Plastik ve Sentetik Fiber Sanayinde Kağıt Sanayinde Gübre Sanayinde Patlayıcı Maddeler Üretiminde Mineral Asit Üretiminde Karbonat ve Kükürt Üretiminde Saf Su ve Buhar Üretiminde Elektro Kimyasal Sanayinde Petrol Rafinerilerinde Gıda, İlaç ve Meşrubat Sanayinde Atom Enerjisi Sanayinde Boya Maddesi ve Boya Üretiminde Ambalaj Sanayinde
Ulaştırma Sektöründe
<ul style="list-style-type: none"> Karayolu taşıtlarında Demiryolu taşıtlarında Denizyolu taşıtlarında Havayolu taşıtlarında

Tablo 2.4: (devamı)

Elektrik ve Elektronik Sektöründe
<ul style="list-style-type: none">• Tel ve kablo üretiminde• Enerji Dağıtım cihazlarında• Güç üretim ve düzeltme araçlarında• Haberleşme ve elektronik cihazlarda• İç dağıtım ve aydınlatma gereçlerinde
Makine ve Ekipman İmalat Sektöründe
<ul style="list-style-type: none">• Makine yatakları imalinde• Pompa, kompresör, far vs. imalinde• Endüstri makinaları imalinde• Tarım alet ve makinaları imalinde• İş makinaları imalinde• Çeşitli enstrümanların imalinde• Isıtma, havalandırma ve soğutma sistemlerinde• Malzeme taşıma ekipmanları imalinde• Maden ve petrol ürünleri araçları imalinde• Tekstil ve matbaa makinaları imalinde• Elektrik sistemlerinde• Askeri araç-gereç ve silahların yapımında
Metal Sanayinde
<ul style="list-style-type: none">• Alasım metali• Çelik Deoksidasyonu• Alüminyum kaplamalı çelik• Alüminyumlama• Alüminotermik reaksiyonlar
Diğer Yerlerde Kullanım Alanları
<ul style="list-style-type: none">• Dayanıklı tüketim mallarında• Muhtelif ev eşyalarında• Mutfak eşyası yapımında• Mobilya yapımında• Dekorasyon ürünlerinde• Takım ve el aletleri yapımında• Diğer uygulamalarda

Tablo 2.5: Alüminyumun kullanım alanlarına göre dağılımı.

İnşaat	% 25
Ulaşım	% 24
Ambalaj	% 15
Elektrik/Elektronik	% 10
Genel Mühendislik	% 9
Mobilya, ofis eşyaları	% 6
Demir çelik, metalurji	% 3
Kimya ve tarım ürünleri sanayi	% 1
Diğer	% 7
TOPLAM	% 100

Alüminyumdan elde edilen yarı-ürün ve ürünleri, dünyadaki kuruluşların kullandıkları teknoloji, kullanım alanları, ülkelerin gümrük, uluslararası ticaret ve endüstriyel sistemlerine göre değişen farklı sınıflandırmalar yapılabilmektedir.

Bunlardan birisi Tablo 2.6’ da bulunmaktadır (Ekonomik ve Sosyal Araştırmalar M¼d¼rl¼ę¼, 2006).

Tablo 2.6: Al¼minyum ¼r¼nlerin sınıflandırılması.

D¼k¼m ¼r¼nleri
<ul style="list-style-type: none">• D¼k¼m İngotu: Alasımlı K¼lçe, Alasımsız K¼lçe, Elektrik iletken (ECG)• İşleme İngotu:<ul style="list-style-type: none">◦ Yuvarlak ve K¼seli İngot: Ekstr¼zyon ¼r¼nlerinin ¼retiminde kullanılır.◦ Yassı İngot: Hadde mamulleri ¼retiminde kullanılır.• S¼rekli D¼k¼m Levha (Filmasin) ve çubuk• Gran¼le Al¼minyum• Toz Al¼minyum
Hadde ¼r¼nleri:
<ul style="list-style-type: none">• Sıcak Hadde (Levha Rulo): 6 mm. ve daha ¼st kalınlıkta.• Soğuk Hadde (Levha, Rulo, şerit, Disk): 0.2 mm-6 mm.• Folyo: 7-200 mikron.
Ekstr¼zyon ¼r¼nleri:
<ul style="list-style-type: none">• Profiller• Al¼minyum Teller
Parça D¼k¼m ¼r¼nleri:
<ul style="list-style-type: none">• Kum D¼k¼m ¼r¼nleri• Kokil D¼k¼m ¼r¼nleri• Basınçlı D¼k¼m ¼r¼nleri

Al¼minyum sekt¼r¼nde en önemli maliyet, ithalata bağımlı olan hammaddede yaşanmaktadır. Bu nedenle, b¼nyelerinde hammadde ¼retimini de barındıran firmaların hammadde tedarikinden sahip oldukları avantajlara ¼lkemiz ¼reticileri sahip olamamaktadır. ¼lkemizdeki enerji birim fiyatlarının diğer ¼lkelerle karşılaştırıldığında daha y¼ksek olması maliyetleri y¼kselten bir diğer etmendir. Mevcut ¼retim tesislerimiz, d¼nya ölç¼lerine g¼re orta ve k¼çük ölçekli tesisler olmakla beraber, ekonomimizin gelişmesine paralel olarak sekt¼rde de gelişme g¼r¼lmektedir. G¼n¼m¼zde T¼rk al¼minyum sekt¼r¼ 4 milyar ABD dolara yakın iş hacmiyle ¼lke sanayinin en önemli sekt¼rlerinden birisidir. (Sanayi Genel M¼d¼rl¼ę¼, 2012-2016)

2.3 Al¼minyum Alaşımlarının Sınıflandırılması

Al¼minyum alaşımları ¼r¼ne şekil verme y¼ntemine g¼re mekanik işlem (d¼vme) alaşımları ve d¼k¼m al¼minyum alaşımları olmak ¼zere iki ana gruba ayrılır. İşlem alaşımları; yeniden eğritme ve d¼k¼m, y¼zey uzaklaştırma, ön ısıtma veya homojenizasyon, sıcak haddeleme, soğuk haddeleme işlemlerinden geçerek

üretilmektedir. Bu alüminyum alaşımları dört basamaklı bir kodlama yöntemi ile içerisinde yer alan ana alaşım elementlerine göre gruplandırılmaktadır. Alüminyum işlem alaşımları için dünyada en yaygın olarak kullanılan simgeleme dizisi, Amerikan Standartlar Birliği (ASA) tarafından belirlenen simgeleme dizisidir. Daha önceden Amerikan Alüminyum Birliği tarafından kullanılan bu simgeleme 1957 yılında standart haline getirilmiştir. Dört basamaklı sayısal simgenin ilk rakamı alaşımın hangi temel alaşım elementini içerdiğini gösterir. 1XXX dizisi arı alüminyumu (%99,00) belirtir. Son iki basamak alüminyumun saflığını gösterir (İlgaz, 2014).

Döküm alaşımlarında da yine işlem alaşımlarına benzer, dört basamaklı bir kodlama yöntemi kullanılmaktadır. Alüminyum alaşımları ve ısıl işlem durumları Tablo 2.7’ de bulunmaktadır (Erdoğan, 2001).

Tablo 2.7: Alüminyum alaşım çeşitleri ve ısıl işlem durumları.

İşlem (Dövme) Alüminyum Alaşımları		
Ana Alaşım Elementleri	Alaşım Türü	Isıl İşlem Durumu
Arı Al (%99)	1XXX	Yaşlanmaz
Al - Bakır	2XXX	Yaşlanır
Al - Silisyum (Cu-Mg ilave edilmiş)	3XXX	Yaşlanmaz
Al - Silisyum	4XXX	Mg eklenirse yaşlanır
Al - Magnezyum	5XXX	Yaşlanmaz
Al – Magnezyum ve Silisyum	6XXX	%2 Mg içerirse yaşlanır
Al – Çinko	7XXX	Yaşlanmaz
Al - Kalay	8XXX	Yaşlanmaz
Al – Diğer elementler	9XXX	%2 Cu, Mg içerirse yaşlanır
Döküm Alüminyum Alaşımları		
Ana Alaşım Elementleri	Alaşım Türü	Isıl İşlem Durumu
Arı Al (%99)	1XXX	Yaşlanmaz
Al - Bakır	2XXX	Yaşlanır
Al - Mangan	3XXX	Yaşlanmaz
Al - Silisyum	4XXX	Yaşlanmaz
Al - Magnezyum	5XXX	Yaşlanmaz
Al – Magnezyum ve Silisyum	6XXX	Yaşlanır
Al – Çinko	7XXX	Yaşlanmaz
Al - Diğer elementler (Sn – Li)	8XXX	Yaşlanır
Kullanılmamış seriler	9XXX	%2 Cu, Mg içerirse yaşlanır

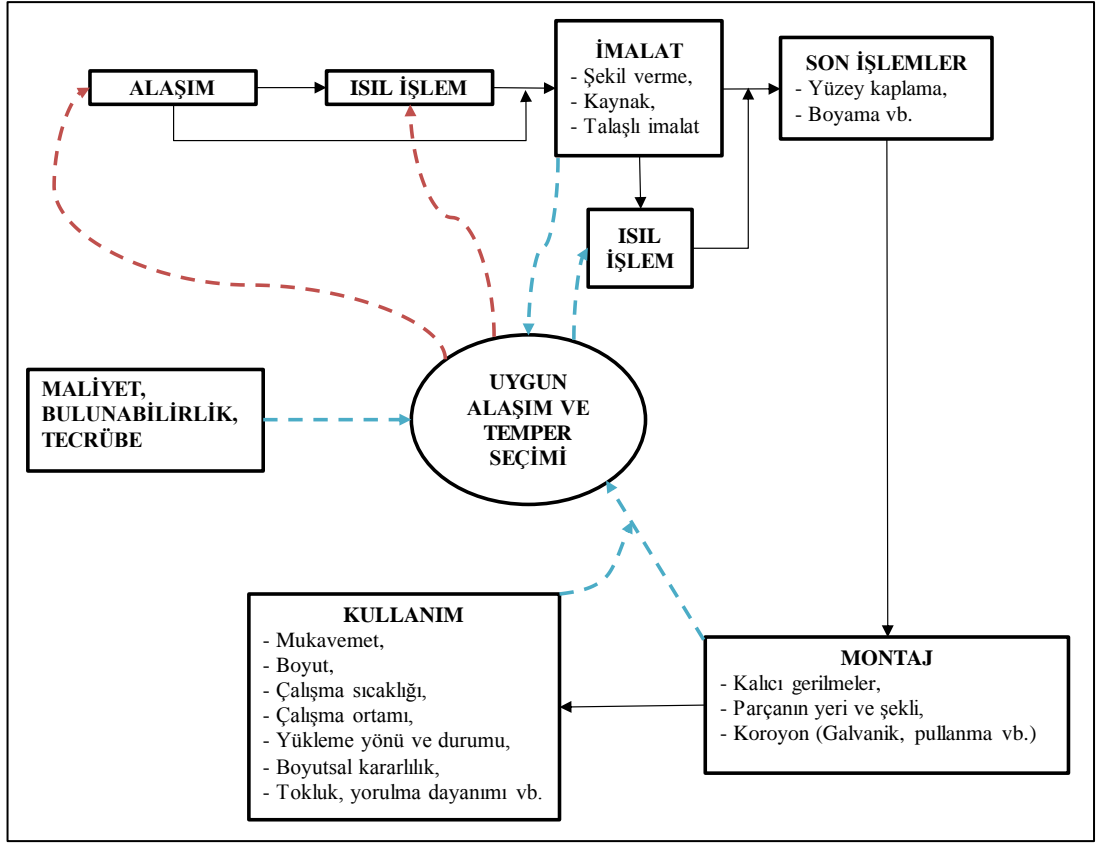
Saf alüminyuma alaşım elementlerinin ilave edilmesinin temel nedenleri;

- Akışkanlığı artırmak, sıcak yırtılma eğilimini azaltmak,
- Alaşımın korozyon direncini, mekanik özelliklerini ve kaynak kabiliyeti gibi özelliklerini geliştirmektir (Turhan, 2002).

- **1XXX** serisi, ticari olarak saf alüminyumunu ifade eder ve en az % 99 alüminyum içerir. Bu alaşımların özelliği mükemmel korozyon direnci, yüksek ısıl ve elektrik iletkenlik, düşük mekanik özellikler ve mükemmel şekillenebilirliktir. Genel kullanım alanları; kimyasal araçlar, yansıtıcılar, ısı değiştircileri, elektrik iletkenleri, paketleme folyosu ve dekoratif süsleme amacıyla kullanılır.
- **2XXX** serisinin en önemli alaşım elementi bakırdır. Diğer önemli elementi magnezyumdur ve genelde bakır ile birlikte kullanılır. Bazı durumlarda mekanik özellikleri daha da iyileştirmek için yaşlandırma ısıl işlemi uygulanır. Bu işlem sonucunda çekme mukavemetinde çok büyük bir değişim gözlenmez. Bu serideki alaşımların korozyon direnci diğer alüminyum alaşımlarına göre çok daha düşüktür. Bu tür alaşımların korozyon direncini arttırmak için saf alüminyum ve/veya magnezyum silis alaşımını ilavesi yapılır. Genel uygulama alanları; kamyon ve uçak lastikleri, kamyon süspansiyonları, uçak kanat yüzeyleri ve yapısal parçalardır (Ataşen, 2015).
- **3XXX** serisi alaşımlar, saf alüminyum ile yüksek mukavemetli alüminyum alaşımları arasındaki boşluğu doldururlar. %1,5 mertebesindeki bir mangan ilavesi, mukavemetin önemli miktarda (100 ila 170 N/mm²) artmasına, fakat sünekliliğin ise cüzi miktarda azalmasına sebebiyet verir. Ticari alüminyum mukavemetinden daha yüksek bir mukavemete sahip ve işlem sırasında sertleşebilen bir alaşımını gerektiren yerlerde bu cins alaşımlar kendilerine uygulama alanı bulurlar (Tuncer, 2010).
- **4XXX** serisindeki alaşımlara, silisyum ilave edilerek, kaynak ve lehimleme işlemlerinde ergime noktası düşürülmekte, böylece alaşımın kaynak ve lehimleme kabiliyeti iyileştirilmektedir. Silisyumun alaşımın akıcılık özelliğini arttırması nedeni ile özellikle döküm teknolojisinde, geometrisi karmaşık şekillerin üretilmesine imkan vermektedir. Kaynaklı yapılarda, levha üretiminde, otomobil parçaları üretiminde kullanılırlar (Doruk, 2015).

- **5XXX** serisi, yüksek dayanım ve korozyon direnci sağlayan magnezyum elementini içermektedir. Gemi iskeletleri ve diğer denizcilik uygulamalarında, kaynak tellerinde kullanılır. Bu serideki alaşımların dayanımı, magnezyum miktarının oranına bağlı olarak değişir (Öz, 2007).
- **6XXX** serisinin en önemli alaşım elementleri magnezyum ve silisyumdur. 2XXX ve 7XXX serisindeki kadar güçlü olmasa da, 6XXX serisi alaşımların şekillenebilme kabiliyeti, kaynak kabiliyeti, işlenebilme kabiliyeti ve korozyon direnci yüksektir. Bu alaşımlar özellikle ekstrüzyon ile üretilen parçaların imalatında sıklıkla kullanılırlar. 6XXX serisi alaşımlar, bileşim açısından kendi aralarında 3 alt gruba ayrılırlar. Bunlar; (Ilgaz, 2014)
 1. Mukavemetin önemli olduğu uygulamalarda konstrüksiyon malzemesi olarak kullanılacak olanlar; Bu grubun magnezyum ve silisyum yüzdesi yüksektir.
 2. Ekstrüzyon kabiliyetinin yüksek olması istenen alaşımlar; Bu gruba dengelenmiş veya bir miktar fazla silisyumlu alaşımlar girer. Bu grubun magnezyum ve silisyum içeriği orta değerdedir.
 3. Anodizasyon kabiliyeti yüksek olan alaşımlar; Magnezyum içerikleri yüksektir. Mg_2Si de % Si orta seviyededir. Fe, Zn gibi empürite sayılabilecek elementlerin çok düşük olması istenir.
- **7XXX** serisi alüminyum alaşımlarında çinko temel alaşım elementidir. Magnezyum ile birlikte kullanılırsa oldukça yüksek bir dayanıma sahip olur ve ısıtılma işlem kabiliyeti olan alaşım elde edilir. Çoğunlukla, az miktarda bakır ve krom gibi diğer elementler de ilave edilebilir. Bu alaşımlar; uçak yapılarında, taşınabilir araçlarda ve diğer yüksek gerilimli parçalarda kullanılırlar.
- **8XXX** serisinde kullanılan alaşım elementleri çok geniş bir spektrumda yer almaktadır. %2,4-2,8 lityum içeren 8XXX serisi alaşımları, uzay araçlarının yapımında ve uçaklarda kullanılmaktadır.

Kullanım alanına göre alüminyum alaşım seçimini etkileyen temel unsurlar Şekil 2.2' de bulunmaktadır (Yurdakul, Özbay ve İç, 2002).



Şekil 2.2: Alaşım seçimini etkileyen temel unsurlar.

2.4 Alaşım Elementlerinin Etkileri

Alaşım elementlerinin çeşitli karakteristikler üzerindeki etkileri Tablo 2.8' de gösterilmiştir (Tuncer, 2010).

Tablo 2.8: Alaşım elementlerinin alüminyumun mekanik ve fiziksel özellikleri üzerine etkisi.

Nitelikler	Cu	Si	Mg	Zn	Ni	Co	Ti	Mn	Fe	Cr
Kopma mukavemeti	++	+	+	++	+	+	+			-
Elastiki sınır	++	+	-	+	-					
Sertlik	++		-	-	+			+	+	
Isıya dayanıklılık	++		++		+				+	
Kaynak kabiliyeti	-	++	+	-	-		+	+		+
Talaş kaldırma ile işlenebilirlik	++	-	+	+	+		++	+	++	+
Elastikiyet modülü	+	++	-	+	+	++		+	-	
Döküm kabiliyeti	+	++	-	+				-	-	
Süneklik	-	--	+						--	
Korozyon direnci	-	+	++	+				-	--	++
Anadizasyon elverişsizliği	-	+	++	+				-		
++ : çok iyi + : iyi - : ortanın altında -- : zararlı										

Alüminyuma en fazla ilave edilen alaşım elementleri ve etkileri şunlardır:

- **Magnezyum (Mg):** Magnezyumun alüminyum içindeki en yüksek çözünürlüğü %17,4' tür, fakat işlenmiş alaşımlardaki Mg içeriği %5,5' ten fazla değildir. Al - %10 Mg döküm alaşımlarında Mg' un çökmesi oda sıcaklığında gerçekleşir. Magnezyum, Al-Mg alaşımına yüksek mukavemet ve süneklik, mükemmel korozyon direnci kazandırır. % 8'den fazla Mg içeren Al-Mg alaşımları ısıtılma işlemine tabi tutulabilir ve mekanik özellikleri bu şekilde geliştirilebilir. Genel olarak Mg ilavesi mukavemeti, haddelenebilme kabiliyetini ve işlenebilirliği artırır (Ak, 2012).

- **Silisyum (Si):** Silisyum, alaşımın mukavemetini artırır. Mg ile birleştirildiğinde çökme sertleşmesini sağlar ve ergime sıcaklığını düşürür. İşlenmiş alaşımlarda; Si, Mg ile birlikte, daha fazla miktarlarda Mg₂Si üretmek için 6xxx serisinde kullanılır. Si ilavesi (%0,5-4,0) Al-Cu-Mg alaşımlarında çatlak oluşturma eğilimini azaltır. Ayrıca Si korozyon direncini de artırmaktadır. Al-Si alaşımlarının, yumuşak ve sünek alüminyum fazı ile sert ve kırılğan silisyum fazından meydana gelen karma bir malzeme olduğu söylenebilir (Tuncer, 2010).

- **Çinko (Zn):** Alüminyum-Çinko alaşımları genellikle en yüksek mukavemetli alüminyum alaşımlarıdır. Çinko alüminyum alaşımlarını işleme kabiliyetini artırır. Sıcak yırtılmaya sebep olmasına rağmen diğer alaşım elementleri ile bu kötü özellik ortadan kaldırılabilir. Magnezyum ve çinko beraberce ısıtılma işlemine tabi tutulabilir, alüminyum alaşımı meydana getirirler; bunların bir kısmı yüksek mukavemetli alüminyum bazlı ticari alaşımları meydana getirirler (Erden, 2006).

- **Bakır (Cu):** Alüminyumla alaşım elementi olarak kullanılan ilk element bakırdır. Bakır, alaşıma sertlik kazandıran başlıca elementtir. Bakırın %12' ye kadar olan değeri dayanımı artırır. %12' den fazlası ise gevreklik meydana getirir. Genellikle yüksek sıcaklık özellikleri ile işlenebilirliği arttırmaktadır (Tuncer, 2010). Bakır düşük sıcaklıklarda ısıtılma işlemi ile, yüksek sıcaklıklarda ise diğer alaşım elementleri ile meydana getirdiği ara fazlar dolayısı ile malzemenin mukavemetini artırır. Döküm alaşımlarına %4-12 oranında ilave edilirse çekilme ve sıcak yırtılmayı düşürür. Dövme alaşımlarında plastik şekil verme ile işlemeyi zorlaştırabileceğinden, %5 den fazla bakır kullanılmaz. % 5'ten fazla kullanılırsa mekanik işleme güçlüğü

arttırır. Ayrıca elektrik iletkenliđi ve korozyon direncini dűşűrűr (Erden, 2006). Bakırın alűminyum içindeki özűnűrlűđű sıcaklıđa bađlı olarak artar. Bu nedenle bakır içeren alűminyum alařımlarını ısıl iřleme çökeltme sertleřmesi ile sertleřtirmek műmkűndűr. Çökeltme için gerekli zaman, alařımın bileřimi ve sıcaklık ile iliřkilidir. ökeltmenin mekanik özelliklere yapacađı etki, çökelen faz miktarına, boyutlarına ve dađılımına bađlıdır.

- **Demir (Fe):** Al-Cu-Ni grubu alařımlarında, demir yüksek sıcaklıkta mukavemet arttırmak için bulunur. Demir, alűminyumla FeAl ara fazını meydana getirir. Oda sıcaklıđında, katı çözeltiye girmeyen demirli ara faz, ısıl isleme tabi tutulabilen alařımlarda alařımın mukavemetini dűřűrűr. Demir, alűminyum cevheri içerisinde dođal olarak bulunur. Bazı alařımların sertlik ve dayanımlarını az miktarda arttırmaktadır. Dökűm alařımların sıcak çatlama eđilimini azaltıcı yűnde etki etmektedir (Ak, 2012)

- **Titanyumun (Ti):** Titanyumun tane boyutunun kűçűlmesini sađlar. Mekanik zelliklerin iyileřtirilmesini ve artmasını sađlar. Alűminyuma ilave edilme miktarı en fazla % 20' dir. En iyi etkisi bor ile kullanıldıđı zaman gűrűlűr. Titanyum, ekme mukavemetini ve sűnekliliđi arttırır ve ısıl iletkenliđi dűřűrűr (Tuncer, 2010). Titanyum, alařıma %4-10 Ti-Al alařımı halinde ilave edilir.

- **Nikel (Ni) :** Yüksek sıcaklıkta mukavemeti artırır. Alűminyum içerisindeki özűnűrlűđű %0,040' ten fazla deđildir. Bu miktarın űstűnde özűnmez halde kalır. Al-Cu ya da Al-Si alařımlarına yüksek sıcaklıklardaki sertlik ve mukavemet geliřimi ve genleřme katsayısını dűřűrmek için ilave edilir.

- **Krom (Cr):** Al-Zn-Mg-Cu alaşımlarında korozyona karşı mukavemeti artırır ve gerilmeli korozyon ihtimalini azaltır. Krom, alaşıma %2 Cr-Al esas alaşım halinde ilave edilir. AlMgSi alaşımlarının sıcak şekillendirme işlemlerinde yeniden kristalleşmeyi geciktirici rol oynar.

Dökűmlerde kullanılan alařımlandırıcı metaller genellikle bakır, silisyum, magnezyum, çinko ve demirdir. Bu elementlerin uygun miktarlarda ilave edilmesi ile alűminyumun mukavemeti ve sertliđi bűyűk lűde artırılabilir. Bununla beraber

süneklik azalır. Alaşım elementlerinin alüminyuma etkisi Tablo 2.9' da özet olarak bulunmaktadır (Andaç, 2010).

Tablo 2.9: Alaşım elementlerinin alüminyuma etkileri.

Alaşım Elementi	Etkileri
Bakır	% 12 Cu' a dek dayancı artırır, daha fazlası gevreklik yaratır; genellikle yüksek sıcaklık özellikleri ile işlenebilirliği artar.
Çinko	Dökülebilirliği düşürür; yüksek çinkolu alaşımlar sıcak çatlama ve soğuma çekmesi gösterirler; % 10 Zn' dan yüksek gerilim yenimi çatlama gösterir; diğer alaşım elementleri ile birlikte dayanımı çok artırır; % 3 Zn' dan daha az çinko içeren ikili alüminyum alaşımlarda belirgin bir etkisi yoktur.
Demir	Az oranlarda bazı alaşımların sertlik ve dayancını artırır; dökümleri sıcak çatlama eğilimlerini azaltır.
Magnezyum	Katı çözültü sertleşmesi yaratır; % 6' dan fazla magnezyum içeren alaşımlarda çökelme sertleşmesi olur; dökümleri zordur.
Mangan	Dökülebilirliği arttırmak için demir ile birlikte kullanılır; metaller arası bileşiklerin özelliğini değiştirir; çekmeyi azaltır, alaşımların süreklilik ve tokluk özelliklerini artırır.
Silis	Akışkanlığı artırır; sıcak çatlama eğilimini azaltır; % 13' den fazla silis içeren alaşımların işlenmesi zordur; yenim direncini artırır.

2.5 6XXX Serisi Alaşımların Özellikleri

Alüminyum alaşımları arasında en popüler alaşım 6000 serisi alaşımdır. Bununla birlikte ekstrüzyon işleminde de en fazla bu alaşım grubu ekstrüzyon edilmektedir. 6000 serisi alüminyum alaşımı grubundan olan her bir alaşım çeşidi için yapısal özellikler, alaşımın uygulama alanları, kompozisyonu, ürün formu gibi özelliklere ait bilgiler Tablo 2.10 ve Tablo 2.16' da bulunmaktadır (Bayram, 2008).

Tablo 2.10: AA6005A' nın çeşitli özellikleri ve uygulama alanları.

EN A W - 6005A / ISO: AISiMg(A)	
Bileşim:	Al 0.6Mg 0.7Si Mn Cr
Uygulamalar:	Karmaşık kesitli demir yolu ve otobüs profilleri, yapısal mühendislik, platformlar, boru hatları, elektriksel ve mekaniksel hassas endüstrilerdeki uygulamalar, yelkenli gemiler ve botlar için direkler, mobilyacılık.
Yapısal Özellikler:	Çok iyi korozyon direnci, çok iyi kaynak kabiliyeti, AA6060 ve AA6063 alaşımlarına göre biraz daha yüksek dayanım.
Ürün Formu:	Çubuk, boru, profil

Tablo 2.11. AA6016' nın çeşitli özellikleri ve uygulama alanları.

EN AW - 6016 / ISO:	
Bileşim:	AlXXXX
Uygulamalar:	Otomotiv dış panellerinde gövde panelleri olarak, mimari uygulamalarda polimer kaplı halde.
Yapısal Özellikler:	Levha halinde ve ekstrüzyon edilmiş halde 6000 serisi, Al-Mg-Si ve Al-Mg-Mn-Si alaşımlarını içerir. Isıl işlem ile daha iyi dayanım, korozyon direnci ve kaynak kabiliyeti kazanırlar.
Ürün Formu:	Levha

Tablo 2.12: AA6060' in çeşitli özellikleri ve uygulama alanları.

EN A W - 6060 / ISO: Al Mg ₂ Si	
Bileşim:	Al 0.5Mg 0.5Si Fe
Uygulamalar:	Kapı, pencere, çerçeve ve iç dekorasyon sistemleri, aydınlatma sistemleri, merdivenler, parmaklıklar, elektronik modüller, elektromotor çerçeve ve levhaları, esnek montaj sistemleri, özel makine elemanları, kamyon ve römork döşemeleri, pnomatik tesisatlar, demiryolu uygulamaları, sulama, ısıtma ve soğutma sistemleri, mobilyacılık, ofis ekipmanları.
Yapısal Özellikler:	Çok iyi korozyon direnci ve kaynak kabiliyeti, özellikle T4 temperinde çok iyi soğuk şekillendirilme kabiliyeti. Orta derecede dayanıma (ısıtılmış halde iken) sahip olup 6005A alaşımına göre dayanımı biraz daha düşük. Çok karmaşık kesit olarak kullanılabilme özelliği bulunur Dekoratif kalitesi iyidir.
Ürün Formu:	Düz ve silindirik çubuklar, teller, çeşitli karmaşıklıklara sahip profil kesitleri

Tablo 2.13: AA6061' in çeşitli özellikleri ve uygulama alanları.

EN AW-6061 / ISO: Al Mg ₁ SiCu	
Bileşim:	Al 1.0Mg 0.6Si Cu Cr
Uygulamalar:	Demir yolu vagonlarında kuvvetli yapılar olarak, kamyon çerçeveleri, gemi inşalarında, köprüler, havacılık, direk ve kuleler, taşımacılık, ocak-soba- kazan yapımı, deniz botlarında, uzay ve havacılık uygulamaları, helikopter ve aircraft uygulamaları, perçinler.
Yapısal Özellikler:	Çok iyi korozyon direnci. Çok iyi kaynak kabiliyeti, kaynak bölgesinde azalan dayanım. Orta-yüksek arası derecede dayanım özelliği olup 6005A'ya göre daha yüksek dayanıma sahiptir. T4 temperinde iyi soğuk şekillendirilebilme özelliği. Çok karmaşık kesitler için uygun değildir.
Ürün Formu:	Levha, düz ve silindirik çubuklar, tüpler, dövme parçaları, profiller.

Tablo 2.14: AA6063 'ün çeşitli özellikleri ve uygulama alanları.

EN AW-6063 / ISO: Al Mg _{0,7} Si	
Bileşim:	Al 0.7Mg 0.4Si
Uygulamalar:	Pencereler, kapılar ve perde duvarlar için mimari kesitler, iç dekorasyon tertibatı, çerçeve sistemleri, aydınlatma sistemleri, merdivenler, parmaklıklar vs., elektronik modüller, elektromotor çerçeve ve levhaları, esnek montaj sistemleri özel makine elemanları, kamyon ve römork döşemeleri, pnomatik tesisatlar demiryolu uygulamaları, sulama boruları, mobilyacılık, uygulamaları, ofis ekipmanları, radyatör ve diğer ısı değiştirici uygulamaları.
Yapısal Özellikler:	Çok iyi korozyon direnci ve çok iyi kaynak kabiliyetine sahiptir. Düşük-orta dereceli dayanım özeliği olup 6005A alaşımına göre biraz daha az dayama sahiptir. Özellikle T4 temperinde çok iyi soğuk şekillendirilme kabiliyeti vardır. Çok karmaşık kesitler için uygundur. Dekoratif kalitesi çok iyidir.
Ürün Formu:	Levha, düz ve silindirik çubuklar, teller, profiller.

Tablo 2.15: AA6082 'mn çeşitli özellikleri ve uygulama alanları.

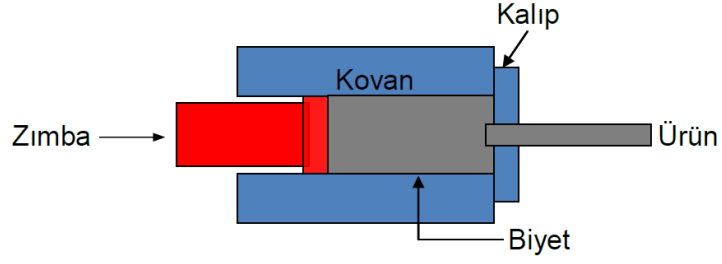
EN AW-6082 / ISO: Al SiMgMn 1.0Si	
Bileşim:	Al 0.9Mg 1.0Si 0.7Mn
Uygulamalar:	Demir yolu vagonlarında ağır hizmet elemanları olarak, kamyon çerçeveleri, gemi inşaatları, köprüler, bisikletler, soba, ocak ve kazan yapımlarında, platformlar, flanslar, hidrolik sistemler, maden ekipmanları, direkler ve kuleler, deniz botları, nükleer teknoloji, gemi direkleri ve kirişleri, iskele malzemeleri, çadır ve büyük salonlar için iskelet yapılarında, perçinlerde.
Yapısal Özellikler:	Çok iyi korozyon direnci ve çok iyi kaynak kabiliyeti, iyi işlenebilme kabiliyeti. T4 temperinde soğuk şekillendirilme kabiliyeti. Orta-yüksek arası derecede dayanım özelliği olup 6061 alaşımına göre dayanımı daha iyidir. Karmaşık kesitler için uygun değildir.
Ürün Formu:	Levha, çubuk, tel tüp, profil

Tablo 2.16: AA6106' mn çeşitli özellikleri ve uygulama alanları.

EN AW-6106 / ISO: Al MgSiMn	
Bileşim:	Al 0.6Mg 0.4Si 0.7Mn
Uygulamalar:	Yapısal uygulamalar, merdivenler, direkler ve kuleler, otoraylar ve denizcilik uygulamaları, otomotiv yapıları.
Yapısal Özellikler:	Al-Mg-Si ve Al-Mg-Mn-Si alaşımları halinde bulunan 6000 serisi alaşımlar hadde ve ekstrüze edilmiş halde bulunurlar. Isıl işlem ile daha iyi dayanım, korozyon direnci ve kaynak kabiliyeti kazanırlar. 6106 alaşımı, mekanik özellikler, kesit karmaşıklığı, minimum kesit kalınlığı iyi yüzey özelliği gibi özelliklerin optimum kombinasyonunu sağlamak için bir ekstrüzyon alaşımı olarak tasarlanmıştır. Çok karmaşık kesitli profillerin bu alaşımla elde edilmesi olanaklıdır.
Ürün Formu:	Profiller

2.6 Ekstrüzyon Yöntemi

Ekstrüzyon, Şekil 2.3' te görüldüğü gibi biyet adı verilen metal bir bloğun basma kuvveti etkisiyle kendisinden daha küçük kesitli bir kalıp boşluğundan akmasının sağlandığı bir plastik şekillendirme yöntemidir. Ekstrüzyon dolaylı bir basma işlemidir. Dolaylı-bası kuvvetleri; kovan, kalıp ve iş parçası (yani biyet) arasındaki tepkiden ortaya çıkmakta ve oldukça yüksek değere ulaşmaktadır. Biyet ile kalıp ve kovan arasındaki tepki sonucunda malzeme içerisinde oluşan yüksek bası gerilmeleri biyetin şekil değiştirmesi sırasında malzeme içerisinde çatlak oluşumunu önlemede son derece etkilidir. Ekstrüzyon işlemi, biyetin döküm yapısını değiştirmede kullanılabilir en iyi yöntemdir, zira biyet sadece ve sadece bası gerilmelerine maruz kalmaktadır (Saha, 2005).



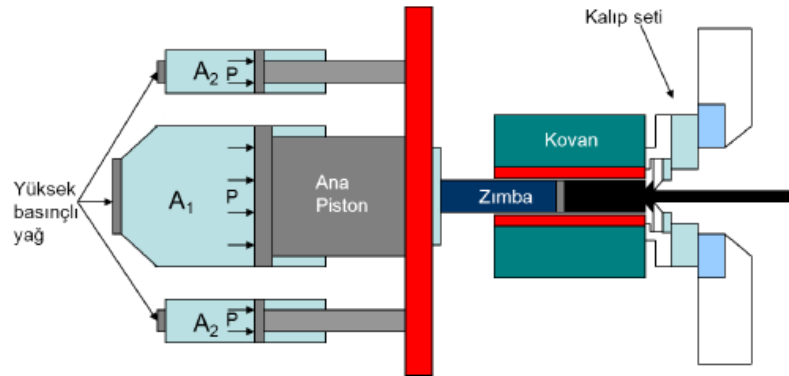
Şekil 2.3: Alüminyum ekstrüzyon sisteminin şematik gösterimi.

Ekstrüzyon, ısı ve basınç kullanarak malzemenin kalıptan sürekli geçişini sağlayarak uzun parçalar elde etme işlemi olup, plastik ekstrüzyon ve alüminyum ekstrüzyon olmak üzere iki çeşittir. Belli bir kesite sahip ve kesit/boy oranı küçük olan, başka bir deyişle, boyu eninden çok daha fazla olan şekillendirilmiş malzemeler "profil" olarak tanımlanır. Alüminyum profil üretimi, birçok metalde olduğu gibi haddeleme (çekme) veya ekstrüzyon metodu ile işlenmekte olup, karmaşık şekilli profiller için genellikle ekstrüzyon metodu tercih edilmektedir.

2.6.1 Ekstrüzyon Ana Parametreleri

Ekstrüzyon için gerekli kuvveti ve kalıptan çıkan malzemenin kalitesini etkileyen ana faktörler aşağıdaki gibidir;

- Ekstrüzyon oranı
- Çalışma sıcaklığı (malzeme, kalıp vb.)
- Şekil değiştirme hızı
- Malzemenin akma gerilmesi



Şekil 2.4: Ekstrüzyon presinin şematik gösterimi.

2.6.1.1 Ekstrüzyon Oranı

Çok çıkışlı bir kalıbın ekstrüzyon oranı (E_R);

$$E_R = \frac{A_c}{n * (A_E)} \text{ olarak tanımlanır.}$$

Eşitlikte n simetrik çıkışların sayısı, A_c kovan alanı ve A_E elde edilen ürünün kesit alanıdır. Bir şeklin ekstrüzyon oranı, bu şeklin ekstrüzyonla elde edilmesi sırasında harcanacak mekanik enerji miktarının doğrudan bir göstergesidir. Düşük ekstrüzyon oranlarında ekstrüzyonu yapılan alüminyumun yapısı döküm alüminyumun yapısına benzer (kaba taneli) olur. Bu yapı mekanik olarak zayıftır. Bu nedenle ekstrüzyon oranının %10'dan daha düşük olduğu ürünlerde mekanik ve fiziksel özelliklerin malzemenin literatürde belirtilen değerlerine uyacağı garanti edilemez (Saha, 2005).

Ekstrüzyon işlemi genel olarak sıcak şekillendirme işlemi olarak değerlendirilmektedir. Sıcak şekillendirme, gerinim hızı ve işlem sıcaklığının malzemenin, deformasyon sırasında kendi kendine toparlanmasına imkan verdiği işlem olarak tanımlanmaktadır. Ekstrüzyon işlemi oda sıcaklığında şekil değiştirme kabiliyeti fazla olmayan metal ve alaşımlar için yüksek sıcaklıklarda yapılmaktadır. Böylece ekstrüzyon için gerekli kuvvetler azaltılmaktadır.

2.6.1.2 Ekstrüzyon Sıcaklığı

Sıcaklık ekstrüzyondaki en önemli parametrelerden birisidir. Sıcaklık yükseldikçe malzemelerin akma gerilmeleri düşeceğinden şekil değiştirmeleri daha kolaylaşmaktadır. Buna karşın başlangıç sıcaklığı yükseldikçe işlem sırasındaki bölgesel sıcaklık artışları malzemede kısmi ergimelere sebep olacağından ulaşılabilecek maksimum ekstrüzyon hızı azalmaktadır (Saha, 2005).

2.6.1.3 Ekstrüzyon Hızı

Bir metalin ekstrüzyon işlemine vereceği tepki deformasyon hızı tarafından etkilenebilmektedir. İstampa hızındaki bir artış ekstrüzyon basıncında artışa sebep

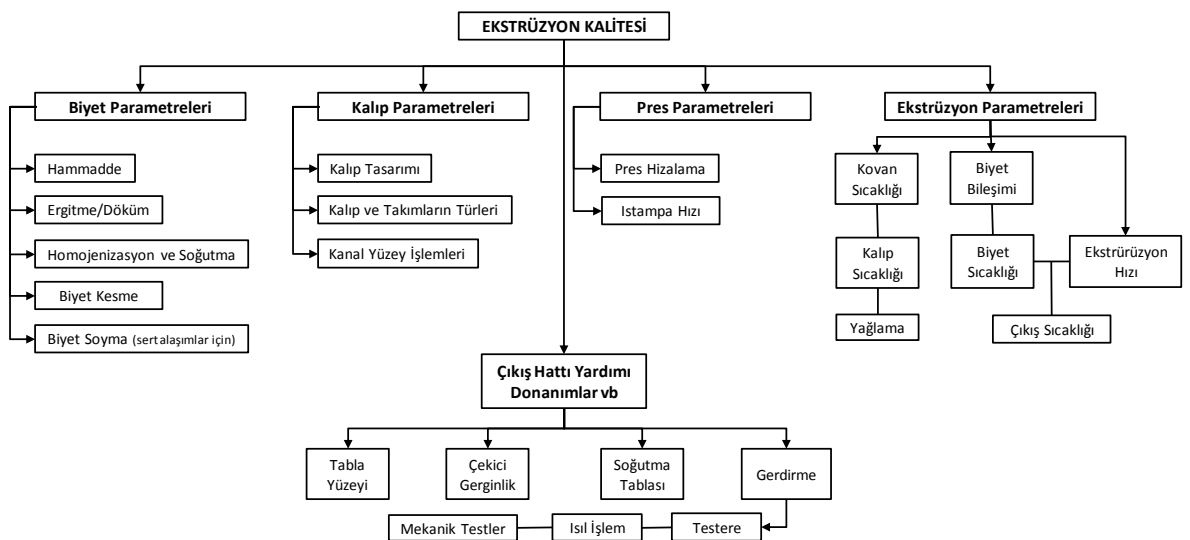
olacaktır. Artan ıstampa hızıyla ekstrüzyonda oluşan sıcaklık artışı da yükselmektedir. Bu artışın sebebi, gerinim hızının ıstampa hızıyla doğru orantılı olması ve oluşan ısı miktarının gerinim hızıyla orantılı olmasıdır. ıstampa hızı ne kadar düşükse oluşan ısının dağılması için o kadar fazla zaman olacaktır. Alüminyumun ısı iletkenliğinin yüksek olması nedeniyle daha belirgin hale gelmektedir (Saha, 2005).

2.6.1.4 Malzemenin Akma Gerilmesi

Metallerin belirli bir plastik deformasyona uğraması için gerekli olan gerilme miktarını verdiğinden, gerçek gerilim-gerinim eğrisi sık sık akma eğrisi olarak da isimlendirilmektedir. Plastik şekil değişikliği sırasında şekillendirme kuvveti ya da gerilmesi parçanın geometrisine, sürtünmeye ve malzemenin akma gerilmesine bağlı olduğundan akma gerilmesi de önemli bir kriterdir. Bir malzemenin akma gerilmesi şu iki faktörler tarafından belirlenmektedir: 1. Malzemenin bileşimi ve metalurjik yapısı, 2. Şekillendirme sıcaklığı, şekil değiştirme miktarı veya gerinim ϵ ve gerinim veya deformasyon hızı $\dot{\epsilon}$ (Saha, 2005).

2.6.2 Ekstrüzyon Kalitesi ve Hataları

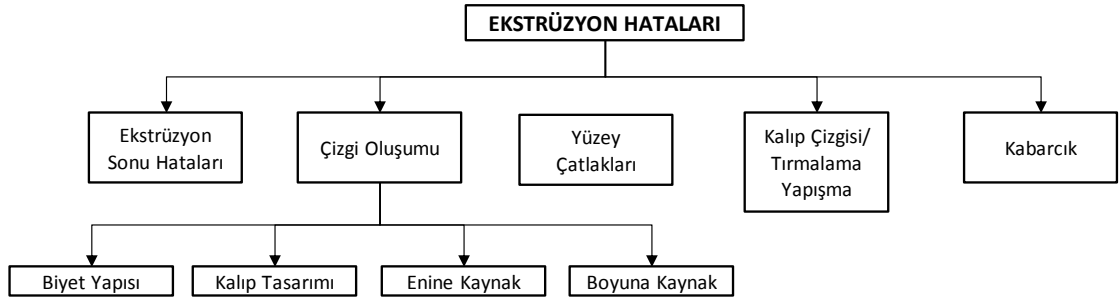
Ekstrüzyon kalitesi etkileyen parametreler Şekil 2.5' teki gibidir (Saha, 2005).



Şekil 2.5: Ekstrüzyon kalitesini etkileyen parametreler.

Şekil 2.6’ da 6000 serisi alüminyum alaşımlarında yaygın olarak görülen ekstrüzyon hataları sınıflandırılmaktadır. Ekstrüzyon hatalarının tespiti, analizi ve önleyici tedbirlerin alınması her ekstrüzyon işletmesinde değerlendirilebilmesi için ekstrüzyon mekanizmasının, ekstrüzyon parametrelerinin ve bunların etkilerinin tam olarak anlaşılması gerekir. Bir ekstrüzyon hatası aşağıdaki ekstrüzyon faktörlerinden biri veya birkaçı ile ilgili olabilir;

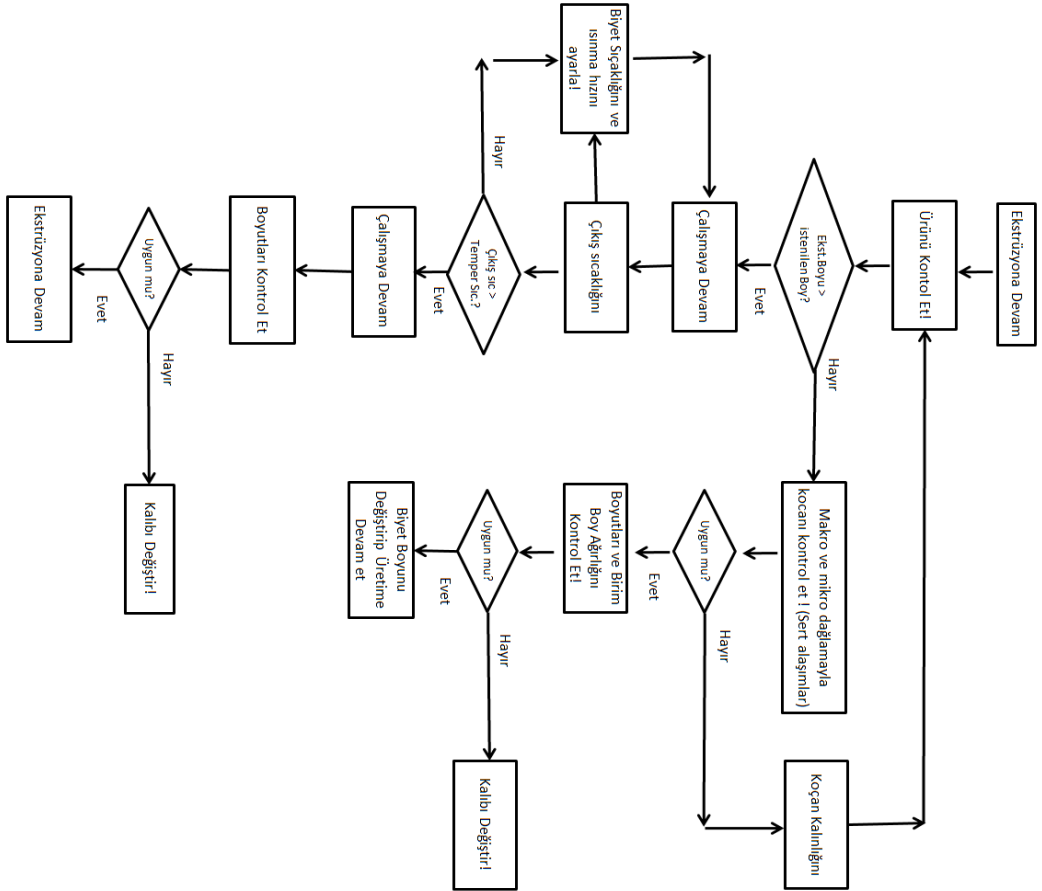
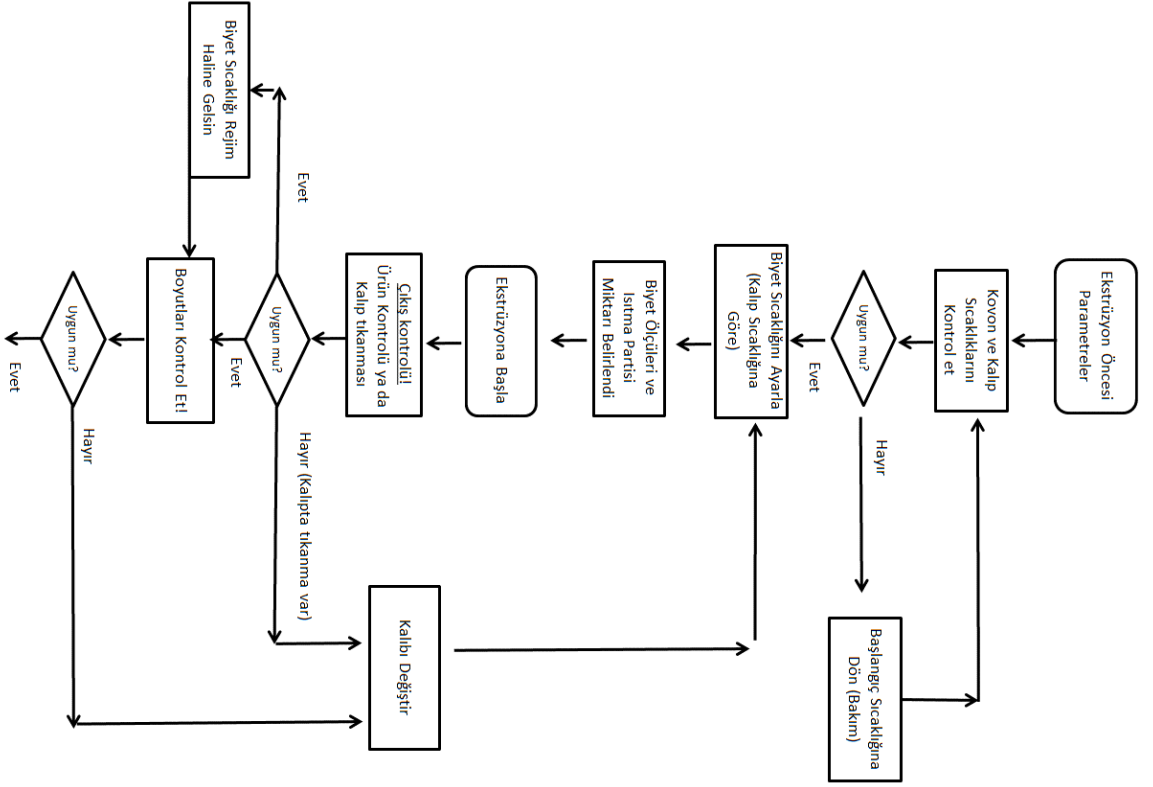
- Biyet dökümü
- Metalurjik değişkenler
- Başlangıç biyet ve kovan sıcaklığı
- Ekstrüzyon oranı
- Kalıp tasarımı
- Ekstrüzyon hızı
- Ekstrüzyon sıcaklığı
- Yağlama sistemi



Şekil 2.6: Ekstrüzyon hataları.

