

**RAY VE PROFİL HADDELEME İŞLEMLERİNİN
SİMÜLASYONU**

**2015
DOKTORA TEZİ
BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ**

Hüseyin ALTINKAYA

RAY VE PROFİL HADDELEME İŞLEMLERİNİN SİMÜLASYONU

Hüseyin ALTINKAYA

**Karabük Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalında
Doktora Tezi
Olarak Hazırlanmıştır**

KARABÜK

Ocak 2015

Hüseyin ALTINKAYA tarafından hazırlanan "RAY VE PROFİL HADDELEME İŞLEMLERİNİN SİMÜLASYONU" başlıklı bu tezin Doktora Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Yrd. Doç. Dr. İlhami M. ORAK

Tez Danışmanı, Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı

Yrd. Doç. Dr. İsmail ESEN

Tez Danışmanı, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalında Doktora tezi olarak kabul edilmiştir. 14/01/2015

Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

İmzası

Başkan : Prof. Dr. Fatih V. ÇELEBİ (YBÜ)

Üye : Doç. Dr. Haldun GÖKTAŞ (YBÜ)

Üye : Yrd. Doç. Dr. İlhami M. ORAK (KBÜ)

Üye : Yrd. Doç. Dr. Baha ŞEN (YBÜ)

Üye : Yrd. Doç. Dr. İlker TÜRKER (KBÜ)

...../...../2015

KBÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu, bu tez ile, Doktora derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Mustafa BOZ

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”

Hüseyin ALTINKAYA

ÖZET

Doktora Tezi

RAY VE PROFİL HADDELEME İŞLEMLERİNİN SİMÜLASYONU

Hüseyin ALTINKAYA

Karabük Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanları:

Yrd. Doç. Dr. İlhami M. ORAK

Yrd. Doç. Dr. İsmail ESEN

Ocak 2015, 129 sayfa

Sıcak haddeleme işlemlerinin en karmaşık türlerinden biri ray ve profil haddeleme işlemleridir. Bu işlemler, metalurji, makine, elektrik-elektronik ve bilgisayar disiplinlerini kapsayan çok yönlü bir süreçtir. Bu karmaşık sürecin üzerinde parametrik değerlerin etkilerini değerlendirmek ancak modelleme ile mümkün olacaktır. Bu tezde Kardemir Ray ve Profil Haddehanesinde uygulanan haddeleme işlemleri Yapay Sinir Ağları (YSA) ile modellenmiştir. Daha çok raylar üzerinde yoğunlaşmıştır. Ancak geliştirilen model diğer ürünler için de kullanılabilir. Ray haddeleme işlemlerinde farklı cinsteki rayların üretim parametreleri YSA ile modellenerek başka cinsteki bir ray için optimum parametre değerlerinin elde edilmesi amaçlanmıştır. Bunun için Kardemir A.Ş.'de bulunan Ray ve Profil Haddehanesinden alınan veriler kullanılmıştır. Haddehanenin üç ana bölümü olan BD1, BD2 ve Tandem bölümleri üzerinde çalışma yapılmıştır. 49 kg/m rayın her pasoda BD1 ve BD2 bölümleri için kuvvet değerlerinin, Tandem bölümü için ise

hem kuvvet hem de tork değerlerinin bulunması için 60 kg/m, 54 kg/m, 46 kg/m ve 33 kg/m tipindeki rayların parametre değerleri kullanılmıştır. YSA modelinden elde edilen sonuçlarla gerçek saha verileri karşılaştırıldığında kuvvet ve tork değerlerine makul hata oranları ile ulaşıldığı görülmüştür. YSA uygulaması Matlab programında gerçekleştirilmiştir.

Ray ve profil haddeleme işlemleri için bir veri tabanı ve simülasyon uygulaması oluşturulmuştur. Veritabanı SQL Server 2008; simulasyon uygulaması ise C# programı ile gerçekleştirilmiştir. Bu uygulama, merdane paso tasarımı, proses Şartlarındaki değişimleri değerlendirmeyi, yeni ürünleri veya proses rotasını değerlendirmeyi, ayrıca mevcut sistemi iyileştirmeyi veya yeni tasarım nerileri değerlendirmeyi kapsamaktadır. Haddeleme problemlerini analiz etmek, prosesi optimize etmek için kullanılabilir. Yeni bir ürün veya ekipman retilereği veya personel eğitimi için bir araç olarak kullanılacağı zaman bir analiz aracı olarak kullanılabilir.

Çalışmamız Türkiye'de ray üretimini yapıldığı tek yer olan Kardemir Ray ve Profil Haddehanesindeki süreçle ilgili yeni yaklaşımlar ortaya koymasđ ve üretim portföyünde olmayan yeni bir ürünün peremetrelerinin tahmini ve simülasyonunun yapılması açısından literatüre yenilik getirmiştir.

Anahtar Szckler : Simülasyon, YSA, sıcak haddeleme, ray ve profil haddeleme.

Bilim Kodu : 902.1.014

ABSTRACT

Ph. D. Thesis

SIMULATION OF RAILS AND PROFILES ROLLING PROCESS

Hüseyin ALTINKAYA

Karabük University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Computer Engineering

Thesis Advisors:

Assist. Prof. Dr. İlhami M. ORAK

Assist. Prof. Dr. İsmail ESEN

January 2015, 129 pages

Rail rolling and section rolling represent the most complex types of hot rolling processes. These rolling processes are multifaceted procedures which encompass the fields of metallurgy, machinery, electricity, electronics and computers. For this reason, assessing the effects of parametric values on these complex processes can only be achieved through modeling. In this thesis, the rolling processes performed at the Kardemir Rail and Profile Rolling Mill were modeled using the Artificial Neural Network (ANN). Within the scope of this thesis, emphasis was mainly placed on rail rolling; however, the developed model can also be used for other products. The aim of the study was to develop an ANN model to would allow the optimum parameter values for a certain type of rail to be determined based on the production parameter values of a different type of rail. To this end, data obtained from the Rail and Profile Rolling Mill located within Kardemir Inc. were utilized. The rolling mill in question consists of three main sections, which are the BD1, BD2 and Tandem sections. To

determine the force values at each pass in sections BD1 and BD2, the parameter values for 49 kg/m type rails were used; on the other hand, to determine the force and torque values at each pass in the Tandem section, the parameters values for 60 kg/m, 54 kg/m, 46 kg/m and 33 kg/m type rails were used. Comparison of the results provided by the ANN model with the actual field data indicated that the model provided force and torque values with acceptable error ratios. The ANN model was developed using the MATLAB program.

A database and a simulation program were also developed for the rail and section rolling processes. The database was developed using the SQL Server 2008 programming language, while the simulation software was developed using the C# programming language. This software was able to perform functions as the designing of the roller pass; the assessment of changes in process conditions; the evaluation of new products or processes; and providing recommendations regarding new designs or the improvement of the current system. In addition, the software can be used to analyze rolling problems/defects and to optimize current processes. It may also be used as an analysis tool when producing new products or equipment or as a tool for training personnel.

Our study contributed to the literature by presenting new tools and approaches regarding the rolling processes performed in the Kardemir Rail and Section Rolling Mill, which represents the only location in Turkey where rail production is performed.

Key Word : Simulation, ANN, hot rolling, rail and profile rolling.