2.6.3 Ekstrüzyon Parametrelerinin Değerlendirilmesi

Bir ekstrüzyon ürünün kalitesi, ön ekstrüzyon işlemleri, ekstrüzyon prosesi, soğutma tablası, gerdirme ve kesme işlemleri ve ısıl işlem gibi pek çok değişkene bağlıdır. Ürün kalitesini kontrol etmek için bu değişkenlerin iyi bir şekilde izlenmesi ve analiz edilmesi gerekmektedir. Ekstrüzyon işleminin başarısını etkileyen faktör ve parametreler Şekil 2.7 -2.8 ‘ de bulunmaktadır (Saha, 2005).



Şekil 2.7: Ekstrüzyon parametrelerinin değerlendirilmesi.

3. DENEY TASARIMI

Deney, kontrol altındaki çeşitli durumların / koşulların, deney birimlerinin bilinmeyen karakteristik özellikleri üzerindeki etkisini test etmek amacıyla uygulanan bir işlem (veya süreç) olarak tanımlanabilir. Deney tasarımı ise deney birimlerinin maruz kalacağı kontrol altındaki durumların/koşulların düzenlenmesiyle ilgilidir. Deney tasarımı; tarım, hayvancılık, eczacılık, mühendislik gibi birçok alanda yaygın bir kullanıma sahiptir. Tarım alanında gübre türlerinin buğday verimi üzerindeki etkisini araştırmak, hayvancılık alanında barınak türlerinin hayvanın et verimi üzerindeki etkisini araştırmak, eczacılık alanında piyasaya yeni sürülen bir ilacın etkisini var olan ilaçların etkileriyle karşılaştırmak ve mühendislik alanında bir üretim sürecinin performansını iyileştirmek v.b. amaçlarla kullanılmaktadır. Deney tasarımında ilgilenilen durumlar/koşullar faktör olarak adlandırılır ve bu faktörler iki ya da daha fazla seviye sahibi olabilirler. Seviye sayıları deneyi yapan kişinin kontrolü altında olabileceği gibi kontrol dışında da olabilir (Şenoğlu, 2014).

Deney tasarımı, faktör etkilerinin ölçülmesinde kullanılan klasik bir yöntemdir. Bu yöntemde yapılacak her yeni denemede mevcut faktörlerden birinin seviyesi değiştirilir ve diğer faktörler sabit tutulur. Böylece herhangi bir karakteristik için yapılacak deneyin deneme sayısı, faktörler iki seviyeli ise 2^n , seviye sayısı üç ise 3^n olur (burada n faktör sayısını gösterir). Yani her bir faktöre ait tüm seviyeler için deneme yapmak gerekmektedir. Bu da faktör sayısı arttıkça deneme sayısında geometrik bir artışa neden olacaktır. Deneme sayısındaki söz konusu artış maliyetleri de çok fazla arttırdığından ve önemli ölçüde zaman aldığından kalite iyileştirmede kullanılmaya elverişli olamamıştır. Ancak yine deney tasarımına dayalı ve bu dezavantajı gideren istatistiksel yöntemler geliştirilmiş ve kalite geliştirmede yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu yöntemlerden biriside Taguchi yöntemidir.

Bu bölümde deney tasarımı, Taguchi yönetim felsefesi, Taguchi' nin kalite kontrol sistemi, Taguchi yönteminin uygulama alanları, uygulama adımları ve çok yanıtlı deney tasarımı yöntemi açıklanmıştır.

3.1 Deney Tasarımı Tarihçesi

Deney tasarımı yöntemi 1930' larda Sir Ronald Fisher tarafından tarım ürünlerinin verimli üretilmesini sağlamak amacıyla geliştirilmiş ancak ilk kez, değişkenliğin azaltılması için Taguchi tarafından kullanılmıştır. Fisher, ürün yetiştirilecek toprağı verimliliğı aynı derecede olan birkaç bloğa ayırmış ve her bir ürün çeşidini rastgele bu bloklarda yetiştirmiştir. Fisher aynı zamanda deney verilerinin analizi için kullanılan “varyans analizi” (ANOVA) yöntemini de geliştirmiştir. Deney tasarımı tarım alanında çeşitli gübre ve dozları ile iklim koşullarının ve sulama düzeylerinin çeşitli ürünler üzerindeki etkilerini belirlemek üzere uygulanmıştır (Aytekin, 2010). Deney Tasarımı, bir prosesteki girdi değişkenleri üzerinde istenilen değişikliklerin yapılmasıyla cevap değişkeni üzerindeki değişkenliğin gözlenmesi, elde edilmesi ve yorumlanması olarak tanımlanabilir (Besterfield, 1995).

Taguchi tarafından geliştirilen kalite sistemi 1950' li yıllarda savaş sonrası Japonya'nın telefon sistemi üzerinde yeniden yapılanma sürecinde uygulanmış ve son derece başarılı sonuçlar elde edilmiştir. 1980'lerden beri de ABD ve Avrupa'da, kalitenin daha tasarım aşamasında sağlanması amacı ile deney tasarımı teknikleri kullanılmaktadır. Deney tasarımı metodu bugün birbirinden farklı alanlarda optimizasyon ve karar verme amacı ile kullanılmaktadır. (Akman ve Özkan, 2011)

Deney tasarımında amaç, herhangi bir konu üzerinde düşünölen problem ile ilgili en fazla sayıda bilgiyi mümkün olduğunca zaman, para ve deney malzemelerini en ekonomik şekilde kullanarak sağlamak ve kalite karakteristiğini etkileyen en önemli değişkenleri bulmaktır. Belirlenen hedeften olabilecek sapma, kalite kaybına neden olmaktadır. Bu nedenle ürün; ürün ve süreç tasarımı sırasında en uygun şekilde tasarlanmalıdır. Bu iki aşamanın en önemli adımı parametre tasarımıdır. Parametre tasarımı aşamasında, kontrol edilebilen ve kontrol edilemeyen faktörlerin ürünün performansına olan etkilerini belirlemek için kullanılan en etkin yöntem istatistiksel deney tasarımı yöntemidir. Burada amaç, kontrol edilebilen faktörlerin düzeylerini, kontrol edilemeyen faktörlerin ürün üzerine olan etkilerini en aza indirecek şekilde süreci ayarlamaktır. Bu çeşit ürün ya da süreç tasarımı ile sağlam (robust) ürün elde edilir. Deney tasarımı, çevrim dışı kalite kontrolün en etkin aracıdır (Koç, 2003).

Deney tasarımı tekniklerinin özellikle imalat endüstrisinde son yıllarda çok yaygın olarak kullanılmasının en önemli sebeplerinden bir tanesi de, Dr. Genichi Taguchi'nin geliştirmiş olduğu Taguchi yöntemi olmuştur. Bugün dünyanın hemen hemen her ülkesinde deney tasarımı eğitimleri verilmekte ve yöntem üretimde uygulanmaktadır (Şirvancı, 1997).

3.2 Taguchi Yönetim Felsefesi

Taguchi' nin oluşturduğu kalite anlayışının temellerini oluşturan yedi temel fikri aşağıdaki şekilde sıralanabilir (Aytekin, 2010).

- Üretilen bir ürünün kalitesi o ürünün kullanımı sırasında toplumda meydana getirdiği kayıpla ölçülür.
- Rekabetçi bir ekonomide işletmelerin yaşamını sürdürebilmesi için kalite geliştirme ve maliyet azaltma çalışmalarının sürekli olması gerekir.
- Bir kalite geliştirme programı, ürünün performans karakteristiklerinin hedef değerden olan sapmasının azaltılması için çalışmalıdır.
- Bir ürünün performansındaki sapmanın, tüketici üzerinde meydana getirdiği kayıp, söz konusu performans karakteristiğinin hedef değerden sapma miktarının karesi ile doğru orantılıdır. Bu ilişki Taguchi tarafından geliştirilen kayıp fonksiyonu olarak tanımlanmakta olup aşağıda verilmektedir.

$$L(Y) = k(Y - m)^2$$

$L(Y)$ = Ürünün kullanım ömrü içinde kalite karakteristiğinin hedef değerden sapmasının neden olduğu parasal kayıptır.

k = Maliyet katsayısı

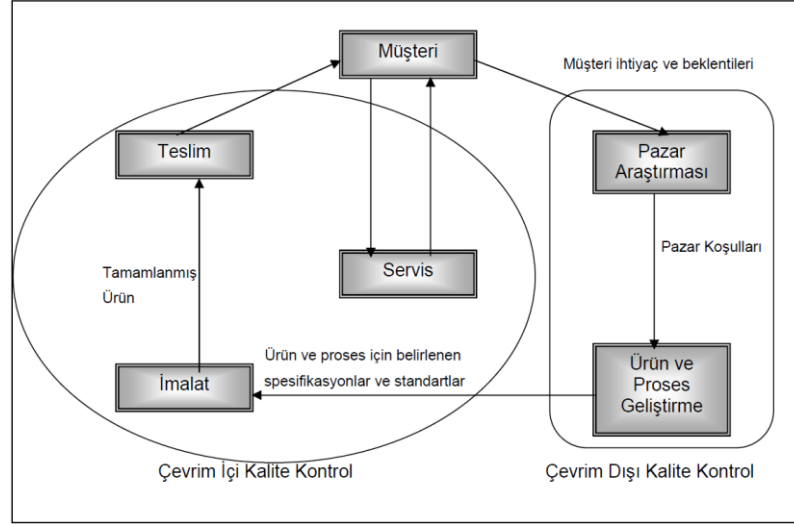
Y = Ölçülen kalite karakteristiğinin değeri

m = Hedef değer

- Bir ürünün kalitesi ve üretim maliyeti, ürünün ve bu ürünün üretildiği prosesin tasarlanması sırasında belirlenir.
- Bir ürünün performansındaki sapmayı azaltmak için, ürünün performans karakteristiğinin üzerinde etkili olan parametrelerin etkilerini kontrol altına almak gerekir.
- İstatistiksel deney tasarımları, ürünün performansındaki değişkenliğe etki eden parametrelerin etkilerini azaltmada kullanılabilir.

3.3 Taguchi' nin Kalite Kontrol Sistemi

Kaliteyi sağlamak için yapılan çalışmalar Taguchi tarafından Şekil 3.1' deki gibi çevrim içi kalite kontrol ve çevrim dışı kalite kontrol olmak üzere ikiye ayrılmıştır (Koç, 2003).



Şekil 3.1: Taguchi' nin üretim-kalite çemberi.

• Çevrim İçi Kalite Kontrol:

Ürünün üretim sırasındaki ve üretim sonrasındaki faaliyetleri kapsar. Üretimine başlanan ürünün, muayene yöntemleri ile kalitesinin sağlanmaya çalışılması aşamasıdır. Bu kontrol çalışmaları sırasında istenilen spesifikasyon değerleri dışında kalan ürünlerin ayıklanarak, ıskartaya ayrılması veya düzeltme işlemlerine tabi tutulması aşamasıdır. Aynı zamanda müşteriye iletildikten sonra kusurlu olarak geri gelen ürünün servis ve bakım aşamasıdır. Çevrim içi kalite kontrol, proses tasarımı sırasında geliştirilen prosedürleri kullanarak ürün tasarımını sırasında belirlenen spesifikasyonlar içinde ürün üretmeyi gerektirir.

Taguchi' ye göre çevrim içi kalite kontrol iki aşamadan oluşur; (Baynal, 2005)

1. Üretim Kalite Kontrol Yöntemleri: Bunun üç şekli vardır.

- Proses Teşhisi ve Ayarlama: Proses gerekli aralıklarla gözlenir. Gerekli durumlarda düzeltmeler yapılır.
- Öngörü ve Düzeltme: Düzenli aralıklarla proses parametreleri ölçülür. Proses hedef değerden uzak olduğu zaman doğru durum ayarlaması yapılır.

- Ölçme ve Eylem: Muayene ile kalitenin sağlanmasıdır. Her parça muayene edilir. Hatalı Parçalar yeniden işlenir ve ıskartaya ayrılır. En pahalı kalite kontrol şeklidir.

2. Müşteri İlişkileri: Hatalı ürünlerin değiştirilmesi veya tamir edilmesi aşamasıdır. Bu aşamada ürünle ilgili müşteri algıları hakkında geri bildirim sağlanmalıdır.

- **Çevrim Dışı Kalite Kontrol;**

Çevrim dışı kalite kontrol müşteri istek ve ihtiyaçlarının doğru olarak tanımlanmasıyla başlayan ve bu ihtiyaç ve isteklere göre ürün tasarımının yapılması, bu tasarımın ekonomik olarak üretimi ve bu üretime uygun olacak şekilde tanımlanmış spesifikasyon, standart ve prosedürlerin hazırlanmasına kadar uzanan geniş bir çalışma alanını kapsar. Kalite kontrol; müşteri ihtiyaç ve beklentilerini karşılayan, imal edilebilir yeni bir ürün geliştirerek veya var olan ürünün üzerinde değişiklikler gerçekleştirerek ürün tasarım safhasını gerçekleştirmektedir. Süreç ve ürün tasarımı aşamasında, belirlenen spesifikasyonlara uygun bir şekilde üretim sürecini geliştirmek amaç edinilmiştir (Gencel, 2007). Taguchi yaklaşımlarını ilk ortaya koyduğunda ürünün kalitesini iyileştirmede en belirleyici çalışmaların yapılabileceği aşamanın, hem ürün hem de süreç tasarımı için parametre tasarımı aşaması olduğunu belirtmiş ve çalışmalarını bu alanda yoğunlaştırmıştır (Koç, 2003). Ürün parametre tasarımı, ürünün malzemesi, formülasyonu, fiziksel ve kimyasal özellikleri için optimum değerlerin belirlenmesi anlamına gelir. Süreç parametre tasarımı ise herhangi bir imalat prosesindeki hız, sıcaklık, basınç vb. parametrelerin optimize edilmesidir. Bu çalışmanın uygulama bölümünde süreç parametrelerinin iyi seviyeye getirilmesi amaçlanmıştır.

Parametre tasarımında amaç, üründe veya proseste varyasyon yani hedef değerden sapma ya da kalitesizlik yaratan faktörlerin değerlerini, kontrol edilemeyen faktörlerin etkilerini de elimine edecek şekilde, optimal seçerek ürün ve prosesteki varyasyonu minimize etmektir. Taguchi bu amaca yönelik tasarım çalışmasını sağlam tasarım (robust design) olarak adlandırmaktadır. Parametre tasarımının varyasyonu azaltmada yetersiz kaldı tolerans tasarımı uygulanır. Bir ürün veya prosesin tasarlanmasında etkili faktörlerin uygun değerleri belirlense dahi bu parametreler çoğu zaman bir tolerans dahilinde kullanılacak, bu durum da kalite değişkeninde varyasyon

oluşturacaktır. Bu toleranslardan kaynaklanan varyasyonların da minimize edilmesi gerekir (Öztop, 2007).

3.4 Endüstride Taguchi Yönteminin Potansiyel Uygulamaları

Taguchi Yöntemleri, birçok üretim yapan işletmede yoğun uygulamalara sahiptir. Aşağıda, çeşitli üretim ve hizmet endüstrisi sektörlerindeki Taguchi yöntemlerinin uygulamaları açıklanmıştır (Baynal, 2005).

Tablo 3.1: Endüstride Taguchi yöntemi bazı uygulama örnekleri.

Plastik Sektörü	Proses tipi: Enjeksiyon yapıştırma işlemi Problem: Aşırı proses değişkenliği yüzünden yüksek ıskarta ve yeniden işleme. Deney büyüklüğü: Sekiz deneme veya çalıştırma
Otomotiv Sektörü	Proses tipi: Dizel enjektör Problem: Yüksek yeniden işleme oranı Deney büyüklüğü: Onaltı deneme veya çalıştırma
Metal Üretimi	Proses tipi: Kaynak yapma Problem: Bir konektöre kalay kaplı kabloların düşük kaynak dayanımı Deney büyüklüğü: Onaltı deneme veya çalıştırma
Proses	Proses tipi: Kimyasal proses Problem: Düşük proses kazancı Deney büyüklüğü: Sekiz deneme
Elektronik	Proses tipi: Kablo birleştirme (bonding) prosesi Problem: Düşük kablo çekme mukavemeti ve bunun için işletme tarafından büyük çapta müşteri iadeleri yaşanmıştır. Deney büyüklüğü: Onaltı deneme
Hizmet Endüstrisinde Uygulamaları	<ul style="list-style-type: none">• Müşteri şikayetlerine yanıt verme süresini enküçükleme,• Servis siparişlerindeki hataları enküçükleme,• Müşteriler için servis teslim zamanını azaltmak,• Bir hastanedeki acil servis odasında ve sağlık bakım enstitülerindeki kalma süresini azaltmak,• Yeni ürünlere girişmek için rekabetçi stratejileri karşılaştırmak.

3.5 Taguchi Yöntemi Uygulama Adımları

Deneysel tasarımın başlangıcından sonuçların elde edilmesi ve bunların yorumlanmasına kadar izlenen adımlar aşağıda ayrıntılı olarak açıklanmıştır (Baynal, 2005).

4 ana aşama aşağıdaki gibidir;

- Deney planlama,
- Deney tasarlama,
- Deneyi gerçekleştirme,
- Deneyin analizini yapma

Deney tasarımı uygulama adımları gösteren akış Şekil 3.2' de bulunmaktadır.

Adım 1: Çözülecek problemin ortaya konması. Problemin iyi anlaşılması deneyin kurulabilmesinde çok önemlidir. Problemin ifadesi spesifik olmalı; eğer çok sayıda yanıt varsa bunlar belirtilmelidir.

Adım 2: Deneyin amacının belirlenmesi. Bu performans karakteristiklerinin (ölçülebilir olması tercih edilir) ve deney tamamlandığında gereksinim duyulan performans seviyesinin tanımlanmasını içerir.

Adım 3: Ölçme yöntemlerinin belirlenmesi. Deney yönlendirildikten sonra performans karakteristiklerinin nasıl tayin edileceği hakkında bir fikir oluşturulur. Ölçme sistemi, kendisinin doğruluğunu ve duyarlılığını geliştirmek için ayrı bir deneye gereksinim duyabilir.

Adım 4: Performans karakteristiklerini etkileyeceğine inanılan faktörlerin belirlenmesi ve listelenmesi. Ürün ve prosesle ilgili kişilerden bir grup kurulur. Beyin fırtınası, akış diyagramı veya balık kılıcı diyagramı, incelenecek faktörlerin yaratılmasında yardımcı olurlar. Eğer bu ilk deney ise, sonuçları etkileyeceği düşünülen bir çok faktör dahil edilebilir.

Adım 5: Faktörlerin kontrol ve gürültü faktörleri olarak ayrılması. Bu, temel parametre tasarımı stratejisidir ve neden araştırma veya tolerans tasarımı yaklaşımı yerine kullanılabilir.

Adım 6: Tüm faktörler için seviye sayısı ve değerlerinin belirlenmesi. Gerekli toplam serbestlik derecesi, faktörler için seviye sayılarının bir fonksiyonudur. İlk deney için seviye sayısı düşük tutulmalıdır; eğer olanaklı iki seviye tanımlanmalıdır.

Adım 7: Etkileşebilecek kontrol faktörlerinin belirlenmesi. Bu etkileşimler, serbestlik derecelerini kullanırlar ve aynı zamanda deneyin büyüklüğünü

belirleyebilirler. Strateji, deney büyüklüğünü sadece faktörlere göre seçmek olabilir; faktörler atandıktan sonra eğer boş sütun kalırsa bu sütunlara da ilgilenilen etkileşimler yerleştirilebilir.

Adım 8: Kontrol faktörleri ve etkileşimleri için gerekli doğrusal grafiğin çizilmesi. İstenen faktörler ve etkileşimleri, seçilen ortogonal diziyi etkileyebilirler.

Adım 9: Ortogonal dizilerin seçilmesi. Ortogonal diziler -iç veya dış-faktörlerin veya doğrusal grafiğin gereksinim duyduğu serbestlik derecelerinin bir fonksiyonudur.

Adım 10: Faktörlerin ve etkileşimlerin sütunlara atanması. Ortogonal dizi için doğrusal grafiğin, gereksinim duyulan forma uyması için değiştirilmesi gerekebilir. Ayrıca, bir sütun için seviye sayısının da değiştirilmesi gerekebilir. İç ve dış diziler aynı derecede önemli olabilirler; fakat, dış dizi –sadece deneyde kontrol edilen gürültü faktörlerini içerdiği için- iç dizi kadar karmaşık olmayabilir.

Adım 11: Deneyin yönlendirilmesi. Deneme veri formları, deneme için uygun seviyelerin seçilmesinde hata çıkması olasılığını azaltmak için, uygun bir şekilde düzenlenmeli ve deney sırasında rassallaştırma stratejileri kullanılmalıdır.

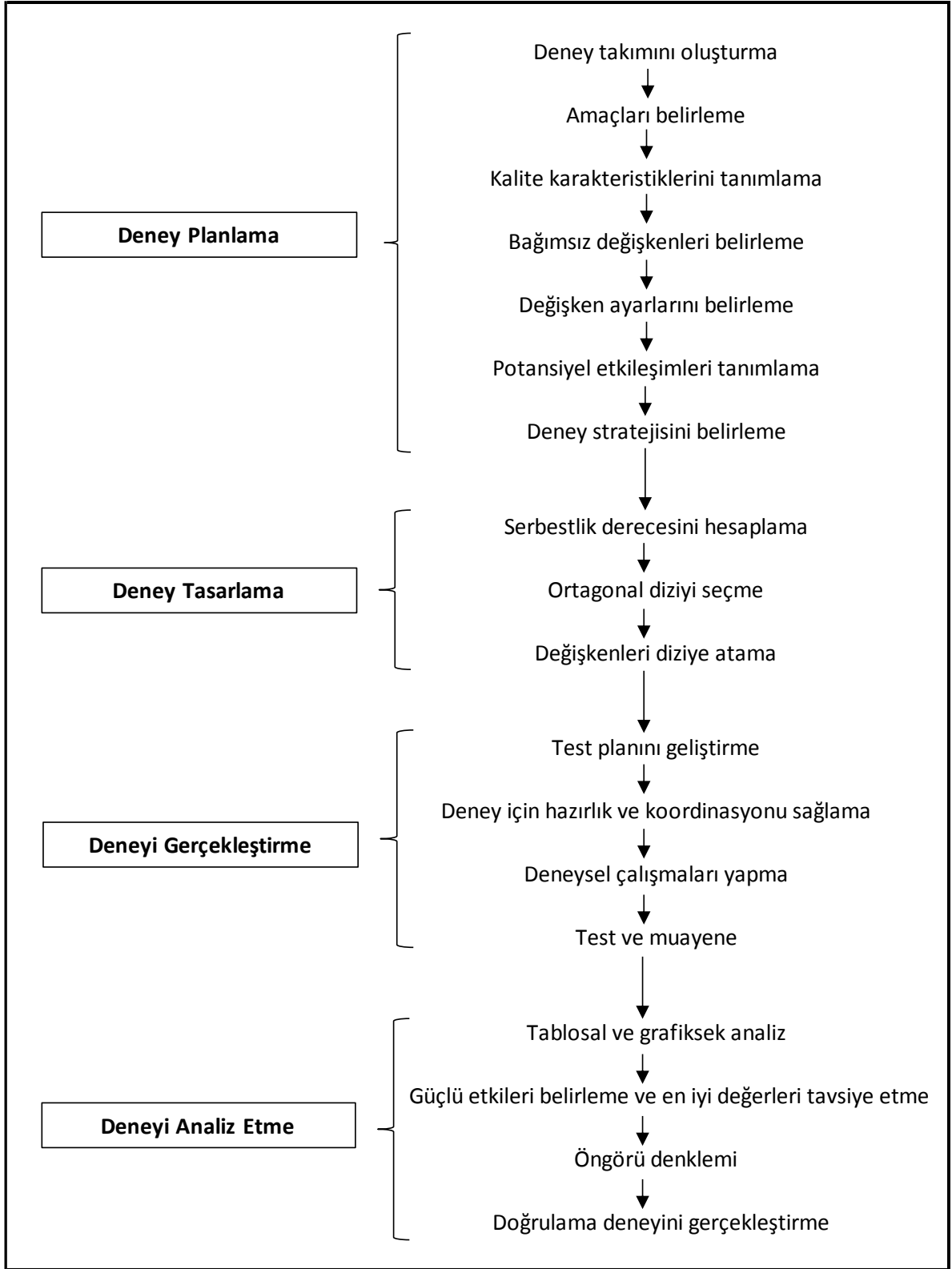
Adım 12: Verilerin analiz edilmesi. Verilerin analizi için birçok yöntem vardır: Gözlem yöntemi, sıralama yöntemi, sütun etkisi yöntemi, ANOVA, SN ANOVA, ortalama grafikleri, etkileşim grafikleri, vb eğer bir hata yüzünden deneyin dengesi bozulursa, verilerin analizinde bu durum dikkate alınmalı veya hata düzeltmek için deneme yeniden yapılmalıdır.

Adım 13: Sonuçların Yorumlanması. İlgilenilen performans karakteristikleri açısından hangi faktörlerin etkili, hangilerinin etkisiz olduğunun belirlenmesidir.

Adım 14: En büyük etkiye sahip kontrol faktörleri için en iyi seviyelerin seçilmesi. Etkili faktörler, seviyelerinin belirlenmesi ve kontrol edilmesi gereken faktörlerdir. Etkisiz faktörler ise, en düşük maliyetli seviyelerine ayarlanabilir.

Adım 15: Doğrulama deneyinin yapılması. Bu, önemli faktörler olarak seçilen faktörlerin ve seviyelerinin beklenen sonuçları sağlayıp sağlamadığını gösterir. Doğrulama deneyi sırasında, etkili olmadığı düşünülen faktörlerin ekonomik seviyeleri kullanılır. Eğer sonuçlar beklenildiği gibi olmazsa, önemli bir faktörün veya faktörlerin gözden kaçmış olması söz konusu olur

Adım 16: Eğer deneyin amaçlarına ulaşamamışsa ve doğru olduğu kanıtlanmış verilerle eniyilemeye devam edilmesi olanaklı ise Adım 4'e dönlür.



Şekil 3.2: Deney tasarımı uygulama adımları.

Taguchi deney tasarımı uygulaması 5 aşamada aşağıda açıklanmıştır;

3.5.1 Problemin Belirlenmesi

Deneyin ilk aşaması, iyileştirmek istediğimiz bir ürün veya sürecin belirlenmesidir. Mevcut problemin sağlıklı bir şekilde deneye aktarılabilmesi için problemin deney ekibi tarafından iyi anlaşılması gerekir. Belirlenen problem için kalite değişkenleri tanımlanır. Bu değişkenlerin deney sırasında çıktı olarak ölçülecek ve ürünün kalite özelliklerini temsil eden kalite değişkenleri olmasına dikkat edilir. Kalite değişkenlerinin ölçülebilir (nicel) olması gerekir. Ancak nitel olan ve deneye dahil edilmesi gereken değişkenler varsa bu değişkenler için de nitel özellikleri temsil eden nicel puanlama yapılır. Böylece ölçülemeyen değişkenler de ölçülebilir hale getirilir. Ölçüm metotları ve deney aletleri bu aşamada belirlenir.

3.5.2 Faktör ve Seviyelerin Belirlenmesi

Taguchi faktörleri kontrol edilemeyen ve kontrol edilebilen faktörler olarak iki gruba ayırır. Deneylerde kontrol edilebilen faktörler dikkate alınır. Ürün performansına etki eden faktörler belirlenirken, deney tasarımcısı daha önceden konu ile ilgili yapılan çalışmalara ve kendi bilgi birikimine dayanarak hedef değerden sapmalara neden olabileceğini düşündüğü belirli faktörleri seçer. Bu faktörleri belirlerken beyin fırtınası, sebep-sonuç diyagramı gibi kalite araçları kullanılabilir. Faktörler belirlendikten sonra bu faktörlerin seviye sayıları da belirlenmelidir. Taguchi seviye sayılarının mümkün olduğunca az seçilmesi gerektiğini belirtmektedir. Çünkü seviye sayısı yapılacak deney sayısını doğrudan etkilemektedir. Eğer ilk aşamada yapılacak deneylerin maliyeti de göz önüne alınarak, belirlenen faktör ve seviye sayılarının çok olduğu düşünülürse, bazı hazırlık deneyleri yapılmalıdır. Bu deneylerde genellikle seviye sayısından çok faktör sayılarının azaltılması öngörülür. Deneyler sonucunda elde edilen verilerle faktörlerin, performans karakteristiği üzerine etkisinin önemli veya önemsiz olduğu anlaşılabilir.

3.5.3 Uygun Ortogonal Dizinin Seçilmesi

Ortogonal dizinler, Taguchi yönteminin önemli adımlarından biridir. Deney tasarımında kullanılacak ortogonal dizinin seçimi her bir faktörün serbestlik derecelerinin toplamı ile bulunur. Her bir faktörün serbestlik derecesi ise seviye sayısının bir eksikliğidir.

$$V_A = k_A - 1$$

V_A = A faktörünün serbestlik derecesi

k_A = A faktörünün seviye sayısı

Ortogonal dizinlerin kolonlarına yerleştirilecek olan etkileşim faktörlerinin seviye sayıları ise temel faktörlerin serbestlik sayılarının çarpımına eşittir.

$$V_{A \times B} = V_A * V_B = (k_A - 1) (k_B - 1)$$

$V_{A \times B}$ = AxB faktörünün serbestlik derecesi

Faktör grubunun serbestlik derecesi ise her bir faktörün serbestlik derecelerinin toplamına eşittir.

$$V_T = V_A + V_B$$

Faktör grubunun serbestlik derecesi belirlendikten sonra, serbestlik sayısının uygun düştüğü deneme sayısına sahip olan tasarım seçilir. Serbestlik sayısı en fazla, seçilecek olan ortogonal dizinin deneme sayısından bir eksik olabilir. Ortogonal dizinlerin gösterildiği $L_a(b^c)$ standart ifadesinde a deney tasarımında kullanılacak deney sayısını ifade ettiğinden faktör grubunun serbestlik derecesi ve a arasındaki ilişki aşağıda verildiği gibi olacaktır.

$$V_T < a - 1$$

Örneğin 2 seviyeli 3 faktörün olduğu bir deney tasarımı uygulamasında toplam serbestlik derecesi $1+1+1=3$ olacaktır. Bu durumda yapılacak deney sayısı en az 4 olmalıdır. Buna karşılık gelen ortogonal dizin ise $L_4(2^3)$ ortogonal dizini olacaktır.

Karışık seviyeli tasarımlar için gerekli görüldüğü durumlarda kullanılan standart ortogonal dizinin sütun seviye sayıları arttırılabilir veya azaltılabilir.

Ortogonal dizimler L harfi arkasına deney sayısı eklenerek gösterilir. Şekil 3.3’ te MINITAB programındaki faktör ve seviye sayılarına göre hangi ortogonal dizilimin seçilmesi gerektiğini göstermektedir.

Designs	Single-level designs			
	2 level	3 level	4 level	5 level
L4	2-3			
L8	2-7			
L9		2-4		
L12	2-11			
L16	2-15			
L16			2-5	
L25				2-6
L27		2-13		
L32	2-31			

Şekil 3.3: Taguchi faktör ve seviye sayılarına göre ortogonal dizilim seçim tablosu.

3.5.4 Deneyin Uygulanması ve Verilerin Analizi

Taguchi’ nin öngördüğü şekilde faktörlerin seviyeleri kullanılarak deneyler yapılır, ancak burada karar verilmesi gereken nokta deneylerin tekrarlı yapıp yapılmayacağıdır. Deney sonucunda ölçülen kalite karakteristiği sürekli bir veri ise (sıcaklık, basınç, hız, süre gibi) deneyleri tekrarlamak sadece güvenilirliğini artıracaktır. Ancak kalite karakteristiği süreksiz bir veri ise (açık-kapalı, var-yok, 1-0 gibi) deneyler tekrarlı şekilde yapılmalıdır. Çünkü en küçük bir hata sonuçları büyük ölçüde etkileyecektir (Ross, 1996; Öztop, 2007)

Taguchi yönteminde, kontrol edilebilen faktörlerin farklı seviyelerinin karşılaştırılıp en uygun faktör seviye kombinasyonunun seçilmesini sağlamak için performans istatistiği değerlendirme metodu kullanılır. Performans istatistiklerinden bir tanesi S/N (Sinyal/Gürültü) olarak adlandırılan ortalamanın standart sapmaya oranını veren istatistiktir. Kontrol edilemeyen faktörleri tam olarak ölçmek çok zor olduğundan Taguchi S/N oranını hesaplarken yaklaşık fonksiyonlar kullanmakta ve performans karakteristiğinin olması istenilen durumlara göre S/N oranı geliştirmektedir. Taguchi, parametre tasarımının mühendislik uygulamalarında kullanılmak üzere 60’ın üzerinde sinyal gürültü oranı tanımlamıştır (Antony, 2001; Öztop, 2007).

En yaygın olarak bilinen sinyal gürültü oranları şunlardır;

- Daha büyük daha iyi,
- Daha küçük daha iyi
- Nominal en iyi

Bu üç durum için kullanılan formüller aşağıda gösterilmiştir;

- Daha büyük daha iyi;

$$\frac{S}{G} = -10 \cdot \log\left(\sum \frac{y_i^2}{n}\right)$$

- Daha küçük daha iyi;

$$\frac{S}{G} = -10 \cdot \log\left(\sum \frac{1/y_i^2}{n}\right)$$

- Nominal en iyi;

$$\frac{S}{G} = 10 \cdot \log\left(\sum \frac{(y_i/r)^2}{s^2}\right)$$

3.5.5 Doğrulama Deneyi

Son aşamada belirlenen en iyi faktör ve seviye kombinasyonu tekrarlanır. Bu doğrulama deneyleri sonucunda elde edilen değerler beklenen güven aralığının içinde ise bulunan faktör seviye kombinasyonu en iyi performans karakteristiği değerini veren kombinasyondur ve deney tasarımı amacına ulaşmıştır. Ancak doğrulama deneyi sonuçları belirlenen güven aralığı değerleri içerisinde değilse o zaman yapılan deney tasarımında bir başarısızlık vardır. Bu durumda proses tekrar incelenir ve hatalar tespit edilmeye çalışılır. Hataların bulunması ile deney tasarımı tekrar başlatılarak en iyi faktör seviye kombinasyonu bulunmaya çalışılır (Şanyılmaz, 2006).

3.6 Çok Yanıtlı Problemler

Birden fazla değişken ve her değişkenin de birden fazla seviyesi söz konusu olduğu bir problemin en uygun çözüm değerlerinin bulunması çalışmasına "çok seviyeli, çok değişkenli eniyileme problemi" denir. Çok yanıtlı bir deneyden elde edilen verilerin analizi, verilerin çok değişkenli yapısının dikkatli bir şekilde ele alınmasını gerektirmektedir. Diğer bir deyişle, yanıt değişkenleri bireysel ve diğerlerinden bağımsız olarak incelenmemelidir. Yanıtlar arasında var olabilecek ilişkiler, bu tip tek değişkenli incelemelerin anlamsız olmasına neden olur. Bu durumda, birkaç yanıt fonksiyonu eşzamanlı olarak eniyilenmek isteniyorsa, ayrı ayrı eniyilerin elde edilmesi anlamsızdır. Bir yanıt için en iyi olan koşullar, diğer yanıtlar için en iyiden uzak, hatta fiziksel olarak uygulanması olanaksız olabilir (Özler, 1997).

Çok yanıtlı deney tasarımını en iyi şekilde kullanmak için Taguchi Yöntemi'nin uygulanması aşağıdaki maddelere dayanır (Baynal, 2003).

- Çoklu durumlarda nitelik ve kayıp fonksiyonları, her bir yanıt için daima farklıdır. Bu nedenle, her bir yanıt için kayıp, doğrudan karşılaştırılmaz ve toplanamaz.
- Çoklu durumlarda ölçü birimleri, her bir yanıt için farklıdır. Dolayısıyla, her bir yanıtın her biriminin neden olduğu kayıp farklı olabilir.
- Çoklu durumlarda önem, her bir yanıt için farklıdır.

Çok yanıtlı problemin çözülmesi için, bir eniyileme prosedürü aşağıda açıklanmaktadır. Bu eniyileme prosedürü dört aşamayı içermektedir (Tong, Su ve Wang, 1997);

Adım 1: Kalite Kaybını Hesaplamak

Adım 2: Çok Yanıtlı Sinyal-Gürültü (MRSN) Oranını Belirlemek

Adım 3: En iyi faktör/seviye kombinasyonunu belirlemek.

Adım 4: Doğrulama deneyinin yapılması

- **Kalite Kaybını Hesaplama**

Bu aşamada, her bir yanıt için Taguchi' ye göre kalite kaybı hesaplanır. Bunun için aşağıdaki formüller kullanılır:

Daha küçük daha iyi yanıtı için;

$$L_{ij} = k_1 \frac{1}{n_i} \sum_{k=1}^{n_i} y_{ijk}^2$$

Daha büyük daha iyi yanıtı için;

$$L_{ij} = k_2 \frac{1}{n_i} \sum_{k=1}^{n_i} \frac{1}{y_{ijk}^2}$$

Nominal en iyi yanıtı için;

$$L_{ij} = k_3 \left(\frac{s_{ij}}{\bar{y}_{ij}} \right)$$

Burada;

L_{ij} = j. denemedeki/deneydeki i. yanıtın kaybı

y_{ijk} = k. tekrar ve j. denemede i. yanıt için gözlenen değer

n_i = i. yanıtın tekrar sayısı

k_1, k_2, k_3 = kalite kayıp katsayıları

$$\bar{y}_{ij} = \frac{1}{n_i} \sum_{k=1}^{n_i} y_{ijk}$$

$$s_{ij} = \frac{1}{n_i - 1} \sum_{k=1}^{n_i} (y_{ijk} - \bar{y}_{ij})^2$$

- **Çok Yanıtlı Sinyal-Gürültü (MRSN) Oranını Belirleme**

Varyasyonun azaltılmasında ilk olarak, her yanıtın kalite kaybının ölçüsünün normalleştirilmesi gerekmektedir. Her yanıt için, her bir denemedeki kalite kaybı, en büyük kalite kaybına bölünür. Normalleştirme ile her yanıt değişkeni için en büyük değer 1 olmaktadır. Normalleştirilen kalite kaybı, 0 ile 1 arasında değişir. Bu yüzden her bir yanıt için kalite kaybı doğrudan toplanabilir. Her denemede normalleştirilen toplam kalite kaybını (TNQL) hesaplamak için her bir yanıtı uygun bir ağırlık verilir. Son olarak elde edilecek çok yanıtlı sinyal – gürültü oranının (MRSN) hesaplanmasında TNQL kullanılır. Kullanılan formüller aşağıda açıklanmıştır;

Adım 1. Her yanıt değişkeni için kalite kaybı normalleştirilir.

$$C_{ij} = \frac{L_{ij}}{L_i^*}$$

$L_i^* = \max\{L_{i1}, L_{i2}, \dots, L_{ij}\}$ dir.

Adım 2: Her deneme/deney için normalleştirilen toplam kalite kaybı hesaplanır.

$$TNQL_j = \sum_{i=1}^m w_i C_{ij}$$

$w_i = i$. normalleştirilen yanıtın ağırlığı ($i = 1, 2, \dots, m$)

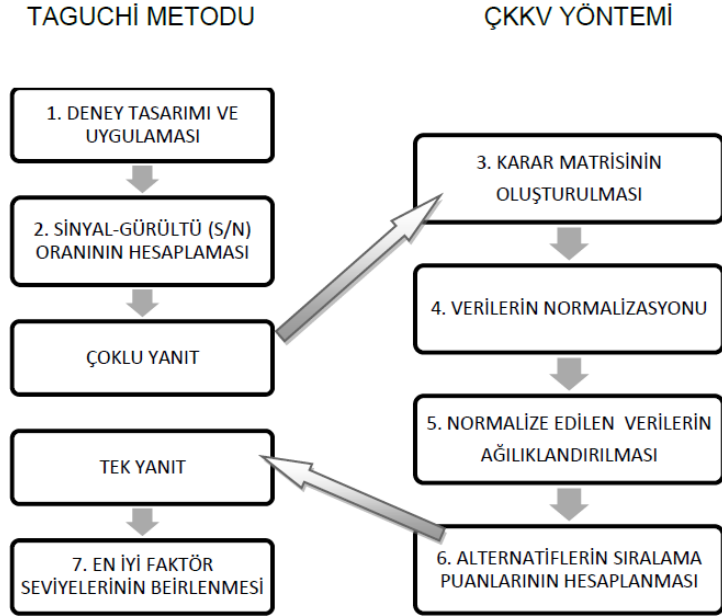
Adım 3: Her deneme/deney için MRSN oranını hesaplanır.

$$MRSN_j = -10 \log_{10}(NTNQL_j)$$

Yanıt ağırlıklarının belirlenmesinde çok kriterli karar verme yöntemleri kullanılabilir. ÇKKV yöntemlerinden AHP (Analytik Hiyerarşi Prosesi), GRA (Grey Relational Analysis/Gri İlişkisel Analiz), TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution), PROMETHEE (Preference Ranking Organisation Method for Enrichment Evaluations), MOORA (Multi-objective Optimization on the basis of Ratio Analysis), VIKOR (Vise Kriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje) ve ELECTRE (Elimination and Choice Expressing Reality) bu aşamada kullanılabilir.

Taguchi yöntemi tek başına sadece tek performans yanıtının eniyilenmesinde kullanılan bir yöntemdir. ÇKKV yöntemleri Taguchi yöntemiyle birlikte kullanılarak

birden çok performans yanıtı tek bir yanıtla dönüştürülür. Böylece problem tek yanıtlı bir eniyileme problemi haline gelmiş olur. Şekil 3.4' te adım 1,2 ve 7 Taguchi yöntemlerinin genel prosedürünü göstermektedir. Adım 3-6 ise ÇKKV yönteminin genel uygulama adımlarını ifade etmektedir (Yıldırım, 2011).



Şekil 3.4: ÇKKV yöntemleri tabanlı Taguchi yöntemi uygulama prosedürü.

• Eniyi Faktör/Seviye Kombinasyonunu Belirleme

En iyi faktör/seviye kombinasyonunun belirlenmesinde aşağıdaki adımlar uygulanır;

Adım 1: Faktör etkilerini hesapla

1. MRSN değerleri üzerinden faktör etkilerini çiz ve ana etkileri çizelgele.
2. Nominal en iyi durum için ortalama yanıt değerleri üzerinden faktör etkilerini çiz ve ana etkileri çizelgele.

Adım 2: En iyi kontrol faktörlerini ve bunların seviyelerini belirle.

1. MRSN üzerinde anlamlı etkisi olan kontrol faktörünü bul.
2. Her bir kontrol faktörü için MRSN üzerinde enbüyük değere sahip olan eniyi seviyeyi belirle.

Adım 3: En iyi ayarlama faktörlerini belirle: Eğer çok yanıtlı problemlerde nominal en iyi karakteristiği varsa, uygun ayarlama faktörleri tanımlanmalıdır. Dört durum vardır:

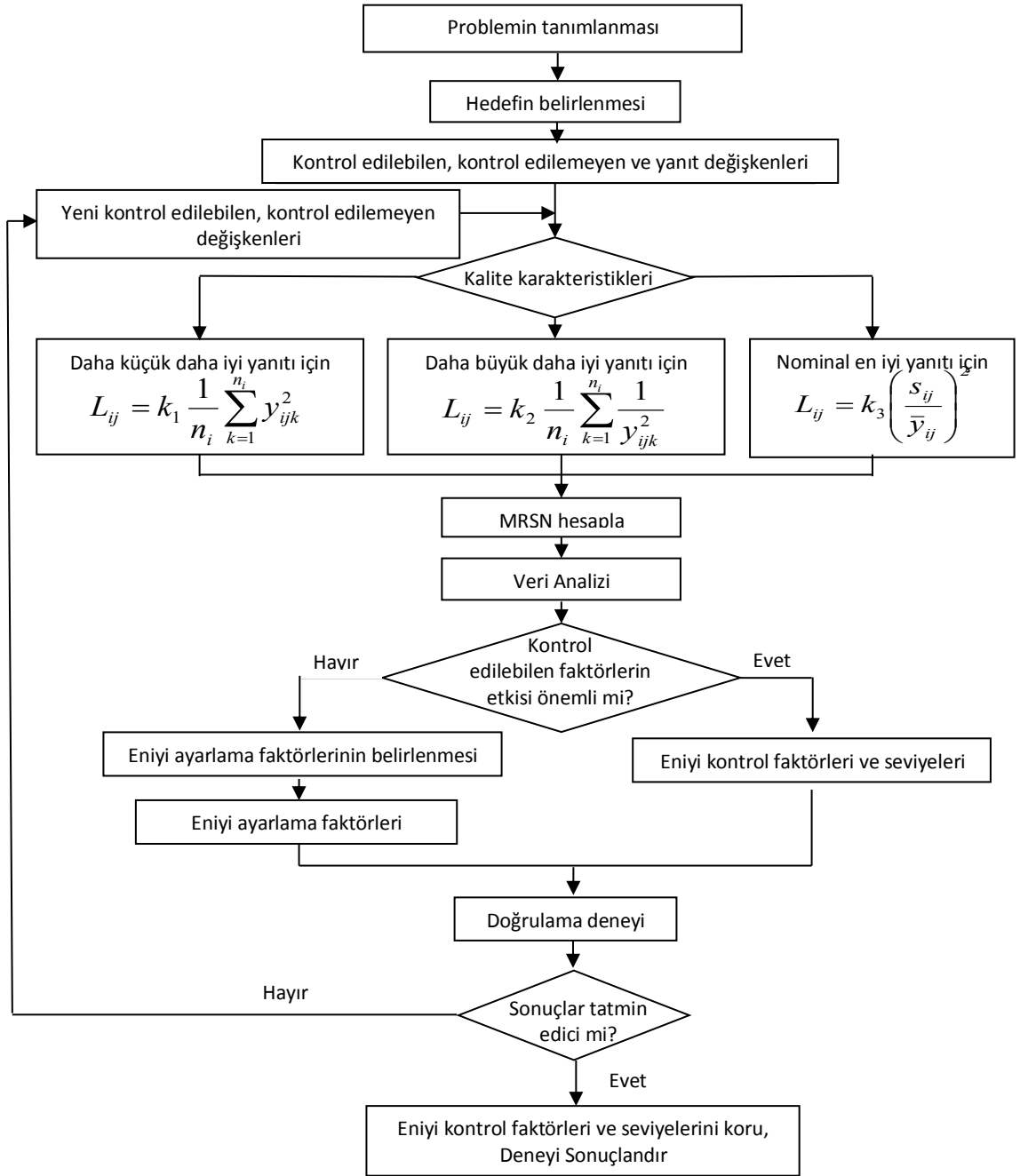
1. Daha küçük daha iyi ve nominal en iyi karakteristiklerinin eniyilenmesi durumu
2. Daha büyük daha iyi ve nominal en iyi karakteristiklerinin eniyilenmesi durumu
3. Daha küçük daha iyi, daha büyük daha iyi ve nominal en iyi karakteristiklerinin eniyilenmesi durumu
4. Hepsinin nominal en iyi karakteristiklerinin eniyilenmesi durumu.