Science Code : 902.1.014

TEŞEKKÜR

Bu tez alıőmasının planlanmasında, araőtırılmasında, yürütülmesinde ve oluşumunda ilgi ve desteğini esirgemeyen, engin bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, yönlendirme ve bilgilendirmeleriyle çalıőmamı bilimsel temeller ışığında őekillendiren sayın danıőmanlarım Yrd. Doç. Dr. İlhami M. ORAK'a ve Yrd. Doç. Dr. İsmail ESEN'e, yine çalışma süreçlerinde görüş ve önerilerinden çokça faydalandığım sayın hocalarım Prof. Dr. Fatih V. ÇELEBİ'ye ve Yrd. Doç. Dr. Baha şEN'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Veri setini elde etmemizde ilgi ve yardımlarını esirgemeyen tüm Kardemir A.ő. Ray ve Profil Haddehanesi personeline, özellikle İbrahim TOZLU'ya ve Serkan ATAMER'e teşekkür ederim.

Sevgili aileme manevi hiçbir yardımı esirgmeden yanımda oldukları için tüm kalbimle teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL.....	ii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xvi
BÖLÜM 1	1
GİRİŞ	1
BÖLÜM 2	6
LİTERATÜR	6
BÖLÜM 3	14
HADDELEME.....	14
3.1. HADDELEMENİN TANIMI.....	14
3.1.1. Soğuk ve Sıcak Haddeleme	16
3.1.2. Yeniden Kristalleşme (Recrystallization).....	17
3.1.3. Kalibre (Yiv) ve Paso	18
3.1.4. Gap (Boşluk).....	18
3.2. HADDELENECEK ÜRÜNLERİN TİPLERİ.....	19
3.3. HADDEHANELERİN YAPISI VE SINIFLANDIRILMASI.....	21
3.4. HADDELEMEDE PASO TASARIMI	25
3.5. HADDELEMENİN MATEMATİKSEL TEMELLERİ	29
3.5.1. Haddelemede Ezilme ve Hacim Değişmezlik Kanunu.....	30
3.5.2. Haddelemede İleri Akma ve Yayılma	33

	<u>Sayfa</u>
3.5.3. Haddelmede Geometrik ve Trigonometrik İlişkiler	35
3.5.4. Haddeleme Sıcaklığının Belirlenmesi	36
3.5.5. Haddeleme Hızının Belirlenmesi.....	38
3.5.6. Haddeleme Kuvvetinin ve Torkun Hesaplanması	38
3.5.7. Haddelemede Motor Gücünün Hesaplanması	41
BÖLÜM 4	43
KARDEMİR RAY VE PROFİL HADDEHENESİ.....	43
BÖLÜM 5	56
YAPAY SİNİR AĞLARI	56
BÖLÜM 6	60
RAY VE PROFİL HADDELEME İŞLEMLERİ İÇİN SİMÜLASYON UYGULAMASI.....	60
6.1. SICAK HADDELEME İŞLEMLERİNİN OPTİMİZASYONU İÇİN BİR ARAYÜZ PROGRAMI	60
6.2. ARA PASO TASARIMI	69
6.3. YSA İLE HADDELEME PARAMETRELERİNİN TAHMİNİ	73
6.3.1. Veri Setinin Elde Edilmesi	73
6.3.2. Regresyon Analizi	77
6.3.3. YSA Uygulaması	83
BÖLÜM 7	99
SONUÇLAR VE ÖNERİLER	99
7.1. SONUÇLAR	99
7.2. ÖNERİLER	100
KAYNAKLAR	102
EK AÇIKLAMALAR A. VERİTABANLARI (MS SQL).....	106
EK AÇIKLAMALAR B. ARA PASO TASARIM MATLAB KODLARI.....	111
EK AÇIKLAMALAR C. SİMÜLASYON PROGRAM KODLARI	114
EK AÇIKLAMALAR D. RAY VE PROFİL HADDEHANESİ ANA MOTOR BİLGİLERİ	127