Aşağıda açıklanan iki gereksinimi karşılayan bir faktör, 1., 2. ve 3. durumlar için bir ayarlama faktör olarak seçilebilir. Birincisi, nominal en iyi karakteristikler için, MRSN' de anlamlı etkiye sahip olmayan, fakat ortalama yanıt üzerinde anlamlı etkiye sahip olan herhangi bir faktör, ayarlama faktörü için aday olarak seçilebilir. İkincisi, ayarlama faktörü, ortalama hedef değere getirmek için kullanıldığı zaman, kalite karakteristiklerinin iyileştirildiği yön, daha küçük daha iyi ve daha büyük daha iyi durumlarının amacını eşzamanlı olarak karşılamalıdır. MRSN' de anlamlı etkiye sahip olmayan, aday faktörün kalite karakteristiği için ortalama yanıt üzerinde etkiye sahip olan ve diğer kalite karakteristikleri için ortalama yanıt üzerinde bir etkiye sahip olmayan herhangi bir faktör 4. durum için ayarlama faktörü olarak seçilebilir (Baynal, 2003).

- **Doğrulama Deneyinin Yapılması**

Doğrulama deneyi, deneyde elde edilen eniyi durumun gerçekten bir iyileştirme sağladığını kanıtlamak için yapılır. Deneylerin tasarımında bazı varsayımlar yapılır. Yanlış varsayımları engellemek için doğrulama deneyleri yapılır. Eğer sonuçlar belirlenen güvenli aralıkların dışında kalırsa sebepleri aranır ve gerekli tedbirler alınır. Aksi takdirde varsayımlar doğru olarak kabul edilir. Eniyi tasarım değerleri ve başlangıç tasarım değerlerine ait sonuçlar karşılaştırıldığında, eğer önemli bir ilerleme varsa o deney tatmin edicidir; aksi durumda iyileştirme için yeni arayışlara girilir.

Taguchi yönteminde çok yanıtlı problemlerin çözümü için eniyileme prosedürü Şekil 3.5’ de verilmiştir (Tong, Su ve Wang, 1997).

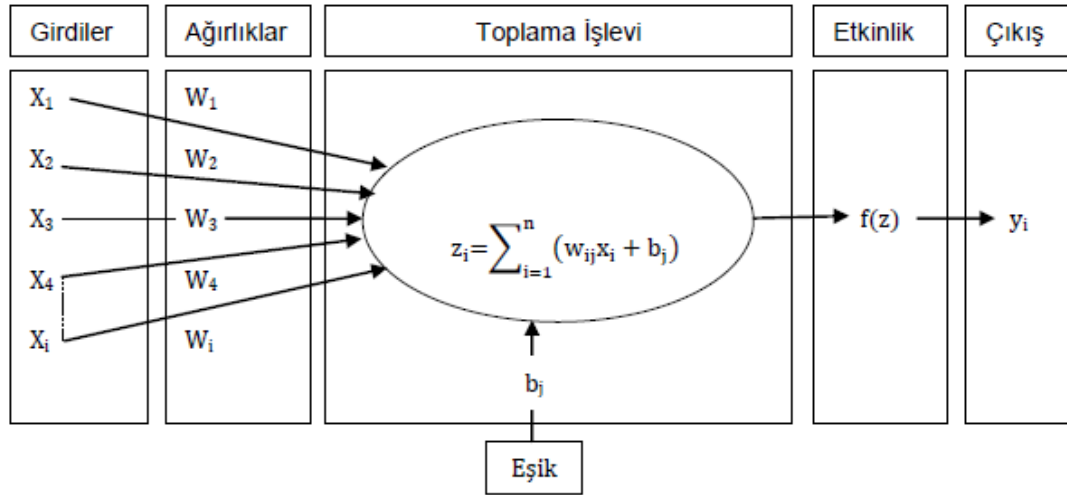


Şekil 3.5: Taguchi yöntemi’nde çok yanıtlı problemler için eniyileme prosedürü.

4. YAPAY SINİR AĞLARI

İnsanlığın doğayı araştırma ve taklit etme çabalarının en son ürünlerinden bir tanesi Yapay Sinir Ağları (YSA) teknolojisidir. YSA, basit biyolojik bir sinir sisteminin çalışma şeklini simüle etmek için tasarlanan programlardır. Simüle edilen sinir hücreleri (nöronlar) içerirler ve bu nöronlar çeşitli şekillerle birbirine bağlanarak ağı oluştururlar. Bu ağlar öğrenme, hafızaya alma ve veriler arasındaki ilişkiyi ortaya çıkarma kapasitesine sahiptirler. Diğer bir ifadeyle, YSA' ları, normalde bir insanın düşünme ve gözlemlemeye yönelik doğal yeteneklerini gerektiren problemlere çözüm üretmektedir. Bir insanın, düşünme ve gözleme yeteneklerini gerektiren problemlere yönelik çözümler üretebilmesinin temel sebebi ise insan beyninin ve dolayısıyla insanın sahip olduğu yaşayarak veya deneyerek öğrenme yeteneğidir (Kubat, 2012).

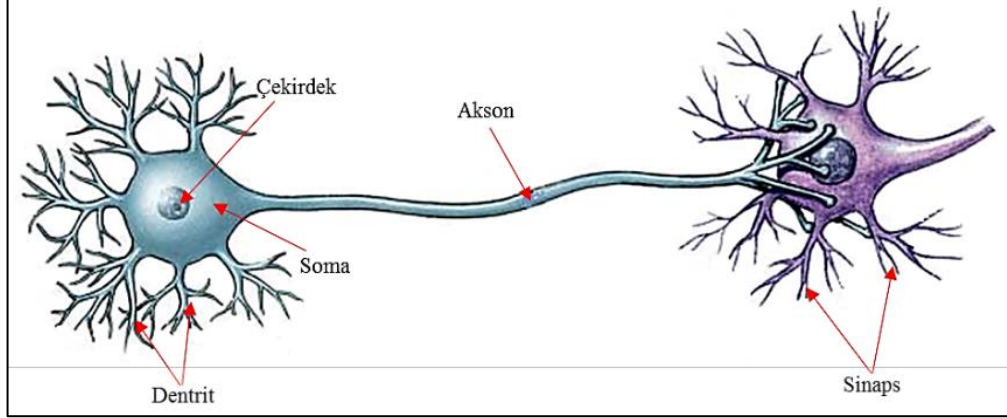
YSA'nın çalışmasına esas teşkil eden en küçük birimler yapay sinir hücresi ya da işlem elemanı olarak isimlendirilir. En basit yapay sinir hücresi Şekil 4.1' deki gibi girdiler, ağırlıklar, toplama (birleştirme) fonksiyonu, aktivasyon (etkinlik) fonksiyonu ve çıkış olmak üzere 5 ana bileşenden oluşmaktadır (Deveci, 2012).



Şekil 4.1: Yapay sinir hücresi.

Girdiler x_i sembolüyle gösterilmektedir. Girdilerin her biri ağırlık (w_{ij}) ile çarpılır ve eşik değeri (b_j) ile toplanır. Daha sonra sonucu oluşturmak üzere etkinlik işlevi veya aktivasyon fonksiyonuyla işlem yapılarak y_i çıkışı elde edilmektedir.

Bir sinir hücresi; diğer sinir hücrelerinden gelen uyarıları sinapsları üzerinde dentritlere alır. Dentritler sinyalleri hücre gövdesine iletir. Hücre gövdesi de gelen sinyalleri birbirine kuvvetlendirme ve zayıflatma etkilerine göre işlerler. Eğer sinyaller bir eşik değerini aşabilirlerse aksona yollarırlar aksi halde sinyal gönderilmez. Şekil 4.2’ de bir biyolojik sinir hücresi ve bileşenleri gösterilmiştir.



Şekil 4.2: Biyolojik sinir hücresi ve bileşenleri.

YSA kavramı, beynin çalışma ilkelerinin sayısal bilgisayarlar üzerinde taklit edilmesi fikri ile ortaya çıkmıştır. YSA’ nın gücü paralel işlem yapabilme, öğrenebilme ve genelleme kabiliyetinden ileri gelir. YSA da öğrenme kabiliyeti ağırlıkların (w_i) değişmesi ile olur. YSA’ da ağırlıklar bilginin tutulduğu yerlerdir. Ağırlıklar belli bir değerin altına indiğinde “w” sabit kalır ve YSA kullanılabilir duruma gelir (Kubat, 2012). Biyolojik sinir hücresinde bulunan bileşenlerin YSA’ da ne anlama geldiği Tablo 4.1’ de verilmiştir.

Tablo 4.1: YSA ve sinir sistemi elemanlarının karşılaştırılması.

Sinir sistemi elemanları	Yapay sinir ağı elemanları
Sinir	Yapay sinir hücresi
Sinaps	Ağırlıklar
Dentrit	Toplama fonksiyonu
Hücre Gövdesi	Transfer fonksiyonu
Aksonlar	Elaman çıkışı

4.1 Yapay Sinir Ağlarının Gelişimi

YSA' ların günümüze kadar gelen süreçte yaşadığı gelişimi Tablo 4.2' de bulunmaktadır (Bilen, 2014).

Tablo 4.2: YSA' nın tarihsel süreçte ilerlemesi.

Yıl	Çalışma
1880	İnsan beyninin yapısı ve fonksiyonları ile ilgili ilk yayının yazılması
1911	İnsan beyninin sinir hücrelerinden oluştuğu fikrinin benimsenmesi
1943	Yapay sinir hücrelerine dayanan hesaplama teorisinin ortaya atılması ve eşik değerli mantıksal devrelerin geliştirilmesi
1949	Öğrenme prosedürünün bilgisayar tarafından gerçekleştirilecek şekilde geliştirilmesi
1956-1962	ADALINE ve Widrow-Hoff öğrenme algoritmasının geliştirilmesi
1957-1969	Tek katmanlı algılayıcıların yetersizliğinin ispatlanması
1965	İlk makine öğrenmesi kitabının yayınlanması
1967-1969	Bazı gelişmiş öğrenme algoritmalarının geliştirilmesi
1969	Korelasyon matris belleğinin geliştirilmesi
1974	Geriye yayılım modelinin geliştirilmesi
1978	ART modelinin geliştirilmesi
1982	Çok katmanlı algılayıcının geliştirilmesi
1984	Boltzman Makinesinin geliştirilmesi
1988	RBF modelinin geliştirilmesi
1991	GNNN modelinin geliştirilmesi

4.2 Yapay Sinir Ağlarının Özellikleri

YSA hesaplama ve bilgi işleme gücünü, paralel dağılmış yapısından, öğrenebilme ve genelleme yeteneğinden aldığı söylenebilir. Genelleme, eğitim ya da öğrenme sürecinde karşılaşılmayan girişler için de YSA'nın uygun tepkileri üretmesi olarak tanımlanır. Bu üstün özellikleri, YSA'nın karmaşık problemleri çözebilme yeteneğini gösterir. Günümüzde birçok bilim alanında YSA, aşağıdaki özellikleri nedeniyle etkin olmuş ve uygulama yeri bulmuştur. Yapay sinir ağlarının karakteristik özellikleri uygulanan ağ modeline göre değişmektedir. Bütün modeller için geçerli olan genel karakteristik özellikler aşağıdaki gibi sıralanabilir;

- Yapay sinir ağları makine öğrenmesi gerçekleştirirler. Temel işlevi bilgisayarların öğrenmesini sağlamaktır. Olayları öğrenerek benzer olaylar karşısında benzer kararlar vermeye çalışırlar.
- Yapay nöronların lineer olmama özelliği yapay sinir ağlarının doğadaki hemen hemen her probleme uygulanabilmesini sağlamaktadır. Ağ yapısı içerisinde

kullanılan lineer olmayan transfer fonksiyonları tarafından bu özellik yapay sinir ağlarına kazandırılır.

- Programları çalışma stili bilinen programlama yöntemlerine benzememektedirler.
- Yapay sinir ağları, sınırsız sayıda değişken ve parametre ile çalışabilmektedir. YSA ile, sonsuz sayıda değişkeni, her biri sadece gerektiği anda, gerektiği kadar kullanabilecek şekilde eğitilebilmektedir.
- Yapay sinir ağlarında bilgi ağın bağlantılarının değerleri ile ölçülmekte ve bağlantılarda saklanmaktadır. Diğer programlarda olduğu gibi veriler bir veri tabanında veya programın içinde gömülü değildir.
- Yapay sinir ağlarının olayları öğrenebilmesi için o olay ile ilgili örneklerin belirlenmesi gerekmektedir. Örnekleri kullanarak ilgili olay hakkında genelleme yapabilecek yeteneğe kavuşturulurlar.
- Yapay sinir ağlarının güvenle çalışabilmesi için önce eğitilmeleri ve performanslarının test edilmesi gerekmektedir. Ağı eğitmek için elde bulunan örnekler eğitim ve test seti olmak üzere 2 sete bölünürler. Her ağ önce eğitim seti ile eğitilir. Ağ bütün örnekler doğru cevap vermeye başlayınca eğitim tamamlanmış kabul edilir. Daha sonra ağın hiç görmediği test setindeki örnekler ağa sorularak verdiği cevaplara bakılır. Eğer hiç görmediği örnekler kabul edilebilir bir doğrulukta ise ağın performansı iyi kabul edilir. Eğer ağın performansı yetersiz görülürse yeniden eğitmek veya yeni örnekler ile eğitmek gibi çözümlere başvurulur.
- Görülmemiş örnekler hakkında bilgi üretebilirler.
- Algılamaya yönelik olaylarda kullanılabilirler.
- Şekil ilişkilendirme ve sınıflandırma yapabilirler.
- Örüntü tanımlama gerçekleştirebilirler.
- Kendi kendini organize etme ve öğrenebilme yetenekleri vardır.
- Yapay sinir ağları kendileri eğitildikten sonra eksik bilgiler ile çalışabilir ve gelen yeni örneklerde eksik bilgi olmasına rağmen sonuç üretebilirler. Yapay sinir ağları eksik bilgi ile çalışması performanslarının düşeceği anlamına gelmez. Performansın düşmesi eksik olan bilginin önemine bağlıdır. Hangi bilginin önemli olduğunu ağ eğitim sırasında kendisi öğrenir.

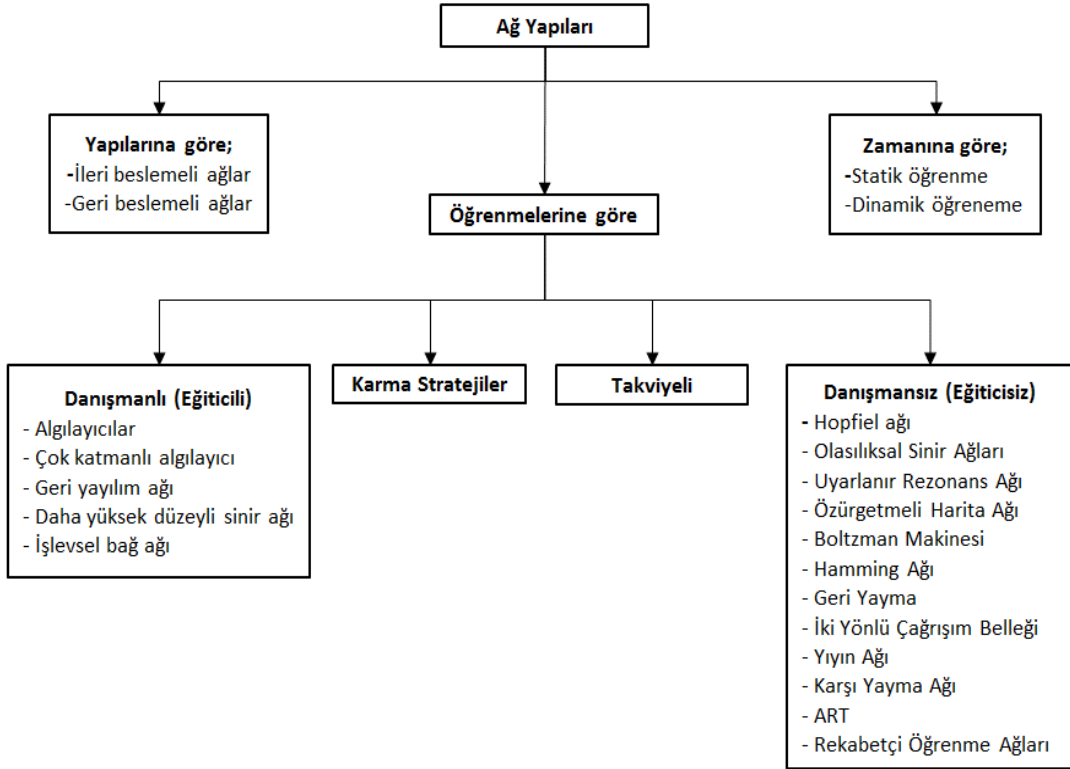
- Yapay sinir ağlarının eksik bilgi ile çalışabilme yetenekleri hatalara karşı toleranslı olmalarını sağlamaktadır.
- Yapay sinir ağlarının belirsiz bilgileri işleyebilme yeteneği vardır. Olayları öğrendikten sonra belirsizlikler altında ağlar öğrendikleri olaylar ile ilgili ilişkileri kurarak kararlar verebilirler.
- Hatalara karşı toleranslı olma özelliği sayesinde bozulmalarının da dereceli olmasına neden olmaktadır.
- Yapay sinir ağlarında bilgi, ağa yayılmış durumdadır ve hücrelerin birbirleri ile bağlantılarının değerleri ağın bilgisini gösterir. Yapay sinir ağları, dağıtık bellekte bilgi saklayabilmektedir.
- Yapay sinir ağları paralel olarak işlem yapabileceklerinden gerçek zamanlı olarak çalışabilirler. Çünkü dağıtılmış paralel yapıları sayesinde, birim zamanda çok daha fazla veriyi işleyebilme kabiliyetine sahiptir.
- Sadece nümerik bilgiler ile çalışırlar.

YSA' nın yukarıdaki maddelerde açıklandığı gibi birçok avantaja sahiptirler. Matematiksel olarak modellemenin mümkün olmayan problemleri modelleyerek çözebilirler. Örneklerin dışında herhangi bir ön bilgiye ihtiyaç yoktur. Bu özelliklerinden dolayı yapay sinir ağları maliyet bakımından ucuz, zaman bakımından verimli çalışırlar. Yapay sinir ağları uygulamalarının maliyetinin daha ucuz olması seçilme sebebi olabilir (Symeonidis, 2000). Ancak bunların dışında bazı dezavantajları da bulunmaktadır. Bunlar;

- Ağın davranışının açıklanması mümkün değildir, bu durumda ağa olan güveni azaltmaktadır.
- Yapay sinir ağlarının oluşturulmasında, model seçilmesinde, ağın topolojisinin, parametre değerlerinin, eğitim örneklerinin seçiminin belirlenmesinde bir kural yoktur. Kullanıcının tecrübesine dayalı olarak belirlenmektedir.
- Ağın eğitiminin ne zaman bitirilmesi gerektiğine ilişkin belli bir yöntem yoktur.
- Problemlere optimum sonuçlara ulaşılabileceğini garanti vermez. İyi sonuçlardan birisidir denebilir.

4.3 Yapay Sinir Ağlarının Sınıflandırılması

Yapay sinir ağları işleyiş olarak birbirine benzemesine rağmen, ağın mimarisi, öğrenme yöntemi ve bağlantı yapıları gibi kriterlerden dolayı farklılık gösterebilmektedir. Genel olarak yapay sinir ağları yapılarına, öğrenme algoritmalarına ve öğrenme zamanına olmak üzere Şekil 4.3' teki gibi üç ana kritere göre sınıflandırılabilir (Elmas, 2003; Öztemel, 2012).



Şekil 4.3: YSA sınıflandırması.

4.4 Yapay Sinir Ağlarının Uygulama Alanları

YSA 'ların teorik konular dışında yaygın uygulama alanlarına şu örnekler verilebilir (Öztemel, 2012).

- Veri madenciliği
- Optik karakter tanıma ve çek okuma
- Bankalardan kredi isteyen müracaatları değerlendirme
- Ürünün pazardaki performansının tahmin etme
- Kredi kartı hilelerini saptama
- Zeki araçlar ve robotlar için optimum rota belirleme

- Güvenlik sistemlerinde konuşma ve parmak izi tanıma
- Robot hareket mekanizmalarının kontrol edilmesi
- Mekanik parçaların ömürlerinin ve kırılmalarının tahmin edilmesi
- Kalite kontrolü
- İş çizelgeleme ve iş sıralaması
- İletişim kanallarındaki trafik yoğunluğunu kontrol etme ve anahtarlama
- Radar ve sonar sinyalleri sınıflandırma
- Üretim planlama ve çizelgeleme
- Kan hücreleri reaksiyonları ve kan analizlerini sınıflandırma
- Kanseri tanısı koyma
- Çeşitli kronik hastalıkların tanısını koyduracak risk faktörlerini belirleme
- Beyin modellenmesi çalışmaları

Tablo 4.3' te yapay sinir ağları ve bunların uygulama alanları gösterilmiştir (Deveci, 2012).

Tablo 4.3: Yapay sinir ağları ve uygulama alanları.

Uygulama	Ağ Türü
Öngörü (Tahmin)	Geri-Yayılım Ağı
	Delta Bar Delta
	Genişletilmiş Delta Bar Delta
	Yüksek Seviyeli Ağlar
	Özörgütlemeli Harita Ağı
Sınıflandırma	Algılayıcılar
	Geri Yayılım Ağı Algılayıcılar
	Olasılıksal Sinir Ağları
	Kohonen Ağı
Veri Birleştirilmesi	Boltzmann Makinesi
	Hopfield
	Boltzmann Makinesi
	Hamming Ağı
Veri Kavramlaştırılması	İki Yönlü Çağırışım Belleği
	Uyarlanabilir Rezonans Ağı
Veri Süzülmesi	Özörgütlemeli Harita Ağı
Resim veya Görüntü İşleme	Yeniden Dolaşım
	Geri-Yayılım Ağı Algılayıcılar

Ağların hangi alanlarda kullanılabileceğinin bilinmesi kadar hangi problem için hangi ağın daha uygun olacağını bilmesi de önemlidir. Tablo 4.4' te ağların hangi alanlarda daha başarılı olarak uygulandığı bilgi bulunmaktadır.

Tablo 4.4: Ağların başarılı oldukları alanlar

Kullanım Amacı	Ağ Türü	Ağın Kullanımı
Tahmin	<ul style="list-style-type: none">• ÇKA (Çok Katmanlı Algılayıcı)	Ağın girdilerinde bir çıktı değerinin tahmin edilmesi
Sınıflandırma	<ul style="list-style-type: none">• LVQ• ART• Olasılık Sinir Ağları (PNN)	Girdilerin hangi sınıfa ait olduklarının belirlenmesi
Veri ilişkilendirme	<ul style="list-style-type: none">• Hopfield• Boltzmann Machine• Bidirectional associative Memory (BAM)	Girdilerin içindeki hatalı bilgilerin bulunması ve eksik bilgilerin tanımlanması

4.5 Yapay Sinir Ağının Çalışma Prosedürü

ÇKA ağlarının çalışması şu aşamaları içermelidir:

1. Örneklerin toplanması: Ağın çözmesi istenilen olay için daha önce gerçekleşmiş örneklerin bulunması aşamasıdır. Ağın eğitilmesi için örnekler toplandığı gibi ağın test edilmesi içinde örneklerin toplanması gerekmektedir. Ağ eğitilirken test seti ağa gösterilmez. Eğitim setindeki örnekler tek tek gösterilerek ağın olayı öğrenmesi sağlanır. Ağ olayı öğrendikten sonra test seti ile ağın performansı ölçülür.
2. Ağın topolojik yapısının belirlenmesi: Ağın katman sayısı ve bu katmanlarda bulunacak işlem elemanlarının sayısı belirlenir.
3. Öğrenme parametrelerinin belirlenmesi: Öğrenme ve momentum katsayısı ile toplama ve aktivasyon fonksiyonları belirlenir.
4. Ağırlıkların başlangıç değerlerinin atanması: Proses elemanlarını birbirine bağlayan ağırlık değerlerinin ve eşik değer ünitesinin ağırlıklarının başlangıç değerine ataması yapılır.
5. Öğrenme setinden örneklerin seçilmesi ve ağa gösterilmesi: Öğrenme setindeki örnekler ağa gösterilerek ağın öğrenmesi sağlanır.
6. Öğrenme sırasında ileri hesaplamaların yapılması: Girişe uygulanan vektör için çıktı değerleri ve ağın ürettiği hata değeri belirlenir.
7. Gerçekleşen çıktıyla beklenen çıktının karşılaştırılması: Gerçekleşen çıktı ile beklenen çıktı değerleri karşılaştırılır ve aradaki fark ağın hatası olur.
8. Ağırlıkların değiştirilmesi: Geriye doğru hesap adımları gerçekleştirilerek hata ağın bağlantı ağırlıklarına yayılır.

Yapılan çalışmalar ve tecrübeler bir ÇKA ağının performansını etkileyen unsurların şunlar olduğunu göstermektedir; (Öztemel, 2012)

- Örneklerin seçilmesi,
- Girdi ve çıktıların ağa gösterimi,
- Girdilerin nümerik gösterimi,
- Çıktıların nümerik gösterimi,
- Başlangıç değerlerin atanması,
- Öğrenme ve momentum katsayılarının belirlenmesi,
- Örnekleri ağa sunması,
- Ağların değiştirilme zamanları,
- Girdi ve çıktıların ölçeklendirilmesi,
- Durdurma kriterlerinin belirlenmesi,
- Ara katmanların ve her katmandaki proses elemanlarının sayısının belirlenmesi,
- Ağların büyütülmesi veya budanması.

5. ALÜMİNYUM SEKTÖRÜ'NDE FAALİYET GÖSTEREN BİR FİRMAKİ EKSTRÜZYON PROSESİNDE TAGUCHİ YÖNTEMİNİN UYGULANMASI

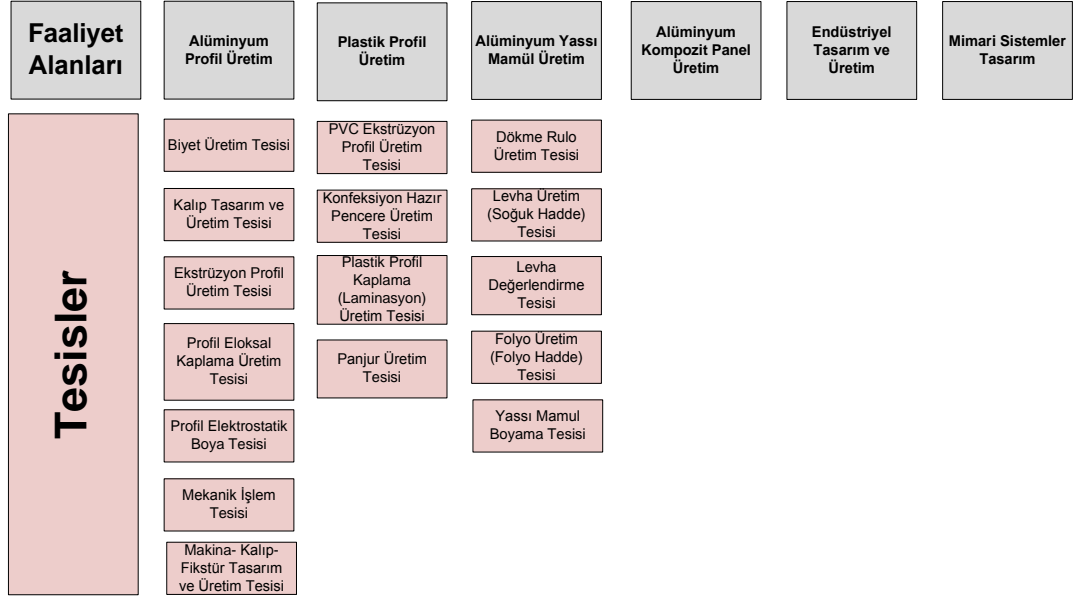
Bu bölümde ilk olarak uygulamanın yapıldığı işletmenin faaliyet alanları hakkında genel bilgi verilmiş ve ekstrüzyon prosesi açıklanmıştır. Daha sonra sırasıyla Taguchi yönteminin uygulama adımları, çok yanıtlı deney tasarımı yöntemi ve YSA kullanılarak elde edilen sonuçlar ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

5.1 Uygulamanın Yapıldığı Firma Hakkında Genel Bilgi

Bu çalışma alüminyum sektöründe faaliyet gösteren bir firmanın ekstrüzyon prosesinde yapılmıştır. İşletme alüminyum profil üretimi, plastik profil üretimi, alüminyum yassı mamul üretimi, alüminyum kompozit panel üretimi, endüstriyel tasarım ve üretim ve mimari sistemler tasarımı alanlarında faaliyet göstermektedir. 75.000 ton/yıl alüminyum profil üretim kapasitesi, 100.000 ton/yıl alüminyum boyalı levha ve folyo kapasitesi, 10.000.000 m²/yıl kompozit panel üretim kapasitesi, 25.000 ton/yıl PVC profil kapasitesi bulunmaktadır. Tesisin genel görünümü Şekil 5.1' de, faaliyet alanları Şekil 5.2' de bulunmaktadır.



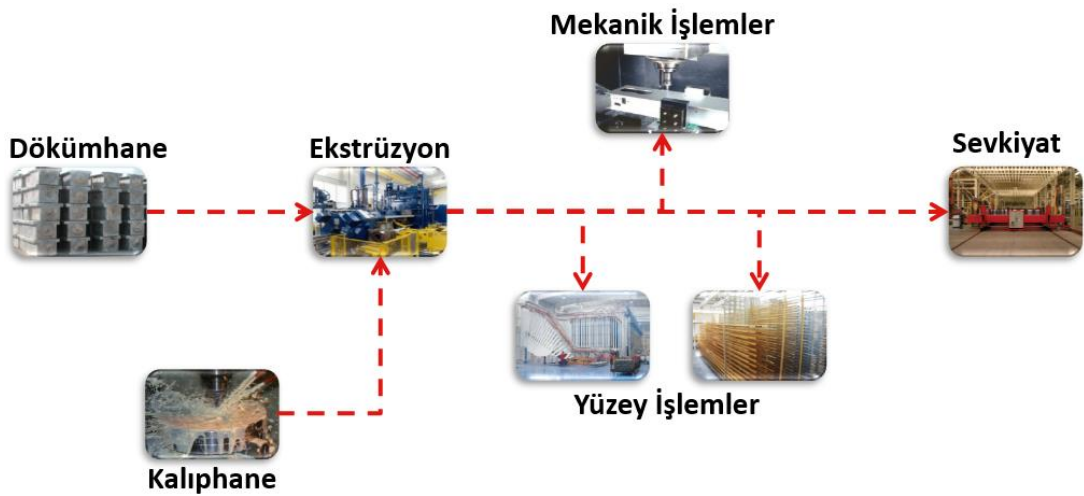
Şekil 5.1: Uygulamanın yapıldığı işletmenin genel görünümü.



Şekil 5.2: İşletmenin faaliyet alanları ve tesisleri.

5.2 Proses Hakkında Genel Bilgi

Ekstrüzyon fabrikasına ait üretim süreci Şekil 5.3' teki gibidir. Dökümhanede biyet üretimi gerçekleştirildikten sonra uygun kalıba göre ekstrüzyon üretimi gerçekleştirilir. Profil ekstrüzyon işleminden sonra başka bir işlem uygulamadan veya mekanik işlem ve yüzey işlem (toz boya, eloksal) uygulandıktan sonra müşterilere sevk edilebilmektedir. Proses aşamaları hakkında detaylı bilgi alt bölümde açıklanmıştır.



Şekil 5.3: Ekstrüzyon proses akışı.

5.2.1 Biyet Üretim Tesisi (Dökümhane)

Biyet üretim tesislerindeki faaliyetler sırasıyla ergitme, alaşımlandırma, gaz giderme, filtrasyon, döküm ultrasonik muayene, homojenizasyon ve proseslerini kapsamaktadır. Metal hazırlama işlemi ergitme fırınına ingot ve alaşım elementlerinin ilavesi ile başlar. Ergitme işlemi sırasında ergimiş metal uygun aralıklarla karıştırılıp dinlendirilerek eriyik metalde mevcut oksit ve diğer inklüzyonlar curuf olarak alınır. Eriyik döküm için yolluklar aracılığı ile döküm masasına yönlendirilirken eriyik içerisindeki hidrojen gazı gaz alma sisteminde eriyik metalin argon (Ar) gazı ile karıştırılması ile giderilir. Eriyik içerisindeki inklüzyonlar ise döküm öncesi kullanılan yatay filtreleme sistemi ile filtrelenir. Eriyik metalin katılaşmasında heterojen çekirdeklenmeyi sağlamak amacıyla tane incelticiler kullanılır. Tane inceltici alaşımlar otomatik besleme sistemi ile eriyik içerisine beslenir ve eriyik kalıptan geçirilerek dökülür. Eriyik hazırlama işlemi esnasında hazırlanan alaşımın kimyasal bileşimi optik spektroskopi yöntemi ile analiz edilir. Bu işlem için numuneler alınarak standartlara uygunluğu kontrol edilir



Şekil 5.4: Dökümhane üretim tesisi.

5.2.2 Kalıp Tasarım ve Üretim Tesisi

Ekstrüzyon profil üretiminde en önemli süreçlerden biri kalıp tasarım ve üretim sürecidir. Doğru tasarlanmış kalıplar ile ekstrüzyon prosesinin verimliliği sağlanırken aynı zamanda yüksek kalitede profil üretilmesi sağlanabilecektir. Tasarım aşamasında iki ve üç boyutlu CAD çizimleri müşteri beklentileri ve üretim şartları göz önüne alınarak yapılır. Tasarlanan kalıp, uygun çelik malzemesi ile üretilir. Kalıplar değişik

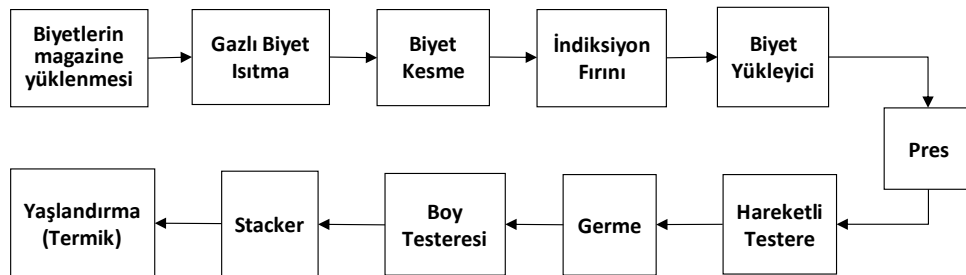
talaşlı işleme teknikleri ile, CAD/CAM programları, CNC kontrollü takım tezgahlarında üretilir ve daha sonra ısıl işlem ile sertleştirilir. Kalıplardan müşteri beklentilerini karşılayacak profilin temin edilip edilmediği kalıpların denenmesi ile sağlanır. Kalıp üretim aşamasında ekstrüzyon proses parametreleri ve seviyeleri (biyet sıcaklığı, boyu, ekstrüzyon hızı ve soğutma koşulları vb.) belirlenir. İlk numune üretimi belirlenen şartlarda gerçekleştirilir ve onay verildikten sonra üretime geçilir.



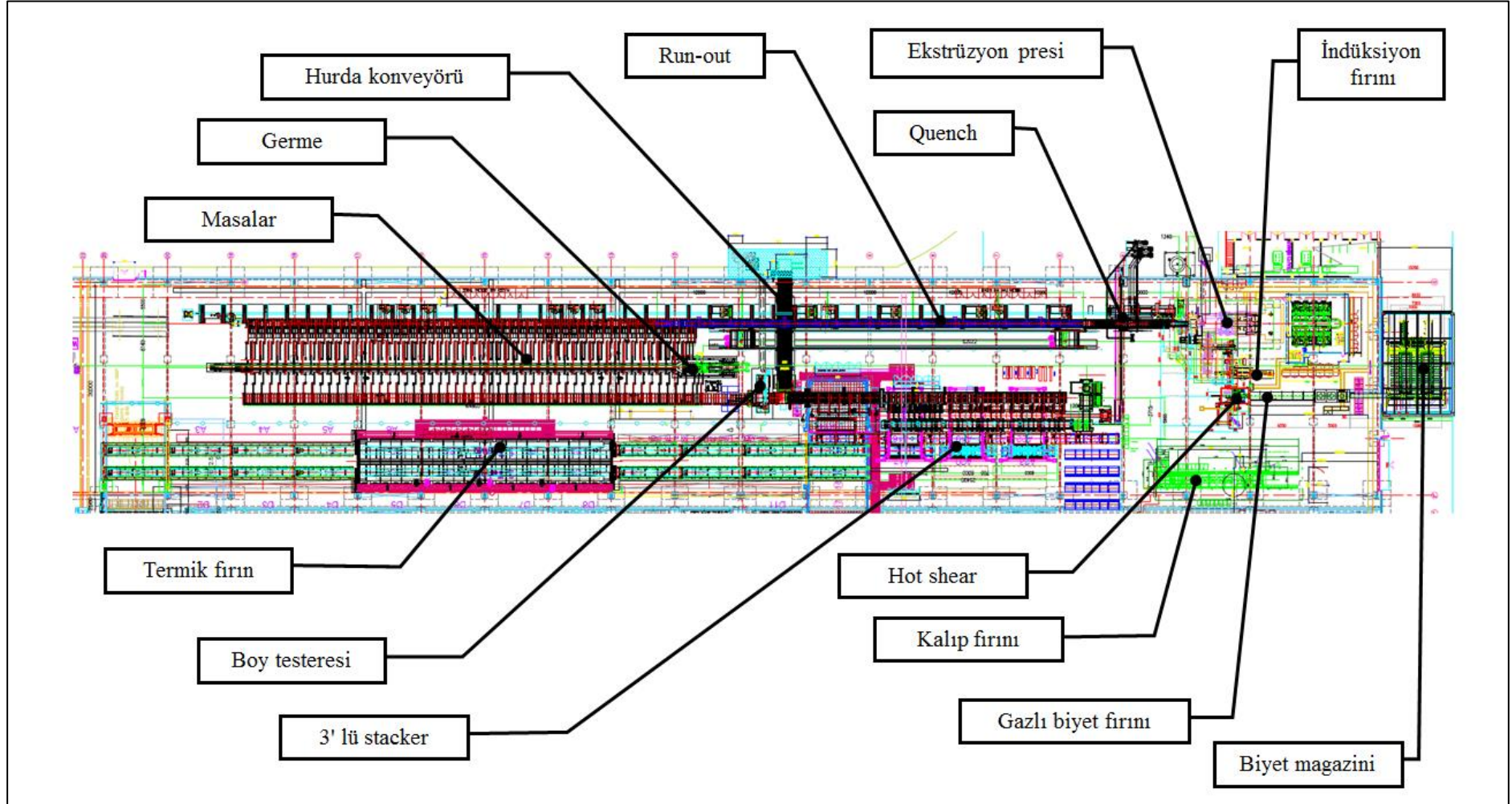
Şekil 5.5: Kalıp tasarım ve üretimi.

5.2.3 Alüminyum Ekstrüzyon- Profil Üretimi

Alüminyum ekstrüzyon profil üretimi biyet üretim tesisinden temin edilen biyetler ve kalıp tasarım ve üretim tesisinde üretilen kalıplar sırasıyla hammadde ve yardımcı malzeme kullanılarak 1250, 1320, 1600, 2200, 2700, 3500 ve 5500 tonluk ekstrüzyon pres hatlarında gerçekleştirilir. Ekstrüzyon iş akışı Şekil 5.6' da, ekstrüzyon pres hattı ve ekipmanları Şekil 5.7' de gösterilmektedir.



Şekil 5.6: Ekstrüzyon iş akışı.



Şekil 5.7: Ekstrüzyon pres hattı ve ekipmanları.

Biyetler ekstrüzyon profil üretim hatlarında öncelikle gaz fırınlarına beslenir ve biyet yaklaşık 450-500°C aralığında ön ısıtmaya tabi tutulur. Gaz fırınında ısıtılan biyetler profilin geometrisi ve verimli profil boyları hesaplanarak 500 mm ve 1600 mm aralığındaki boyutlarda kesilir. Uygun ölçüde kesilen biyetler profil gaz fırını veya indüksiyonla ısıtılmaktadır. İndüksiyon ile ısıtma esnasında kesilen biyetlerde biyet başı ve sonu değişik sıcaklıklara getirilerek konik ısıtma yapılır. Alüminyum ekstrüzyon profil üretimi direkt ekstrüzyon yöntemi ile üretilir. Bu üretim tekniğinde kovana biyet yüklendikten sonra zımba ve "dummy" yardımıyla biyet kalıp içerisine itilerek alüminyum biyetin kalıp içerisinden geçirilmesiyle istenilen profilin geometrisini alması sağlanır. Ekstrüzyon sıcaklığı, ekstrüzyon hızı, ısıl işlem (sıcaklığı ve süresi), soğuma hızı profilin kalitesini etkileyen en önemli parametrelerdir.

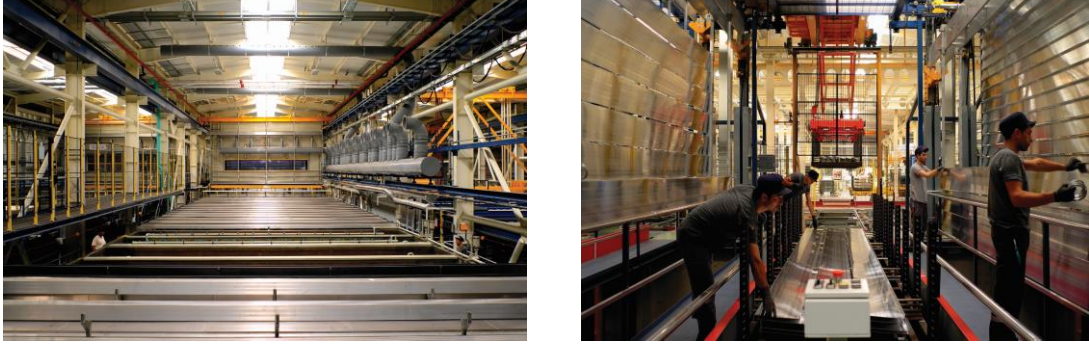
Ekstrüzyon presinde çıkan sıcak profiller, normal hava, kuvvetli hava, spreysel ve kuvvetli hava ile uygun bir şekilde soğutulurak istenen mekanik özelliklerin elde edilmesi sağlanır. Son olarak profiller maksimum 40 m uzunluğunda suni yaşlandırma fırınlarında yaşlandırılırlar. Aşırı doymuş bir katı fazdan zaman ve sıcaklığın etkisi ile yeni bir fazın meydana gelmesi olayına "yaşlanma olayı" denilmektedir. Bu yaşlandırma işlemi sonrasında istenilen mekanik özelliklere ulaşmış ve ulaşmadığı kalite kontrol laboratuvarlarında sertlik ölçümü, elektrik iletkenliği ölçüm, çekme testi gibi testler ile belirlenir.



Şekil 5.8: Ekstrüzyon üretim hattı.

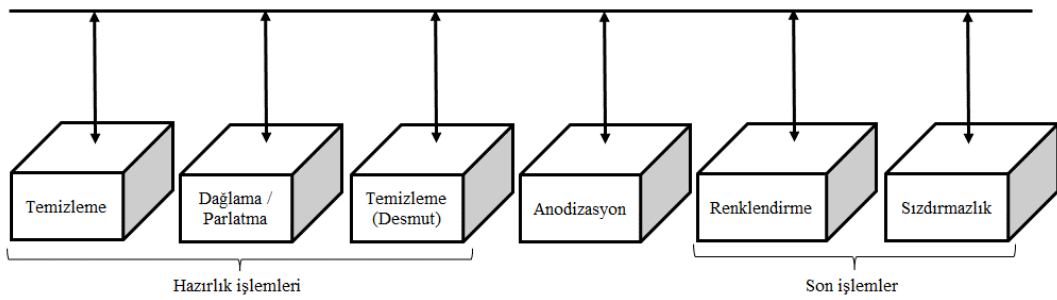
5.2.4 Profil Eloksal Kaplama Üretim Tesisi

Yüzey işlem tesisi; profil yüzey hazırlama üniteleri, eloksal tabaka üretim tesisleri ve toz boya üretim tesislerinden oluşmaktadır. Üretilen ekstrüzyon profilleri, müşteri isteklerine bağlı olarak ekstrüzyon üretimi sonrasında işlem görmeden kullanılabilir gibi zımpara, polisaj, kumlama ve satinaj ile değişik yüzey kalitelerinde kullanılabilir.



Şekil 5.9: Eloksal bölümü.

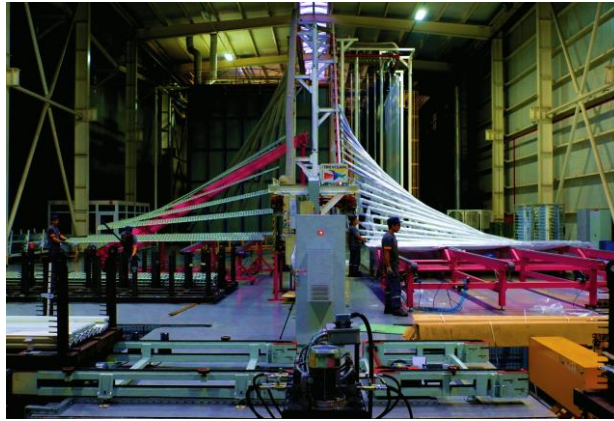
Ekstrüzyon profil hatlarından üretilen profillerin müşteri isteklerine göre yüzeyleri hazırlandıktan sonra alüminyum eloksal üretim tesisinde yüzeylerinde eloksal (anodik oksit) tabakası oluşturulur. Yüzey hazırlama işlemine göre eloksal prosesi sonrasında mat, parlak ve/veya renkli yüzeyler oluşturulur. Bu yüzeyler hem dekoratif hem de korozyon ve aşınma dirençli yüzeylerdir. İşletmede 8 metre ve 15 metre olmak üzere iki adet eloksal üretim tesisi bulunmaktadır.



Şekil 5.10: Eloksal tesisinin basitleştirilmiş işlem şeması.

5.2.5 Profil Elektrostatik Boya Tesisi

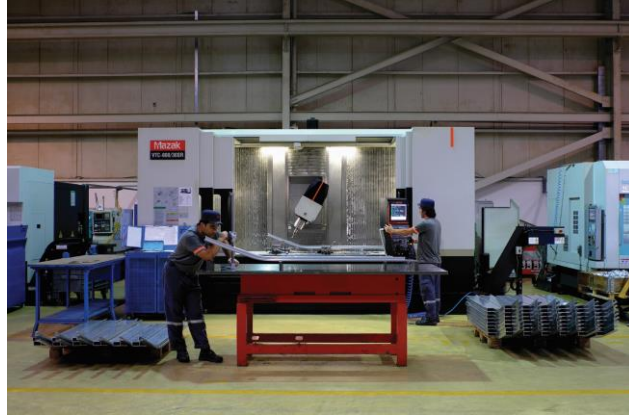
Ekstrüzyon tesisinde üretilen profillerin yüzeyleri boya yapışma kabiliyetini arttırmak, profil yüzeylerindeki kir ve tozları arındırmak için öncelikle kimyasal olarak ön yıkama işlemine tabi tutulur. Yüzeyi temizlenmiş profiller daha sonra elektrostatik olarak yüklenmiş toz boya partikülleri robotlar ile profil yüzeyine homojen olarak püskürtülerek kaplanır. Yüzeyi toz partikülleri ile kaplanmış profiller uygun sıcaklıklarda ve sürelerde fırınlanarak pişirilir. Elektrostatik toz boya ile boyanan profiller, dekoratif görünümünün yanı sıra ultraviyole ışınlar ve ani sıcaklık değişimlerine de çok iyi dayanım göstermektedirler. Profil yüzeyinde oluşturulmuş boyanın fiziksel özellikleri (kaplama kalınlığı, yüzey pürüzlülüğü), mekanik özellikleri (sertlik, darbe, çentik ve yapışma testi) ve optik özellikleri (parlaklık ve renk sapması) ölçülerek kalite kontrolü yapılır.



Şekil 5.11: Profil elektrostatik boya tesisi.

5.2.6 Mekanik İşlem Tesisi

Ekstrüzyon profil üretim tesisinden tedarik edilen profiller mekanik işlem ve birleştirme tesisinde hassas işleme kabiliyetine sahip makina-ekipman alt yapısı ile işlenmekte ve kaynak, perçin vb işlemlerle birleştirilmektedir. Eksantrik ve hidrolik presler ile delme, kesme, form verme, bükme gerçekleştirilirken 5 eksenli CNC ve yatay işleme merkezleri ile hızlı ve yüksek hassasiyette geniş aralıkta çap ve maksimum 16 m uzunluğundaki profilin çoklu yüzeylerinin aynı anda hızlı ve hasas işlenmesi sağlanmaktadır.



Şekil 5.12: 5 eksen CNC tezgahta alüminyum profil işleme.

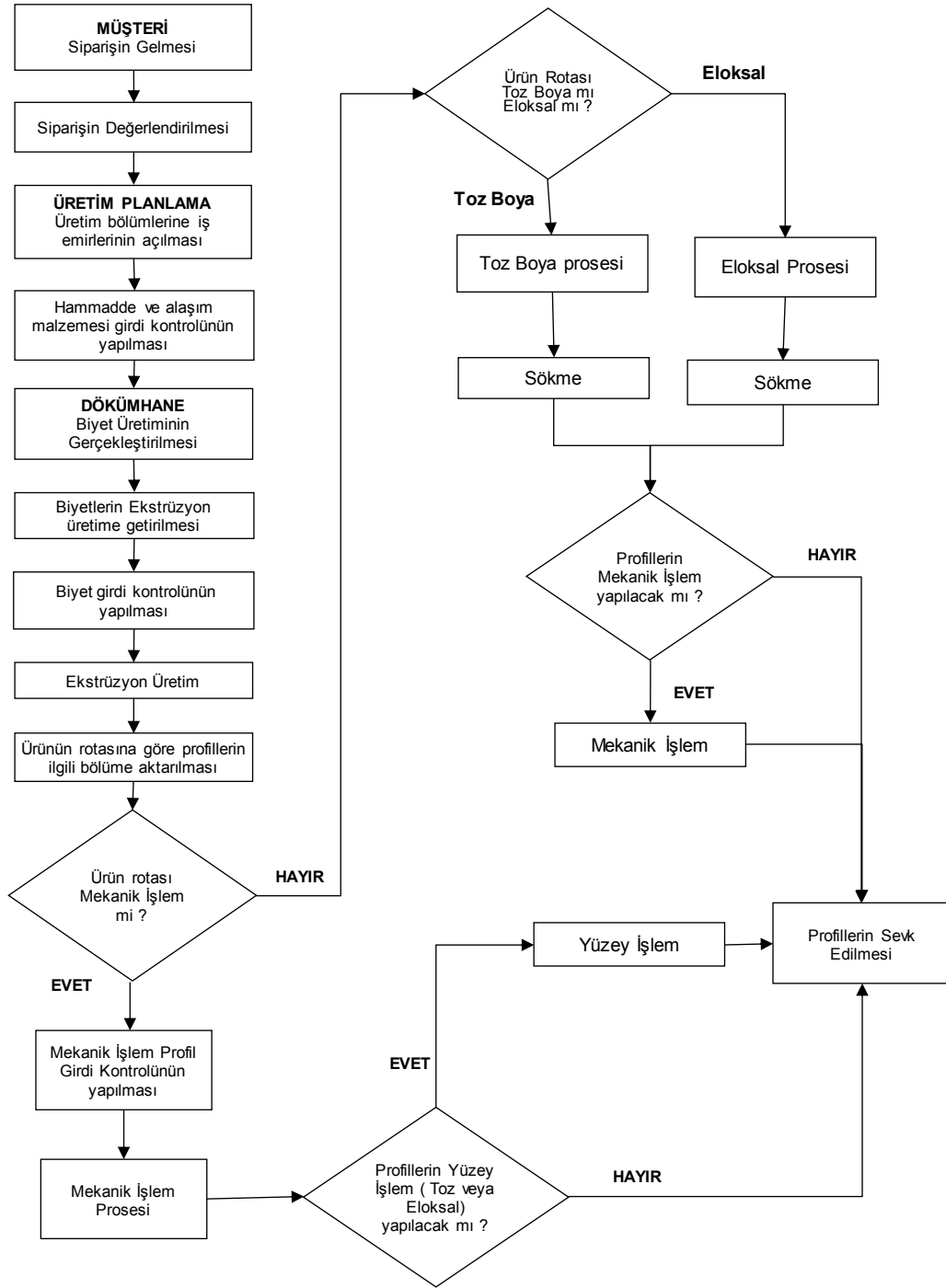
5.3 Taguchi Yönteminin Uygulanması

Bölüm 3' te ayrıntılı olarak açıklanan Taguchi yöntemi uygulama adımları, ele alınan problem için aşağıdaki alt başlıklarda adım adım incelenmiştir.

5.3.1 Problemin Belirlenmesi

Ekstrüzyon üretim süreci Bölüm 2' de açıklandığı gibi birçok faktörün etkisi altındadır. Bunların bir kısmı kontrol edilebilir bir kısmı kontrol edilemeyen faktörlerdir. Bu çalışmada 6005 alaşımı kullanılarak ürünün mekanik özelliklerini etkileyen parametrelerin belirlenmesi amaçlanmıştır. Müşteriler istediği ürün özelliklerini işletmeye göndererek siparişin değerlendirmesini istemektedir. Mevcut durumda teklif değerlendirme aşamasında müşterilerin standart harici mekanik özellik taleplerine cevap verebilmek için teklif değerlendirme ekiplerinin eski verileri incelemesine veya kişisel tecrübelerine gereksinim duyulmaktadır. Ekstrüzyon iş akışı Şekil 5.13' te verilmektedir. Yıllık gelen siparişlerin %5' inde standart dışı mekanik özellikler istenmektedir. Teklif değerlendirme bölümü bu tekliflere her durumda zamanında ve yeterli cevabı verememektedir. Her talep için deneme üretimi yapılması maliyet ve zaman açısından mümkün olmamaktadır. Bu aksaklığı gidermek amacıyla 6005 alaşımı ile üretilen profillerin en yüksek akma, çekme, uzama, sertlik, elektrik iletkenliği ve tane sayısı elde edilebilmesi için üretimde hangi parametrelerin kullanılması gerektiği belirlenmiştir. Bu 6 yanıt değişkeni ilk olarak birbirinden

bağımsız olarak değerlendirilmiş ve daha sonra birden fazla yanıtı birlikte en iyileyen yöntem kullanılarak sonuçlar karşılaştırılmıştır.



Şekil 5.13: Ekstrüzyon iş akışı.

Ürünün mekanik özelliklerini etkileyecek parametreler Tablo 5.1' de belirtildiği gibi ekstrüzyon ve dökümhane süreci olarak ayrılmıştır. Ekstrüzyon için 12, dökümhane için 6 faktör belirlenmiştir.

Tablo 5.1: Ürünün mekanik özellikleri etkileyen faktörler.

Ekstrüzyon	Dökümhane
1. Hız	1. Mg oranı
2. Biyet sıcaklığı	2. Si oranı
3. Biyet ısıtma tipi	3. Soğutma hızı
4. Baskı basıncı	4. Döküm hızı
5. Kovan sıcaklığı	5. Homojenizasyon sıcaklığı
6. Kalıp sıcaklığı	6. Homojenizasyon süresi
7. Figür sayısı	
8. Soğutma tipi	
9. Zimba kuvveti	
10. Biyet boyu	
11. Termik sıcaklık	
12. Termik süre	

Toplam 18 faktörler belirlendikten sonra, yanıt değişkenleri (akma, çekme, uzama, sertlik, elektrik iletkenliği, tane sayısı) için daha önceki çalışmalar ve uzman görüşü ile Tablo 5.2’ deki gibi 1-5 sayıları arasındaki değerlerde seviyelendirme yapılmıştır. Bu seviyelendirmeye göre deney tasarımında hız, soğutma tipi, termik sıcaklık, termik süre ve biyet sıcaklığı olmak üzere 5 faktör kullanılmıştır.

Tablo 5.2: Girdi değişkenlerinin derecelendirilmesi.

Girdi Değişkenleri	Yanıt Değişkenlerine Etkisi (Akma, Çekme, Uzama, Sertlik, Elektrik İletkenliği, Tane Sayısı)
Hız	5
Biyet sıcaklığı	4
Biyet ısıtma tipi	3
Baskı basıncı	3
Kovan sıcaklığı	1
Kalıp sıcaklığı	1
Figür sayısı	1
Soğutma tipi	5
Zimba kuvveti	1
Biyet boyu	1
Termik sıcaklık	5
Termik süre	5

5.3.2 Faktör ve Seviyelerin Belirlenmesi

Ürünün mekanik özelliklerini etkileyecek 5 faktör ve bu faktörlere ait 4 seviye Tablo 5.3' te verilmiştir.

Tablo 5.3: Faktörler ve seviyeleri.

Faktörler	X ₁ : Hız	X ₂ : Soğutma Tipi	X ₃ : Termik sıcaklık	X ₄ : Termik süre	X ₅ : Biyet sıcaklığı
Seviye 1	5 m/dk	Normal Hava	160 °C	4 saat	440 °C
Seviye 2	8 m/dk	Kuvvetli Hava	170 °C	6 saat	460 °C
Seviye 3	11 m/dk	Sprey Su	185 °C	8 saat	480 °C
Seviye 4	14 m/dk	Su Havuzu	200 °C	10 saat	500 °C

Bu faktör ve seviyelere göre üretim yapılarak akma, çekme, uzama, sertlik, elektrik iletkenliği ve tane sayısı olmak üzere 6 farklı yanıt değişkeni elde edilmiştir.

5.3.3 Uygun Ortogonal Dizinin Seçilmesi

Deney için uygun ortogonal dizi belirlenirken, faktörlerin seviye sayısına ve buna bağlı olarak da toplam serbestlik derecelerine göre karar verilir. Bu toplam serbestlik derecesine veya daha büyük deneme sayısına sahip olan ortogonal dizi uygun dizi olarak seçilir. Gerekli toplam serbestlik derecesi faktörler için seviye sayılarının bir fonksiyonudur. Bir faktör için serbestlik derecesi, o faktörün seviye sayısının bir eksiğine eşittir. Eğer faktörler arasında bir etkileşim söz konusu ise bu etkileşim için serbestlik derecesi, etkileşim içinde olan faktörlerin serbestlik derecelerinin çarpımına eşittir. Buna göre v faktörünün serbestlik derecesi ve k faktöre ait seviye sayısı olmak üzere i. faktörün serbestlik derecesi;

$$v_i = k_i - 1$$

dir. Eşit seviyede n faktörün toplam serbestlik derecesi de

$$v_T = \sum v_i = n \cdot v_i = N - 1 \quad (N: \text{toplam deneme sayısı})$$

eşitliğinden bulunur. Bu çalışmadaki beş faktörün hepsi dört seviyeli olduğundan her faktörün serbestlik derecesi eşittir. İlk formüle göre bütün faktörlerin serbestlik derecesi 3 ve toplam serbestlik derecesi olan v_T değeri 15 olarak bulunur. Bulunan toplam serbestlik derecesi değerine göre Tablo 5.4’ te bulunan L_{16} ortogonal dizisi seçilmiştir. Yapılması gereken deneyler Tablo 5.5’ te bulunmaktadır.

Tablo 5.4: L_{16} ortogonal dizisi.

Deney No	FAKTÖRLER				
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅
1	1	1	1	1	1
2	1	2	2	2	2
3	1	3	3	3	3
4	1	4	4	4	4
5	2	1	2	3	4
6	2	2	1	4	3
7	2	3	4	1	2
8	2	4	3	2	1
9	3	1	3	4	2
10	3	2	4	3	1
11	3	3	1	2	4
12	3	4	2	1	3
13	4	1	4	2	3
14	4	2	3	1	4
15	4	3	2	4	1
16	4	4	1	3	2

Tablo 5.5: Yapılması gereken deneyler

Deney No	FAKTÖRLER				
	Hız	Soğutma Tipi	Termik sıcaklık	Termik süre	Biyet sıcaklığı
1	5 m/dk	Normal Hava	160 °C	4 saat	440 °C
2	5 m/dk	Kuvvetli Hava	170 °C	6 saat	460 °C
3	5 m/dk	Sprey Su	185 °C	8 saat	480 °C
4	5 m/dk	Su Havuzu	200 °C	10 saat	500 °C
5	8 m/dk	Normal Hava	170 °C	8 saat	500 °C
6	8 m/dk	Kuvvetli Hava	160 °C	10 saat	480 °C
7	8 m/dk	Sprey Su	200 °C	4 saat	460 °C
8	8 m/dk	Su Havuzu	185 °C	6 saat	440 °C
9	11 m/dk	Normal Hava	185 °C	10 saat	460 °C
10	11 m/dk	Kuvvetli Hava	200 °C	8 saat	440 °C
11	11 m/dk	Sprey Su	160 °C	6 saat	500 °C
12	11 m/dk	Su Havuzu	170 °C	4 saat	480 °C
13	14 m/dk	Normal Hava	200 °C	6 saat	480 °C
14	14 m/dk	Kuvvetli Hava	185 °C	4 saat	500 °C
15	14 m/dk	Sprey Su	170 °C	10 saat	440 °C
16	14 m/dk	Su Havuzu	160 °C	8 saat	460 °C

5.3.4 Deneyin Uygulanması ve Verilerin Analizi

Deneyde kullanılan biyetin kimyasal bileşimi Tablo 5.6' da bulunmaktadır. 6005 alaşımı için TS EN 573-3 (Alüminyum ve alüminyum alaşımları- Kimyasal bileşim ve biçimlendirilebilir ürünlerin şekli - Bölüm 3: Kimyasal bileşim) standardında belirtilen değerler Tablo 5.7' de verilmektedir.

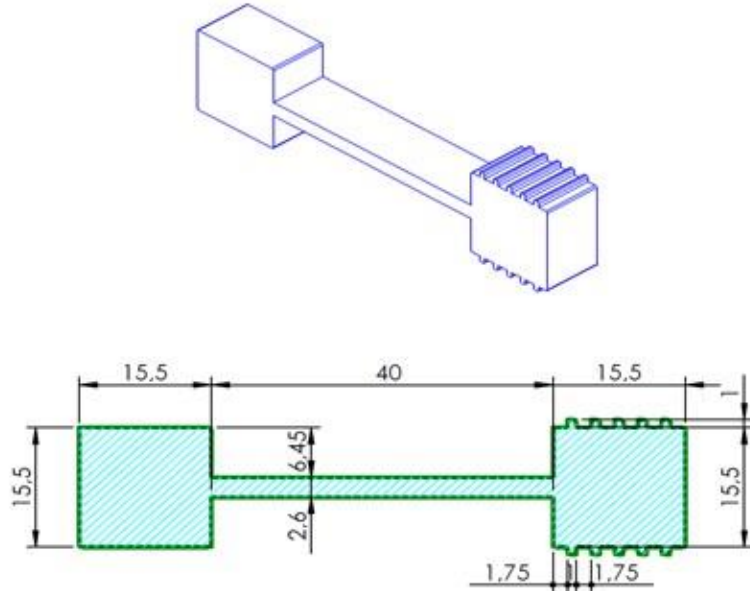
Tablo 5.6: Çalışmada kullanılan biyetin kimyasal bileşimi.

Alaşım	Si (%)	Fe (%)	Cu (%)	Mn (%)	Mg (%)	Zn (%)	Ti (%)	Cr (%)
6005	0,708	0,213	0,017	0,065	0,534	0,007	0,013	0,011

Tablo 5.7: 6005 alaşımının TS EN 573-3 standardındaki kimyasal bileşimi.

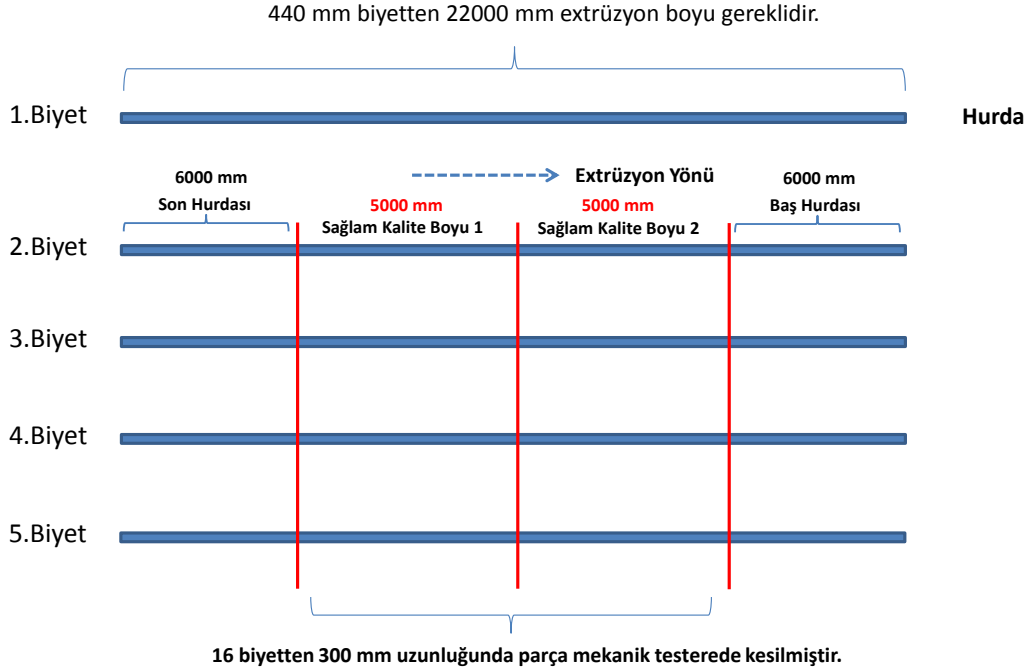
Alaşımın Kısa Gösterilişi	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Ni	Zn	Ti
Sayısal / Kimyasal Sembol									
EN AW-6005 / Al SiMg	0,6-0,9	0,35	0,1	0,1	0,8-1,5	0,1	-	0,1	0,1
EN AW-6005A / Al SiMg(A)	0,5-0,9	0,35	0,3	0,5	0,4-0,6	0,3	-	0,2	0,1
EN AW-6005B / Al SiMg(B)	0,45-0,8	0,1	0,1	0,1	0,4-0,7	0,1	-	0,1	0,1

Çalışmada kullanılan profil Şekil 5.14' te gösterilmektedir. Bu profilde 2,6 mm ve 15,5 mm olmak üzere 2 farklı et kalınlığı bulunmaktadır.



Şekil 5.14: Çalışmada kullanılan profilin teknik çizimi.

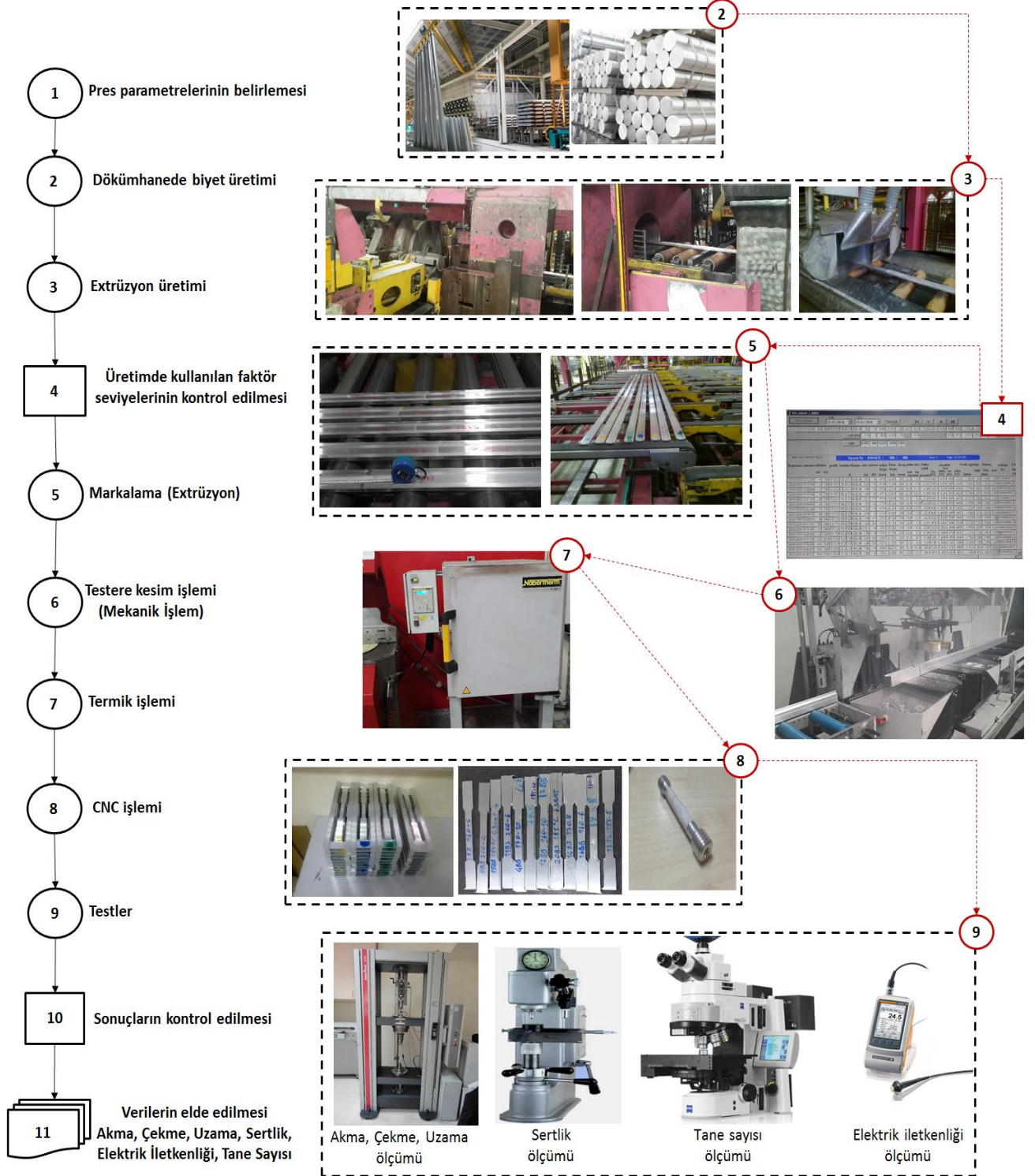
Profiller her bir deney numarası için gerçekleştirilen üretimde Şekil 5.15’ te gösterildiği gibi 22 metre uzunluğunda kesilmiştir. Bu uzunluğun ilk 6 metresi ve son 6 metresi hurdaya ayrılmıştır. Yeni kalıp bağlandıktan sonra birinci biyetin doğru sonucu yansıtmayacağı düşünülerek birinci biyette hurdaya ayrılmıştır.



Şekil 5.15: Profil boyları ve hurdaya ayrılan bölümler.

Deneyin uygulanması aşamasında yapılan işlemlerin akış şeması Şekil 5.16’ da verilmektedir. Akma, çekme, uzama, sertlik, elektrik iletkenliği ve tane sayısı için elde edilen sonuçlar aşağıdaki alt başlıklarda ayrı ayrı açıklanmıştır. Yanıt değişkeni için 3 farklı numuneden ölçüm yapılarak ortalama değer elde edilmiştir. Sadece tane sayısı yanıt değişkeni için tek numuneden ölçüm yapılmıştır. Akma ve çekme yanıt değişkenleri için 2,6 mm ve 15,5 mm et kalınlığı için elde edilen sonuçlar incelenmiştir. İki et kalınlığı içinde Taguchi Yönteminden aynı sonuçlar elde edildiği için diğer yanıt değişkenleri için sadece 2,6 mm et kalınlığı değerinin sonuçları incelenmiştir. Tüm yanıt değişkenlerinin en yüksek değere ulaşması istendiği için “daha büyük daha iyi” fonksiyonu kullanılmıştır. Elde edilen değerler MINITAB 16 programı kullanılarak analiz edilmiştir. MINITAB, 1972 yılında istatistik eğitimi veren profesörlere yardımcı olmak amacıyla tasarlanmış bir istatistik programıdır. Zaman içerisinde işletme verilerinin analizinde, işletmelerin sunduğu ürün ve hizmetlerin kalitesinin iyileştirmesinde kullanılan en önemli yazılım haline gelmiştir.

İşletmelerin kendilerini geliştirmeleri ancak ve ancak gerekli olan verilerin doğru toplanması ve verilerinin doğru analizi ile mümkün olmaktadır.



Şekil 5.16: Deney uygulanma akış şeması.

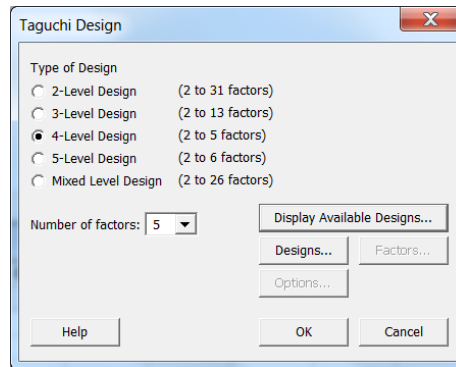
5.3.4.1 Akma Sonuçları

Akma değerleri et kalınlığı 2,6 mm için Tablo 5.7’ de bulunmaktadır.

Tablo 5.7: Et kalınlığı değeri 2,6 mm için akma yanıt değişkeni değeri.

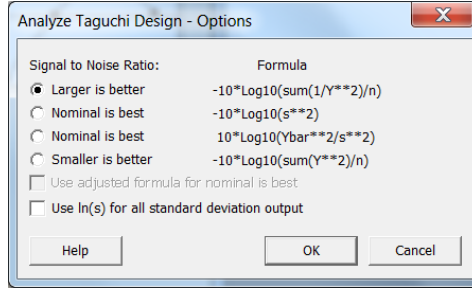
Deneç No	DEĞERLER			TOPLAM	ORT	SS	R
1	110,47	108,05	109,26	327,78	109,26	1,21	2,42
2	169,67	171,69	170,04	511,4	170,47	1,08	2,02
3	247,84	242,98	241,5	732,32	244,11	0,74	1,48
4	233,84	234,87	236,88	705,58	235,19	1,55	3,05
5	224	227,42	238,75	690,17	230,06	7,72	14,75
6	204,65	202,45	204,67	611,77	203,92	1,28	2,22
7	177,39	178,06	175,01	530,46	176,82	1,6	3,05
8	261,32	272,05	266,24	799,61	266,54	5,37	10,73
9	203,9	245,54	244,47	693,91	231,3	23,74	41,64
10	213,97	213,435	212,285	639,69	213,23	0,6	1,15
11	198,11	206,48	203,18	607,77	202,59	4,22	8,37
12	207,78	210,23	208,49	626,49	208,83	1,26	2,45
13	226,74	232,57	233,2	692,51	230,84	3,56	6,46
14	251,16	255,13	259,09	765,38	255,13	3,96	7,93
15	239,39	246,27	245,63	731,29	243,76	3,8	6,88
16	212,47	216,36	218,55	647,38	215,79	3,08	6,08

Şekil 5.17’ de kullanılan faktör ve seviye seçimini gösterilmektedir. Bu çalışmada belirlenen her bir faktörün 4 seviyesi olduğu tespit edilmiştir. Seviye sayılarının farklı olması durumunda “mixed level desing” seçeneği kullanılmaktadır.



Şekil 5.17: Faktör ve seviye sayılarının seçilmesi.

Daha büyük daha iyi fonksiyonu (Şekil 5.18) kullanılarak S/N oranlarına ve ortalamaya göre elde edilen sonuçlar Tablo 5.8 ve Tablo 5.9’ da bulunmaktadır.



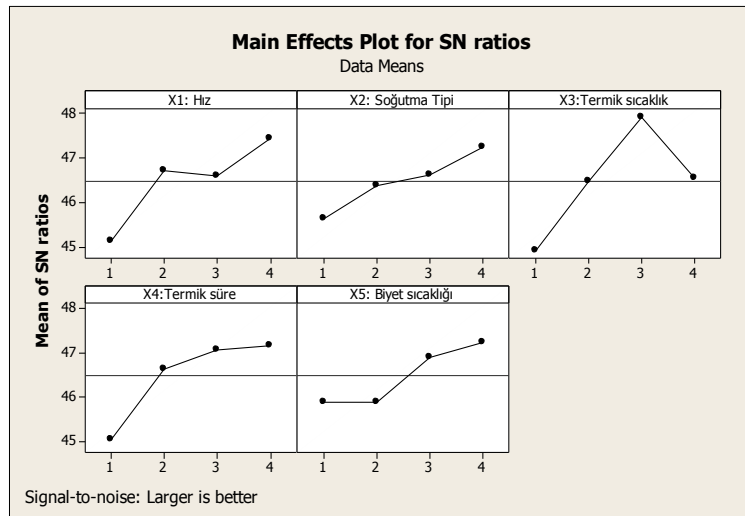
Şekil 5.18: Fonksiyon türevinin seçilmesi.

Tablo 5.8: Akma (et kalınlığı 2,6 mm) verileri S/N oranına göre elde edilen sonuçlar.

Response Table for Signal to Noise Ratios					
Level	X ₁ : Hız	X ₂ : Soğutma Tipi	X ₃ : Termik sıcaklık	X ₄ : Termik süre	X ₅ : Biyet sıcaklığı
1	45,15	45,64	44,94	45,06	45,90
2	46,72	46,38	46,50	46,64	45,89
3	46,60	46,64	47,92	47,06	46,90
4	47,46	47,26	46,56	47,16	47,23
Delta	2,31	1,62	2,98	2,10	1,35
Rank	2	4	1	3	5

Tablo 5.9: Akma (et kalınlığı 2,6 mm) verileri ortalamaya göre elde edilen sonuçlar.

Response Table for Means					
Level	X ₁ : Hız	X ₂ : Soğutma Tipi	X ₃ : Termik sıcaklık	X ₄ : Termik süre	X ₅ : Biyet sıcaklığı
1	189,8	200,4	182,9	187,5	208,2
2	219,3	210,7	213,3	217,6	198,6
3	214	216,8	249,3	225,8	221,9
4	236,4	231,6	214	228,5	230,7
Delta	46,6	31,2	66,4	41	32,1
Rank	2	5	1	3	4



Şekil 5.19: Akma yanıt değişkeni 2,6 mm et kalınlığı için faktörlerin etkilerini gösteren grafik.

Şekil 5.19' a göre profilin akma değerini en çok etkileyen faktörün termik sıcaklık olduğu görülmektedir. Daha sonra sırasıyla hız, termik süre, soğutma tipi ve biyet sıcaklığı etken faktör olarak rol oynadığı tespit edilmiştir.

Akma değeri hız, soğutma tipi, termik süre ve biyet sıcaklığı değerleri ile doğru orantılıdır. Termik sıcaklık değeri üçüncü seviyeye kadar artan, üçüncü seviyeden sonra azalan bir doğru şeklindedir. Ekstrüzyon hızının ve termik sıcaklığın(üçüncü seviyeye kadar) artışı profil akma değerinde yüksek bir artışa sebep olurken biyet sıcaklığındaki artış profil akma değerine aynı oranda yansımamaktadır. Akma değerleri et kalınlığı 15,5 mm için sonuçlar Tablo 5.10' da verilmektedir.

Tablo 5.10: Et kalınlığı değeri 15,5 mm olduğunda akma yanıt değişkeni değeri.

Deney No	Değerler	Deney No	Değerler
1	147,03	9	247,8
2	178,97	10	210,8
3	243,68	11	179,42
4	257,51	12	183,34
5	220,86	13	236,6
6	193,71	14	266,18
7	174,33	15	219,3
8	278,3	16	197,04

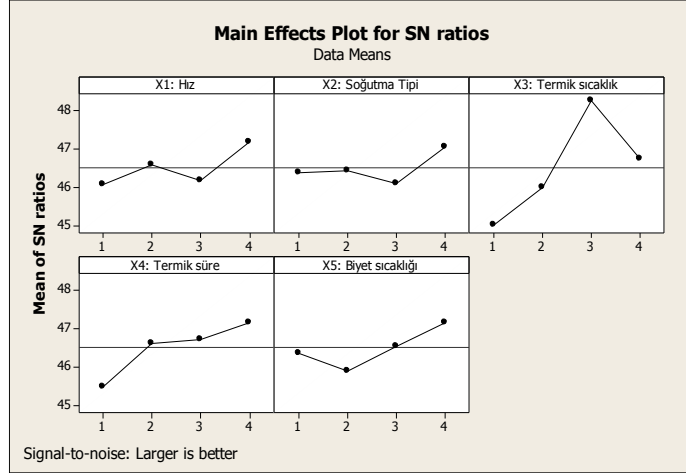
Et kalınlığı 15,5 mm için S/N oranlarına ve ortalamaya göre elde edilen akma yanıtı için sonuçlar Tablo 5.11 ve Tablo 5.12' de verilmektedir.

Tablo 5.11: Akma (et kalınlığı 15,5 mm) verileri S/N oranına göre elde edilen sonuçlar.

Response Table for Signal to Noise Ratios					
Level	X ₁ : Hız	X ₂ : Soğutma Tipi	X ₃ : Termik sıcaklık	X ₄ : Termik süre	X ₅ : Biyet sıcaklığı
1	46,09	46,4	45,01	45,49	46,38
2	46,59	46,44	46,01	46,63	45,91
3	46,18	46,12	48,25	46,75	46,56
4	47,17	47,07	46,75	47,17	47,17
Delta	1,08	0,95	3,24	1,68	1,26
Rank	4	5	1	2	3

Tablo 5.12: Akma (et kalınlığı 15,5 mm) verileri ortalamaya göre elde edilen sonuçlar.

Response Table for Means					
Level	X ₁ : Hız	X ₂ : Soğutma Tipi	X ₃ : Termik sıcaklık	X ₄ : Termik süre	X ₅ : Biyet sıcaklığı
1	206,8	213,1	179,3	192,7	213,9
2	216,8	212,4	200,6	218,3	199,5
3	205,3	204,2	259	218,1	214,3
4	229,8	229	219,8	229,6	231
Delta	24,4	24,9	79,7	36,9	31,5
Rank	5	4	1	2	3



Şekil 5.20: Akma yanıt değişkeni 15,5 mm et kalınlığı için faktörlerin etkilerini gösteren grafik.

Et kalınlığı 15,5 mm için elde edilen grafikler ve sonuçlar 2,6 mm et kalınlığı için bulunan değerlerle paralellik göstermektedir. Belirlenen 5 faktöre göre ve bunların 4 seviyesi arasından en yüksek akma değerleri her iki et kalınlığı değeri içinde Tablo 13' te ki durumda elde edileceği bulunmuştur. En yüksek akma değerinin elde edileceği değer belirlenirken S/N oranı tablosu kullanılmıştır.

Tablo 5.13: En yüksek akma değeri bulunacağı tahmin edilen faktör seviyeleri.

Faktörler	Seviye No	Açıklama
X ₁ : Hız	4	14 m/dk
X ₂ : Soğutma Tipi	4	Su havuzu
X ₃ : Termik sıcaklık	3	185 °C
X ₄ : Termik süre	4	10 saat
X ₅ : Biyet sıcaklığı	4	500 °C

5.3.4.2 Çekme Sonuçları

Çekme değerleri 2 farklı et kalınlığı içinde incelenmiştir. Çekme değerleri et kalınlığı 2,6 mm için Tablo 5.14' te bulunmaktadır. Bu yanıt değişkeninde de daha büyük daha iyi fonksiyonu kullanılmıştır. İncelenen 6 yanıt değişkeni içinde daha büyük daha iyi fonksiyonu kullanılmıştır. Et kalınlığı 2,6 mm için çekme değerleri kullanılarak elde edilen sonuçlar Tablo 5.15 ve Tablo 5.16' da bulunmaktadır.

Tablo 5.14: Et kalınlığı değeri 2,6 mm için çekme yanıt değışkeni değeri.

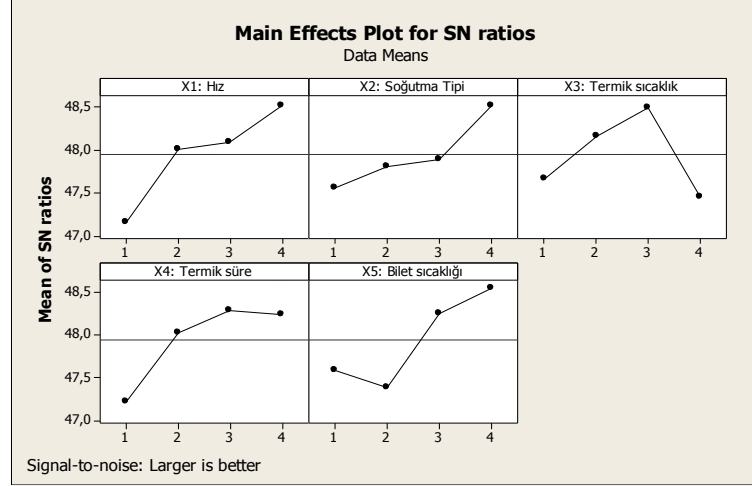
Deneç No	DEĞERLER			TOPLAM	ORT	SS	R
1	185,76	187,56	186,66	559,98	186,66	0,90	1,80
2	217,52	218,80	217,93	654,25	218,08	0,65	1,28
3	263,42	259,03	257,73	780,18	260,06	2,98	5,69
4	254,22	255,02	256,88	766,11	255,37	1,36	2,66
5	271,25	275,06	279,75	826,06	275,35	4,26	8,50
6	253,54	257,87	260,53	771,94	257,31	3,53	6,99
7	204,19	204,89	202,00	611,07	203,69	1,51	2,89
8	272,74	281,50	276,93	831,17	277,06	4,38	8,76
9	229,00	262,84	261,24	753,08	251,03	19,09	33,84
10	236,77	236,27	235,14	708,18	236,06	0,84	1,63
11	261,78	267,60	265,06	794,44	264,81	2,92	5,82
12	264,49	267,30	264,89	796,67	265,56	1,52	2,81
13	248,78	253,22	254,55	756,55	252,18	3,02	5,77
14	275,27	277,01	276,14	828,42	276,14	0,87	1,74
15	266,01	272,02	271,38	809,41	269,80	3,30	6,01
16	266,07	269,43	270,85	806,35	268,78	2,45	4,78

Tablo 5.15: Çekme (et kalınlığı 2,6 mm) verileri S/N oranına göre elde edilen sonuçlar.

Response Table for Signal to Noise Ratios					
Level	X ₁ : Hız	X ₂ : Soğutma Tipi	X ₃ : Termik sıcaklık	X ₄ : Termik süre	X ₅ : Biyet sıcaklığı
1	47,16	47,56	47,67	47,23	47,59
2	48,01	47,82	48,17	48,03	47,38
3	48,1	47,89	48,49	48,29	48,26
4	48,52	48,52	47,45	48,28	48,56
Delta	1,36	0,95	1,04	1,06	1,17
Rank	1	5	4	3	2

Tablo 5.16: Çekme (et kalınlığı 2,6 mm) verileri ortalamaya göre elde edilen sonuçlar.

Response Table for Means					
Level	X ₁ : Hız	X ₂ : Soğutma Tipi	X ₃ : Termik sıcaklık	X ₄ : Termik süre	X ₅ : Biyet sıcaklığı
1	230	241,3	244,4	233	242,4
2	253,4	246,9	257,2	253	235,4
3	254,4	249,6	266,1	260,1	258,8
4	266,7	266,7	236,8	258,4	267,9
Delta	36,7	25,4	29,2	27,1	32,5
Rank	1	5	3	4	2



Şekil 5.21: Çekme yanıt değişkeni 2,6 mm et kalınlığı için faktörlerin etkilerini gösteren grafik.

Şekil 5.21' e göre profilin çekme değerini en çok etkileyen faktörün hız olduğu görülmektedir. Daha sonra sırasıyla biyet sıcaklığı, termik süre, termik sıcaklık ve soğutma tipi etkilemektedir. Çekme değeri hız, soğutma tipi, termik süre değerleri ile doğru orantılıdır. Termik sıcaklık değeri üçüncü seviyeye kadar artan, üçüncü seviyeden sonra azalan bir doğru şeklindedir. Aynı şekilde biyet sıcaklığı faktörünün ikinci seviyesine kadar azalan, ikinci değerinden sonra artan bir yapı göstermektedir.

Çekme değerleri et kalınlığı 15,5 mm için Tablo 5.17' de verilmektedir.

Tablo 5.17: Et kalınlığı değeri 15,5 mm olduğunda çekme yanıt değişkeni değeri.

Deney No	Değerler
1	184,64
2	225,95
3	264,95
4	277,95
5	275,09
6	255,04
7	205,22
8	293,44

Deney No	Değerler
9	271,9
10	238,67
11	262
12	258,36
13	262,49
14	288,65
15	260,05
16	267,84

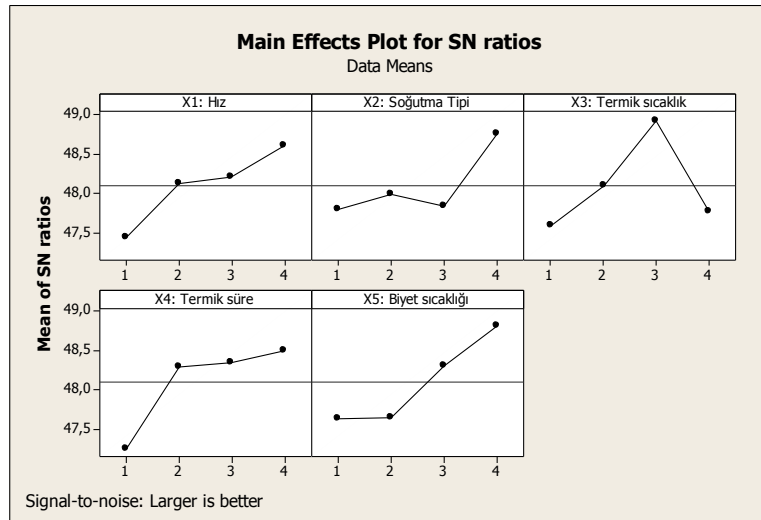
Et kalınlığı 15,5 mm için S/N oranlarına ve ortalamaya göre elde edilen çekme yanıtı için sonuçlar Tablo 5.18 ve Tablo 5.19' da bulunmaktadır.

Tablo 5.18: Çekme (et kalınlığı 15,5 mm) verileri S/N oranına göre elde edilen sonuçlar.

Response Table for Signal to Noise Ratios					
Level	X ₁ : Hız	X ₂ : Soğutma Tipi	X ₃ : Termik sıcaklık	X ₄ : Termik süre	X ₅ : Biyet sıcaklığı
1	47,44	47,8	47,6	47,26	47,63
2	48,13	47,99	48,1	48,29	47,64
3	48,21	47,84	48,93	48,34	48,31
4	48,61	48,76	47,77	48,5	48,81
Delta	1,17	0,96	1,33	1,24	1,18
Rank	4	5	1	2	3

Tablo 5.19: Çekme (et kalınlığı 15,5 mm) verileri ortalamaya göre elde edilen sonuçlar.

Response Table for Means					
Level	X ₁ : Hız	X ₂ : Soğutma Tipi	X ₃ : Termik sıcaklık	X ₄ : Termik süre	X ₅ : Biyet sıcaklığı
1	238,4	248,5	242,4	234,2	244,2
2	257,2	252,1	254,9	261	242,7
3	257,7	248,1	279,7	261,6	260,2
4	269,8	274,4	246,1	266,2	275,9
Delta	31,4	26,3	37,4	32	33,2
Rank	4	5	1	3	2



Şekil 5.22: Çekme yanıt değişkeni 15,5 mm et kalınlığı için faktörlerin etkilerini gösteren grafik.

Et kalınlığı 15,5 mm için elde edilen grafikler ve sonuçlar 2,6 mm et kalınlığı için bulunan değerlerle paralellik göstermektedir. Sadece termik süre değerinde farklı seviye bulunmuştur. Et kalınlığı 2,6 mm için 8 saat, 15,5 mm için 10 saat termik işlem yapılması gerektiği sonucuna ulaşılmıştır. Her iki değer için doğrulama deneyi yapılarak büyük olan değer seviyesi kabul edilmiştir. Belirlenen 5 faktöre göre ve

bunların 4 seviyesi arasından en yüksek çekme değerleri her iki et kalınlığı değeri içinde Tablo 5.20’ de ki durumlarda ulaşılacağı belirlenmiştir.

Tablo 5.20: En yüksek çekme değeri bulunacağı tahmin edilen faktör seviyeleri.

Faktörler	Seviye No	Açıklama
X ₁ : Hız	4	14 m/dk
X ₂ : Soğutma Tipi	4	Su havuzu
X ₃ : Termik sıcaklık	3	185 °C
X ₄ : Termik süre	3	8 saat / 10 saat
X ₅ : Biyet sıcaklığı	4	500 °C

5.3.4.3 Uzama Sonuçları

Uzama değerleri sadece 2,6 mm et kalınlığı için incelenmiştir. Uzama değerleri et kalınlığı 2,6 mm için Tablo 5.21’ de sunulmaktadır. Bu yanıt değişkeninde de daha büyük daha iyi fonksiyonu kullanılmıştır.

Tablo 5.21: Uzama yanıt değişkeni değeri.

Deney No	DEĞERLER			TOPLAM	ORT	SS	R
1	12,74	11,94	12,34	37,02	12,34	0,40	0,80
2	10,01	8,51	8,47	26,99	9,00	0,88	1,54
3	10,57	6,51	6,18	23,26	7,75	2,44	4,39
4	7,60	8,11	7,84	23,55	7,85	0,26	0,52
5	11,17	16,12	9,05	36,34	12,11	3,63	7,07
6	16,32	10,28	11,01	37,61	12,54	3,30	6,04
7	8,06	6,01	7,10	21,17	7,06	1,02	2,05
8	9,14	6,22	6,20	21,56	7,19	1,69	2,94
9	10,37	7,70	5,83	23,90	7,97	2,28	4,54
10	8,20	8,05	8,41	24,66	8,22	0,18	0,36
11	16,18	11,77	11,76	39,71	13,24	2,55	4,42
12	13,38	12,48	11,54	37,39	12,46	0,92	1,84
13	10,66	6,30	8,77	25,73	8,58	2,19	4,36
14	11,72	9,06	10,39	31,17	10,39	1,33	2,66
15	11,77	7,38	7,79	26,94	8,98	2,42	4,39
16	11,70	11,23	11,87	34,80	11,60	0,33	0,64

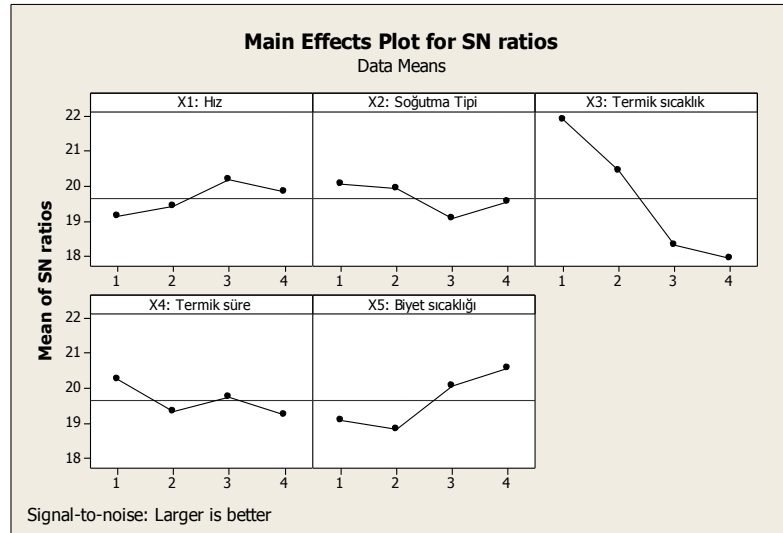
Et kalınlığı 2,6 mm için uzama yanıtı için elde edilen sonuçlar Tablo 5.22 ve Tablo 5.23’ te bulunmaktadır.