	<u>Sayfa</u>
ÖZGEÇMİŞ	129

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 3.1. İki merdane ile haddeleme işlemi.....	15
Şekil 3.2. Çeşitli kalibre örnekleri.....	18
Şekil 3.3. Çeşitli paso örnekleri.....	18
Şekil 3.4. Merdaneler arasındaki gap (boşluk).....	19
Şekil 3.5. İngotlardan üretilen yarı mamüller.....	19
Şekil 3.6. Slabdan elde edilen levha, sac ve şerit bant.	20
Şekil 3.7. Çeşitli tiplerdeki profiller.....	20
Şekil 3.8. Haddeleme ile üretilen ürünler.....	21
Şekil 3.9. Düz merdane.	22
Şekil 3.10. Kalibreli (yivli) merdane	22
Şekil 3.11. İkili ve ikili tersinir hadde.....	24
Şekil 3.12. Dörtlü ve grup hadde.....	24
Şekil 3.13. Üniversal haddeleme.....	25
Şekil 3.14. Açık ve kapalı kalibreler.....	26
Şekil 3.15. Merdane çaplarının farklı oluşunun haddelenen malzemenin çıkışına etkisi.....	27
Şekil 3.16. 60 kg/m ray BD2 bölümü dördüncü paso şekli ve ölçüleri.....	28
Şekil 3.17. 60 kg/m ray BD2 merdane dağılımı ve ölçüleri.....	28
Şekil 3.18. 60 kg/m ray Tanden bölümü son paso şekli ve ölçüleri.....	29
Şekil 3.19. Dikdörtgensel malzemenin haddelenmesinin şematik gösterimi.....	30
Şekil 3.20. Haddeleme esnasında geometrik ve trigonometrik ilişkiler.....	35
Şekil 4.1. Kardemir’de üretim süreçleri.	43
Şekil 4.2. Ray blumunun üretilmesi.....	44
Şekil 4.3. Blumların ray ve profil haddehanesine sevki.....	44
Şekil 4.4. Tufal alma işlemleri.	45
Şekil 4.5. BD1 kumanda odası.	46
Şekil 4.6. BD2 bölümü.....	46
Şekil 4.7. Tandem bölümü.....	47

Sayfa

Şekil 4.8. Markalama işlemleri.....	48
Şekil 4.9. Soğutma ızgaraları.....	48
Şekil 4.10. Doğrultma işlemleri.....	49
Şekil 4.11. Doğrultma işlemleri otomasyon ekranı.....	49
Şekil 4.12. Test ünitesi	50
Şekil 4.13. Ray sevk işlemleri.....	51
Şekil 4.14. Ray ve profil haddehanesi genel süreç.....	51
Şekil 4.15. BD1 ana motor (sürücü) ekran görüntüsü.....	51
Şekil 4.16. BD2 bölümü ekran görüntüsü.....	52
Şekil 4.17. Tandem bölümü stantları.....	52
Şekil 4.18. Rayın perspektif görünümü.....	53
Şekil 4.19. 49 kg/m rayın BD1 bölümü girişi ve çıkışındaki geometrik ölçüleri.....	53
Şekil 4.20. 49 kg/m rayın BD2 bölümü çıkışındaki geometrik ölçüleri.....	53
Şekil 4.21. 49 kg/m rayın Tandem bölümü çıkışındaki geometrik ölçüleri.....	53
Şekil 4.22. 60 kg/m rayın blumdan son pasoya kadar değişim safhaları	54
Şekil 4.23. 60 kg/m rayın ayrıntılı geometrik ölçüleri	54
Şekil 4.24. 60 kg/m ray temel geometrik ölçüleri.....	55
Şekil 5.1. YSA genel yapısı	57
Şekil 6.1. Otomasyon yazılımı giriş ekranı.....	61
Şekil 6.2. Veritabanı tabloları	63
Şekil 6.3. Ürün giriş ekranı	64
Şekil 6.4. Ürün cins ekranı.....	64
Şekil 6.5. Kalibre giriş ekranı	65
Şekil 6.6. Pass schedule giriş ekranı	65
Şekil 6.7. Kalibre düzeni giriş ekranı.....	66
Şekil 6.8. Paso düzenleme ekranı.....	66
Şekil 6.9. Sonuçların ekrana yazılması	66
Şekil 6.10. Akış diyagramı.....	67
Şekil 6.11. 60 kg/m ray BD2 paso şekilleri.....	69
Şekil 6.12. 60 kg/m ray orijin noktasına göre BD2 paso şekilleri	70
Şekil 6.13. 60 kg/m ray ağırlık merkezi noktasına göre BD2 paso şekilleri.....	70
Şekil 6.14. 60 kg/m ray BD2 bölümü 6., 7. ve ara paso	71
Şekil 6.15. 60 kg/m ray Tandem paso şekilleri	71

Sayfa

Şekil 6.16. 60 kg/m ray orijin noktasına göre Tandem paso şekilleri.....	72
Şekil 6.17. 60 kg/m ray ağırlık merkezine göre Tandem paso şekilleri.....	72
Şekil 6.18. 60 kg/m ray Tandem bölümü 3., 4. ve ara paso	73
Şekil 6.19. IBA bilgisayarı ara yüzünden bir görünüm	74
Şekil 6.20. BD1 bölümü sıcaklık ve haddeleme hızı saha değerleri	74
Şekil 6.21. BD2 bölümü haddeleme kuvveti ve haddeleme hızı saha değerleri	75
Şekil 6.22. Tandem bölümü tork ve haddeleme kuvveti saha değerleri	75
Şekil 6.23. BD2 ana motor akımı (4 sn lik)	75
Şekil 6.24. YSA mimarisi	89
Şekil 6.25. YSA mimarisinin Matlab görüntüsü.....	89
Şekil 6.26. YSA regresyon sonuçları	91
Şekil 6.27. BD1 bölümü kuvvet değerleri.....	93
Şekil 6.28. BD2 bölümü kuvvet değerleri.....	94
Şekil 6.29. Tandem bölümü kuvvet değerleri	94
Şekil 6.30. Tandem bölümü kuvvet değerleri	95

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 6.1.	60 kg/m ray BD1 bölümü “pass schedule”	76
Çizelge 6.2.	54 kg/m ray BD2 bölümü “pass schedule”	76
Çizelge 6.3.	46 kg/m ray Tandem bölümü “pass schedule”	77
Çizelge 6.4.	BD1 bölümü pass schedule” parametreleri korelasyon değerleri	78
Çizelge 6.5.	BD1 bölümü regresyon sonucu.....	82
Çizelge 6.6.	49 kg/m ray için BD1 bölümü kuvvet hata oranları	84
Çizelge 6.7.	49 kg/m ray için BD1 bölümü tork hata oranları.....	84
Çizelge 6.8.	49 kg/m ray için BD1 bölümü kuvvet ve tork hata oranları	84
Çizelge 6.9.	49 kg/m ray için blum genişliği hata oranları	84
Çizelge 6.10.	49 kg/m ray için blum yüksekliği hata oranları	85
Çizelge 6.11.	49 kg/m ray için blum yüksekliği ve genişliği hata oranları.....	85
Çizelge 6.12.	49 kg/m ray için BD2 bölümü kuvvet hata oranları	85
Çizelge 6.13.	49 kg/m ray için BD2 bölümü tork hata oranları.....	85
Çizelge 6.14.	49 kg/m ray için BD2 bölümü kuvvet ve tork hata oranları	85
Çizelge 6.15.	49 kg/m rayın Tandem bölümü kaburga kısmı kuvvet hata oranları ..	86
Çizelge 6.16.	49 kg/m rayın Tandem bölümü mantar kısmı kuvvet hata oranları....	86
Çizelge 6.17.	49 kg/m rayın Tandem bölümü ayak kısmı kuvvet hata oranları	86
Çizelge 6.18.	49 kg/m rayın Tandem bölümü tork hata oranları	86
Çizelge 6.19.	BD1 bölümünde normalize edilmemiş veri seti örneği	88
Çizelge 6.20.	BD1 bölümünde normalize edilmiş veri seti örneği	88
Çizelge 6.21.	49 kg/m rayın BD1 bölümündeki kuvvet değerleri	91
Çizelge 6.22.	49 kg/m rayın BD2 bölümündeki kuvvet değerleri	92
Çizelge 6.23.	49 kg/m rayın Tandem bölümündeki kuvvet ve tork değerleri.....	92
Çizelge 6.24.	BD1 bölümü 3. Paso için ağırlıklar ve bias değerleri	96
Çizelge 6.25.	BD1 pasolarının istatistiksel değerleri	97
Çizelge 6.26.	BD2 pasolarının istatistiksel değerleri	97
Çizelge 6.27.	Tandem pasolarının istatistiksel değerleri (kuvvet).....	97
Çizelge 6.28.	Tandem pasolarının istatistiksel değerleri (tork)	97