Tablo 5.22: Uzama verileri S/N oranına göre elde edilen sonuçlar.

Response Table for Signal to Noise Ratios					
Level	X ₁ : Hız	X ₂ : Soğutma Tipi	X ₃ : Termik sıcaklık	X ₄ : Termik süre	X ₅ : Biyet sıcaklığı
1	19,15	20,05	21,88	20,26	19,08
2	19,43	19,92	20,43	19,33	18,84
3	20,17	19,07	18,32	19,76	20,08
4	19,84	19,56	17,96	19,24	20,58
Delta	1,02	0,98	3,92	1,02	1,74
Rank	4	5	1	3	2

Tablo 5.23: Uzama verileri ortalamaya göre elde edilen sonuçlar.

Response Table for Means					
Level	X ₁ : Hız	X ₂ : Soğutma Tipi	X ₃ : Termik sıcaklık	X ₄ : Termik süre	X ₅ : Biyet sıcaklığı
1	9,235	10,249	12,428	10,562	9,181
2	9,723	10,035	10,638	9,499	8,905
3	10,471	9,256	8,324	9,921	10,333
4	9,887	9,775	7,925	9,333	10,897
Delta	1,237	0,993	4,504	1,229	1,993
Rank	3	5	1	4	2



Şekil 5.23: Uzama için faktörlerin etkilerini gösteren grafik.

Şekil 5.23’ e göre profilin uzama değerini en çok etkileyen faktörün termik sıcaklık olduğu görülmektedir. Daha sonra sırasıyla biyet sıcaklığı, termik süre, hız ve soğutma tipi etkilemektedir. Belirlenen 5 faktöre göre ve bunların 4 seviyesi arasından en yüksek uzama değerleri Tablo 5.24’ te ki durumda elde edileceği bulunmuştur.

Tablo 5.24: En yüksek uzama değeri bulunacağı tahmin edilen faktör seviyeleri.

Faktörler	Seviye No	Açıklama
X ₁ : Hız	3	11 m/dk
X ₂ : Soğutma Tipi	1	Normal Hava
X ₃ : Termik sıcaklık	1	160 °C
X ₄ : Termik süre	1	4 saat
X ₅ : Biyet sıcaklığı	4	500 °C

5.3.4.4 Sertlik Sonuçları

Sertlik değerleri et kalınlığı 2,6 mm için daha büyük daha iyi fonksiyonuna göre elde edilen sonuçlar Tablo 5.25’ te sunulmaktadır.

Tablo 5.25: Sertlik yanıt değişkeni değeri.

Deney No	DEĞERLER			TOPLAM	ORT	SS	R
1	56	54	55	165	55,00	1,00	2
2	68	70	71	209	69,67	1,53	3
3	82	83	87	252	84,00	2,65	5
4	87	85	85	257	85,67	1,15	2
5	86	87	88	261	87,00	1,00	2
6	83	81	83	247	82,33	1,15	2
7	70	70	68,5	208,5	69,50	0,87	1,5
8	98	99	91	288	96,00	4,36	8
9	87	87	74	248	82,67	7,51	13
10	79	80	77,5	236,5	78,83	1,26	2,5
11	84	78	81	243	81,00	3,00	6
12	86	87	83,5	256,5	85,50	1,80	3,5
13	88	85	79	252	84,00	4,58	9
14	92,5	93	89	274,5	91,50	2,18	4
15	90	91	86	267	89,00	2,65	5
16	92	91	83	266	88,67	4,93	9

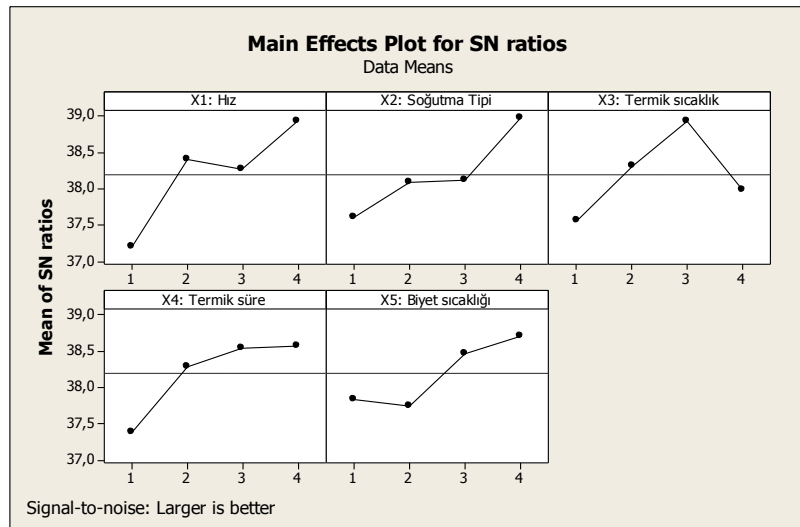
Et kalınlığı 2,6 mm için sertlik yanıtı için elde edilen sonuçlar Tablo 5.26 ve Tablo 5.27’ de bulunmaktadır.

Tablo 5.26: Sertlik verileri S/N oranına göre elde edilen sonuçlar.

Response Table for Signal to Noise Ratios					
Level	X ₁ : Hız	X ₂ : Soğutma Tipi	X ₃ : Termik sıcaklık	X ₄ : Termik süre	X ₅ : Biyet sıcaklığı
1	37,2	37,61	37,56	37,38	37,84
2	38,4	38,09	38,32	38,29	37,75
3	38,27	38,12	38,93	38,54	38,48
4	38,92	38,97	37,98	38,58	38,72
Delta	1,72	1,37	1,37	1,19	0,97
Rank	1	3	2	4	5

Tablo 5.27: Sertlik verileri ortalamaya göre elde edilen sonuçları.

Response Table for Means					
Level	X ₁ : Hız	X ₂ : Soğutma Tipi	X ₃ : Termik sıcaklık	X ₄ : Termik süre	X ₅ : Biyet sıcaklığı
1	73,58	77,17	76,75	75,44	79,71
2	83,71	80,65	82,79	82,67	77,63
3	82	80,88	88,6	84,63	83,96
4	88,35	88,96	79,5	84,92	86,35
Delta	14,77	11,79	11,85	9,48	8,73
Rank	1	3	2	4	5



Şekil 5.24: Sertlik için faktörlerin etkilerini gösteren grafik.

Şekil 5.24' e göre profilin sertlik değerini en çok etkileyen faktörün hız olduğu görülmektedir. Daha sonra sırasıyla termik sıcaklık, soğutma tipi, termik süre ve biyet sıcaklığı etkilemektedir. Belirlenen 5 faktöre göre ve bunların 4 seviyesi arasından en yüksek sertlik değerleri Tablo 5.28' deki durumda elde edileceği bulunmuştur.

Tablo 5.28: En yüksek sertlik değeri bulunacağı tahmin edilen faktör seviyeleri.

Faktörler	Seviye No	Açıklama
X ₁ : Hız	4	14 m/dk
X ₂ : Soğutma Tipi	4	Su havuzu
X ₃ : Termik sıcaklık	3	185 °C
X ₄ : Termik süre	4	10 saat
X ₅ : Biyet sıcaklığı	4	500 °C

5.3.4.5 Elektrik İletkenliği Sonuçları

Elektrik iletkenliği değerleri et kalınlığı 2,6 mm için daha büyük daha iyi fonksiyonuna göre elde edilen sonuçlar Tablo 5.29’ da sunulmaktadır.

Tablo 5.29: Elektrik iletkenliği yanıt değişkeni değeri.

Deneç No	DEĞERLER			TOPLAM	ORT	SS	R
1	29,2	29,3	29,25	87,75	29,25	0,05	0,1
2	30,3	30,3	30,3	90,9	30,30	0,00	0
3	31	31	31,1	93,1	31,03	0,06	0,1
4	31,1	31,1	31	93,2	31,07	0,06	0,1
5	28,8	28,8	28,4	86	28,67	0,23	0,4
6	28,8	28,7	28,7	86,2	28,73	0,06	0,1
7	31,5	31,4	31,5	94,4	31,47	0,06	0,1
8	30,6	30,6	30,7	91,9	30,63	0,06	0,1
9	30,9	31	31,2	93,1	31,03	0,15	0,3
10	31,2	31,2	31,15	93,55	31,18	0,03	0,05
11	27,2	27,2	27,2	81,6	27,20	0,00	0
12	27,6	27,6	27,4	82,6	27,53	0,12	0,2
13	30,9	30,9	31,2	93	31,00	0,17	0,3
14	27,6	29,9	29,7	87,2	29,07	1,27	2,3
15	30,2	30,2	30	90,4	30,13	0,12	0,2
16	27,9	27,8	27,6	83,3	27,77	0,15	0,3

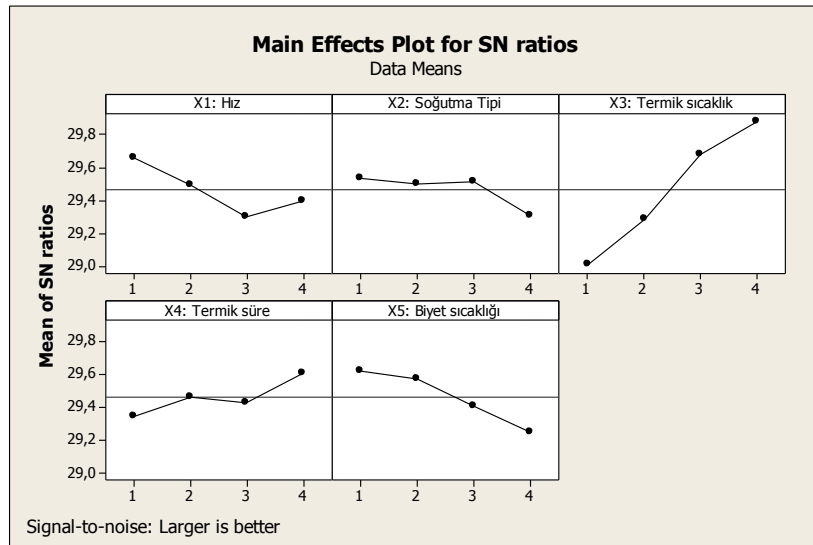
Et kalınlığı 2,6 mm için elektrik iletkenliği değerlerinden elde edilen sonuçlar Tablo 5.30 ve Tablo 5.31’ de bulunmaktadır.

Tablo 5.30: Elektrik iletkenliği verileri S/N oranına göre elde edilen sonuçlar.

Response Table for Signal to Noise Ratios					
Level	X ₁ : Hız	X ₂ : Soğutma Tipi	X ₃ : Termik sıcaklık	X ₄ : Termik süre	X ₅ : Biyet sıcaklığı
1	29,66	29,53	29,01	29,35	29,63
2	29,5	29,5	29,29	29,47	29,57
3	29,3	29,52	29,68	29,43	29,41
4	29,4	29,31	29,88	29,61	29,25
Delta	0,36	0,22	0,86	0,26	0,37
Rank	3	5	1	4	2

Tablo 5.31: Elektrik iletkenliği verileri ortalamaya göre elde edilen sonuçlar.

Response Table for Means					
Level	X ₁ : Hız	X ₂ : Soğutma Tipi	X ₃ : Termik sıcaklık	X ₄ : Termik süre	X ₅ : Biyet sıcaklığı
1	30,41	29,99	28,24	29,38	30,3
2	29,88	29,87	29,16	29,78	30,14
3	29,24	29,96	30,49	29,66	29,57
4	29,54	29,25	31,18	30,24	29,05
Delta	1,17	0,74	2,94	0,87	1,25
Rank	3	5	1	4	2



Şekil 5.25: Elektrik iletkenliği için faktörlerin etkilerini gösteren grafik.

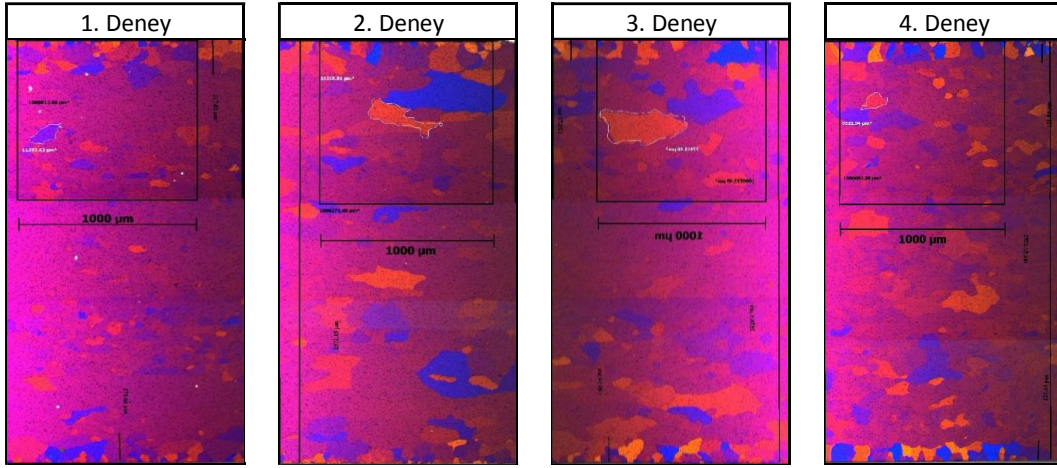
Şekil 5.25' e göre profilin elektrik iletkenliği değerini en çok etkileyen faktörün termik sıcaklık olduğu görülmektedir. Daha sonra sırasıyla biyet sıcaklığı, hız, termik süre ve soğutma tipi etkilemektedir. Belirlenen 5 faktöre göre ve bunların 4 seviyesi arasından en yüksek elektrik iletkenliği değerleri Tablo 5.32' teki durumda elde edileceği bulunmuştur.

Tablo 5.32: En yüksek elektrik iletkenliği değeri bulunacağı tahmin edilen faktör seviyeleri.

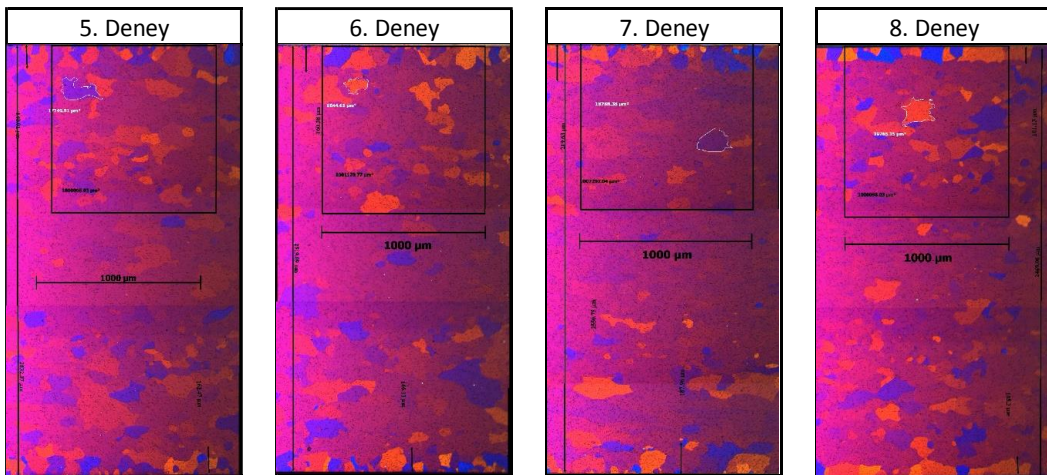
Faktörler	Seviye No	Açıklama
X ₁ : Hız	1	5 m/dk
X ₂ : Soğutma Tipi	1	Normal Hava
X ₃ : Termik sıcaklık	4	200 °C
X ₄ : Termik süre	4	10 saat
X ₅ : Biyet sıcaklığı	1	440 °C

5.3.4.6 Tane Sayısı Sonuçları

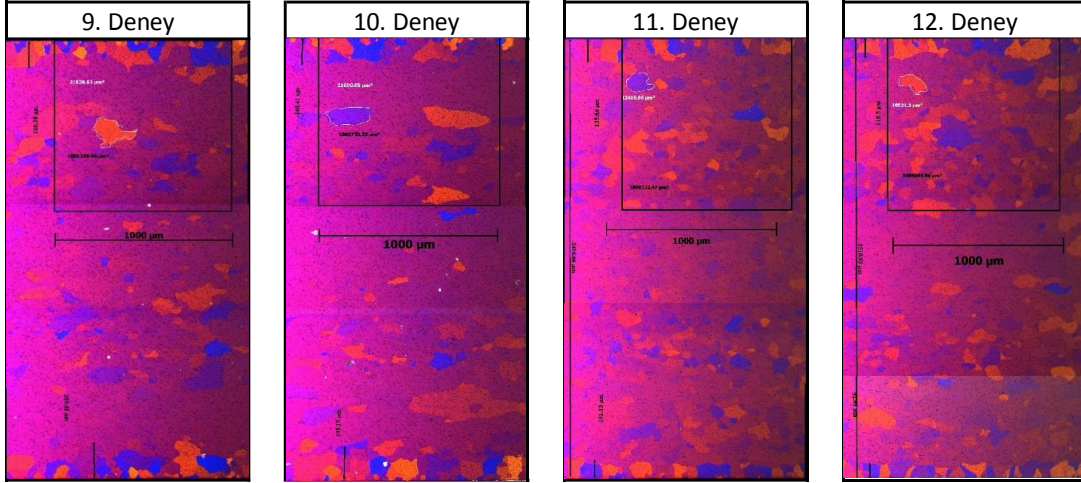
16 deneye ait mikroyapı görüntüleri Şekil 5.26 - 29' da bulunmaktadır.



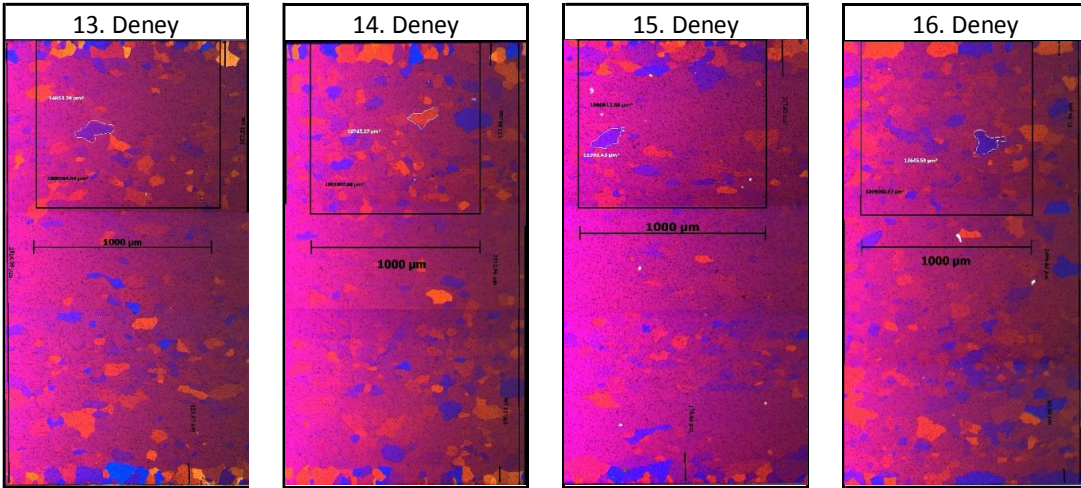
Şekil 5.26: Mikroyapı görüntüleri (1, 2, 3, 4. deneyler).



Şekil 5.27: Mikroyapı görüntüleri (5, 6, 7, 8. deneyler).



Şekil 5.28: Mikroyapı görüntüleri (9, 10, 11, 12. deneyler).



Şekil 5.29: Mikroyapı görüntüleri (13, 14, 15, 16. deneyler).

Her deney için mikroyapı görüntülerindeki tane sayıları Tablo 5.33’ te bulunmaktadır. Bu yanıt değişkeninde de daha büyük daha iyi fonksiyonu kullanılmıştır.

Tablo 5.33: Tane sayısı yanıt değişkeni değeri.

Deney No	1 mm ² alandaki tane sayısı
1	26
2	32
3	22
4	36
5	38
6	33
7	23
8	42

Deney No	1 mm ² alandaki tane sayısı
9	33
10	29
11	47
12	47
13	55
14	54
15	37
16	22

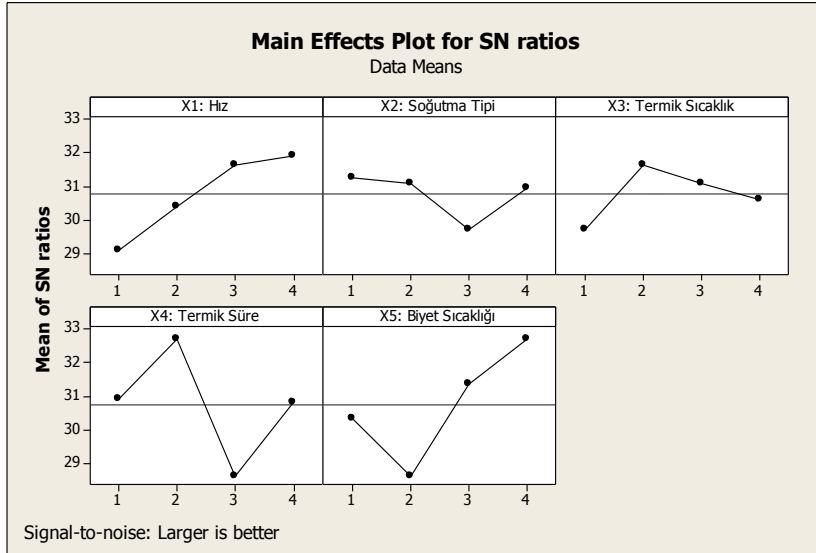
Et kalınlığı 2,6 mm için tane sayısı yanıtından elde edilen sonuçlar Tablo 5.34 ve Tablo 5.35’ te bulunmaktadır.

Tablo 5.34: Tane sayısı verileri S/N oranına göre elde edilen sonuçlar.

Response Table for Signal to Noise Ratios					
Level	X ₁ : Hız	X ₂ : Soğutma Tipi	X ₃ : Termik sıcaklık	X ₄ : Termik süre	X ₅ : Biyet sıcaklığı
1	29,09	31,27	29,74	30,91	30,34
2	30,42	31,09	31,63	32,7	28,64
3	31,63	29,72	31,08	28,64	31,37
4	31,92	30,97	30,6	30,81	32,7
Delta	2,82	1,55	1,89	4,07	4,06
Rank	3	5	4	1	2

Tablo 5.35: Tane sayısı verileri ortalamaya göre elde edilen sonuçlar.

Response Table for Means					
Level	X ₁ : Hız	X ₂ : Soğutma Tipi	X ₃ : Termik sıcaklık	X ₄ : Termik süre	X ₅ : Biyet sıcaklığı
1	29	38	32	37,5	33,5
2	34	37	38,5	44	27,5
3	39	32,25	37,75	27,75	39,25
4	42	36,75	35,75	34,75	43,75
Delta	13	5,75	6,5	16,25	16,25
Rank	3	5	4	1,5	1,5



Şekil 5.30: Tane sayısı için faktörlerin etkilerini gösteren grafik.

Şekil 5.30’ a göre profilin tane sayısı değerini en çok etkileyen faktörün termik süre olduğu görülmektedir. Daha sonra sırasıyla biyet sıcaklığı, hız, termik sıcaklık ve soğutma tipi etkilemektedir.

5.3.5 Doğrulama Deneyi

Taguchi yönteminden elde edilen sonuçlara göre (Tablo 5.36) üretim gerçekleştirilmiştir.

Tablo 5.36: Doğrulama deneyi faktör ve seviyeleri.

Değişkenler		X ₁ Hız	X ₂ Soğutma Tipi	X ₃ Termik Sıcaklık	X ₄ Termik süre	X ₅ Biyet sıcaklığı
Akma	Seviye	4	4	3	4	4
	Değer	14 m/dk	Su havuzu	185 °C	10 saat	500 °C
Çekme	Seviye	4	4	3	4	4
	Değer	14 m/dk	Su havuzu	185 °C	10 saat	500 °C
Uzama	Seviye	3	1	1	1	4
	Değer	11 m/dk	Normal hava	160 °C	4 saat	500 °C
Sertlik	Seviye	4	4	3	4	4
	Değer	14 m/dk	Su havuzu	185 °C	10 saat	500 °C
Elektrik İletkenliği	Seviye	1	1	4	4	1
	Değer	5 m/dk	Normal hava	200 °C	10 saat	440 °C

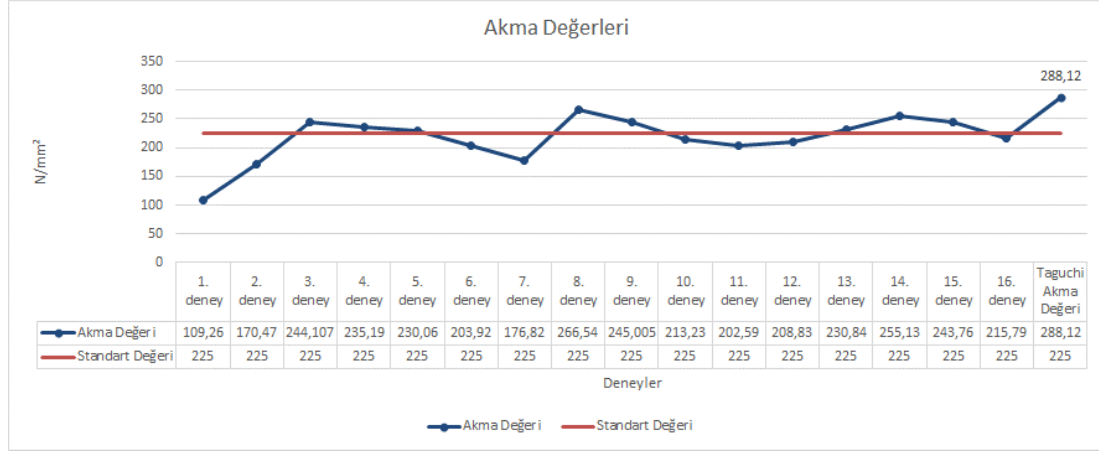
6005 alaşımının TS EN 755-2 (Alüminyum ve alüminyum alaşımları - Ekstrüzyonla imal edilmiş tellik çubuk/çubuk, boru ve profiller - Bölüm 2: Mekanik özellikler) standardına göre et kalınlığına göre en küçük akma, çekme ve uzama değerleri Tablo 5.37' de bulunmaktadır.

Tablo 5.37: 6005 alaşımının TS EN 755-2 standardındaki akma, çekme, uzama değerleri.

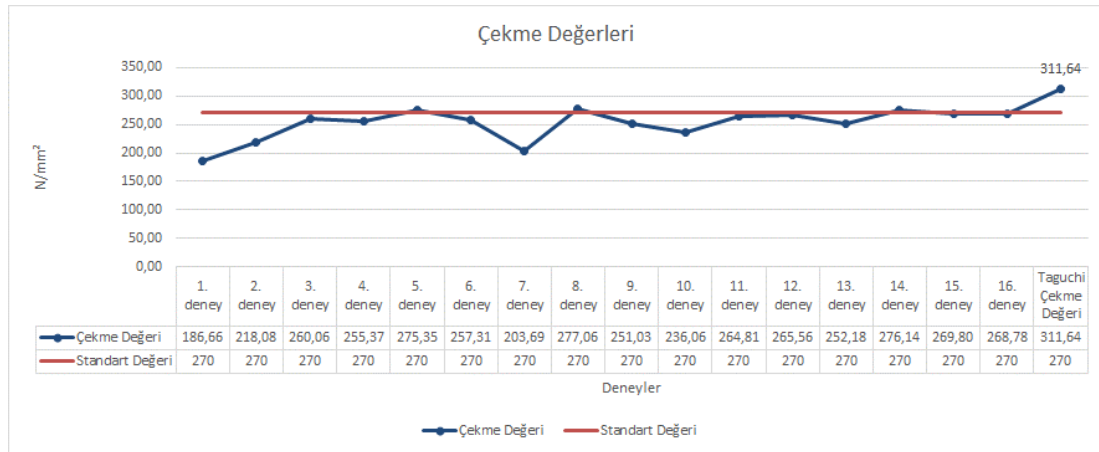
Ekstrüzyonla İmal Edilmiş Tellik Çubuk/Çubuk									
Temper	Boyutlar (mm)		R _m (MPa)		R _{p 0.2} (MPa)		A (%)	A _{50 mm} (%)	Sertlik Değeri HBW
	D ^a	S ^b	min.	max.	min.	max.	min.	min.	
T6°	≤ 25	≤ 25	270	—	225	—	10	8	90
	25 < D ≤ 50	25 < D ≤ 50	270	—	225	—	8	—	90
	50 < D ≤ 100	50 < S ≤ 100	260	—	2015	—	8	—	85
Ekstrüzyonla İmal Edilmiş Boru									
Temper	Boyutlar (mm)		R _m (MPa)		R _{p 0.2} (MPa)		A (%)	A _{50 mm} (%)	Sertlik Değeri HBW
			min.	max.	min.	max.	min.	min.	
T6°	≤ 5		270	—	225	—	8	6	90
	5 < t ≤ 10		260	—	215	—	8	6	85
Ekstrüzyonla İmal Edilmiş Profil d									
Temper	Boyutlar (mm)		R _m (MPa)		R _{p 0.2} (MPa)		A (%)	A _{50 mm} (%)	Sertlik Değeri HBW
			min.	max.	min.	max.	min.	min.	
Açık profil T4°	≤ 25		180	—	90	—	15	13	50
	T6°	≤ 5	270	—	225	—	8	6	90
5 < t ≤ 10		260	—	215	—	8	6	85	
10 < t ≤ 25		250	—	200	—	8	6	85	
İçi boş profil T4°	≤ 10		180	—	90	—	15	13	50
İçi boş profil T6°	≤ 5		255	—	215	—	8	6	85
	5 < t ≤ 15		250	—	200	—	8	6	85

a D : Yuvarlak çubuk için çap
b S : Kare ve altgen çubuklar için paralel yüzler arasındaki mesafe, dikdörtgen çubuklar için kalınlık
c Özellikler basınçlı su verme ile sertleşme yoluyla elde edilir.
d Bir profil kesitinden birden fazla grupta belirtilen özellik değerleri olan farklı kalınlıklar varsa, profil kesiti için belirlenmiş en düşük değer geçerli olarak dikkate alınmalıdır.

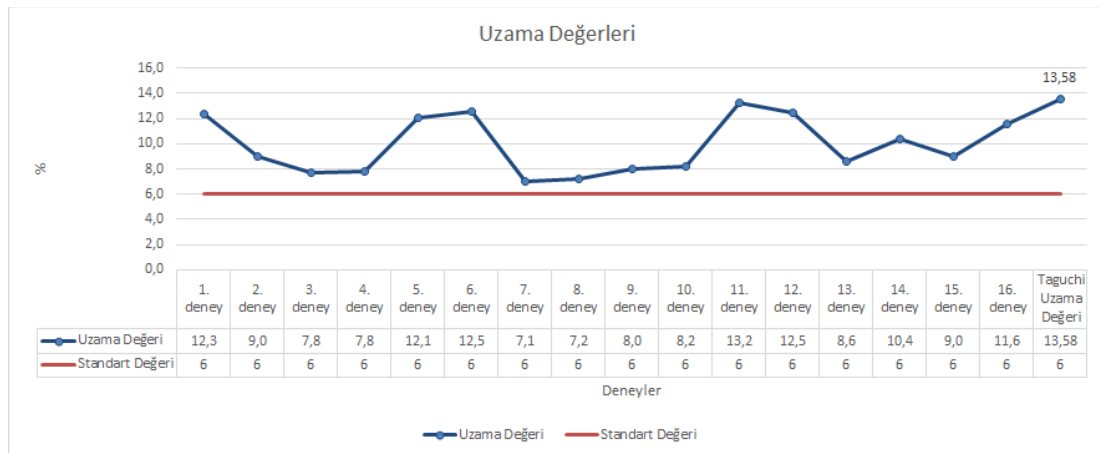
Her bir yanıt değişkeni için 16 deneyin sonucu ve doğrulama deneyinin sonucu Şekil 5.31-33’ de bulunmaktadır. TS EN 755-2 standardındaki kabul edilebilir en küçük değer kırmızı olarak belirtilmiştir.



Şekil 5.31: Akma yanıtının 16 deney ve doğrulama deneyi için değerleri.

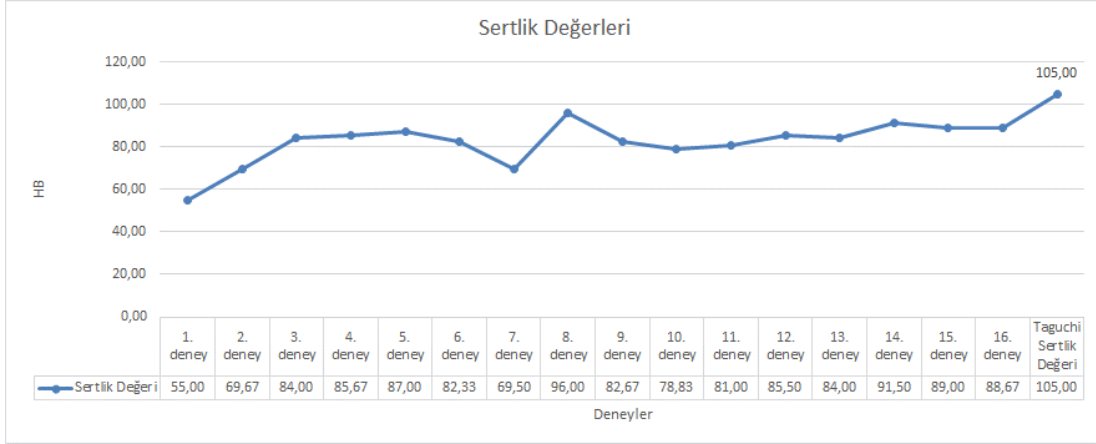


Şekil 5.32: Çekme yanıtının 16 deney ve doğrulama deneyi için değerleri.

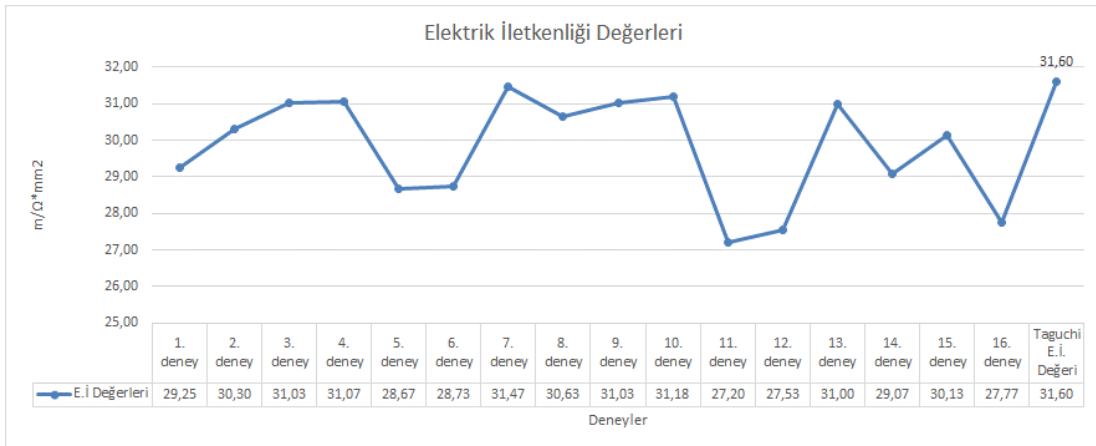


Şekil 5.33: Uzama yanıtının 16 deney ve doğrulama deneyi için değerleri.

Sertlik ve elektrik iletkenliği için belirli bir değer sınırlaması bulunmamaktadır. 16 deneyin sonucu ve doğrulama deneyinin sonucu Şekil 5.34 ve Şekil 5.35’ te bulunmaktadır.



Şekil 5.34: Sertlik yanıtının 16 deney ve doğrulama deneyi için değerleri.



Şekil 5.35: Elektrik İletkenliği yanıtının 16 deney ve doğrulama deneyi için değerleri.

5.4 Çok Yanıtlı Deney Tasarımı

5.3. başlığında birbirinden bağımsız olarak değerlendirilen yanıt değişkenleri bu aşamada birlikte değerlendirilerek belirlenen ağırlıklara göre tek bir sonuç elde edilmesi sağlanmıştır.

Her bir yanıt değişkeninin değerleri 5.3.4 bölümünde açıklanmıştır. Bu değerler kullanılarak ilk olarak kalite kaybı (L_{ij}) hesaplanmıştır (Tablo 5.38). Daha sonra normalleştirilen kayıplar (C_{ij}), normalleştirilen toplam kalite kayıpları ($TNQL_j$) ve çok yanıtlı sinyal gürültü oranları ($MRSN_j$) hesaplanmıştır. Kalite kaybı hesaplanırken, toplam 5 yanıt içinde aşağıdaki “daha büyük daha iyi” fonksiyonu kullanılmıştır.

$$L_{ij} = k_2 \frac{1}{n_i} \sum_{k=1}^{n_i} \frac{1}{y_{ijk}^2}$$

L_{ij} = j. denemede i. yanıtın kaybı

y_{ijk} = k. tekrar ve j. denemede i. yanıt için gözlenen değer

n_i = i. yanıtın tekrar sayısı

Tablo 5.38: Hesaplanan kalite kayıp değerleri.

Deney No	Y ₁	Y ₂	Y ₃	Y ₄	Y ₅
	Akma	Çekme	Uzama	Sertlik	Elektrik İletkenliği
	L _{1j}	L _{2j}	L _{3j}	L _{4j}	L _{5j}
1	8,38E-05	2,87E-05	6,58E-03	3,31E-04	1,17E-03
2	3,44E-05	2,10E-05	1,26E-02	2,06E-04	1,09E-03
3	1,68E-05	1,48E-05	1,96E-02	1,42E-04	1,04E-03
4	1,81E-05	1,53E-05	1,63E-02	1,36E-04	1,04E-03
5	1,89E-05	1,32E-05	8,02E-03	1,32E-04	1,22E-03
6	2,40E-05	1,51E-05	7,16E-03	1,48E-04	1,21E-03
7	3,20E-05	2,41E-05	2,10E-02	2,07E-04	1,01E-03
8	1,41E-05	1,30E-05	2,13E-02	1,09E-04	1,07E-03
9	1,91E-05	1,61E-05	1,85E-02	1,49E-04	1,04E-03
10	2,20E-05	1,79E-05	1,48E-02	1,61E-04	1,03E-03
11	2,44E-05	1,43E-05	6,09E-03	1,53E-04	1,35E-03
12	2,29E-05	1,42E-05	6,51E-03	1,37E-04	1,32E-03
13	1,88E-05	1,57E-05	1,57E-02	1,43E-04	1,04E-03
14	1,54E-05	1,31E-05	9,58E-03	1,20E-04	1,19E-03
15	1,68E-05	1,37E-05	1,40E-02	1,26E-04	1,10E-03
16	2,15E-05	1,38E-05	7,44E-03	1,28E-04	1,30E-03

Normalleştirilen kalite kayıpları aşağıdaki formül ile hesaplanmaktadır. Formüllere göre hesaplanan normalleştirilen kalite kayıpları Tablo 5.39’da verilmiştir.

$$C_{i1} = \frac{L_{i1}}{L_i^*}$$

Bu formülde;

C_{i1} : i. yanıt için 1 nolu deneyde normalleştirilen kalite kaybını ifade etmektedir.

L_i^* : i. yanıt için yapılan deneyler içinden en yüksek değeri alan kalite kaybı değeridir.

Tablo 5.39: Hesaplanan normalleştirilen kalite kayıp değerleri.

Deney No	Y ₁	Y ₂	Y ₃	Y ₄	Y ₅
	Akma	Çekme	Uzama	Sertlik	Elektrik İletkenliği
	C _{1j}	C _{2j}	C _{3j}	C _{4j}	C _{5j}
1	1,00E+00	1,00E+00	3,09E-01	1,00E+00	8,65E-01
2	4,11E-01	7,33E-01	5,91E-01	6,23E-01	8,06E-01
3	2,00E-01	5,15E-01	9,20E-01	4,29E-01	7,68E-01
4	2,16E-01	5,34E-01	7,65E-01	4,12E-01	7,67E-01
5	2,26E-01	4,60E-01	3,77E-01	3,99E-01	9,00E-01
6	2,87E-01	5,26E-01	3,36E-01	4,46E-01	8,96E-01
7	3,82E-01	8,40E-01	9,86E-01	6,26E-01	7,47E-01
8	1,68E-01	4,54E-01	1,00E+00	3,29E-01	7,88E-01
9	2,28E-01	5,60E-01	8,71E-01	4,50E-01	7,68E-01
10	2,63E-01	6,25E-01	6,97E-01	4,87E-01	7,61E-01
11	2,91E-01	4,97E-01	2,86E-01	4,62E-01	1,00E+00
12	2,74E-01	4,94E-01	3,06E-01	4,14E-01	9,76E-01
13	2,24E-01	5,48E-01	7,36E-01	4,31E-01	7,70E-01
14	1,83E-01	4,57E-01	4,50E-01	3,61E-01	8,79E-01
15	2,01E-01	4,79E-01	6,59E-01	3,82E-01	8,15E-01
16	2,56E-01	4,82E-01	3,50E-01	3,87E-01	9,60E-01

Normalleştirilen kalite kaybı bulunduğundan sonra toplam normalleştirilen kalite kaybı her yanıtın aldığı ağırlık değeri ile çarpılarak toplanır. Bu formülle her deney için TNQL değeri hesaplanır.

$$TNQL_1 = w_1 C_{11} + w_2 C_{21} + w_3 C_{31} + w_4 C_{41} + w_5 C_{51}$$

$TNQL_1$ = 1 nolu deney için normalleştirilen kalite kaybını,

w_i = i. yanıtın aldığı ağırlık katsayısını ifade etmektedir.

w_1, w_2, w_3, w_4, w_5 sırasıyla akma, çekme, uzama, sertlik ve elektrik iletkenliği yanıt değişkenlerinin ağırlıklarını göstermektedir. Yanıt değişkenlerinin ağırlıkları uzman görüşleri alınarak $w_1: 0,3$ $w_2: 0,2$ $w_3: 0,3$ $w_4: 0,2$ $w_5: 0$ olarak belirlenmiştir. Elektrik iletkenliğinin ağırlığı 0 olduğu için hesaplama tablolarında yer almamaktadır.

Çok yanıtli kalite kaybını hesaplamak için aşağıdaki formül kullanılmıştır. Bu formüle göre elde edilen değerler Tablo 5.40' ta bulunmaktadır.

$$MRSN_1 = -10\log_{10}(NTNQL_1)$$

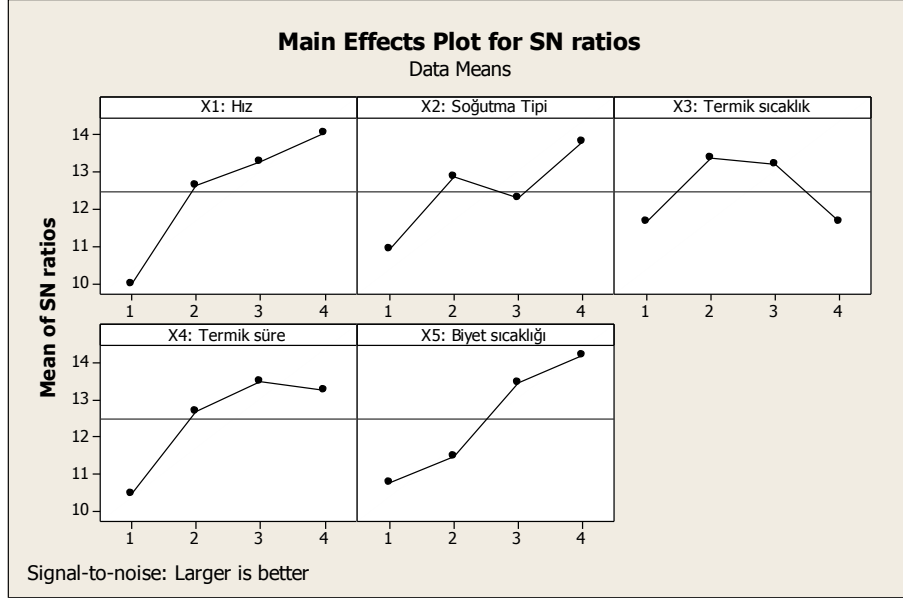
Tablo 5.40: Ağırlıklara göre hesaplanan TNQL ve MRSN değerleri.

Deney No	X ₁ Akma	X ₂ Çekme	X ₃ Uzama	X ₄ Sertlik	TNQL	MRSN
1	3,00E-01	2,00E-01	9,28E-02	2,00E-01	0,793	1,008
2	1,23E-01	1,47E-01	1,77E-01	1,25E-01	0,572	2,428
3	6,01E-02	1,03E-01	2,76E-01	8,59E-02	0,525	2,798
4	6,47E-02	1,07E-01	2,29E-01	8,24E-02	0,483	3,157
5	6,78E-02	9,19E-02	1,13E-01	7,99E-02	0,353	4,525
6	8,61E-02	1,05E-01	1,01E-01	8,92E-02	0,382	4,185
7	1,15E-01	1,68E-01	2,96E-01	1,25E-01	0,703	1,527
8	5,04E-02	9,08E-02	3,00E-01	6,59E-02	0,507	2,949
9	6,85E-02	1,12E-01	2,61E-01	9,01E-02	0,532	2,743
10	7,88E-02	1,25E-01	2,09E-01	9,73E-02	0,510	2,924
11	8,73E-02	9,94E-02	8,59E-02	9,24E-02	0,365	4,377
12	8,21E-02	9,88E-02	9,18E-02	8,28E-02	0,355	4,492
13	6,72E-02	1,10E-01	2,21E-01	8,62E-02	0,484	3,152
14	5,50E-02	9,14E-02	1,35E-01	7,23E-02	0,354	4,513
15	6,03E-02	9,58E-02	1,98E-01	7,65E-02	0,430	3,664
16	7,69E-02	9,65E-02	1,05E-01	7,74E-02	0,356	4,489

Elde edilen çok yanıtli kalite kaybı sonuçları analiz edildiğinde Tablo 5.41 ve Şekil 5.36' daki sonuçlara ulaşılmıştır.

Tablo 5.41: Çok yanıtli için elde edilen sonuçlar.

Response Table for Signal to Noise Ratios					
Level	X ₁ : Hız	X ₂ : Soğutma Tipi	X ₃ : Termik sıcaklık	X ₄ : Termik süre	X ₅ : Biyet sıcaklığı
1	6,675	7,981	9,593	7,473	7,515
2	9,654	10,637	11,286	9,974	8,298
3	10,989	9,18	10,046	11,102	11,098
4	11,846	11,367	8,239	10,616	12,253
Delta	5,171	3,387	3,047	3,63	4,738
Rank	1	4	5	3	2



Şekil 5.36: Çok yanıtı için faktörlerin etkilerini gösteren grafik.

Verilen ağırlıklara göre çok yanıtı sonuç üzerinde en fazla etkiye sahip olan faktör hız değeridir. Daha sonra sırasıyla biyet sıcaklığı, termik süre, soğutma tipi ve termik sıcaklık etkilemektedir.