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER

b_0	: malzemenin giriş genişliği
b_1	: malzemenin çıkış genişliği
D	: merdane çapı
$f(x)$: aktivasyon fonksiyonu
F_0	: malzemenin ilk kesit alanı
F_d	: haddelenen malzeme ile merdane arasında sıkıştırılan yüzey
F_n	: malzemenin son kesit alanı
h_0	: malzemenin giriş yüksekliği
h_1	: malzemenin çıkış yüksekliği
k_{wm}	: ortalama şekil değiştirme direnci
l_0	: malzemenin giriş uzunluğu
l_1	: malzemenin çıkış uzunluğu
n	: devir sayısı
N	: elektriksel (motor) gücü
P	: haddeleme kuvveti
Q_s	: ısınma yolu ile verilen ısı miktarı
R	: merdane yarıçapı
V_0	: malzemenin giriş hızı
V_1	: malzemenin çıkış hızı
β	: yayılma derecesi
γ	: ezme derecesi
Δ_h	: ezme miktarı
λ	: uzama derecesi
μ_Σ	: toplam uzama katsayısı
σ	: normal gerilme
φ	: kapma açısı

KISALTMALAR

3B	: 3 Boyutlu
AR-GE	: Araştırma Geliştirme
GPU	: Graphics Processing Unit (Grafik İşleme Ünitesi)
MAPE	: Mean Absolute Percentage Error
PLC	: Programmable Logic Controller (Programlanabilir Lojik Denetleyici)
RMSE	: Root Mean Squares Error
SCADA	: Supervisory Control and Data Acquisition (Merkezi Denetleme ve Veri Toplama)
SEY	: Sonlu Elemanlar Yöntemi
SOM	: Self Organising Maps (Öz Düzenleyici Haritalar)
SQL	: Structured Query Language (Yapılandırılmış Sorgu Dili)
YSA	: Yapay Sinir Ağları

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Demir-çelik sektörü ürün çeşitliliği, üretim miktarı, piyasa talepleri ve ciroları göz önüne alındığında dünyamızda en büyük sektörlerden birisidir. Haddeleme, plastik şekil verme ise demir-çelik sektöründe çok önemli bir yere sahiptir. Günümüz rekabet şartları içerisinde en kaliteli ürünü, en ucuza ve en kısa sürede imal etmek gerekmektedir. Bu nedenle tüm ciddi ve büyük kuruluşların AR-GE (araştırma geliştirme) bölümleri vardır. Bu bölümlerde özel bilgiler (know-how) elde edilir. Haddeleme sistemlerinde her yönü ile kaliteli sonuçların alınabilmesi için haddeleme parametrelerinin optimum şekilde düzenlenmesi gerekmektedir. Haddelenecek malzeme ve istenilen geometriye bağlı olarak haddeleme hızı, haddeleme kuvveti, haddeleme sıcaklığı gibi parametrelerin haddeleme prosesinde belirleyici faktörler olduğu bilinmektedir.

Günümüzde artan müşteri talepleri, sık değişen teknoloji ve gittikçe sertleşen küresel rekabet, firmaları ürettikleri ürünü veya verdikleri hizmeti daha hızlı, daha etkili, daha kaliteli ve daha az maliyetle nasıl üretebileceklerini bulmaya zorlamaktadır. Son 20 yılda önemi gittikçe artan müşteri memnuniyetini sağlayabilmek için, kaliteyi ve çeşitliliği yüksek tutarken aynı zamanda satılan ürünün veya servisin fiyatının da rekabet halinde olunan şirketlerin fiyatlarından daha alt seviyelerde tutulması gerekmektedir [1]. Piyasadaki rakipler ile temel girdi, teknoloji ve işgücü yönünden benzer kaynaklara sahipken, onlara karşı ne şekilde fiyat, kalite ve çeşitlilik avantajı sağlanabilecektir?

Bu sorunun cevabı, üretilen ürünün veya servisin ne olduğundan ziyade, bunların nasıl gerçekleştirildiğinde saklıdır. Müşteri odaklı üretim yapmadan, müşteri beklentisinin altında fiyat, çeşitlilik ve kalite sunan şirketlerin ticari anlamda yaşamlarını sürdürebilmelerine imkan yoktur. Bütün bu sorunların tamamını

çözebilmenin yolu, sistemde hızlı ve yerinde değişiklikler yapmaktan geçer. Sistemdeki sorunların sebeplerini bulmak ve bunları ortadan kaldırmak için, sistem içinde birbirinden bağımsız gibi görünen fakat aslında bir bütün olarak çalışan tüm elemanların arasında nasıl bir ilişki olduğunu, sistemin hangi parametrelere duyarlı olduğunu, belirli değişikliklere nasıl bir tepki verdiğini incelemek ve anlamak gerekir.

Sistemini iyi tanıyan, çalışma mantığını tecrübelerine dayanarak bilen mühendisler ve yöneticiler buna bir dereceye kadar cevap verebilirler. Fakat özellikle fiziksel olarak büyük, teknolojik olarak karmaşık, çok fazla sayıda parametrenin, operasyonun, çok çeşitli ürün gruplarının olduğu sistemlerde, bütün sistemi iyi tanıyacak birini bulmak neredeyse imkansızdır. Sistemin parçalarını bilen insanların tecrübelerini birleştirmek, buna dayanarak sistemin tümü üzerinde bir yorum yapmak, değişiklikler gerçekleştirmek veya alternatifler denemek ise bundan daha da zordur. Üstelik böyle bir yöntemin riski de çok büyüktür. Tecrübeye dayanarak yapılan değişiklik sistem üzerinde beklenen olumlu etkiyi vermeyebilir. Böyle bir durumda eğer yapılan değişiklik mali bir yatırım gerektirmişse bundan geri dönmek imkânsızdır. Sistemdeki sorunların tamamı herhangi bir yatırımı gerektirmeyebilir. Sistemin tasarımından ve çalışma mantığından kaynaklanan sorunlar sistemin genel performansını kötü bir biçimde etkileyebilir. Pahalı ve hızlı makineler almak, iş gücünü arttırmak, vardiya sayısını yükseltmek belki bir parça iyileşme sağlayabilir. Fakat bu yatırımların getirisi, maliyetinden daha az veya eşit ise buna benzer değişiklikler yapmak soruna köklü bir çözüm getirmez. Oysa buna benzer durumlarda, tamamen risksiz, yatırımı yapmadan önce yapılacak değişikliğin sonucunu gösterebilecek ve belki de yatırım yapmadan da sorunu çözenin yollarının bulunmasını sağlayabilecek yöntem simülasyondur.

Simülasyon, gerçek dünya süreçlerinin taklit edilmesi (benzetimi) olarak tanımlanır [2]. Simülasyonda yapılması gereken ilk şey seçilen fiziksel veya soyut bir sistemin veya sürecin karakteristiklerini, davranışlarını, fonksiyonlarını temsil eden bir model geliştirmektir.