Tablo 5.42: En yüksek çok yanıtı değeri bulunacağı tahmin edilen faktör seviyeleri.

Faktörler	Seviye No	Açıklama
X ₁ : Hız	4	14 m/dk
X ₂ : Soğutma Tipi	4	Su havuzu
X ₃ : Termik sıcaklık	2	170 °C
X ₄ : Termik süre	3	8 saat
X ₅ : Biyet sıcaklığı	4	500 °C

Tablo 5.42' deki sonuçlara göre doğrulama için bulunan faktör seviyelerine göre üretim yapılmış ve Tablo 5.43' teki sonuçlar elde edilmiştir.

Tablo 5.43: Çok yanıtı doğrulama deneyinde bulunan sonuçlar.

Akma	Çekme	Uzama (%)	Sertlik
283,3 N/mm ²	295,3 N/mm ²	9,5	103 HB

5.5 Yapay Sinir Ağı Yöntemi

Çalışmanın bu bölümünde MATLAB R2007b programı yardımıyla yapay sinir ağları yöntemi kullanılarak tüm faktör ve seviye kombinasyonu (tam faktör deney tasarımı) için akma, çekme, uzama yanıt değişkenlerinin tahmin edilmesi amaçlanmıştır. Tam faktör deney tasarımı deney verileri EK A' da verilmektedir.

MATLAB, yüksek performanslı bir teknik programlama dilidir. MATLAB adı, matrix laboratory kelimelerinden gelir. MATLAB, ilk olarak Fortran dili ile Cleve Moler tarafından yazılmıştır. Matris algoritmasının gelişmesine Linpack ve Eispack projelerinde çalışan kişiler de yardım etmişlerdir. Temel olarak nümerik hesaplama, grafiksel veri gösterimi ve programlamayı içeren teknik ve bilimsel hesaplamalar için yazılmış yüksek performansa sahip bir yazılımdır.

MATLAB, sayısal analiz, matris ve dizi işlemleri, sinyal işleme, algoritma geliştirme, C, C++, Java ve internet ile ilişik programlama ve grafiksel kullanıcı arayüzü (Graphical User Interface – GUI) formlu program yazma gibi sayısal işlemleri, kullanımı kolay bir grafik arayüz üzerinden, diğer programlama dillerindeki geleneksel kodlamaya karşın matematiksel denklem yazma kolaylığı sağlamaktadır. MATLAB farklı sahalardaki kişilerden gelen taleplerle kendini geliştirmiş ve şu an birçok endüstri, devlet ve akademik kurumlarda kullanılmaktadır. İş sahalarında araştırma ve mühendislik alanlarında karşılaşılan problemlere pratik ve çabuk sonuçlar sunmaktadır (Uzunoğlu, Kızıl ve Onar, 2003).

MATLAB ayrıca, “Araç Kutusu” (Toolbox) olarak nitelendirilen özellikler içerir. Kullanıcıların çok dikkatini çeken bu özellikleri program yazmaya gerek kalmadan içerdiği hazır fonksiyon dosyalarıyla, dış aygıtlarla gerçek zamanlı çalışma, M-Dosya işleme ve derleme, iletişim kurma ve işleme, veri tabanı oluşturma, denetleme ve besleme, ölçme, dijital sinyal işleme, excel bağlantısı kurma, finansal zaman serileri kullanma, görüntü işleme, aygıt denetleme, rapor oluşturma, güç sistemleri modelleme, lineer olan ve olmayan kontrol sistemleri dizaynı, robot kontrolü, dinamik sistem simülasyonu, sistem tanımlama, yapay sinir ağları modelleme, bulanık mantık ve daha fazlası durumları da inceler ve çözüm üretimi sağlar. Bu çalışmada MATLAB' ın “Neural Network” nntool toolbox' ı kullanılmıştır.

Bu bölümde Taguchi deney tasarımı yöntemi kapsamında L_{16} ortogonal dizilime göre üretimi gerçekleştirilen 16 deneyin sonuçları öğrenme ve test seti olarak kullanılarak akma, çekme ve uzama değerleri tahmin edilmesi amaçlanmıştır. Ancak yapay sinir ağının oluşturulmasında, model seçilmesinde, ağın topolojisinin belirlenmesi için bir kurallar seti yoktur. Kullanıcının tecrübesine dayalı olarak belirlenmektedir. 16 adet deneyden oluşan veri setinin 12 adedi ağın eğitim için, geri kalan 4 adedi test için kullanılmıştır. Farklı seçenekler denenmiş ancak akma ve çekme yanıt değişkeni için tahmin edilen değerler ile gerçekleşen değerler arasındaki regresyon istatistikleri incelendiğinde gerçek değerlere yaklaşılamadığı tespit edilmiştir. Bu nedenle sadece uzama yanıt değişkeni değerlerinin tahmini yapılabilmektedir. Modelde kullanılan değişkenler ve tipleri Tablo 5.44’ te gösterilmektedir. Faktörlerin seviyeleri Tablo 5.45’ teki gibidir.

Tablo 5.44: Modelde kullanılan değişkenler ve tipleri.

Değişken	Değişken Tipi
X ₁ : Hız	Girdi
X ₂ : Soğutma Tipi	Girdi
X ₃ : Termik Sıcaklık	Girdi
X ₄ : Termik Süre	Girdi
X ₅ : Biyet Sıcaklığı	Girdi
Uzama	Çıktı

Tablo 5.45: Kullanılan faktör ve faktör seviyeleri.

Faktör	Faktör Seviyeleri			
X ₁ : Hız	5 m/dk	8 m/dk	11 m/dk	14 m/dk
X ₂ : Soğutma Tipi	Normal Hava	Kuvvetli Hava	Sprey Su	Su Havuzu
X ₃ : Termik Sıcaklık	160 °C	170 °C	185 °C	200 °C
X ₄ : Termik Süre	4 saat	6 saat	8 saat	10 saat
X ₅ : Biyet Sıcaklığı	440 °C	460 °C	480 °C	500 °C

Kullanılan veri seti Tablo 5.46’ da bulunmaktadır. Görüldüğü gibi deneylerde kullanılan bütün değerler sayısal (nümerik) değildir. Bu nedenle ağın bunları anlaması için nümerik değere dönüştürülmesi gerekmektedir. Yapay sinir ağları daha önce belirtildiği gibi sadece rakamlar ile çalışmaktadırlar. Her faktörün 1. değeri için 1, 2. değeri için 2, 3.değeri için 3, 4.değeri için 4 rakamı o faktörün temsili değeri olarak seçilmiştir. Verilerin nümerik değerleri Tablo 5.47’ de gösterilmiştir.

Tablo 5.46: L₁₆ Ortogonal dizisine göre belirlenen veri seti.

Deney No	X ₁ (m/dk)	X ₂	X ₃ (°C)	X ₄ (saat)	X ₅ (°C)	Uzama
1	5	Normal Hava	160	4	440	12,34
2	5	Kuvvetli Hava	170	6	460	9,00
3	5	Sprey Su	185	8	480	7,75
4	5	Su Havuzu	200	10	500	7,85
5	8	Normal Hava	170	8	500	12,11
6	8	Kuvvetli Hava	160	10	480	12,54
7	8	Sprey Su	200	4	460	7,06
8	8	Su Havuzu	185	6	440	7,19
9	11	Normal Hava	185	10	460	7,97
10	11	Kuvvetli Hava	200	8	440	8,22
11	11	Sprey Su	160	6	500	13,24
12	11	Su Havuzu	170	4	480	12,46
13	14	Normal Hava	200	6	480	8,58
14	14	Kuvvetli Hava	185	4	500	10,39
15	14	Sprey Su	170	10	440	8,98
16	14	Su Havuzu	160	8	460	11,60

Tablo 5.47: Verilerin nümerik değerler ile gösterimi.

Deney No	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	Uzama
1	1	1	1	1	1	12,34
2	1	2	2	2	2	9,00
3	1	3	3	3	3	7,75
4	1	4	4	4	4	7,85
5	2	1	2	3	4	12,11
6	2	2	1	4	3	12,54
7	2	3	4	1	2	7,06
8	2	4	3	2	1	7,19
9	3	1	3	4	2	7,97
10	3	2	4	3	1	8,22
11	3	3	1	2	4	13,24
12	3	4	2	1	3	12,46
13	4	1	4	2	3	8,58
14	4	2	3	1	4	10,39
15	4	3	2	4	1	8,98
16	4	4	1	3	2	11,60

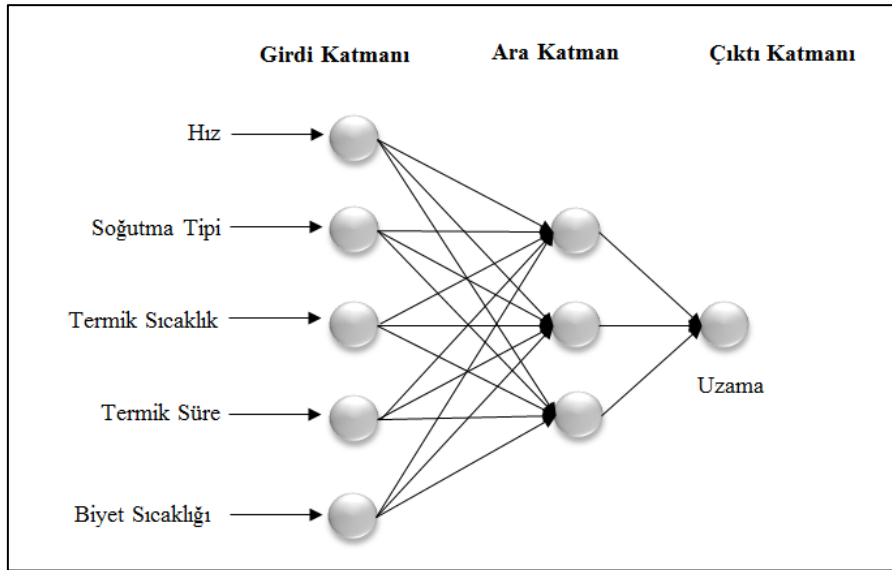
Yapay sinir ağlarında, ağ giriş ve çıkışlarına belirli ön işlem adımları uygulayarak yapay sinir ağına sunulan verilerin eğitimi daha verimli hale getirilebilir. Ağ giriş işlem fonksiyonları, ağ kullanımını daha iyi bir forma dönüştürür. Normalleştirme işlemi ham verilere uygulanarak ve bu verilerin eğitim için uygun veri setinin hazırlanmasına etkisi vardır. Yapay sinir ağların eğitimi normalizasyonsuz çok yavaş olabilir. Normalizasyon yöntemi, yapay zeka sistemlerinin performansının artırılması için kullanılan bir veri ön işleme tekniğidir. Bu teknik, $m \times n$ veri boyutuna sahip bir veri setini bir uzaydan başka bir uzaya taşımaktır. Normalleştirme işlemlerinde farklı teknikler kullanılır. Literatürde minimum-maksimum yöntemi, medyan, sigmoid, ondalıklı ölçeklendirme ve Z-skor gibi birçok istatistiksel normalizasyon çeşidi vardır (Jayalakshmi ve Santhakumaran, 2011; Özkan ve Durğun, 2016).

ÇKA ağlarında girdi ve çıktılarının normalize edilmesi, ağın performansını yakından etkilemektedir. Çünkü normalleştirme, değerlerin dağılımını düzenli hale getirmektedir. Problem girdileri arasında aşırı büyük veya küçük değerler olabilmektedir. Bunlar bir yanlışlık sonucu veri setine girmiş olabilir. Net girdiler hesaplanırken bu değerler aşırı büyük veya küçük değerlerin doğmasına neden olarak ağı yanlış yönlendirebilirler. Bütün girdilerin belirli aralıkta (çoğunlukla 0-1 aralığında) normalize edilmesi hem farklı ortamlardan gelen bilgilerin aynı ölçek üzerine indirgenmesine hem de yanlış girilen çok büyük ve küçük şeklindeki değerlerin etkisinin ortadan kalkmasına neden olur. Bazı araştırmacılar kendi problemlerine özgü normalizasyon yöntemleri geliştirmektedir. Burada önemli olan hangi yöntem kullanıldığından çok girdiler içindeki olumsuz etkileri önleyecek şekilde ölçeklendirme yapmaktır. Her problem için farklı bir normalizasyon yöntemi kullanılabilir. ÇKA ağı tasarımcıları ellerindeki verileri normalize edecek bir yaklaşımı kendileri belirleyebilir. Bu konuda bir standart koymak doğru olmaz (Öztemel, 2003). Bu çalışmada girdi değerleri 10' a, çıktı değerleri 100' e bölünerek normalize edilmiş değerlere ulaşılmıştır. Nümerik değere dönüştürülen verilerin normalize edilmiş hali Tablo 5.48' de bulunmaktadır.

Tablo 5.48: Normalize edilmiş veriler.

Deney No	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	Uzama
1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1234
2	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,089967
3	0,1	0,3	0,3	0,3	0,3	0,077533
4	0,1	0,4	0,4	0,4	0,4	0,078483
5	0,2	0,1	0,2	0,3	0,4	0,121133
6	0,2	0,2	0,1	0,4	0,3	0,125367
7	0,2	0,3	0,4	0,1	0,2	0,07055
8	0,2	0,4	0,3	0,2	0,1	0,071867
9	0,3	0,1	0,3	0,4	0,2	0,079667
10	0,3	0,2	0,4	0,3	0,1	0,082183
11	0,3	0,3	0,1	0,2	0,4	0,132367
12	0,3	0,4	0,2	0,1	0,3	0,124633
13	0,4	0,1	0,4	0,2	0,3	0,085767
14	0,4	0,2	0,3	0,1	0,4	0,1039
15	0,4	0,3	0,2	0,4	0,1	0,0898
16	0,4	0,4	0,1	0,3	0,2	0,116

Uzama değerini etkileyen faktör sayısı 5 olduğu için 5 giriş ünitesi ve uzama değerini tahmin eden bir çıktı ünitesi belirlenmiştir. Oluşturulan ağın topolojisi Şekil 5.37' de verilmektedir.

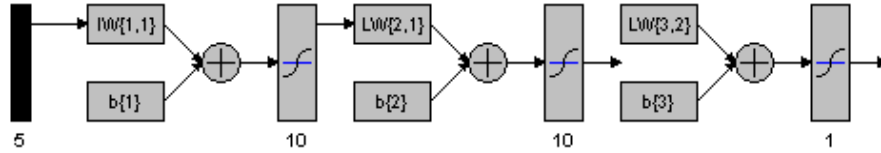


Şekil 5.37: Çok katmanlı ağın gösterimi.

Çalışmada kullanılan veri setleri için farklı gizli katman sayıları ve farklı nöron sayıları ile modeller kurulmuş ve eğitim gerçekleştirilmiştir. Daha sonra test için ayrılan verilerle kurulan tüm modeller test edilmiştir. Test işlemi sonucunda bulunan tahmin değerleri, gerçek değerlerle karşılaştırılarak yapay sinir ağı modellerinin tahmin doğrulukları değerlendirilmiştir. Denemeler sonucu en doğru tahminin yapıldığı girdi parametreleri Tablo 5.49’ da oluşturulan ağ Şekil 5.38’ de verilmektedir.

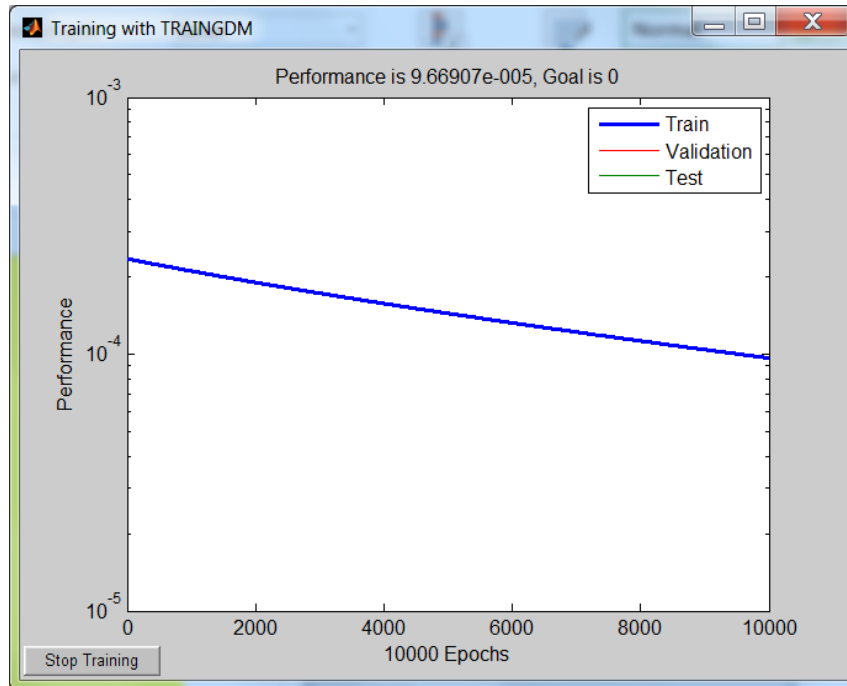
Tablo 5.49: YSA girdi parametreleri.

Parametreler	Özellikleri
Ağ Tipi	İleri Beslemeli Geri Yayılım
Eğitim Fonksiyonu	Traingdm
Öğrenme Fonksiyonu	Learngdm
Performans Fonksiyonu	MSE
Transfer Fonksiyonu	Tansig



Şekil 5.38: Oluşturulan yapay sinir ağı.

Ağ eğitim parametreleri; iterasyon sayısı 10000, hedef 0, öğrenme katsayısı 0,1, momentum katsayısı 0,9 olarak belirlenmiştir. YSA eğitimi sırasındaki eğitim değişim grafiği Şekil 5.39’ da gösterilmektedir.



Şekil 5.39: YSA eğitimi sırasındaki eğitim değişim grafiği.

16 adet deneyden 12' si eğitim seti, 4' ü test seti olarak kullanılmıştır. Tahmini yapılan 4 uzama değeri ile gerçek değer arasındaki regresyon istatistikleri incelenmiştir. Elde edilen sonuç Tablo 5.50' de bulunmaktadır. Görüldüğü gibi R kare değeri 0,97 olarak bulunmuştur. Bulunan bu değer yapılan tahminin doğru olduğunu göstermektedir.

Tablo 5.50: Regresyon istatistikleri.

Regresyon İstatistikleri								
Çoklu R	0,988321926							
R Kare	0,97678023							
Ayarlı R Kare	0,965170345							
Standart Hata	0,001889562							
Gözlem	4							
ANOVA								
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Anlamlılık F</i>			
Regresyon	1	0,000300394	0,000300394	84,13349646	0,011678074			
Fark	2	7,14089E-06	3,57044E-06					
Toplam	3	0,000307535						
	<i>Katsayılar</i>	<i>Standart Hata</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-değeri</i>	<i>Düşük %95</i>	<i>Yüksek %95</i>	<i>Düşük 95,0%</i>	<i>Yüksek 95,0%</i>
Kesişim	0,024190207	0,007762298	3,116371917	0,089378412	-0,009208265	0,057588679	-0,009208265	0,057588679
X Değişkeni 1	0,742760825	0,080977529	9,172431328	0,011678074	0,394342638	1,091179011	0,394342638	1,091179011

5 faktör ve bu faktörlere ait 4 seviyenin oluşturabileceği tüm kombinasyonlar denendiğinde yapılması gereken 1024 deney bulunmaktadır. Doğru olarak eğitildiği test edilmiş yapay sinir ağı ile tüm deneyler için uzama değeri tahmin edilmiştir. En yüksek uzama değeri elde edileceği tahmin edilen sonuç Tablo 5.51' de bulunmaktadır.

Tablo 5.51: YSA ile en yüksek uzama değeri tahmini.

X ₁ : Hız	5 m/dk
X ₂ : Soğutma Tipi	Normal Hava
X ₃ : Termik sıcaklık	170 °C
X ₄ : Termik süre	4 saat
X ₅ : Biyet sıcaklığı	500 °C
En yüksek uzama değeri	0,13059

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma bir deney tasarımı yöntemi olan Taguchi yönteminin alüminyum sektöründe faaliyet gösteren bir işletmenin ekstrüzyon prosesinde uygulanmasını içermektedir. Deney tasarımı teknikleri, yeni bir proses geliştirmede ve performans artırma amacıyla mevcut prosesi düzeltme çalışmalarında önemli bir rol oynamaktadır. Deney tasarımının amaçları kısaca aşağıdaki şekilde sıralanabilir.

- Sonuç üzerinde en etkin girdi faktörlerini belirlemek.
- Performans karakteristiğini hedef değere en yakın sonuca ulaştıracak girdi faktörlerinin seviyelerini belirlemek.
- Kontrol edilemeyen girdi faktörlerinin çıktı üzerindeki etkisinin en az olacağı kontrol edilebilen girdi faktörleri kombinasyonunu oluşturmak.

Deney tasarımında, süreci etkileyen her türlü etken “faktör” olarak adlandırılır. Faktörlerin çeşitli kategorileri ve dereceleri ise “seviye“ olarak adlandırılır. Bu çalışma kapsamında incelenen ekstrüzyon prosesinin en önemli adımı olan faktör ve seviyelerin belirlenmesi aşamasında işletmedeki tecrübelerden ve daha önce yapılmış çalışmalardan yararlanılmıştır. 6005 alüminyum alaşımli ürünün mekanik özelliklerini etkileyen 5 faktör ve bu faktörlere ait 4 seviye belirlenmiştir. Buna göre Taguchi yöntemi ortogonal dizilimlerden L_{16} kullanılmıştır. Akma, çekme, uzama, sertlik, elektrik iletkenliği ve tane sayısı olmak üzere 6 yanıt değişkeni birbirinden bağımsız olarak daha büyük daha iyi kalite fonksiyonu ile en yüksek değerlere ulaşması için faktör ve seviye kombinasyonları belirlenmiştir. Ayrıca her bir yanıt değişkenini en çok etkileyen faktörde tespit edilmiştir.

Taguchi yöntemi ile bulunan kombinasyonların doğrulama deneyi yapılmıştır. Yanıt değişkenleri birbirinden bağımsız olarak değerlendirildikten sonra tüm yanıt değişkenlerinin birlikte değerlendirilmesine olanak sağlayan çok yanıtlı deney tasarımı algoritması kullanılarak yanıt değişkenlerine verilen ağırlıklara göre en iyi faktör seviye kombinasyonu belirlenmiştir. Sonuç olarak belirlenen her faktörün etkili olduğu görülmüştür. Doğrulama deneyi sonucunda bulunan değerler işletmede daha önce 6005 alaşımı ile üretilen profillerin mekanik özellikleri ile karşılaştırıldığında oldukça iyi sonuçlar elde edildiği tespit edilmiştir.

5 faktör ve bunlara ait 4 seviyenin oluşturabileceği tüm kombinasyonların denenmesi yani tam faktöriyel deney tasarımı uygulanması durumunda 1024 adet deney yapılması gerekmektedir. Oluşabilecek tüm durumlarda akma, çekme ve uzama değerleri yapay sinir ağlarıyla tahmin edilmesi amaçlanmıştır. Akma ve çekme yanıt değişkenleri için yapılan tahminde ağır performansı test edilmiş ve istenilen sonuca ulaşılammıştır. Uzama yanıt değişkeni için yapılan tahmin değerleri, gerçek değerlere çok yakın olarak bulunmuştur. Tahmin edilen değer ve gerçek değerler için regresyon istatistikleri incelenmiştir.

Bu tez çalışması ile uygulamanın yapıldığı işletmedeki bir sorunun çözülmesi hedeflenerek alüminyum ekstrüzyon prosesinde iyileştirme sağlamıştır.

Yapılan çalışmanın fayda – maliyet analizi Tablo 6.1’ de açıklanmıştır;

Tablo 6.1: Çalışmanın fayda – maliyet analizi.

Çalışmadaki maliyet kalemleri	
<u>Malzeme maliyeti</u> 400 mm biyet boyundan toplam 17 biyet kullanılmıştır.	60 €
<u>Pres kullanım maliyeti</u> 22 metre uzunluğundaki profil 27 MN ekstrüzyon prreslerinde üretilmiştir.	475 €
<u>Test maliyeti</u> 16 biyetten kararlı olması için 3’ er adet akma, çekme, uzama, sertlik, elektrik iletkenliği test yapılmıştır. 16 numune için mikroyapı analizi yapılmıştır. Test numunelerinin hazırlanmasında ayrıca CNC ve torna tezgahları kullanılmıştır.	400 €
*maliyetlere ayrıca çalışma sırasında harcanan mühendislik ve işçilik maliyeti eklenebilir.	
Çalışmadaki fayda kalemleri	
İşçilik kaybı ve müşteriye cevap verememenin ortadan kaldırılması Hesaplama da yılda ortalama 60 adet standart dışı sipariş alındığı kabul edilmiştir. Bu siparişler için 3 saatlik zaman ayrılacağı düşünülmüştür.	1800 €
Tam faktörlü deney tasarımı yerine Taguchi ve YSA kullanılarak 1024 adet deney yerine 16 adet deneyle istenilen sonuçlara ulaşılmıştır. Söz konusu yapılan deneyin maliyeti 1024 adet deneyin yapılmasından 64 kat daha düşüktür.	-

Ürün ve prosese yönelik kalite karakteristiklerinin eniyilenmesinde Taguchi metodu etkili bir yöntem olarak kullanılmaktadır. Maliyet ve deney sürelerinden sağlanan kazanç endüstriyel uygulamalar için iyi bir çözüm niteliğindedir. İşletmedeki ekstrüzyon fabrika ve diğer üretim alanlarında deney tasarımı ve yapay sinir ağları yöntemlerinin uygulanmasına yönelik çalışmalar yapılmalıdır.

7. KAYNAKLAR

Ak, M. (2012). Alüminyum Döküm Alaşımında Empürite Demirin Mekanik Özelliklere Etkilerinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Anabilim Dalı, Üretim Metalurjisi Ve Teknolojileri Mühendisliği Programı, İstanbul.

Akman, G. ve Özkan, (2011). Sac İmalatında Karşılaşılan Yapışma Probleminin Deney Tasarımı İle Çözümü. *Doğuş Üniversitesi Dergisi*, 12, 187-199.

Andaç, B. (2010). Kokil Kalıba Alüminyum Döküm Proseslerinin İyileştirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, *Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Makina Mühendisliği Anabilim Dalı, İzmir.

Antony, J. and Antony F.J. (2001). Teaching the Taguchi Method to Industrial Engineers, *Work Study*, 50(4), 141-149.

Ataşen, U. (2015). Soğuk Haddelenmiş 3003, 3105, 3005 Alüminyum Alaşımalarında Alaşım Elementi Olarak Magnezyumun Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Anabilim Dalı, Üretim Metalurjisi ve Teknolojileri Mühendisliği, İstanbul.

Aytek, A.G. (2010). Kalite Geliştirme Sürecinde Eniyileme Problemlerine Deney Tasarımı Yönteminin Uygulanması. Doktora Tezi, *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, İşletme Anabilim Dalı, İzmir.

Baynal, K. (2003). Çok Yanıtlı Problemlerin Taguchi Yöntemi İle Eniyilemesi ve Bir Uygulama. Doktora Tezi, *İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, İşletme Anabilim Dalı, Sayısal Yöntemler Bilim Dalı, İstanbul.

Bayram, H. (2008). Ekstrüzyon Yönteminde Sıcaklık, Ekstrüzyon Hızı ve Sürtünme Parametrelerinin Profil Kalitesine Etkisinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı imal Usulleri Programı, İstanbul.

Besterfield, D.H., Besterfield, C., Besterfield, G.H. and Besterfield, M. (1999). *Total Quality Management*.

Bilen, M. (2014). Yapay Sinir Ağları İçin Web Tabanlı Bir Eğitim Yazılımı Geliştirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı, Isparta.

Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, Sanayi Genel Müdürlüğü. Türkiye Demir-Çelik ve Demir Dışı Metaller Sektörü Strateji Belgesi ve Eylem Planı 2012-2016

Deveci, M. (2012). Yapay Sinir Ağları ve Bekleme Süresinin Tahmininde Kullanılması. Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, İşletme Anabilim Dalı Üretim Yönetimi Bilim Dalı, Ankara.

Doruk, E. (2015). 6082 Alüminyum Alaşımının Yorulma Davranışı Üzerine Temper Durumunun Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, *Abant İzzet Baysal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Makina Mühendisliği Anabilim Dalında, Bolu.

Ekonomik ve Sosyal Araştırmalar Müdürlüğü. (2006). Alüminyum Sektörü Hakkında Bir Değerlendirme.

Elmas, Ç. (2003). *Yapay Sinir Ağları*. Ankara: Seçkin Yayıncılık.

Erden, A. (2006). İkiz Merdaneli Sürekli Döküm Yöntemiyle Üretilen Aa6016 Alaşımının Mikro ve Makro Yapısal İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, İmal Usulleri Programı, İstanbul.

Erdoğan, M. (2001). *Mühendislik alaşımlarının yapı ve özellikleri*. Nobel Yayın Dağıtım.

Gencel, İ. (2007). Çok Yanıtlı Problemlerin Optimizasyonunda Taguchi Yönteminin Kullanılması ve Alkollü İçkiler Sektöründe Bir Uygulama, Yüksek Lisans Tezi, *Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Kocaeli.

Ilgaz, O. (2014). Döküm, Ekstrüzyon ve Dövme İşlemlerinin 6082 Alaşımli Dövme Süspansiyon Parçalarında Mikroyapı ve Mekanik Özelliklerine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Anabilim Dalı, Konya.

İstanbul Demir ve Demir Dışı Metaller İhracatçıları Birliği, (2011). Çalışma Raporu.

Jayalakshmi, T. and Santhakumaran, A. (2011). Statistical Normalization and Back Propagation for Classification. *International Journal of Computer Theory and Engineering*, 3(1).

Karakuş, D.Ç. (2001). Kalite Fonksiyonlarını Geliştirme, Olası Hata Türü ve Etkileri Analizi ve Deneylein Tasarımı Tekniklerinin Entegre Kullanımı. Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Metalurji Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.

Koç, S. (2003). Kritik Ünitelerin Performansını Etkileyen Faktörlerin Deneysel Tasarım Yöntemi İle Optimizasyonu. Yüksek Lisans Tezi, *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Adana.

Kubat, C. (2013). *MATLAB yapay zeka ve mühendislik uygulamaları*. Sakarya.

Kumaş, E. (2011). Mühendisler İçin İstatistiksel Deney Tasarımında Hazırlık Aşaması, Yüksek Lisans Tezi, *Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Kırıkkale.

Öz, Ö. (2007). Yaşlandırma Isıl İşleminin 7075 Malzemeli Dikdörtgen Plağın Burkulma Yüğü Üzerine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, *Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Makina Mühendisliği Anabilim Dalı, Zonguldak.

Özler, C. (1997). Cevap Yüzeyi Yöntemlerinin Süreç İyileştirme Amacıyla Kullanılması Üzerine Bir Araştırma. Doktora Tezi, *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, Ekonometri Anabilim Dalı, İzmir.

Öztemel, E. (2012). *Yapay sinir ağları*. İstanbul: Papatya Yayıncılık.

Öztop, M. (2007). Taguchi Deney Tasarımı Yöntemi İle Alüminyum Ekstrüzyon Prosesinin İyileştirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Kayseri.

Özkan, A.O. ve Durğun, S. (2016). Normalizasyon Tekniklerinin Romatoid Artrit Hastalığı Tanısı için YSA Sınıflama Performansına Etkisi. *Elektrik-Elektronik ve Bilgisayar Sempozyumu (EEB)*, Tokat.

Ross, P. J. (1996). *Taguchi techniques for quality engineering*, New York.

Saha, P.K. (2005). *Alüminyum ekstrüzyon teknolojisi*. (Çev. Keleşoğlu, E. ve Erarslan Y.),

Savaşkan, M., (2003). Deney Tasarımı Yöntemlerinin Karşılaştırmalı Kullanımı İle Önce Sert Seramik Kaplı Matkap Uçlarının Performans Değerlendirmesi ve Optimizasyonu. Doktora Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Metalurji Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.

Sözbir, N., Akçil, M. ve Okuyucu, H., (2014). Alüminyum Cürufundan Alüminyum Metali ve Flaks Eldesi. *2. Uluslararası Çevre ve Ahlak Sempozyumu*, Adıyaman.

Sun, Y. (1998). Yaşlanabilir Alüminyum Alaşımlarının Aşınma Davranışları. Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Metalurji Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.

Symeonidis, K. (2000). Hand Gesture Recognition Using Neural Networks. School of Electronic and Electrical Engineering, Master of Science in Multimedia Signal Processing Communications.

Şanyılmaz, M. (2006). Deney Tasarımı ve Kalite Geliştirme Faaliyetlerinde Taguchi Yöntemi İle Bir Uygulama, Yüksek Lisans Tezi, *Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Kütahya.

Şenoğlu, B. ve Acıtaş, Ş. (2014). *İstatistiksel deney tasarımı*. Nobel.

Şirvancı, M. (1997). *Kalite için deney tasarımı: Taguchi yaklaşımı*, Literatür Yayınevi.

Tong, L.I., Su, C.T. and Wang, C.H. (1997). The optimization of multi response problems in the taguchi methods, *Int. Journal of Quality&Reliability Management*, 14, 367-380,

Tuncer, E. (2010). Alüminyum Döküm Yüzey Mikroyapısının Sürtünme Karıştırma İşlemi İle İyileştirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, *Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Antalya.

Turhan, S. (2002). Alüminyumun Mekanik Özelliklerine ve Aşınma Davranışına Magnezyumun ve Silisyumun Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Metalurji Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.

Uzunoğlu, M., Kızıl, A. ve Onar, Ö.Ç. (2003). *Her yönü ile MATLAB*. İstanbul.

Yılmaz, M. (2015). Alüminyum Sektör Değerlendirmesi. Türkiye Alüminyum Sanayicileri Derneği Çuhadaroğlu Metal Sanayi ve Pazarlama A.Ş.,

Yurdakul, M., Özbay, O. ve İç, Y.T. (2002). Havacılık Alanında Kullanılan Alüminyum Alaşımlarının Seçimi, *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 17 (2), 1-23.

Zeytin, H., Teymur, B. ve Arısoy, O. (2000). Alüminyum Alaşımları Otomotiv Endüstrisinde Uygulamaları ve Geleceği, *Mühendis ve Makina*, 53, 51-58

EKLER

8. EKLER: EK A : Tam Faktöriyel Deney Tasarımı

SEVİYELER					Deney No	AÇIKLAMALAR				
X1 (hız)	X2 (Soğutma Tipi)	X3 (Termik Sıcaklık)	X4 (Termik Süre)	X5 (Biyet sıcaklığı)		X1 (hız)	X2 (Soğutma Tipi)	X3 (Termik Sıcaklık)	X4 (Termik Süre)	X5 (Biyet sıcaklığı)
1	1	1	1	1	1	5 m/dk	Normal Hava	160 °C	4 saat	440 °C
1	1	1	1	2	2	5 m/dk	Normal Hava	160 °C	4 saat	460 °C
1	1	1	1	3	3	5 m/dk	Normal Hava	160 °C	4 saat	480 °C
1	1	1	1	4	4	5 m/dk	Normal Hava	160 °C	4 saat	500 °C
1	1	1	2	1	5	5 m/dk	Normal Hava	160 °C	6 saat	440 °C
1	1	1	2	2	6	5 m/dk	Normal Hava	160 °C	6 saat	460 °C
1	1	1	2	3	7	5 m/dk	Normal Hava	160 °C	6 saat	480 °C
1	1	1	2	4	8	5 m/dk	Normal Hava	160 °C	6 saat	500 °C
1	1	1	3	1	9	5 m/dk	Normal Hava	160 °C	8 saat	440 °C
1	1	1	3	2	10	5 m/dk	Normal Hava	160 °C	8 saat	460 °C
1	1	1	3	3	11	5 m/dk	Normal Hava	160 °C	8 saat	480 °C
1	1	1	3	4	12	5 m/dk	Normal Hava	160 °C	8 saat	500 °C
1	1	1	4	1	13	5 m/dk	Normal Hava	160 °C	10 saat	440 °C
1	1	1	4	2	14	5 m/dk	Normal Hava	160 °C	10 saat	460 °C
1	1	1	4	3	15	5 m/dk	Normal Hava	160 °C	10 saat	480 °C
1	1	1	4	4	16	5 m/dk	Normal Hava	160 °C	10 saat	500 °C
1	1	2	1	1	17	5 m/dk	Normal Hava	170 °C	4 saat	440 °C
1	1	2	1	2	18	5 m/dk	Normal Hava	170 °C	4 saat	460 °C
1	1	2	1	3	19	5 m/dk	Normal Hava	170 °C	4 saat	480 °C
1	1	2	1	4	20	5 m/dk	Normal Hava	170 °C	4 saat	500 °C
1	1	2	2	1	21	5 m/dk	Normal Hava	170 °C	6 saat	440 °C
1	1	2	2	2	22	5 m/dk	Normal Hava	170 °C	6 saat	460 °C
1	1	2	2	3	23	5 m/dk	Normal Hava	170 °C	6 saat	480 °C
1	1	2	2	4	24	5 m/dk	Normal Hava	170 °C	6 saat	500 °C
1	1	2	3	1	25	5 m/dk	Normal Hava	170 °C	8 saat	440 °C
1	1	2	3	2	26	5 m/dk	Normal Hava	170 °C	8 saat	460 °C
1	1	2	3	3	27	5 m/dk	Normal Hava	170 °C	8 saat	480 °C
1	1	2	3	4	28	5 m/dk	Normal Hava	170 °C	8 saat	500 °C
1	1	2	4	1	29	5 m/dk	Normal Hava	170 °C	10 saat	440 °C
1	1	2	4	2	30	5 m/dk	Normal Hava	170 °C	10 saat	460 °C
1	1	2	4	3	31	5 m/dk	Normal Hava	170 °C	10 saat	480 °C
1	1	2	4	4	32	5 m/dk	Normal Hava	170 °C	10 saat	500 °C
1	1	3	1	1	33	5 m/dk	Normal Hava	185 °C	4 saat	440 °C
1	1	3	1	2	34	5 m/dk	Normal Hava	185 °C	4 saat	460 °C
1	1	3	1	3	35	5 m/dk	Normal Hava	185 °C	4 saat	480 °C
1	1	3	1	4	36	5 m/dk	Normal Hava	185 °C	4 saat	500 °C
1	1	3	2	1	37	5 m/dk	Normal Hava	185 °C	6 saat	440 °C
1	1	3	2	2	38	5 m/dk	Normal Hava	185 °C	6 saat	460 °C
1	1	3	2	3	39	5 m/dk	Normal Hava	185 °C	6 saat	480 °C
1	1	3	2	4	40	5 m/dk	Normal Hava	185 °C	6 saat	500 °C
1	1	3	3	1	41	5 m/dk	Normal Hava	185 °C	8 saat	440 °C
1	1	3	3	2	42	5 m/dk	Normal Hava	185 °C	8 saat	460 °C
1	1	3	3	3	43	5 m/dk	Normal Hava	185 °C	8 saat	480 °C
1	1	3	3	4	44	5 m/dk	Normal Hava	185 °C	8 saat	500 °C
1	1	3	4	1	45	5 m/dk	Normal Hava	185 °C	10 saat	440 °C
1	1	3	4	2	46	5 m/dk	Normal Hava	185 °C	10 saat	460 °C
1	1	3	4	3	47	5 m/dk	Normal Hava	185 °C	10 saat	480 °C
1	1	3	4	4	48	5 m/dk	Normal Hava	185 °C	10 saat	500 °C
1	1	4	1	1	49	5 m/dk	Normal Hava	200 °C	4 saat	440 °C
1	1	4	1	2	50	5 m/dk	Normal Hava	200 °C	4 saat	460 °C
1	1	4	1	3	51	5 m/dk	Normal Hava	200 °C	4 saat	480 °C
1	1	4	1	4	52	5 m/dk	Normal Hava	200 °C	4 saat	500 °C
1	1	4	2	1	53	5 m/dk	Normal Hava	200 °C	6 saat	440 °C
1	1	4	2	2	54	5 m/dk	Normal Hava	200 °C	6 saat	460 °C
1	1	4	2	3	55	5 m/dk	Normal Hava	200 °C	6 saat	480 °C
1	1	4	2	4	56	5 m/dk	Normal Hava	200 °C	6 saat	500 °C
1	1	4	3	1	57	5 m/dk	Normal Hava	200 °C	8 saat	440 °C
1	1	4	3	2	58	5 m/dk	Normal Hava	200 °C	8 saat	460 °C
1	1	4	3	3	59	5 m/dk	Normal Hava	200 °C	8 saat	480 °C
1	1	4	3	4	60	5 m/dk	Normal Hava	200 °C	8 saat	500 °C
1	1	4	4	1	61	5 m/dk	Normal Hava	200 °C	10 saat	440 °C
1	1	4	4	2	62	5 m/dk	Normal Hava	200 °C	10 saat	460 °C
1	1	4	4	3	63	5 m/dk	Normal Hava	200 °C	10 saat	480 °C
1	1	4	4	4	64	5 m/dk	Normal Hava	200 °C	10 saat	500 °C

SEVİYELER					AÇIKLAMALAR					
X1 (hız)	X2 (Soğutma Tipi)	X3 (Termik Sıcaklık)	X4 (Termik Süre)	X5 (Biyet sıcaklığı)	Deneç No	X1 (hız)	X2 (Soğutma Tipi)	X3 (Termik Sıcaklık)	X4 (Termik Süre)	X5 (Biyet sıcaklığı)
1	2	1	1	1	65	5 m/dk	Kuvvetli Hava	160 °C	4 saat	440 °C
1	2	1	1	2	66	5 m/dk	Kuvvetli Hava	160 °C	4 saat	460 °C
1	2	1	1	3	67	5 m/dk	Kuvvetli Hava	160 °C	4 saat	480 °C
1	2	1	1	4	68	5 m/dk	Kuvvetli Hava	160 °C	4 saat	500 °C
1	2	1	2	1	69	5 m/dk	Kuvvetli Hava	160 °C	6 saat	440 °C
1	2	1	2	2	70	5 m/dk	Kuvvetli Hava	160 °C	6 saat	460 °C
1	2	1	2	3	71	5 m/dk	Kuvvetli Hava	160 °C	6 saat	480 °C
1	2	1	2	4	72	5 m/dk	Kuvvetli Hava	160 °C	6 saat	500 °C
1	2	1	3	1	73	5 m/dk	Kuvvetli Hava	160 °C	8 saat	440 °C
1	2	1	3	2	74	5 m/dk	Kuvvetli Hava	160 °C	8 saat	460 °C
1	2	1	3	3	75	5 m/dk	Kuvvetli Hava	160 °C	8 saat	480 °C
1	2	1	3	4	76	5 m/dk	Kuvvetli Hava	160 °C	8 saat	500 °C
1	2	1	4	1	77	5 m/dk	Kuvvetli Hava	160 °C	10 saat	440 °C
1	2	1	4	2	78	5 m/dk	Kuvvetli Hava	160 °C	10 saat	460 °C
1	2	1	4	3	79	5 m/dk	Kuvvetli Hava	160 °C	10 saat	480 °C
1	2	1	4	4	80	5 m/dk	Kuvvetli Hava	160 °C	10 saat	500 °C
1	2	2	1	1	81	5 m/dk	Kuvvetli Hava	170 °C	4 saat	440 °C
1	2	2	1	2	82	5 m/dk	Kuvvetli Hava	170 °C	4 saat	460 °C
1	2	2	1	3	83	5 m/dk	Kuvvetli Hava	170 °C	4 saat	480 °C
1	2	2	1	4	84	5 m/dk	Kuvvetli Hava	170 °C	4 saat	500 °C
1	2	2	2	1	85	5 m/dk	Kuvvetli Hava	170 °C	6 saat	440 °C
1	2	2	2	2	86	5 m/dk	Kuvvetli Hava	170 °C	6 saat	460 °C
1	2	2	2	3	87	5 m/dk	Kuvvetli Hava	170 °C	6 saat	480 °C
1	2	2	2	4	88	5 m/dk	Kuvvetli Hava	170 °C	6 saat	500 °C
1	2	2	3	1	89	5 m/dk	Kuvvetli Hava	170 °C	8 saat	440 °C
1	2	2	3	2	90	5 m/dk	Kuvvetli Hava	170 °C	8 saat	460 °C
1	2	2	3	3	91	5 m/dk	Kuvvetli Hava	170 °C	8 saat	480 °C
1	2	2	3	4	92	5 m/dk	Kuvvetli Hava	170 °C	8 saat	500 °C
1	2	2	4	1	93	5 m/dk	Kuvvetli Hava	170 °C	10 saat	440 °C
1	2	2	4	2	94	5 m/dk	Kuvvetli Hava	170 °C	10 saat	460 °C
1	2	2	4	3	95	5 m/dk	Kuvvetli Hava	170 °C	10 saat	480 °C
1	2	2	4	4	96	5 m/dk	Kuvvetli Hava	170 °C	10 saat	500 °C
1	2	3	1	1	97	5 m/dk	Kuvvetli Hava	185 °C	4 saat	440 °C
1	2	3	1	2	98	5 m/dk	Kuvvetli Hava	185 °C	4 saat	460 °C
1	2	3	1	3	99	5 m/dk	Kuvvetli Hava	185 °C	4 saat	480 °C
1	2	3	1	4	100	5 m/dk	Kuvvetli Hava	185 °C	4 saat	500 °C
1	2	3	2	1	101	5 m/dk	Kuvvetli Hava	185 °C	6 saat	440 °C
1	2	3	2	2	102	5 m/dk	Kuvvetli Hava	185 °C	6 saat	460 °C
1	2	3	2	3	103	5 m/dk	Kuvvetli Hava	185 °C	6 saat	480 °C
1	2	3	2	4	104	5 m/dk	Kuvvetli Hava	185 °C	6 saat	500 °C
1	2	3	3	1	105	5 m/dk	Kuvvetli Hava	185 °C	8 saat	440 °C
1	2	3	3	2	106	5 m/dk	Kuvvetli Hava	185 °C	8 saat	460 °C
1	2	3	3	3	107	5 m/dk	Kuvvetli Hava	185 °C	8 saat	480 °C
1	2	3	3	4	108	5 m/dk	Kuvvetli Hava	185 °C	8 saat	500 °C
1	2	3	4	1	109	5 m/dk	Kuvvetli Hava	185 °C	10 saat	440 °C
1	2	3	4	2	110	5 m/dk	Kuvvetli Hava	185 °C	10 saat	460 °C
1	2	3	4	3	111	5 m/dk	Kuvvetli Hava	185 °C	10 saat	480 °C
1	2	3	4	4	112	5 m/dk	Kuvvetli Hava	185 °C	10 saat	500 °C
1	2	4	1	1	113	5 m/dk	Kuvvetli Hava	200 °C	4 saat	440 °C
1	2	4	1	2	114	5 m/dk	Kuvvetli Hava	200 °C	4 saat	460 °C
1	2	4	1	3	115	5 m/dk	Kuvvetli Hava	200 °C	4 saat	480 °C
1	2	4	1	4	116	5 m/dk	Kuvvetli Hava	200 °C	4 saat	500 °C
1	2	4	2	1	117	5 m/dk	Kuvvetli Hava	200 °C	6 saat	440 °C
1	2	4	2	2	118	5 m/dk	Kuvvetli Hava	200 °C	6 saat	460 °C
1	2	4	2	3	119	5 m/dk	Kuvvetli Hava	200 °C	6 saat	480 °C
1	2	4	2	4	120	5 m/dk	Kuvvetli Hava	200 °C	6 saat	500 °C
1	2	4	3	1	121	5 m/dk	Kuvvetli Hava	200 °C	8 saat	440 °C
1	2	4	3	2	122	5 m/dk	Kuvvetli Hava	200 °C	8 saat	460 °C
1	2	4	3	3	123	5 m/dk	Kuvvetli Hava	200 °C	8 saat	480 °C
1	2	4	3	4	124	5 m/dk	Kuvvetli Hava	200 °C	8 saat	500 °C
1	2	4	4	1	125	5 m/dk	Kuvvetli Hava	200 °C	10 saat	440 °C
1	2	4	4	2	126	5 m/dk	Kuvvetli Hava	200 °C	10 saat	460 °C
1	2	4	4	3	127	5 m/dk	Kuvvetli Hava	200 °C	10 saat	480 °C
1	2	4	4	4	128	5 m/dk	Kuvvetli Hava	200 °C	10 saat	500 °C

SEVİYELER					AÇIKLAMALAR					
X1 (hız)	X2 (Soğutma Tipi)	X3 (Termik Sıcaklık)	X4 (Termik Süre)	X5 (Biyet sıcaklığı)	Deneç No	X1 (hız)	X2 (Soğutma Tipi)	X3 (Termik Sıcaklık)	X4 (Termik Süre)	X5 (Biyet sıcaklığı)
1	3	1	1	1	129	5 m/dk	Sprey Su	160 °C	4 saat	440 °C
1	3	1	1	2	130	5 m/dk	Sprey Su	160 °C	4 saat	460 °C
1	3	1	1	3	131	5 m/dk	Sprey Su	160 °C	4 saat	480 °C
1	3	1	1	4	132	5 m/dk	Sprey Su	160 °C	4 saat	500 °C
1	3	1	2	1	133	5 m/dk	Sprey Su	160 °C	6 saat	440 °C
1	3	1	2	2	134	5 m/dk	Sprey Su	160 °C	6 saat	460 °C
1	3	1	2	3	135	5 m/dk	Sprey Su	160 °C	6 saat	480 °C
1	3	1	2	4	136	5 m/dk	Sprey Su	160 °C	6 saat	500 °C
1	3	1	3	1	137	5 m/dk	Sprey Su	160 °C	8 saat	440 °C
1	3	1	3	2	138	5 m/dk	Sprey Su	160 °C	8 saat	460 °C
1	3	1	3	3	139	5 m/dk	Sprey Su	160 °C	8 saat	480 °C
1	3	1	3	4	140	5 m/dk	Sprey Su	160 °C	8 saat	500 °C
1	3	1	4	1	141	5 m/dk	Sprey Su	160 °C	10 saat	440 °C
1	3	1	4	2	142	5 m/dk	Sprey Su	160 °C	10 saat	460 °C
1	3	1	4	3	143	5 m/dk	Sprey Su	160 °C	10 saat	480 °C
1	3	1	4	4	144	5 m/dk	Sprey Su	160 °C	10 saat	500 °C
1	3	2	1	1	145	5 m/dk	Sprey Su	170 °C	4 saat	440 °C
1	3	2	1	2	146	5 m/dk	Sprey Su	170 °C	4 saat	460 °C
1	3	2	1	3	147	5 m/dk	Sprey Su	170 °C	4 saat	480 °C
1	3	2	1	4	148	5 m/dk	Sprey Su	170 °C	4 saat	500 °C
1	3	2	2	1	149	5 m/dk	Sprey Su	170 °C	6 saat	440 °C
1	3	2	2	2	150	5 m/dk	Sprey Su	170 °C	6 saat	460 °C
1	3	2	2	3	151	5 m/dk	Sprey Su	170 °C	6 saat	480 °C
1	3	2	2	4	152	5 m/dk	Sprey Su	170 °C	6 saat	500 °C
1	3	2	3	1	153	5 m/dk	Sprey Su	170 °C	8 saat	440 °C
1	3	2	3	2	154	5 m/dk	Sprey Su	170 °C	8 saat	460 °C
1	3	2	3	3	155	5 m/dk	Sprey Su	170 °C	8 saat	480 °C
1	3	2	3	4	156	5 m/dk	Sprey Su	170 °C	8 saat	500 °C
1	3	2	4	1	157	5 m/dk	Sprey Su	170 °C	10 saat	440 °C
1	3	2	4	2	158	5 m/dk	Sprey Su	170 °C	10 saat	460 °C
1	3	2	4	3	159	5 m/dk	Sprey Su	170 °C	10 saat	480 °C
1	3	2	4	4	160	5 m/dk	Sprey Su	170 °C	10 saat	500 °C
1	3	3	1	1	161	5 m/dk	Sprey Su	185 °C	4 saat	440 °C
1	3	3	1	2	162	5 m/dk	Sprey Su	185 °C	4 saat	460 °C
1	3	3	1	3	163	5 m/dk	Sprey Su	185 °C	4 saat	480 °C
1	3	3	1	4	164	5 m/dk	Sprey Su	185 °C	4 saat	500 °C
1	3	3	2	1	165	5 m/dk	Sprey Su	185 °C	6 saat	440 °C
1	3	3	2	2	166	5 m/dk	Sprey Su	185 °C	6 saat	460 °C
1	3	3	2	3	167	5 m/dk	Sprey Su	185 °C	6 saat	480 °C
1	3	3	2	4	168	5 m/dk	Sprey Su	185 °C	6 saat	500 °C
1	3	3	3	1	169	5 m/dk	Sprey Su	185 °C	8 saat	440 °C
1	3	3	3	2	170	5 m/dk	Sprey Su	185 °C	8 saat	460 °C
1	3	3	3	3	171	5 m/dk	Sprey Su	185 °C	8 saat	480 °C
1	3	3	3	4	172	5 m/dk	Sprey Su	185 °C	8 saat	500 °C
1	3	3	4	1	173	5 m/dk	Sprey Su	185 °C	10 saat	440 °C
1	3	3	4	2	174	5 m/dk	Sprey Su	185 °C	10 saat	460 °C
1	3	3	4	3	175	5 m/dk	Sprey Su	185 °C	10 saat	480 °C
1	3	3	4	4	176	5 m/dk	Sprey Su	185 °C	10 saat	500 °C
1	3	4	1	1	177	5 m/dk	Sprey Su	200 °C	4 saat	440 °C
1	3	4	1	2	178	5 m/dk	Sprey Su	200 °C	4 saat	460 °C
1	3	4	1	3	179	5 m/dk	Sprey Su	200 °C	4 saat	480 °C
1	3	4	1	4	180	5 m/dk	Sprey Su	200 °C	4 saat	500 °C
1	3	4	2	1	181	5 m/dk	Sprey Su	200 °C	6 saat	440 °C
1	3	4	2	2	182	5 m/dk	Sprey Su	200 °C	6 saat	460 °C
1	3	4	2	3	183	5 m/dk	Sprey Su	200 °C	6 saat	480 °C
1	3	4	2	4	184	5 m/dk	Sprey Su	200 °C	6 saat	500 °C
1	3	4	3	1	185	5 m/dk	Sprey Su	200 °C	8 saat	440 °C
1	3	4	3	2	186	5 m/dk	Sprey Su	200 °C	8 saat	460 °C
1	3	4	3	3	187	5 m/dk	Sprey Su	200 °C	8 saat	480 °C
1	3	4	3	4	188	5 m/dk	Sprey Su	200 °C	8 saat	500 °C
1	3	4	4	1	189	5 m/dk	Sprey Su	200 °C	10 saat	440 °C
1	3	4	4	2	190	5 m/dk	Sprey Su	200 °C	10 saat	460 °C
1	3	4	4	3	191	5 m/dk	Sprey Su	200 °C	10 saat	480 °C
1	3	4	4	4	192	5 m/dk	Sprey Su	200 °C	10 saat	500 °C

SEVİYELER					AÇIKLAMALAR					
X1 (hız)	X2 (Soğutma Tipi)	X3 (Termik Sıcaklık)	X4 (Termik Süre)	X5 (Biyet sıcaklığı)	Deneç No	X1 (hız)	X2 (Soğutma Tipi)	X3 (Termik Sıcaklık)	X4 (Termik Süre)	X5 (Biyet sıcaklığı)
1	4	1	1	1	193	5 m/dk	Su Havuzu	160 °C	4 saat	440 °C
1	4	1	1	2	194	5 m/dk	Su Havuzu	160 °C	4 saat	460 °C
1	4	1	1	3	195	5 m/dk	Su Havuzu	160 °C	4 saat	480 °C
1	4	1	1	4	196	5 m/dk	Su Havuzu	160 °C	4 saat	500 °C
1	4	1	2	1	197	5 m/dk	Su Havuzu	160 °C	6 saat	440 °C
1	4	1	2	2	198	5 m/dk	Su Havuzu	160 °C	6 saat	460 °C
1	4	1	2	3	199	5 m/dk	Su Havuzu	160 °C	6 saat	480 °C
1	4	1	2	4	200	5 m/dk	Su Havuzu	160 °C	6 saat	500 °C
1	4	1	3	1	201	5 m/dk	Su Havuzu	160 °C	8 saat	440 °C
1	4	1	3	2	202	5 m/dk	Su Havuzu	160 °C	8 saat	460 °C
1	4	1	3	3	203	5 m/dk	Su Havuzu	160 °C	8 saat	480 °C
1	4	1	3	4	204	5 m/dk	Su Havuzu	160 °C	8 saat	500 °C
1	4	1	4	1	205	5 m/dk	Su Havuzu	160 °C	10 saat	440 °C
1	4	1	4	2	206	5 m/dk	Su Havuzu	160 °C	10 saat	460 °C
1	4	1	4	3	207	5 m/dk	Su Havuzu	160 °C	10 saat	480 °C
1	4	1	4	4	208	5 m/dk	Su Havuzu	160 °C	10 saat	500 °C
1	4	2	1	1	209	5 m/dk	Su Havuzu	170 °C	4 saat	440 °C
1	4	2	1	2	210	5 m/dk	Su Havuzu	170 °C	4 saat	460 °C
1	4	2	1	3	211	5 m/dk	Su Havuzu	170 °C	4 saat	480 °C
1	4	2	1	4	212	5 m/dk	Su Havuzu	170 °C	4 saat	500 °C
1	4	2	2	1	213	5 m/dk	Su Havuzu	170 °C	6 saat	440 °C
1	4	2	2	2	214	5 m/dk	Su Havuzu	170 °C	6 saat	460 °C
1	4	2	2	3	215	5 m/dk	Su Havuzu	170 °C	6 saat	480 °C
1	4	2	2	4	216	5 m/dk	Su Havuzu	170 °C	6 saat	500 °C
1	4	2	3	1	217	5 m/dk	Su Havuzu	170 °C	8 saat	440 °C
1	4	2	3	2	218	5 m/dk	Su Havuzu	170 °C	8 saat	460 °C
1	4	2	3	3	219	5 m/dk	Su Havuzu	170 °C	8 saat	480 °C
1	4	2	3	4	220	5 m/dk	Su Havuzu	170 °C	8 saat	500 °C
1	4	2	4	1	221	5 m/dk	Su Havuzu	170 °C	10 saat	440 °C
1	4	2	4	2	222	5 m/dk	Su Havuzu	170 °C	10 saat	460 °C
1	4	2	4	3	223	5 m/dk	Su Havuzu	170 °C	10 saat	480 °C
1	4	2	4	4	224	5 m/dk	Su Havuzu	170 °C	10 saat	500 °C
1	4	3	1	1	225	5 m/dk	Su Havuzu	185 °C	4 saat	440 °C
1	4	3	1	2	226	5 m/dk	Su Havuzu	185 °C	4 saat	460 °C
1	4	3	1	3	227	5 m/dk	Su Havuzu	185 °C	4 saat	480 °C
1	4	3	1	4	228	5 m/dk	Su Havuzu	185 °C	4 saat	500 °C
1	4	3	2	1	229	5 m/dk	Su Havuzu	185 °C	6 saat	440 °C
1	4	3	2	2	230	5 m/dk	Su Havuzu	185 °C	6 saat	460 °C
1	4	3	2	3	231	5 m/dk	Su Havuzu	185 °C	6 saat	480 °C
1	4	3	2	4	232	5 m/dk	Su Havuzu	185 °C	6 saat	500 °C
1	4	3	3	1	233	5 m/dk	Su Havuzu	185 °C	8 saat	440 °C
1	4	3	3	2	234	5 m/dk	Su Havuzu	185 °C	8 saat	460 °C
1	4	3	3	3	235	5 m/dk	Su Havuzu	185 °C	8 saat	480 °C
1	4	3	3	4	236	5 m/dk	Su Havuzu	185 °C	8 saat	500 °C
1	4	3	4	1	237	5 m/dk	Su Havuzu	185 °C	10 saat	440 °C
1	4	3	4	2	238	5 m/dk	Su Havuzu	185 °C	10 saat	460 °C
1	4	3	4	3	239	5 m/dk	Su Havuzu	185 °C	10 saat	480 °C
1	4	3	4	4	240	5 m/dk	Su Havuzu	185 °C	10 saat	500 °C
1	4	4	1	1	241	5 m/dk	Su Havuzu	200 °C	4 saat	440 °C
1	4	4	1	2	242	5 m/dk	Su Havuzu	200 °C	4 saat	460 °C
1	4	4	1	3	243	5 m/dk	Su Havuzu	200 °C	4 saat	480 °C
1	4	4	1	4	244	5 m/dk	Su Havuzu	200 °C	4 saat	500 °C
1	4	4	2	1	245	5 m/dk	Su Havuzu	200 °C	6 saat	440 °C
1	4	4	2	2	246	5 m/dk	Su Havuzu	200 °C	6 saat	460 °C
1	4	4	2	3	247	5 m/dk	Su Havuzu	200 °C	6 saat	480 °C
1	4	4	2	4	248	5 m/dk	Su Havuzu	200 °C	6 saat	500 °C
1	4	4	3	1	249	5 m/dk	Su Havuzu	200 °C	8 saat	440 °C
1	4	4	3	2	250	5 m/dk	Su Havuzu	200 °C	8 saat	460 °C
1	4	4	3	3	251	5 m/dk	Su Havuzu	200 °C	8 saat	480 °C
1	4	4	3	4	252	5 m/dk	Su Havuzu	200 °C	8 saat	500 °C
1	4	4	4	1	253	5 m/dk	Su Havuzu	200 °C	10 saat	440 °C
1	4	4	4	2	254	5 m/dk	Su Havuzu	200 °C	10 saat	460 °C
1	4	4	4	3	255	5 m/dk	Su Havuzu	200 °C	10 saat	480 °C
1	4	4	4	4	256	5 m/dk	Su Havuzu	200 °C	10 saat	500 °C

SEVİYELER					AÇIKLAMALAR					
X1 (hız)	X2 (Soğutma Tipi)	X3 (Termik Sıcaklık)	X4 (Termik Süre)	X5 (Biyet sıcaklığı)	Deneç No	X1 (hız)	X2 (Soğutma Tipi)	X3 (Termik Sıcaklık)	X4 (Termik Süre)	X5 (Biyet sıcaklığı)
2	1	1	1	1	257	8 m/dk	Normal Hava	160 °C	4 saat	440 °C
2	1	1	1	2	258	8 m/dk	Normal Hava	160 °C	4 saat	460 °C
2	1	1	1	3	259	8 m/dk	Normal Hava	160 °C	4 saat	480 °C
2	1	1	1	4	260	8 m/dk	Normal Hava	160 °C	4 saat	500 °C
2	1	1	2	1	261	8 m/dk	Normal Hava	160 °C	6 saat	440 °C
2	1	1	2	2	262	8 m/dk	Normal Hava	160 °C	6 saat	460 °C
2	1	1	2	3	263	8 m/dk	Normal Hava	160 °C	6 saat	480 °C
2	1	1	2	4	264	8 m/dk	Normal Hava	160 °C	6 saat	500 °C
2	1	1	3	1	265	8 m/dk	Normal Hava	160 °C	8 saat	440 °C
2	1	1	3	2	266	8 m/dk	Normal Hava	160 °C	8 saat	460 °C
2	1	1	3	3	267	8 m/dk	Normal Hava	160 °C	8 saat	480 °C
2	1	1	3	4	268	8 m/dk	Normal Hava	160 °C	8 saat	500 °C
2	1	1	4	1	269	8 m/dk	Normal Hava	160 °C	10 saat	440 °C
2	1	1	4	2	270	8 m/dk	Normal Hava	160 °C	10 saat	460 °C
2	1	1	4	3	271	8 m/dk	Normal Hava	160 °C	10 saat	480 °C
2	1	1	4	4	272	8 m/dk	Normal Hava	160 °C	10 saat	500 °C
2	1	2	1	1	273	8 m/dk	Normal Hava	170 °C	4 saat	440 °C
2	1	2	1	2	274	8 m/dk	Normal Hava	170 °C	4 saat	460 °C
2	1	2	1	3	275	8 m/dk	Normal Hava	170 °C	4 saat	480 °C
2	1	2	1	4	276	8 m/dk	Normal Hava	170 °C	4 saat	500 °C
2	1	2	2	1	277	8 m/dk	Normal Hava	170 °C	6 saat	440 °C
2	1	2	2	2	278	8 m/dk	Normal Hava	170 °C	6 saat	460 °C
2	1	2	2	3	279	8 m/dk	Normal Hava	170 °C	6 saat	480 °C
2	1	2	2	4	280	8 m/dk	Normal Hava	170 °C	6 saat	500 °C
2	1	2	3	1	281	8 m/dk	Normal Hava	170 °C	8 saat	440 °C
2	1	2	3	2	282	8 m/dk	Normal Hava	170 °C	8 saat	460 °C
2	1	2	3	3	283	8 m/dk	Normal Hava	170 °C	8 saat	480 °C
2	1	2	3	4	284	8 m/dk	Normal Hava	170 °C	8 saat	500 °C
2	1	2	4	1	285	8 m/dk	Normal Hava	170 °C	10 saat	440 °C
2	1	2	4	2	286	8 m/dk	Normal Hava	170 °C	10 saat	460 °C
2	1	2	4	3	287	8 m/dk	Normal Hava	170 °C	10 saat	480 °C
2	1	2	4	4	288	8 m/dk	Normal Hava	170 °C	10 saat	500 °C
2	1	3	1	1	289	8 m/dk	Normal Hava	185 °C	4 saat	440 °C
2	1	3	1	2	290	8 m/dk	Normal Hava	185 °C	4 saat	460 °C
2	1	3	1	3	291	8 m/dk	Normal Hava	185 °C	4 saat	480 °C
2	1	3	1	4	292	8 m/dk	Normal Hava	185 °C	4 saat	500 °C
2	1	3	2	1	293	8 m/dk	Normal Hava	185 °C	6 saat	440 °C
2	1	3	2	2	294	8 m/dk	Normal Hava	185 °C	6 saat	460 °C
2	1	3	2	3	295	8 m/dk	Normal Hava	185 °C	6 saat	480 °C
2	1	3	2	4	296	8 m/dk	Normal Hava	185 °C	6 saat	500 °C
2	1	3	3	1	297	8 m/dk	Normal Hava	185 °C	8 saat	440 °C
2	1	3	3	2	298	8 m/dk	Normal Hava	185 °C	8 saat	460 °C
2	1	3	3	3	299	8 m/dk	Normal Hava	185 °C	8 saat	480 °C
2	1	3	3	4	300	8 m/dk	Normal Hava	185 °C	8 saat	500 °C
2	1	3	4	1	301	8 m/dk	Normal Hava	185 °C	10 saat	440 °C
2	1	3	4	2	302	8 m/dk	Normal Hava	185 °C	10 saat	460 °C
2	1	3	4	3	303	8 m/dk	Normal Hava	185 °C	10 saat	480 °C
2	1	3	4	4	304	8 m/dk	Normal Hava	185 °C	10 saat	500 °C
2	1	4	1	1	305	8 m/dk	Normal Hava	200 °C	4 saat	440 °C
2	1	4	1	2	306	8 m/dk	Normal Hava	200 °C	4 saat	460 °C
2	1	4	1	3	307	8 m/dk	Normal Hava	200 °C	4 saat	480 °C
2	1	4	1	4	308	8 m/dk	Normal Hava	200 °C	4 saat	500 °C
2	1	4	2	1	309	8 m/dk	Normal Hava	200 °C	6 saat	440 °C
2	1	4	2	2	310	8 m/dk	Normal Hava	200 °C	6 saat	460 °C
2	1	4	2	3	311	8 m/dk	Normal Hava	200 °C	6 saat	480 °C
2	1	4	2	4	312	8 m/dk	Normal Hava	200 °C	6 saat	500 °C
2	1	4	3	1	313	8 m/dk	Normal Hava	200 °C	8 saat	440 °C
2	1	4	3	2	314	8 m/dk	Normal Hava	200 °C	8 saat	460 °C
2	1	4	3	3	315	8 m/dk	Normal Hava	200 °C	8 saat	480 °C
2	1	4	3	4	316	8 m/dk	Normal Hava	200 °C	8 saat	500 °C
2	1	4	4	1	317	8 m/dk	Normal Hava	200 °C	10 saat	440 °C
2	1	4	4	2	318	8 m/dk	Normal Hava	200 °C	10 saat	460 °C
2	1	4	4	3	319	8 m/dk	Normal Hava	200 °C	10 saat	480 °C
2	1	4	4	4	320	8 m/dk	Normal Hava	200 °C	10 saat	500 °C

SEVİYELER					AÇIKLAMALAR					
X1 (hız)	X2 (Soğutma Tipi)	X3 (Termik Sıcaklık)	X4 (Termik Süre)	X5 (Biyet sıcaklığı)	Deneç No	X1 (hız)	X2 (Soğutma Tipi)	X3 (Termik Sıcaklık)	X4 (Termik Süre)	X5 (Biyet sıcaklığı)
2	2	1	1	1	321	8 m/dk	Kuvvetli Hava	160 °C	4 saat	440 °C
2	2	1	1	2	322	8 m/dk	Kuvvetli Hava	160 °C	4 saat	460 °C
2	2	1	1	3	323	8 m/dk	Kuvvetli Hava	160 °C	4 saat	480 °C
2	2	1	1	4	324	8 m/dk	Kuvvetli Hava	160 °C	4 saat	500 °C
2	2	1	2	1	325	8 m/dk	Kuvvetli Hava	160 °C	6 saat	440 °C
2	2	1	2	2	326	8 m/dk	Kuvvetli Hava	160 °C	6 saat	460 °C
2	2	1	2	3	327	8 m/dk	Kuvvetli Hava	160 °C	6 saat	480 °C
2	2	1	2	4	328	8 m/dk	Kuvvetli Hava	160 °C	6 saat	500 °C
2	2	1	3	1	329	8 m/dk	Kuvvetli Hava	160 °C	8 saat	440 °C
2	2	1	3	2	330	8 m/dk	Kuvvetli Hava	160 °C	8 saat	460 °C
2	2	1	3	3	331	8 m/dk	Kuvvetli Hava	160 °C	8 saat	480 °C
2	2	1	3	4	332	8 m/dk	Kuvvetli Hava	160 °C	8 saat	500 °C
2	2	1	4	1	333	8 m/dk	Kuvvetli Hava	160 °C	10 saat	440 °C
2	2	1	4	2	334	8 m/dk	Kuvvetli Hava	160 °C	10 saat	460 °C
2	2	1	4	3	335	8 m/dk	Kuvvetli Hava	160 °C	10 saat	480 °C
2	2	1	4	4	336	8 m/dk	Kuvvetli Hava	160 °C	10 saat	500 °C
2	2	2	1	1	337	8 m/dk	Kuvvetli Hava	170 °C	4 saat	440 °C
2	2	2	1	2	338	8 m/dk	Kuvvetli Hava	170 °C	4 saat	460 °C
2	2	2	1	3	339	8 m/dk	Kuvvetli Hava	170 °C	4 saat	480 °C
2	2	2	1	4	340	8 m/dk	Kuvvetli Hava	170 °C	4 saat	500 °C
2	2	2	2	1	341	8 m/dk	Kuvvetli Hava	170 °C	6 saat	440 °C
2	2	2	2	2	342	8 m/dk	Kuvvetli Hava	170 °C	6 saat	460 °C
2	2	2	2	3	343	8 m/dk	Kuvvetli Hava	170 °C	6 saat	480 °C
2	2	2	2	4	344	8 m/dk	Kuvvetli Hava	170 °C	6 saat	500 °C
2	2	2	3	1	345	8 m/dk	Kuvvetli Hava	170 °C	8 saat	440 °C
2	2	2	3	2	346	8 m/dk	Kuvvetli Hava	170 °C	8 saat	460 °C
2	2	2	3	3	347	8 m/dk	Kuvvetli Hava	170 °C	8 saat	480 °C
2	2	2	3	4	348	8 m/dk	Kuvvetli Hava	170 °C	8 saat	500 °C
2	2	2	4	1	349	8 m/dk	Kuvvetli Hava	170 °C	10 saat	440 °C
2	2	2	4	2	350	8 m/dk	Kuvvetli Hava	170 °C	10 saat	460 °C
2	2	2	4	3	351	8 m/dk	Kuvvetli Hava	170 °C	10 saat	480 °C
2	2	2	4	4	352	8 m/dk	Kuvvetli Hava	170 °C	10 saat	500 °C
2	2	3	1	1	353	8 m/dk	Kuvvetli Hava	185 °C	4 saat	440 °C
2	2	3	1	2	354	8 m/dk	Kuvvetli Hava	185 °C	4 saat	460 °C
2	2	3	1	3	355	8 m/dk	Kuvvetli Hava	185 °C	4 saat	480 °C
2	2	3	1	4	356	8 m/dk	Kuvvetli Hava	185 °C	4 saat	500 °C
2	2	3	2	1	357	8 m/dk	Kuvvetli Hava	185 °C	6 saat	440 °C
2	2	3	2	2	358	8 m/dk	Kuvvetli Hava	185 °C	6 saat	460 °C
2	2	3	2	3	359	8 m/dk	Kuvvetli Hava	185 °C	6 saat	480 °C
2	2	3	2	4	360	8 m/dk	Kuvvetli Hava	185 °C	6 saat	500 °C
2	2	3	3	1	361	8 m/dk	Kuvvetli Hava	185 °C	8 saat	440 °C
2	2	3	3	2	362	8 m/dk	Kuvvetli Hava	185 °C	8 saat	460 °C
2	2	3	3	3	363	8 m/dk	Kuvvetli Hava	185 °C	8 saat	480 °C
2	2	3	3	4	364	8 m/dk	Kuvvetli Hava	185 °C	8 saat	500 °C
2	2	3	4	1	365	8 m/dk	Kuvvetli Hava	185 °C	10 saat	440 °C
2	2	3	4	2	366	8 m/dk	Kuvvetli Hava	185 °C	10 saat	460 °C
2	2	3	4	3	367	8 m/dk	Kuvvetli Hava	185 °C	10 saat	480 °C
2	2	3	4	4	368	8 m/dk	Kuvvetli Hava	185 °C	10 saat	500 °C
2	2	4	1	1	369	8 m/dk	Kuvvetli Hava	200 °C	4 saat	440 °C
2	2	4	1	2	370	8 m/dk	Kuvvetli Hava	200 °C	4 saat	460 °C
2	2	4	1	3	371	8 m/dk	Kuvvetli Hava	200 °C	4 saat	480 °C
2	2	4	1	4	372	8 m/dk	Kuvvetli Hava	200 °C	4 saat	500 °C
2	2	4	2	1	373	8 m/dk	Kuvvetli Hava	200 °C	6 saat	440 °C
2	2	4	2	2	374	8 m/dk	Kuvvetli Hava	200 °C	6 saat	460 °C
2	2	4	2	3	375	8 m/dk	Kuvvetli Hava	200 °C	6 saat	480 °C
2	2	4	2	4	376	8 m/dk	Kuvvetli Hava	200 °C	6 saat	500 °C
2	2	4	3	1	377	8 m/dk	Kuvvetli Hava	200 °C	8 saat	440 °C
2	2	4	3	2	378	8 m/dk	Kuvvetli Hava	200 °C	8 saat	460 °C
2	2	4	3	3	379	8 m/dk	Kuvvetli Hava	200 °C	8 saat	480 °C
2	2	4	3	4	380	8 m/dk	Kuvvetli Hava	200 °C	8 saat	500 °C
2	2	4	4	1	381	8 m/dk	Kuvvetli Hava	200 °C	10 saat	440 °C
2	2	4	4	2	382	8 m/dk	Kuvvetli Hava	200 °C	10 saat	460 °C
2	2	4	4	3	383	8 m/dk	Kuvvetli Hava	200 °C	10 saat	480 °C
2	2	4	4	4	384	8 m/dk	Kuvvetli Hava	200 °C	10 saat	500 °C

SEVİYELER					AÇIKLAMALAR					
X1 (hız)	X2 (Soğutma Tipi)	X3 (Termik Sıcaklık)	X4 (Termik Süre)	X5 (Biyet sıcaklığı)	Deneç No	X1 (hız)	X2 (Soğutma Tipi)	X3 (Termik Sıcaklık)	X4 (Termik Süre)	X5 (Biyet sıcaklığı)
2	3	1	1	1	385	8 m/dk	Sprey Su	160 °C	4 saat	440 °C
2	3	1	1	2	386	8 m/dk	Sprey Su	160 °C	4 saat	460 °C
2	3	1	1	3	387	8 m/dk	Sprey Su	160 °C	4 saat	480 °C
2	3	1	1	4	388	8 m/dk	Sprey Su	160 °C	4 saat	500 °C
2	3	1	2	1	389	8 m/dk	Sprey Su	160 °C	6 saat	440 °C
2	3	1	2	2	390	8 m/dk	Sprey Su	160 °C	6 saat	460 °C
2	3	1	2	3	391	8 m/dk	Sprey Su	160 °C	6 saat	480 °C
2	3	1	2	4	392	8 m/dk	Sprey Su	160 °C	6 saat	500 °C
2	3	1	3	1	393	8 m/dk	Sprey Su	160 °C	8 saat	440 °C
2	3	1	3	2	394	8 m/dk	Sprey Su	160 °C	8 saat	460 °C
2	3	1	3	3	395	8 m/dk	Sprey Su	160 °C	8 saat	480 °C
2	3	1	3	4	396	8 m/dk	Sprey Su	160 °C	8 saat	500 °C
2	3	1	4	1	397	8 m/dk	Sprey Su	160 °C	10 saat	440 °C
2	3	1	4	2	398	8 m/dk	Sprey Su	160 °C	10 saat	460 °C
2	3	1	4	3	399	8 m/dk	Sprey Su	160 °C	10 saat	480 °C
2	3	1	4	4	400	8 m/dk	Sprey Su	160 °C	10 saat	500 °C
2	3	2	1	1	401	8 m/dk	Sprey Su	170 °C	4 saat	440 °C
2	3	2	1	2	402	8 m/dk	Sprey Su	170 °C	4 saat	460 °C
2	3	2	1	3	403	8 m/dk	Sprey Su	170 °C	4 saat	480 °C
2	3	2	1	4	404	8 m/dk	Sprey Su	170 °C	4 saat	500 °C
2	3	2	2	1	405	8 m/dk	Sprey Su	170 °C	6 saat	440 °C
2	3	2	2	2	406	8 m/dk	Sprey Su	170 °C	6 saat	460 °C
2	3	2	2	3	407	8 m/dk	Sprey Su	170 °C	6 saat	480 °C
2	3	2	2	4	408	8 m/dk	Sprey Su	170 °C	6 saat	500 °C
2	3	2	3	1	409	8 m/dk	Sprey Su	170 °C	8 saat	440 °C
2	3	2	3	2	410	8 m/dk	Sprey Su	170 °C	8 saat	460 °C
2	3	2	3	3	411	8 m/dk	Sprey Su	170 °C	8 saat	480 °C
2	3	2	3	4	412	8 m/dk	Sprey Su	170 °C	8 saat	500 °C
2	3	2	4	1	413	8 m/dk	Sprey Su	170 °C	10 saat	440 °C
2	3	2	4	2	414	8 m/dk	Sprey Su	170 °C	10 saat	460 °C
2	3	2	4	3	415	8 m/dk	Sprey Su	170 °C	10 saat	480 °C
2	3	2	4	4	416	8 m/dk	Sprey Su	170 °C	10 saat	500 °C
2	3	3	1	1	417	8 m/dk	Sprey Su	185 °C	4 saat	440 °C
2	3	3	1	2	418	8 m/dk	Sprey Su	185 °C	4 saat	460 °C
2	3	3	1	3	419	8 m/dk	Sprey Su	185 °C	4 saat	480 °C
2	3	3	1	4	420	8 m/dk	Sprey Su	185 °C	4 saat	500 °C
2	3	3	2	1	421	8 m/dk	Sprey Su	185 °C	6 saat	440 °C
2	3	3	2	2	422	8 m/dk	Sprey Su	185 °C	6 saat	460 °C
2	3	3	2	3	423	8 m/dk	Sprey Su	185 °C	6 saat	480 °C
2	3	3	2	4	424	8 m/dk	Sprey Su	185 °C	6 saat	500 °C
2	3	3	3	1	425	8 m/dk	Sprey Su	185 °C	8 saat	440 °C
2	3	3	3	2	426	8 m/dk	Sprey Su	185 °C	8 saat	460 °C
2	3	3	3	3	427	8 m/dk	Sprey Su	185 °C	8 saat	480 °C
2	3	3	3	4	428	8 m/dk	Sprey Su	185 °C	8 saat	500 °C
2	3	3	4	1	429	8 m/dk	Sprey Su	185 °C	10 saat	440 °C
2	3	3	4	2	430	8 m/dk	Sprey Su	185 °C	10 saat	460 °C
2	3	3	4	3	431	8 m/dk	Sprey Su	185 °C	10 saat	480 °C
2	3	3	4	4	432	8 m/dk	Sprey Su	185 °C	10 saat	500 °C
2	3	4	1	1	433	8 m/dk	Sprey Su	200 °C	4 saat	440 °C
2	3	4	1	2	434	8 m/dk	Sprey Su	200 °C	4 saat	460 °C
2	3	4	1	3	435	8 m/dk	Sprey Su	200 °C	4 saat	480 °C
2	3	4	1	4	436	8 m/dk	Sprey Su	200 °C	4 saat	500 °C
2	3	4	2	1	437	8 m/dk	Sprey Su	200 °C	6 saat	440 °C
2	3	4	2	2	438	8 m/dk	Sprey Su	200 °C	6 saat	460 °C
2	3	4	2	3	439	8 m/dk	Sprey Su	200 °C	6 saat	480 °C
2	3	4	2	4	440	8 m/dk	Sprey Su	200 °C	6 saat	500 °C
2	3	4	3	1	441	8 m/dk	Sprey Su	200 °C	8 saat	440 °C
2	3	4	3	2	442	8 m/dk	Sprey Su	200 °C	8 saat	460 °C
2	3	4	3	3	443	8 m/dk	Sprey Su	200 °C	8 saat	480 °C
2	3	4	3	4	444	8 m/dk	Sprey Su	200 °C	8 saat	500 °C
2	3	4	4	1	445	8 m/dk	Sprey Su	200 °C	10 saat	440 °C
2	3	4	4	2	446	8 m/dk	Sprey Su	200 °C	10 saat	460 °C
2	3	4	4	3	447	8 m/dk	Sprey Su	200 °C	10 saat	480 °C
2	3	4	4	4	448	8 m/dk	Sprey Su	200 °C	10 saat	500 °C

SEVİYELER					AÇIKLAMALAR					
X1 (hız)	X2 (Soğutma Tipi)	X3 (Termik Sıcaklık)	X4 (Termik Süre)	X5 (Biyet sıcaklığı)	Deneç No	X1 (hız)	X2 (Soğutma Tipi)	X3 (Termik Sıcaklık)	X4 (Termik Süre)	X5 (Biyet sıcaklığı)
2	4	1	1	1	449	8 m/dk	Su Havuzu	160 °C	4 saat	440 °C
2	4	1	1	2	450	8 m/dk	Su Havuzu	160 °C	4 saat	460 °C
2	4	1	1	3	451	8 m/dk	Su Havuzu	160 °C	4 saat	480 °C
2	4	1	1	4	452	8 m/dk	Su Havuzu	160 °C	4 saat	500 °C
2	4	1	2	1	453	8 m/dk	Su Havuzu	160 °C	6 saat	440 °C
2	4	1	2	2	454	8 m/dk	Su Havuzu	160 °C	6 saat	460 °C
2	4	1	2	3	455	8 m/dk	Su Havuzu	160 °C	6 saat	480 °C
2	4	1	2	4	456	8 m/dk	Su Havuzu	160 °C	6 saat	500 °C
2	4	1	3	1	457	8 m/dk	Su Havuzu	160 °C	8 saat	440 °C
2	4	1	3	2	458	8 m/dk	Su Havuzu	160 °C	8 saat	460 °C
2	4	1	3	3	459	8 m/dk	Su Havuzu	160 °C	8 saat	480 °C
2	4	1	3	4	460	8 m/dk	Su Havuzu	160 °C	8 saat	500 °C
2	4	1	4	1	461	8 m/dk	Su Havuzu	160 °C	10 saat	440 °C
2	4	1	4	2	462	8 m/dk	Su Havuzu	160 °C	10 saat	460 °C
2	4	1	4	3	463	8 m/dk	Su Havuzu	160 °C	10 saat	480 °C
2	4	1	4	4	464	8 m/dk	Su Havuzu	160 °C	10 saat	500 °C
2	4	2	1	1	465	8 m/dk	Su Havuzu	170 °C	4 saat	440 °C
2	4	2	1	2	466	8 m/dk	Su Havuzu	170 °C	4 saat	460 °C
2	4	2	1	3	467	8 m/dk	Su Havuzu	170 °C	4 saat	480 °C
2	4	2	1	4	468	8 m/dk	Su Havuzu	170 °C	4 saat	500 °C
2	4	2	2	1	469	8 m/dk	Su Havuzu	170 °C	6 saat	440 °C
2	4	2	2	2	470	8 m/dk	Su Havuzu	170 °C	6 saat	460 °C
2	4	2	2	3	471	8 m/dk	Su Havuzu	170 °C	6 saat	480 °C
2	4	2	2	4	472	8 m/dk	Su Havuzu	170 °C	6 saat	500 °C
2	4	2	3	1	473	8 m/dk	Su Havuzu	170 °C	8 saat	440 °C
2	4	2	3	2	474	8 m/dk	Su Havuzu	170 °C	8 saat	460 °C
2	4	2	3	3	475	8 m/dk	Su Havuzu	170 °C	8 saat	480 °C
2	4	2	3	4	476	8 m/dk	Su Havuzu	170 °C	8 saat	500 °C
2	4	2	4	1	477	8 m/dk	Su Havuzu	170 °C	10 saat	440 °C
2	4	2	4	2	478	8 m/dk	Su Havuzu	170 °C	10 saat	460 °C
2	4	2	4	3	479	8 m/dk	Su Havuzu	170 °C	10 saat	480 °C
2	4	2	4	4	480	8 m/dk	Su Havuzu	170 °C	10 saat	500 °C
2	4	3	1	1	481	8 m/dk	Su Havuzu	185 °C	4 saat	440 °C
2	4	3	1	2	482	8 m/dk	Su Havuzu	185 °C	4 saat	460 °C
2	4	3	1	3	483	8 m/dk	Su Havuzu	185 °C	4 saat	480 °C
2	4	3	1	4	484	8 m/dk	Su Havuzu	185 °C	4 saat	500 °C
2	4	3	2	1	485	8 m/dk	Su Havuzu	185 °C	6 saat	440 °C
2	4	3	2	2	486	8 m/dk	Su Havuzu	185 °C	6 saat	460 °C
2	4	3	2	3	487	8 m/dk	Su Havuzu	185 °C	6 saat	480 °C
2	4	3	2	4	488	8 m/dk	Su Havuzu	185 °C	6 saat	500 °C
2	4	3	3	1	489	8 m/dk	Su Havuzu	185 °C	8 saat	440 °C
2	4	3	3	2	490	8 m/dk	Su Havuzu	185 °C	8 saat	460 °C
2	4	3	3	3	491	8 m/dk	Su Havuzu	185 °C	8 saat	480 °C
2	4	3	3	4	492	8 m/dk	Su Havuzu	185 °C	8 saat	500 °C
2	4	3	4	1	493	8 m/dk	Su Havuzu	185 °C	10 saat	440 °C
2	4	3	4	2	494	8 m/dk	Su Havuzu	185 °C	10 saat	460 °C
2	4	3	4	3	495	8 m/dk	Su Havuzu	185 °C	10 saat	480 °C
2	4	3	4	4	496	8 m/dk	Su Havuzu	185 °C	10 saat	500 °C
2	4	4	1	1	497	8 m/dk	Su Havuzu	200 °C	4 saat	440 °C
2	4	4	1	2	498	8 m/dk	Su Havuzu	200 °C	4 saat	460 °C
2	4	4	1	3	499	8 m/dk	Su Havuzu	200 °C	4 saat	480 °C
2	4	4	1	4	500	8 m/dk	Su Havuzu	200 °C	4 saat	500 °C
2	4	4	2	1	501	8 m/dk	Su Havuzu	200 °C	6 saat	440 °C
2	4	4	2	2	502	8 m/dk	Su Havuzu	200 °C	6 saat	460 °C
2	4	4	2	3	503	8 m/dk	Su Havuzu	200 °C	6 saat	480 °C
2	4	4	2	4	504	8 m/dk	Su Havuzu	200 °C	6 saat	500 °C
2	4	4	3	1	505	8 m/dk	Su Havuzu	200 °C	8 saat	440 °C
2	4	4	3	2	506	8 m/dk	Su Havuzu	200 °C	8 saat	460 °C
2	4	4	3	3	507	8 m/dk	Su Havuzu	200 °C	8 saat	480 °C
2	4	4	3	4	508	8 m/dk	Su Havuzu	200 °C	8 saat	500 °C
2	4	4	4	1	509	8 m/dk	Su Havuzu	200 °C	10 saat	440 °C
2	4	4	4	2	510	8 m/dk	Su Havuzu	200 °C	10 saat	460 °C
2	4	4	4	3	511	8 m/dk	Su Havuzu	200 °C	10 saat	480 °C
2	4	4	4	4	512	8 m/dk	Su Havuzu	200 °C	10 saat	500 °C

SEVİYELER					AÇIKLAMALAR					
X1 (hız)	X2 (Soğutma Tipi)	X3 (Termik Sıcaklık)	X4 (Termik Süre)	X5 (Biyet sıcaklığı)	Deneç No	X1 (hız)	X2 (Soğutma Tipi)	X3 (Termik Sıcaklık)	X4 (Termik Süre)	X5 (Biyet sıcaklığı)
3	1	1	1	1	513	11 m/dk	Normal Hava	160 °C	4 saat	440 °C
3	1	1	1	2	514	11 m/dk	Normal Hava	160 °C	4 saat	460 °C
3	1	1	1	3	515	11 m/dk	Normal Hava	160 °C	4 saat	480 °C
3	1	1	1	4	516	11 m/dk	Normal Hava	160 °C	4 saat	500 °C
3	1	1	2	1	517	11 m/dk	Normal Hava	160 °C	6 saat	440 °C
3	1	1	2	2	518	11 m/dk	Normal Hava	160 °C	6 saat	460 °C
3	1	1	2	3	519	11 m/dk	Normal Hava	160 °C	6 saat	480 °C
3	1	1	2	4	520	11 m/dk	Normal Hava	160 °C	6 saat	500 °C
3	1	1	3	1	521	11 m/dk	Normal Hava	160 °C	8 saat	440 °C
3	1	1	3	2	522	11 m/dk	Normal Hava	160 °C	8 saat	460 °C
3	1	1	3	3	523	11 m/dk	Normal Hava	160 °C	8 saat	480 °C
3	1	1	3	4	524	11 m/dk	Normal Hava	160 °C	8 saat	500 °C
3	1	1	4	1	525	11 m/dk	Normal Hava	160 °C	10 saat	440 °C
3	1	1	4	2	526	11 m/dk	Normal Hava	160 °C	10 saat	460 °C
3	1	1	4	3	527	11 m/dk	Normal Hava	160 °C	10 saat	480 °C
3	1	1	4	4	528	11 m/dk	Normal Hava	160 °C	10 saat	500 °C
3	1	2	1	1	529	11 m/dk	Normal Hava	170 °C	4 saat	440 °C
3	1	2	1	2	530	11 m/dk	Normal Hava	170 °C	4 saat	460 °C
3	1	2	1	3	531	11 m/dk	Normal Hava	170 °C	4 saat	480 °C
3	1	2	1	4	532	11 m/dk	Normal Hava	170 °C	4 saat	500 °C
3	1	2	2	1	533	11 m/dk	Normal Hava	170 °C	6 saat	440 °C
3	1	2	2	2	534	11 m/dk	Normal Hava	170 °C	6 saat	460 °C
3	1	2	2	3	535	11 m/dk	Normal Hava	170 °C	6 saat	480 °C
3	1	2	2	4	536	11 m/dk	Normal Hava	170 °C	6 saat	500 °C
3	1	2	3	1	537	11 m/dk	Normal Hava	170 °C	8 saat	440 °C
3	1	2	3	2	538	11 m/dk	Normal Hava	170 °C	8 saat	460 °C
3	1	2	3	3	539	11 m/dk	Normal Hava	170 °C	8 saat	480 °C
3	1	2	3	4	540	11 m/dk	Normal Hava	170 °C	8 saat	500 °C
3	1	2	4	1	541	11 m/dk	Normal Hava	170 °C	10 saat	440 °C
3	1	2	4	2	542	11 m/dk	Normal Hava	170 °C	10 saat	460 °C
3	1	2	4	3	543	11 m/dk	Normal Hava	170 °C	10 saat	480 °C
3	1	2	4	4	544	11 m/dk	Normal Hava	170 °C	10 saat	500 °C
3	1	3	1	1	545	11 m/dk	Normal Hava	185 °C	4 saat	440 °C
3	1	3	1	2	546	11 m/dk	Normal Hava	185 °C	4 saat	460 °C
3	1	3	1	3	547	11 m/dk	Normal Hava	185 °C	4 saat	480 °C
3	1	3	1	4	548	11 m/dk	Normal Hava	185 °C	4 saat	500 °C
3	1	3	2	1	549	11 m/dk	Normal Hava	185 °C	6 saat	440 °C
3	1	3	2	2	550	11 m/dk	Normal Hava	185 °C	6 saat	460 °C
3	1	3	2	3	551	11 m/dk	Normal Hava	185 °C	6 saat	480 °C
3	1	3	2	4	552	11 m/dk	Normal Hava	185 °C	6 saat	500 °C
3	1	3	3	1	553	11 m/dk	Normal Hava	185 °C	8 saat	440 °C
3	1	3	3	2	554	11 m/dk	Normal Hava	185 °C	8 saat	460 °C
3	1	3	3	3	555	11 m/dk	Normal Hava	185 °C	8 saat	480 °C
3	1	3	3	4	556	11 m/dk	Normal Hava	185 °C	8 saat	500 °C
3	1	3	4	1	557	11 m/dk	Normal Hava	185 °C	10 saat	440 °C
3	1	3	4	2	558	11 m/dk	Normal Hava	185 °C	10 saat	460 °C
3	1	3	4	3	559	11 m/dk	Normal Hava	185 °C	10 saat	480 °C
3	1	3	4	4	560	11 m/dk	Normal Hava	185 °C	10 saat	500 °C
3	1	4	1	1	561	11 m/dk	Normal Hava	200 °C	4 saat	440 °C
3	1	4	1	2	562	11 m/dk	Normal Hava	200 °C	4 saat	460 °C
3	1	4	1	3	563	11 m/dk	Normal Hava	200 °C	4 saat	480 °C
3	1	4	1	4	564	11 m/dk	Normal Hava	200 °C	4 saat	500 °C
3	1	4	2	1	565	11 m/dk	Normal Hava	200 °C	6 saat	440 °C
3	1	4	2	2	566	11 m/dk	Normal Hava	200 °C	6 saat	460 °C
3	1	4	2	3	567	11 m/dk	Normal Hava	200 °C	6 saat	480 °C
3	1	4	2	4	568	11 m/dk	Normal Hava	200 °C	6 saat	500 °C
3	1	4	3	1	569	11 m/dk	Normal Hava	200 °C	8 saat	440 °C
3	1	4	3	2	570	11 m/dk	Normal Hava	200 °C	8 saat	460 °C
3	1	4	3	3	571	11 m/dk	Normal Hava	200 °C	8 saat	480 °C
3	1	4	3	4	572	11 m/dk	Normal Hava	200 °C	8 saat	500 °C
3	1	4	4	1	573	11 m/dk	Normal Hava	200 °C	10 saat	440 °C
3	1	4	4	2	574	11 m/dk	Normal Hava	200 °C	10 saat	460 °C
3	1	4	4	3	575	11 m/dk	Normal Hava	200 °C	10 saat	480 °C
3	1	4	4	4	576	11 m/dk	Normal Hava	200 °C	10 saat	500 °C

SEVİYELER					AÇIKLAMALAR					
X1 (hız)	X2 (Soğutma Tipi)	X3 (Termik Sıcaklık)	X4 (Termik Süre)	X5 (Biyet sıcaklığı)	Deneç No	X1 (hız)	X2 (Soğutma Tipi)	X3 (Termik Sıcaklık)	X4 (Termik Süre)	X5 (Biyet sıcaklığı)
3	2	1	1	1	577	11 m/dk	Kuvvetli Hava	160 °C	4 saat	440 °C
3	2	1	1	2	578	11 m/dk	Kuvvetli Hava	160 °C	4 saat	460 °C
3	2	1	1	3	579	11 m/dk	Kuvvetli Hava	160 °C	4 saat	480 °C
3	2	1	1	4	580	11 m/dk	Kuvvetli Hava	160 °C	4 saat	500 °C
3	2	1	2	1	581	11 m/dk	Kuvvetli Hava	160 °C	6 saat	440 °C
3	2	1	2	2	582	11 m/dk	Kuvvetli Hava	160 °C	6 saat	460 °C
3	2	1	2	3	583	11 m/dk	Kuvvetli Hava	160 °C	6 saat	480 °C
3	2	1	2	4	584	11 m/dk	Kuvvetli Hava	160 °C	6 saat	500 °C
3	2	1	3	1	585	11 m/dk	Kuvvetli Hava	160 °C	8 saat	440 °C
3	2	1	3	2	586	11 m/dk	Kuvvetli Hava	160 °C	8 saat	460 °C
3	2	1	3	3	587	11 m/dk	Kuvvetli Hava	160 °C	8 saat	480 °C
3	2	1	3	4	588	11 m/dk	Kuvvetli Hava	160 °C	8 saat	500 °C
3	2	1	4	1	589	11 m/dk	Kuvvetli Hava	160 °C	10 saat	440 °C
3	2	1	4	2	590	11 m/dk	Kuvvetli Hava	160 °C	10 saat	460 °C
3	2	1	4	3	591	11 m/dk	Kuvvetli Hava	160 °C	10 saat	480 °C
3	2	1	4	4	592	11 m/dk	Kuvvetli Hava	160 °C	10 saat	500 °C
3	2	2	1	1	593	11 m/dk	Kuvvetli Hava	170 °C	4 saat	440 °C
3	2	2	1	2	594	11 m/dk	Kuvvetli Hava	170 °C	4 saat	460 °C
3	2	2	1	3	595	11 m/dk	Kuvvetli Hava	170 °C	4 saat	480 °C
3	2	2	1	4	596	11 m/dk	Kuvvetli Hava	170 °C	4 saat	500 °C
3	2	2	2	1	597	11 m/dk	Kuvvetli Hava	170 °C	6 saat	440 °C
3	2	2	2	2	598	11 m/dk	Kuvvetli Hava	170 °C	6 saat	460 °C
3	2	2	2	3	599	11 m/dk	Kuvvetli Hava	170 °C	6 saat	480 °C
3	2	2	2	4	600	11 m/dk	Kuvvetli Hava	170 °C	6 saat	500 °C
3	2	2	3	1	601	11 m/dk	Kuvvetli Hava	170 °C	8 saat	440 °C
3	2	2	3	2	602	11 m/dk	Kuvvetli Hava	170 °C	8 saat	460 °C
3	2	2	3	3	603	11 m/dk	Kuvvetli Hava	170 °C	8 saat	480 °C
3	2	2	3	4	604	11 m/dk	Kuvvetli Hava	170 °C	8 saat	500 °C
3	2	2	4	1	605	11 m/dk	Kuvvetli Hava	170 °C	10 saat	440 °C
3	2	2	4	2	606	11 m/dk	Kuvvetli Hava	170 °C	10 saat	460 °C
3	2	2	4	3	607	11 m/dk	Kuvvetli Hava	170 °C	10 saat	480 °C
3	2	2	4	4	608	11 m/dk	Kuvvetli Hava	170 °C	10 saat	500 °C
3	2	3	1	1	609	11 m/dk	Kuvvetli Hava	185 °C	4 saat	440 °C
3	2	3	1	2	610	11 m/dk	Kuvvetli Hava	185 °C	4 saat	460 °C
3	2	3	1	3	611	11 m/dk	Kuvvetli Hava	185 °C	4 saat	480 °C
3	2	3	1	4	612	11 m/dk	Kuvvetli Hava	185 °C	4 saat	500 °C
3	2	3	2	1	613	11 m/dk	Kuvvetli Hava	185 °C	6 saat	440 °C
3	2	3	2	2	614	11 m/dk	Kuvvetli Hava	185 °C	6 saat	460 °C
3	2	3	2	3	615	11 m/dk	Kuvvetli Hava	185 °C	6 saat	480 °C
3	2	3	2	4	616	11 m/dk	Kuvvetli Hava	185 °C	6 saat	500 °C
3	2	3	3	1	617	11 m/dk	Kuvvetli Hava	185 °C	8 saat	440 °C
3	2	3	3	2	618	11 m/dk	Kuvvetli Hava	185 °C	8 saat	460 °C
3	2	3	3	3	619	11 m/dk	Kuvvetli Hava	185 °C	8 saat	480 °C
3	2	3	3	4	620	11 m/dk	Kuvvetli Hava	185 °C	8 saat	500 °C
3	2	3	4	1	621	11 m/dk	Kuvvetli Hava	185 °C	10 saat	440 °C
3	2	3	4	2	622	11 m/dk	Kuvvetli Hava	185 °C	10 saat	460 °C
3	2	3	4	3	623	11 m/dk	Kuvvetli Hava	185 °C	10 saat	480 °C
3	2	3	4	4	624	11 m/dk	Kuvvetli Hava	185 °C	10 saat	500 °C
3	2	4	1	1	625	11 m/dk	Kuvvetli Hava	200 °C	4 saat	440 °C
3	2	4	1	2	626	11 m/dk	Kuvvetli Hava	200 °C	4 saat	460 °C
3	2	4	1	3	627	11 m/dk	Kuvvetli Hava	200 °C	4 saat	480 °C
3	2	4	1	4	628	11 m/dk	Kuvvetli Hava	200 °C	4 saat	500 °C
3	2	4	2	1	629	11 m/dk	Kuvvetli Hava	200 °C	6 saat	440 °C
3	2	4	2	2	630	11 m/dk	Kuvvetli Hava	200 °C	6 saat	460 °C
3	2	4	2	3	631	11 m/dk	Kuvvetli Hava	200 °C	6 saat	480 °C
3	2	4	2	4	632	11 m/dk	Kuvvetli Hava	200 °C	6 saat	500 °C
3	2	4	3	1	633	11 m/dk	Kuvvetli Hava	200 °C	8 saat	440 °C
3	2	4	3	2	634	11 m/dk	Kuvvetli Hava	200 °C	8 saat	460 °C
3	2	4	3	3	635	11 m/dk	Kuvvetli Hava	200 °C	8 saat	480 °C
3	2	4	3	4	636	11 m/dk	Kuvvetli Hava	200 °C	8 saat	500 °C
3	2	4	4	1	637	11 m/dk	Kuvvetli Hava	200 °C	10 saat	440 °C
3	2	4	4	2	638	11 m/dk	Kuvvetli Hava	200 °C	10 saat	460 °C
3	2	4	4	3	639	11 m/dk	Kuvvetli Hava	200 °C	10 saat	480 °C
3	2	4	4	4	640	11 m/dk	Kuvvetli Hava	200 °C	10 saat	500 °C

SEVİYELER					AÇIKLAMALAR					
X1 (hız)	X2 (Soğutma Tipi)	X3 (Termik Sıcaklık)	X4 (Termik Süre)	X5 (Biyet sıcaklığı)	Deneç No	X1 (hız)	X2 (Soğutma Tipi)	X3 (Termik Sıcaklık)	X4 (Termik Süre)	X5 (Biyet sıcaklığı)
3	3	1	1	1	641	11 m/dk	Sprey Su	160 °C	4 saat	440 °C
3	3	1	1	2	642	11 m/dk	Sprey Su	160 °C	4 saat	460 °C
3	3	1	1	3	643	11 m/dk	Sprey Su	160 °C	4 saat	480 °C
3	3	1	1	4	644	11 m/dk	Sprey Su	160 °C	4 saat	500 °C
3	3	1	2	1	645	11 m/dk	Sprey Su	160 °C	6 saat	440 °C
3	3	1	2	2	646	11 m/dk	Sprey Su	160 °C	6 saat	460 °C
3	3	1	2	3	647	11 m/dk	Sprey Su	160 °C	6 saat	480 °C
3	3	1	2	4	648	11 m/dk	Sprey Su	160 °C	6 saat	500 °C
3	3	1	3	1	649	11 m/dk	Sprey Su	160 °C	8 saat	440 °C
3	3	1	3	2	650	11 m/dk	Sprey Su	160 °C	8 saat	460 °C
3	3	1	3	3	651	11 m/dk	Sprey Su	160 °C	8 saat	480 °C
3	3	1	3	4	652	11 m/dk	Sprey Su	160 °C	8 saat	500 °C
3	3	1	4	1	653	11 m/dk	Sprey Su	160 °C	10 saat	440 °C
3	3	1	4	2	654	11 m/dk	Sprey Su	160 °C	10 saat	460 °C
3	3	1	4	3	655	11 m/dk	Sprey Su	160 °C	10 saat	480 °C
3	3	1	4	4	656	11 m/dk	Sprey Su	160 °C	10 saat	500 °C
3	3	2	1	1	657	11 m/dk	Sprey Su	170 °C	4 saat	440 °C
3	3	2	1	2	658	11 m/dk	Sprey Su	170 °C	4 saat	460 °C
3	3	2	1	3	659	11 m/dk	Sprey Su	170 °C	4 saat	480 °C
3	3	2	1	4	660	11 m/dk	Sprey Su	170 °C	4 saat	500 °C
3	3	2	2	1	661	11 m/dk	Sprey Su	170 °C	6 saat	440 °C
3	3	2	2	2	662	11 m/dk	Sprey Su	170 °C	6 saat	460 °C
3	3	2	2	3	663	11 m/dk	Sprey Su	170 °C	6 saat	480 °C
3	3	2	2	4	664	11 m/dk	Sprey Su	170 °C	6 saat	500 °C
3	3	2	3	1	665	11 m/dk	Sprey Su	170 °C	8 saat	440 °C
3	3	2	3	2	666	11 m/dk	Sprey Su	170 °C	8 saat	460 °C
3	3	2	3	3	667	11 m/dk	Sprey Su	170 °C	8 saat	480 °C
3	3	2	3	4	668	11 m/dk	Sprey Su	170 °C	8 saat	500 °C
3	3	2	4	1	669	11 m/dk	Sprey Su	170 °C	10 saat	440 °C
3	3	2	4	2	670	11 m/dk	Sprey Su	170 °C	10 saat	460 °C
3	3	2	4	3	671	11 m/dk	Sprey Su	170 °C	10 saat	480 °C
3	3	2	4	4	672	11 m/dk	Sprey Su	170 °C	10 saat	500 °C
3	3	3	1	1	673	11 m/dk	Sprey Su	185 °C	4 saat	440 °C
3	3	3	1	2	674	11 m/dk	Sprey Su	185 °C	4 saat	460 °C
3	3	3	1	3	675	11 m/dk	Sprey Su	185 °C	4 saat	480 °C
3	3	3	1	4	676	11 m/dk	Sprey Su	185 °C	4 saat	500 °C
3	3	3	2	1	677	11 m/dk	Sprey Su	185 °C	6 saat	440 °C
3	3	3	2	2	678	11 m/dk	Sprey Su	185 °C	6 saat	460 °C
3	3	3	2	3	679	11 m/dk	Sprey Su	185 °C	6 saat	480 °C
3	3	3	2	4	680	11 m/dk	Sprey Su	185 °C	6 saat	500 °C
3	3	3	3	1	681	11 m/dk	Sprey Su	185 °C	8 saat	440 °C
3	3	3	3	2	682	11 m/dk	Sprey Su	185 °C	8 saat	460 °C
3	3	3	3	3	683	11 m/dk	Sprey Su	185 °C	8 saat	480 °C
3	3	3	3	4	684	11 m/dk	Sprey Su	185 °C	8 saat	500 °C
3	3	3	4	1	685	11 m/dk	Sprey Su	185 °C	10 saat	440 °C
3	3	3	4	2	686	11 m/dk	Sprey Su	185 °C	10 saat	460 °C
3	3	3	4	3	687	11 m/dk	Sprey Su	185 °C	10 saat	480 °C
3	3	3	4	4	688	11 m/dk	Sprey Su	185 °C	10 saat	500 °C
3	3	4	1	1	689	11 m/dk	Sprey Su	200 °C	4 saat	440 °C
3	3	4	1	2	690	11 m/dk	Sprey Su	200 °C	4 saat	460 °C
3	3	4	1	3	691	11 m/dk	Sprey Su	200 °C	4 saat	480 °C
3	3	4	1	4	692	11 m/dk	Sprey Su	200 °C	4 saat	500 °C
3	3	4	2	1	693	11 m/dk	Sprey Su	200 °C	6 saat	440 °C
3	3	4	2	2	694	11 m/dk	Sprey Su	200 °C	6 saat	460 °C
3	3	4	2	3	695	11 m/dk	Sprey Su	200 °C	6 saat	480 °C
3	3	4	2	4	696	11 m/dk	Sprey Su	200 °C	6 saat	500 °C
3	3	4	3	1	697	11 m/dk	Sprey Su	200 °C	8 saat	440 °C
3	3	4	3	2	698	11 m/dk	Sprey Su	200 °C	8 saat	460 °C
3	3	4	3	3	699	11 m/dk	Sprey Su	200 °C	8 saat	480 °C
3	3	4	3	4	700	11 m/dk	Sprey Su	200 °C	8 saat	500 °C
3	3	4	4	1	701	11 m/dk	Sprey Su	200 °C	10 saat	440 °C
3	3	4	4	2	702	11 m/dk	Sprey Su	200 °C	10 saat	460 °C
3	3	4	4	3	703	11 m/dk	Sprey Su	200 °C	10 saat	480 °C
3	3	4	4	4	704	11 m/dk	Sprey Su	200 °C	10 saat	500 °C

SEVİYELER					AÇIKLAMALAR					
X1 (hız)	X2 (Soğutma Tipi)	X3 (Termik Sıcaklık)	X4 (Termik Süre)	X5 (Biyet sıcaklığı)	Deneç No	X1 (hız)	X2 (Soğutma Tipi)	X3 (Termik Sıcaklık)	X4 (Termik Süre)	X5 (Biyet sıcaklığı)
3	4	1	1	1	705	11 m/dk	Su Havuzu	160 °C	4 saat	440 °C
3	4	1	1	2	706	11 m/dk	Su Havuzu	160 °C	4 saat	460 °C
3	4	1	1	3	707	11 m/dk	Su Havuzu	160 °C	4 saat	480 °C
3	4	1	1	4	708	11 m/dk	Su Havuzu	160 °C	4 saat	500 °C
3	4	1	2	1	709	11 m/dk	Su Havuzu	160 °C	6 saat	440 °C
3	4	1	2	2	710	11 m/dk	Su Havuzu	160 °C	6 saat	460 °C
3	4	1	2	3	711	11 m/dk	Su Havuzu	160 °C	6 saat	480 °C
3	4	1	2	4	712	11 m/dk	Su Havuzu	160 °C	6 saat	500 °C
3	4	1	3	1	713	11 m/dk	Su Havuzu	160 °C	8 saat	440 °C
3	4	1	3	2	714	11 m/dk	Su Havuzu	160 °C	8 saat	460 °C
3	4	1	3	3	715	11 m/dk	Su Havuzu	160 °C	8 saat	480 °C
3	4	1	3	4	716	11 m/dk	Su Havuzu	160 °C	8 saat	500 °C
3	4	1	4	1	717	11 m/dk	Su Havuzu	160 °C	10 saat	440 °C
3	4	1	4	2	718	11 m/dk	Su Havuzu	160 °C	10 saat	460 °C
3	4	1	4	3	719	11 m/dk	Su Havuzu	160 °C	10 saat	480 °C
3	4	1	4	4	720	11 m/dk	Su Havuzu	160 °C	10 saat	500 °C
3	4	2	1	1	721	11 m/dk	Su Havuzu	170 °C	4 saat	440 °C
3	4	2	1	2	722	11 m/dk	Su Havuzu	170 °C	4 saat	460 °C
3	4	2	1	3	723	11 m/dk	Su Havuzu	170 °C	4 saat	480 °C
3	4	2	1	4	724	11 m/dk	Su Havuzu	170 °C	4 saat	500 °C
3	4	2	2	1	725	11 m/dk	Su Havuzu	170 °C	6 saat	440 °C
3	4	2	2	2	726	11 m/dk	Su Havuzu	170 °C	6 saat	460 °C
3	4	2	2	3	727	11 m/dk	Su Havuzu	170 °C	6 saat	480 °C
3	4	2	2	4	728	11 m/dk	Su Havuzu	170 °C	6 saat	500 °C
3	4	2	3	1	729	11 m/dk	Su Havuzu	170 °C	8 saat	440 °C
3	4	2	3	2	730	11 m/dk	Su Havuzu	170 °C	8 saat	460 °C
3	4	2	3	3	731	11 m/dk	Su Havuzu	170 °C	8 saat	480 °C
3	4	2	3	4	732	11 m/dk	Su Havuzu	170 °C	8 saat	500 °C
3	4	2	4	1	733	11 m/dk	Su Havuzu	170 °C	10 saat	440 °C
3	4	2	4	2	734	11 m/dk	Su Havuzu	170 °C	10 saat	460 °C
3	4	2	4	3	735	11 m/dk	Su Havuzu	170 °C	10 saat	480 °C
3	4	2	4	4	736	11 m/dk	Su Havuzu	170 °C	10 saat	500 °C
3	4	3	1	1	737	11 m/dk	Su Havuzu	185 °C	4 saat	440 °C
3	4	3	1	2	738	11 m/dk	Su Havuzu	185 °C	4 saat	460 °C
3	4	3	1	3	739	11 m/dk	Su Havuzu	185 °C	4 saat	480 °C
3	4	3	1	4	740	11 m/dk	Su Havuzu	185 °C	4 saat	500 °C
3	4	3	2	1	741	11 m/dk	Su Havuzu	185 °C	6 saat	440 °C
3	4	3	2	2	742	11 m/dk	Su Havuzu	185 °C	6 saat	460 °C
3	4	3	2	3	743	11 m/dk	Su Havuzu	185 °C	6 saat	480 °C
3	4	3	2	4	744	11 m/dk	Su Havuzu	185 °C	6 saat	500 °C
3	4	3	3	1	745	11 m/dk	Su Havuzu	185 °C	8 saat	440 °C
3	4	3	3	2	746	11 m/dk	Su Havuzu	185 °C	8 saat	460 °C
3	4	3	3	3	747	11 m/dk	Su Havuzu	185 °C	8 saat	480 °C
3	4	3	3	4	748	11 m/dk	Su Havuzu	185 °C	8 saat	500 °C
3	4	3	4	1	749	11 m/dk	Su Havuzu	185 °C	10 saat	440 °C
3	4	3	4	2	750	11 m/dk	Su Havuzu	185 °C	10 saat	460 °C
3	4	3	4	3	751	11 m/dk	Su Havuzu	185 °C	10 saat	480 °C
3	4	3	4	4	752	11 m/dk	Su Havuzu	185 °C	10 saat	500 °C
3	4	4	1	1	753	11 m/dk	Su Havuzu	200 °C	4 saat	440 °C
3	4	4	1	2	754	11 m/dk	Su Havuzu	200 °C	4 saat	460 °C
3	4	4	1	3	755	11 m/dk	Su Havuzu	200 °C	4 saat	480 °C
3	4	4	1	4	756	11 m/dk	Su Havuzu	200 °C	4 saat	500 °C
3	4	4	2	1	757	11 m/dk	Su Havuzu	200 °C	6 saat	440 °C
3	4	4	2	2	758	11 m/dk	Su Havuzu	200 °C	6 saat	460 °C
3	4	4	2	3	759	11 m/dk	Su Havuzu	200 °C	6 saat	480 °C
3	4	4	2	4	760	11 m/dk	Su Havuzu	200 °C	6 saat	500 °C
3	4	4	3	1	761	11 m/dk	Su Havuzu	200 °C	8 saat	440 °C
3	4	4	3	2	762	11 m/dk	Su Havuzu	200 °C	8 saat	460 °C
3	4	4	3	3	763	11 m/dk	Su Havuzu	200 °C	8 saat	480 °C
3	4	4	3	4	764	11 m/dk	Su Havuzu	200 °C	8 saat	500 °C
3	4	4	4	1	765	11 m/dk	Su Havuzu	200 °C	10 saat	440 °C
3	4	4	4	2	766	11 m/dk	Su Havuzu	200 °C	10 saat	460 °C
3	4	4	4	3	767	11 m/dk	Su Havuzu	200 °C	10 saat	480 °C
3	4	4	4	4	768	11 m/dk	Su Havuzu	200 °C	10 saat	500 °C

SEVİYELER					AÇIKLAMALAR					
X1 (hız)	X2 (Soğutma Tipi)	X3 (Termik Sıcaklık)	X4 (Termik Süre)	X5 (Biyet sıcaklığı)	Deneç No	X1 (hız)	X2 (Soğutma Tipi)	X3 (Termik Sıcaklık)	X4 (Termik Süre)	X5 (Biyet sıcaklığı)
4	1	1	1	1	769	14 m/dk	Normal Hava	160 °C	4 saat	440 °C
4	1	1	1	2	770	14 m/dk	Normal Hava	160 °C	4 saat	460 °C
4	1	1	1	3	771	14 m/dk	Normal Hava	160 °C	4 saat	480 °C
4	1	1	1	4	772	14 m/dk	Normal Hava	160 °C	4 saat	500 °C
4	1	1	2	1	773	14 m/dk	Normal Hava	160 °C	6 saat	440 °C
4	1	1	2	2	774	14 m/dk	Normal Hava	160 °C	6 saat	460 °C
4	1	1	2	3	775	14 m/dk	Normal Hava	160 °C	6 saat	480 °C
4	1	1	2	4	776	14 m/dk	Normal Hava	160 °C	6 saat	500 °C
4	1	1	3	1	777	14 m/dk	Normal Hava	160 °C	8 saat	440 °C
4	1	1	3	2	778	14 m/dk	Normal Hava	160 °C	8 saat	460 °C
4	1	1	3	3	779	14 m/dk	Normal Hava	160 °C	8 saat	480 °C
4	1	1	3	4	780	14 m/dk	Normal Hava	160 °C	8 saat	500 °C
4	1	1	4	1	781	14 m/dk	Normal Hava	160 °C	10 saat	440 °C
4	1	1	4	2	782	14 m/dk	Normal Hava	160 °C	10 saat	460 °C
4	1	1	4	3	783	14 m/dk	Normal Hava	160 °C	10 saat	480 °C
4	1	1	4	4	784	14 m/dk	Normal Hava	160 °C	10 saat	500 °C
4	1	2	1	1	785	14 m/dk	Normal Hava	170 °C	4 saat	440 °C
4	1	2	1	2	786	14 m/dk	Normal Hava	170 °C	4 saat	460 °C
4	1	2	1	3	787	14 m/dk	Normal Hava	170 °C	4 saat	480 °C
4	1	2	1	4	788	14 m/dk	Normal Hava	170 °C	4 saat	500 °C
4	1	2	2	1	789	14 m/dk	Normal Hava	170 °C	6 saat	440 °C
4	1	2	2	2	790	14 m/dk	Normal Hava	170 °C	6 saat	460 °C
4	1	2	2	3	791	14 m/dk	Normal Hava	170 °C	6 saat	480 °C
4	1	2	2	4	792	14 m/dk	Normal Hava	170 °C	6 saat	500 °C
4	1	2	3	1	793	14 m/dk	Normal Hava	170 °C	8 saat	440 °C
4	1	2	3	2	794	14 m/dk	Normal Hava	170 °C	8 saat	460 °C
4	1	2	3	3	795	14 m/dk	Normal Hava	170 °C	8 saat	480 °C
4	1	2	3	4	796	14 m/dk	Normal Hava	170 °C	8 saat	500 °C
4	1	2	4	1	797	14 m/dk	Normal Hava	170 °C	10 saat	440 °C
4	1	2	4	2	798	14 m/dk	Normal Hava	170 °C	10 saat	460 °C
4	1	2	4	3	799	14 m/dk	Normal Hava	170 °C	10 saat	480 °C
4	1	2	4	4	800	14 m/dk	Normal Hava	170 °C	10 saat	500 °C
4	1	3	1	1	801	14 m/dk	Normal Hava	185 °C	4 saat	440 °C
4	1	3	1	2	802	14 m/dk	Normal Hava	185 °C	4 saat	460 °C
4	1	3	1	3	803	14 m/dk	Normal Hava	185 °C	4 saat	480 °C
4	1	3	1	4	804	14 m/dk	Normal Hava	185 °C	4 saat	500 °C
4	1	3	2	1	805	14 m/dk	Normal Hava	185 °C	6 saat	440 °C
4	1	3	2	2	806	14 m/dk	Normal Hava	185 °C	6 saat	460 °C
4	1	3	2	3	807	14 m/dk	Normal Hava	185 °C	6 saat	480 °C
4	1	3	2	4	808	14 m/dk	Normal Hava	185 °C	6 saat	500 °C
4	1	3	3	1	809	14 m/dk	Normal Hava	185 °C	8 saat	440 °C
4	1	3	3	2	810	14 m/dk	Normal Hava	185 °C	8 saat	460 °C
4	1	3	3	3	811	14 m/dk	Normal Hava	185 °C	8 saat	480 °C
4	1	3	3	4	812	14 m/dk	Normal Hava	185 °C	8 saat	500 °C
4	1	3	4	1	813	14 m/dk	Normal Hava	185 °C	10 saat	440 °C
4	1	3	4	2	814	14 m/dk	Normal Hava	185 °C	10 saat	460 °C
4	1	3	4	3	815	14 m/dk	Normal Hava	185 °C	10 saat	480 °C
4	1	3	4	4	816	14 m/dk	Normal Hava	185 °C	10 saat	500 °C
4	1	4	1	1	817	14 m/dk	Normal Hava	200 °C	4 saat	440 °C
4	1	4	1	2	818	14 m/dk	Normal Hava	200 °C	4 saat	460 °C
4	1	4	1	3	819	14 m/dk	Normal Hava	200 °C	4 saat	480 °C
4	1	4	1	4	820	14 m/dk	Normal Hava	200 °C	4 saat	500 °C
4	1	4	2	1	821	14 m/dk	Normal Hava	200 °C	6 saat	440 °C
4	1	4	2	2	822	14 m/dk	Normal Hava	200 °C	6 saat	460 °C
4	1	4	2	3	823	14 m/dk	Normal Hava	200 °C	6 saat	480 °C
4	1	4	2	4	824	14 m/dk	Normal Hava	200 °C	6 saat	500 °C
4	1	4	3	1	825	14 m/dk	Normal Hava	200 °C	8 saat	440 °C
4	1	4	3	2	826	14 m/dk	Normal Hava	200 °C	8 saat	460 °C
4	1	4	3	3	827	14 m/dk	Normal Hava	200 °C	8 saat	480 °C
4	1	4	3	4	828	14 m/dk	Normal Hava	200 °C	8 saat	500 °C
4	1	4	4	1	829	14 m/dk	Normal Hava	200 °C	10 saat	440 °C
4	1	4	4	2	830	14 m/dk	Normal Hava	200 °C	10 saat	460 °C
4	1	4	4	3	831	14 m/dk	Normal Hava	200 °C	10 saat	480 °C
4	1	4	4	4	832	14 m/dk	Normal Hava	200 °C	10 saat	500 °C

SEVİYELER					AÇIKLAMALAR					
X1 (hız)	X2 (Soğutma Tipi)	X3 (Termik Sıcaklık)	X4 (Termik Süre)	X5 (Biyet sıcaklığı)	Deneç No	X1 (hız)	X2 (Soğutma Tipi)	X3 (Termik Sıcaklık)	X4 (Termik Süre)	X5 (Biyet sıcaklığı)
4	2	1	1	1	833	14 m/dk	Kuvvetli Hava	160 °C	4 saat	440 °C
4	2	1	1	2	834	14 m/dk	Kuvvetli Hava	160 °C	4 saat	460 °C
4	2	1	1	3	835	14 m/dk	Kuvvetli Hava	160 °C	4 saat	480 °C
4	2	1	1	4	836	14 m/dk	Kuvvetli Hava	160 °C	4 saat	500 °C
4	2	1	2	1	837	14 m/dk	Kuvvetli Hava	160 °C	6 saat	440 °C
4	2	1	2	2	838	14 m/dk	Kuvvetli Hava	160 °C	6 saat	460 °C
4	2	1	2	3	839	14 m/dk	Kuvvetli Hava	160 °C	6 saat	480 °C
4	2	1	2	4	840	14 m/dk	Kuvvetli Hava	160 °C	6 saat	500 °C
4	2	1	3	1	841	14 m/dk	Kuvvetli Hava	160 °C	8 saat	440 °C
4	2	1	3	2	842	14 m/dk	Kuvvetli Hava	160 °C	8 saat	460 °C
4	2	1	3	3	843	14 m/dk	Kuvvetli Hava	160 °C	8 saat	480 °C
4	2	1	3	4	844	14 m/dk	Kuvvetli Hava	160 °C	8 saat	500 °C
4	2	1	4	1	845	14 m/dk	Kuvvetli Hava	160 °C	10 saat	440 °C
4	2	1	4	2	846	14 m/dk	Kuvvetli Hava	160 °C	10 saat	460 °C
4	2	1	4	3	847	14 m/dk	Kuvvetli Hava	160 °C	10 saat	480 °C
4	2	1	4	4	848	14 m/dk	Kuvvetli Hava	160 °C	10 saat	500 °C
4	2	2	1	1	849	14 m/dk	Kuvvetli Hava	170 °C	4 saat	440 °C
4	2	2	1	2	850	14 m/dk	Kuvvetli Hava	170 °C	4 saat	460 °C
4	2	2	1	3	851	14 m/dk	Kuvvetli Hava	170 °C	4 saat	480 °C
4	2	2	1	4	852	14 m/dk	Kuvvetli Hava	170 °C	4 saat	500 °C
4	2	2	2	1	853	14 m/dk	Kuvvetli Hava	170 °C	6 saat	440 °C
4	2	2	2	2	854	14 m/dk	Kuvvetli Hava	170 °C	6 saat	460 °C
4	2	2	2	3	855	14 m/dk	Kuvvetli Hava	170 °C	6 saat	480 °C
4	2	2	2	4	856	14 m/dk	Kuvvetli Hava	170 °C	6 saat	500 °C
4	2	2	3	1	857	14 m/dk	Kuvvetli Hava	170 °C	8 saat	440 °C
4	2	2	3	2	858	14 m/dk	Kuvvetli Hava	170 °C	8 saat	460 °C
4	2	2	3	3	859	14 m/dk	Kuvvetli Hava	170 °C	8 saat	480 °C
4	2	2	3	4	860	14 m/dk	Kuvvetli Hava	170 °C	8 saat	500 °C
4	2	2	4	1	861	14 m/dk	Kuvvetli Hava	170 °C	10 saat	440 °C
4	2	2	4	2	862	14 m/dk	Kuvvetli Hava	170 °C	10 saat	460 °C
4	2	2	4	3	863	14 m/dk	Kuvvetli Hava	170 °C	10 saat	480 °C
4	2	2	4	4	864	14 m/dk	Kuvvetli Hava	170 °C	10 saat	500 °C
4	2	3	1	1	865	14 m/dk	Kuvvetli Hava	185 °C	4 saat	440 °C
4	2	3	1	2	866	14 m/dk	Kuvvetli Hava	185 °C	4 saat	460 °C
4	2	3	1	3	867	14 m/dk	Kuvvetli Hava	185 °C	4 saat	480 °C
4	2	3	1	4	868	14 m/dk	Kuvvetli Hava	185 °C	4 saat	500 °C
4	2	3	2	1	869	14 m/dk	Kuvvetli Hava	185 °C	6 saat	440 °C
4	2	3	2	2	870	14 m/dk	Kuvvetli Hava	185 °C	6 saat	460 °C
4	2	3	2	3	871	14 m/dk	Kuvvetli Hava	185 °C	6 saat	480 °C
4	2	3	2	4	872	14 m/dk	Kuvvetli Hava	185 °C	6 saat	500 °C
4	2	3	3	1	873	14 m/dk	Kuvvetli Hava	185 °C	8 saat	440 °C
4	2	3	3	2	874	14 m/dk	Kuvvetli Hava	185 °C	8 saat	460 °C
4	2	3	3	3	875	14 m/dk	Kuvvetli Hava	185 °C	8 saat	480 °C
4	2	3	3	4	876	14 m/dk	Kuvvetli Hava	185 °C	8 saat	500 °C
4	2	3	4	1	877	14 m/dk	Kuvvetli Hava	185 °C	10 saat	440 °C
4	2	3	4	2	878	14 m/dk	Kuvvetli Hava	185 °C	10 saat	460 °C
4	2	3	4	3	879	14 m/dk	Kuvvetli Hava	185 °C	10 saat	480 °C
4	2	3	4	4	880	14 m/dk	Kuvvetli Hava	185 °C	10 saat	500 °C
4	2	4	1	1	881	14 m/dk	Kuvvetli Hava	200 °C	4 saat	440 °C
4	2	4	1	2	882	14 m/dk	Kuvvetli Hava	200 °C	4 saat	460 °C
4	2	4	1	3	883	14 m/dk	Kuvvetli Hava	200 °C	4 saat	480 °C
4	2	4	1	4	884	14 m/dk	Kuvvetli Hava	200 °C	4 saat	500 °C
4	2	4	2	1	885	14 m/dk	Kuvvetli Hava	200 °C	6 saat	440 °C
4	2	4	2	2	886	14 m/dk	Kuvvetli Hava	200 °C	6 saat	460 °C
4	2	4	2	3	887	14 m/dk	Kuvvetli Hava	200 °C	6 saat	480 °C
4	2	4	2	4	888	14 m/dk	Kuvvetli Hava	200 °C	6 saat	500 °C
4	2	4	3	1	889	14 m/dk	Kuvvetli Hava	200 °C	8 saat	440 °C
4	2	4	3	2	890	14 m/dk	Kuvvetli Hava	200 °C	8 saat	460 °C
4	2	4	3	3	891	14 m/dk	Kuvvetli Hava	200 °C	8 saat	480 °C
4	2	4	3	4	892	14 m/dk	Kuvvetli Hava	200 °C	8 saat	500 °C
4	2	4	4	1	893	14 m/dk	Kuvvetli Hava	200 °C	10 saat	440 °C
4	2	4	4	2	894	14 m/dk	Kuvvetli Hava	200 °C	10 saat	460 °C
4	2	4	4	3	895	14 m/dk	Kuvvetli Hava	200 °C	10 saat	480 °C
4	2	4	4	4	896	14 m/dk	Kuvvetli Hava	200 °C	10 saat	500 °C

SEVİYELER					AÇIKLAMALAR					
X1 (hız)	X2 (Soğutma Tipi)	X3 (Termik Sıcaklık)	X4 (Termik Süre)	X5 (Biyet sıcaklığı)	Deneç No	X1 (hız)	X2 (Soğutma Tipi)	X3 (Termik Sıcaklık)	X4 (Termik Süre)	X5 (Biyet sıcaklığı)
4	3	1	1	1	897	14 m/dk	Sprey Su	160 °C	4 saat	440 °C
4	3	1	1	2	898	14 m/dk	Sprey Su	160 °C	4 saat	460 °C
4	3	1	1	3	899	14 m/dk	Sprey Su	160 °C	4 saat	480 °C
4	3	1	1	4	900	14 m/dk	Sprey Su	160 °C	4 saat	500 °C
4	3	1	2	1	901	14 m/dk	Sprey Su	160 °C	6 saat	440 °C
4	3	1	2	2	902	14 m/dk	Sprey Su	160 °C	6 saat	460 °C
4	3	1	2	3	903	14 m/dk	Sprey Su	160 °C	6 saat	480 °C
4	3	1	2	4	904	14 m/dk	Sprey Su	160 °C	6 saat	500 °C
4	3	1	3	1	905	14 m/dk	Sprey Su	160 °C	8 saat	440 °C
4	3	1	3	2	906	14 m/dk	Sprey Su	160 °C	8 saat	460 °C
4	3	1	3	3	907	14 m/dk	Sprey Su	160 °C	8 saat	480 °C
4	3	1	3	4	908	14 m/dk	Sprey Su	160 °C	8 saat	500 °C
4	3	1	4	1	909	14 m/dk	Sprey Su	160 °C	10 saat	440 °C
4	3	1	4	2	910	14 m/dk	Sprey Su	160 °C	10 saat	460 °C
4	3	1	4	3	911	14 m/dk	Sprey Su	160 °C	10 saat	480 °C
4	3	1	4	4	912	14 m/dk	Sprey Su	160 °C	10 saat	500 °C
4	3	2	1	1	913	14 m/dk	Sprey Su	170 °C	4 saat	440 °C
4	3	2	1	2	914	14 m/dk	Sprey Su	170 °C	4 saat	460 °C
4	3	2	1	3	915	14 m/dk	Sprey Su	170 °C	4 saat	480 °C
4	3	2	1	4	916	14 m/dk	Sprey Su	170 °C	4 saat	500 °C
4	3	2	2	1	917	14 m/dk	Sprey Su	170 °C	6 saat	440 °C
4	3	2	2	2	918	14 m/dk	Sprey Su	170 °C	6 saat	460 °C
4	3	2	2	3	919	14 m/dk	Sprey Su	170 °C	6 saat	480 °C
4	3	2	2	4	920	14 m/dk	Sprey Su	170 °C	6 saat	500 °C
4	3	2	3	1	921	14 m/dk	Sprey Su	170 °C	8 saat	440 °C
4	3	2	3	2	922	14 m/dk	Sprey Su	170 °C	8 saat	460 °C
4	3	2	3	3	923	14 m/dk	Sprey Su	170 °C	8 saat	480 °C
4	3	2	3	4	924	14 m/dk	Sprey Su	170 °C	8 saat	500 °C
4	3	2	4	1	925	14 m/dk	Sprey Su	170 °C	10 saat	440 °C
4	3	2	4	2	926	14 m/dk	Sprey Su	170 °C	10 saat	460 °C
4	3	2	4	3	927	14 m/dk	Sprey Su	170 °C	10 saat	480 °C
4	3	2	4	4	928	14 m/dk	Sprey Su	170 °C	10 saat	500 °C
4	3	3	1	1	929	14 m/dk	Sprey Su	185 °C	4 saat	440 °C
4	3	3	1	2	930	14 m/dk	Sprey Su	185 °C	4 saat	460 °C
4	3	3	1	3	931	14 m/dk	Sprey Su	185 °C	4 saat	480 °C
4	3	3	1	4	932	14 m/dk	Sprey Su	185 °C	4 saat	500 °C
4	3	3	2	1	933	14 m/dk	Sprey Su	185 °C	6 saat	440 °C
4	3	3	2	2	934	14 m/dk	Sprey Su	185 °C	6 saat	460 °C
4	3	3	2	3	935	14 m/dk	Sprey Su	185 °C	6 saat	480 °C
4	3	3	2	4	936	14 m/dk	Sprey Su	185 °C	6 saat	500 °C
4	3	3	3	1	937	14 m/dk	Sprey Su	185 °C	8 saat	440 °C
4	3	3	3	2	938	14 m/dk	Sprey Su	185 °C	8 saat	460 °C
4	3	3	3	3	939	14 m/dk	Sprey Su	185 °C	8 saat	480 °C
4	3	3	3	4	940	14 m/dk	Sprey Su	185 °C	8 saat	500 °C
4	3	3	4	1	941	14 m/dk	Sprey Su	185 °C	10 saat	440 °C
4	3	3	4	2	942	14 m/dk	Sprey Su	185 °C	10 saat	460 °C
4	3	3	4	3	943	14 m/dk	Sprey Su	185 °C	10 saat	480 °C
4	3	3	4	4	944	14 m/dk	Sprey Su	185 °C	10 saat	500 °C
4	3	4	1	1	945	14 m/dk	Sprey Su	200 °C	4 saat	440 °C
4	3	4	1	2	946	14 m/dk	Sprey Su	200 °C	4 saat	460 °C
4	3	4	1	3	947	14 m/dk	Sprey Su	200 °C	4 saat	480 °C
4	3	4	1	4	948	14 m/dk	Sprey Su	200 °C	4 saat	500 °C
4	3	4	2	1	949	14 m/dk	Sprey Su	200 °C	6 saat	440 °C
4	3	4	2	2	950	14 m/dk	Sprey Su	200 °C	6 saat	460 °C
4	3	4	2	3	951	14 m/dk	Sprey Su	200 °C	6 saat	480 °C
4	3	4	2	4	952	14 m/dk	Sprey Su	200 °C	6 saat	500 °C
4	3	4	3	1	953	14 m/dk	Sprey Su	200 °C	8 saat	440 °C
4	3	4	3	2	954	14 m/dk	Sprey Su	200 °C	8 saat	460 °C
4	3	4	3	3	955	14 m/dk	Sprey Su	200 °C	8 saat	480 °C
4	3	4	3	4	956	14 m/dk	Sprey Su	200 °C	8 saat	500 °C
4	3	4	4	1	957	14 m/dk	Sprey Su	200 °C	10 saat	440 °C
4	3	4	4	2	958	14 m/dk	Sprey Su	200 °C	10 saat	460 °C
4	3	4	4	3	959	14 m/dk	Sprey Su	200 °C	10 saat	480 °C
4	3	4	4	4	960	14 m/dk	Sprey Su	200 °C	10 saat	500 °C

SEVİYELER					AÇIKLAMALAR					
X1 (hız)	X2 (Soğutma Tipi)	X3 (Termik Sıcaklık)	X4 (Termik Süre)	X5 (Biyet sıcaklığı)	Deneç No	X1 (hız)	X2 (Soğutma Tipi)	X3 (Termik Sıcaklık)	X4 (Termik Süre)	X5 (Biyet sıcaklığı)
4	4	1	1	1	961	14 m/dk	Su Havuzu	160 °C	4 saat	440 °C
4	4	1	1	2	962	14 m/dk	Su Havuzu	160 °C	4 saat	460 °C
4	4	1	1	3	963	14 m/dk	Su Havuzu	160 °C	4 saat	480 °C
4	4	1	1	4	964	14 m/dk	Su Havuzu	160 °C	4 saat	500 °C
4	4	1	2	1	965	14 m/dk	Su Havuzu	160 °C	6 saat	440 °C
4	4	1	2	2	966	14 m/dk	Su Havuzu	160 °C	6 saat	460 °C
4	4	1	2	3	967	14 m/dk	Su Havuzu	160 °C	6 saat	480 °C
4	4	1	2	4	968	14 m/dk	Su Havuzu	160 °C	6 saat	500 °C
4	4	1	3	1	969	14 m/dk	Su Havuzu	160 °C	8 saat	440 °C
4	4	1	3	2	970	14 m/dk	Su Havuzu	160 °C	8 saat	460 °C
4	4	1	3	3	971	14 m/dk	Su Havuzu	160 °C	8 saat	480 °C
4	4	1	3	4	972	14 m/dk	Su Havuzu	160 °C	8 saat	500 °C
4	4	1	4	1	973	14 m/dk	Su Havuzu	160 °C	10 saat	440 °C
4	4	1	4	2	974	14 m/dk	Su Havuzu	160 °C	10 saat	460 °C
4	4	1	4	3	975	14 m/dk	Su Havuzu	160 °C	10 saat	480 °C
4	4	1	4	4	976	14 m/dk	Su Havuzu	160 °C	10 saat	500 °C
4	4	2	1	1	977	14 m/dk	Su Havuzu	170 °C	4 saat	440 °C
4	4	2	1	2	978	14 m/dk	Su Havuzu	170 °C	4 saat	460 °C
4	4	2	1	3	979	14 m/dk	Su Havuzu	170 °C	4 saat	480 °C
4	4	2	1	4	980	14 m/dk	Su Havuzu	170 °C	4 saat	500 °C
4	4	2	2	1	981	14 m/dk	Su Havuzu	170 °C	6 saat	440 °C
4	4	2	2	2	982	14 m/dk	Su Havuzu	170 °C	6 saat	460 °C
4	4	2	2	3	983	14 m/dk	Su Havuzu	170 °C	6 saat	480 °C
4	4	2	2	4	984	14 m/dk	Su Havuzu	170 °C	6 saat	500 °C
4	4	2	3	1	985	14 m/dk	Su Havuzu	170 °C	8 saat	440 °C
4	4	2	3	2	986	14 m/dk	Su Havuzu	170 °C	8 saat	460 °C
4	4	2	3	3	987	14 m/dk	Su Havuzu	170 °C	8 saat	480 °C
4	4	2	3	4	988	14 m/dk	Su Havuzu	170 °C	8 saat	500 °C
4	4	2	4	1	989	14 m/dk	Su Havuzu	170 °C	10 saat	440 °C
4	4	2	4	2	990	14 m/dk	Su Havuzu	170 °C	10 saat	460 °C
4	4	2	4	3	991	14 m/dk	Su Havuzu	170 °C	10 saat	480 °C
4	4	2	4	4	992	14 m/dk	Su Havuzu	170 °C	10 saat	500 °C
4	4	3	1	1	993	14 m/dk	Su Havuzu	185 °C	4 saat	440 °C
4	4	3	1	2	994	14 m/dk	Su Havuzu	185 °C	4 saat	460 °C
4	4	3	1	3	995	14 m/dk	Su Havuzu	185 °C	4 saat	480 °C
4	4	3	1	4	996	14 m/dk	Su Havuzu	185 °C	4 saat	500 °C
4	4	3	2	1	997	14 m/dk	Su Havuzu	185 °C	6 saat	440 °C
4	4	3	2	2	998	14 m/dk	Su Havuzu	185 °C	6 saat	460 °C
4	4	3	2	3	999	14 m/dk	Su Havuzu	185 °C	6 saat	480 °C
4	4	3	2	4	1000	14 m/dk	Su Havuzu	185 °C	6 saat	500 °C
4	4	3	3	1	1001	14 m/dk	Su Havuzu	185 °C	8 saat	440 °C
4	4	3	3	2	1002	14 m/dk	Su Havuzu	185 °C	8 saat	460 °C
4	4	3	3	3	1003	14 m/dk	Su Havuzu	185 °C	8 saat	480 °C
4	4	3	3	4	1004	14 m/dk	Su Havuzu	185 °C	8 saat	500 °C
4	4	3	4	1	1005	14 m/dk	Su Havuzu	185 °C	10 saat	440 °C
4	4	3	4	2	1006	14 m/dk	Su Havuzu	185 °C	10 saat	460 °C
4	4	3	4	3	1007	14 m/dk	Su Havuzu	185 °C	10 saat	480 °C
4	4	3	4	4	1008	14 m/dk	Su Havuzu	185 °C	10 saat	500 °C
4	4	4	1	1	1009	14 m/dk	Su Havuzu	200 °C	4 saat	440 °C
4	4	4	1	2	1010	14 m/dk	Su Havuzu	200 °C	4 saat	460 °C
4	4	4	1	3	1011	14 m/dk	Su Havuzu	200 °C	4 saat	480 °C
4	4	4	1	4	1012	14 m/dk	Su Havuzu	200 °C	4 saat	500 °C
4	4	4	2	1	1013	14 m/dk	Su Havuzu	200 °C	6 saat	440 °C
4	4	4	2	2	1014	14 m/dk	Su Havuzu	200 °C	6 saat	460 °C
4	4	4	2	3	1015	14 m/dk	Su Havuzu	200 °C	6 saat	480 °C
4	4	4	2	4	1016	14 m/dk	Su Havuzu	200 °C	6 saat	500 °C
4	4	4	3	1	1017	14 m/dk	Su Havuzu	200 °C	8 saat	440 °C
4	4	4	3	2	1018	14 m/dk	Su Havuzu	200 °C	8 saat	460 °C
4	4	4	3	3	1019	14 m/dk	Su Havuzu	200 °C	8 saat	480 °C
4	4	4	3	4	1020	14 m/dk	Su Havuzu	200 °C	8 saat	500 °C
4	4	4	4	1	1021	14 m/dk	Su Havuzu	200 °C	10 saat	440 °C
4	4	4	4	2	1022	14 m/dk	Su Havuzu	200 °C	10 saat	460 °C
4	4	4	4	3	1023	14 m/dk	Su Havuzu	200 °C	10 saat	480 °C
4	4	4	4	4	1024	14 m/dk	Su Havuzu	200 °C	10 saat	500 °C