Modeller, çeşitli soyutluk derecesine sahip bir sistemi veya problemi temsil ederler. Modeller ikonik, analog ve matematiksel olarak sınıflandırılabilir [3]. İkonik model, bir sistemin genellikle orijinal ölçülerinden farklı fiziksel kopyasıdır. Hava alanı, araba, köprü, cami vb. fotoğraflar iki boyutlu ikonik-skala modellerdir. Analog modeller gerçek sistem gibi davranırlar fakat görünüşleri gerçek sisteme benzemez. Analog modeller genellikle iki boyutlu kartlar veya diyagramlardır. Analog modeller fiziksel de olabilir ancak şekilleri gerçek sisteminkinden farklıdır. Örnek olarak yetki ve sorumlulukların belirtildiği organizasyon şemaları, bir makine veya binanın projesi, animasyonlar, videolar vb. verilebilir. Karmaşık süreçlerin ve ilişkilerin olduğu sistemlerde ikonik model ve analog model kullanışsız ve/veya çok zaman alıcı olur. Bu yüzden daha soyut ve karmaşık modeller matematiksel olarak ifade edilirler. Matematiksel modeller karmaşık sistemlerde yapay zeka teknikleriyle birlikte de kullanılabilir.

Simülasyon, alternatif şartların ve davranış şekillerinin gerçek etkilerini göstermek için kullanılabilir. Ayrıca ulaşılamayan, erişilemeyen, tehlikeli olan, çalıştırılması mümkün olmayan veya tasarım aşamasında olup henüz inşa edilmemiş ya da hiç mevcut olmayan sistemlerin de simülasyonu yapılabilir [4].

Simülasyon, performans optimizasyonu, güvenlik, test, eğitim-öğretim, tabiat ve insandaki sistemlerin bilimsel modellenmesi gibi endüstri, ulaşım, askeri sistemler, sağlık, finans vb. birçok sektörde kullanılmaktadır.

Genellikle simülasyon yapmanın temel nedeni düşük maliyettir. Simülasyon sayesinde yapılacak bir işin doğru olup olmadığını oldukça hızlı ve ucuz bir şekilde anlamak mümkündür.

Simülasyon, tasarım sırasında sistemin uygulanabilirliğini, nasıl davranacağını görmek, maliyet analizi yapmak, kritik parametrelerin değerlerini öngörmek; varolan sistemlerde sistemin performansını artırmak, maliyetleri düşürmek ve öngörülen değişikliklerin etkilerini görmek için yapılmaktadır [5,6]. Simülasyon aşağıdaki durumlarda kullanılmaktadır:

- Sistem deney yapmaya uygun değilse,
- Sistem henüz tasarım aşamasındaysa,
- Sistem/Problem karmaşıksa,
- Sistemin davranışı analiz edilecekse.

Simülasyon kullanımının faydaları şu şekilde sayılabilir:

- Sistem analizcilerini daha genel ve daha geniş düşünmeye zorlar.
- Herhangi bir sistemin içsel etkileşimlerinin inceleme ve bunlar üzerinde deneyler yapma olanağı verebilir.
- Sistemlerin evrimselliğini ortaya çıkararak dinamik yapılarının incelenmesini zorlar.
- Değişen koşullar ve yeni durumlar altında sistemin göstereceği davranışı inceleyebiliriz.
- Dinamik sistemler daraltılmış veya genişletilmiş süre içinde incelenebilir.
- Simülasyon için gerekli veriler çoğu kez kolay elde edilir.
- Matematiksel modeller ile analitik çözümler bulunduktan sonra simülasyon analitik çözümlerin doğruluğunu gerçeklemek üzere kullanılabilir.
- Sistemin verileri yetersiz olduğunda ya da olmadığında simülasyon yöntemleri bu boşluğu kapatabilir.
- Simülasyon modeli kurulduktan sonra sistemin farklı durumlarının incelenmesi için istenen süre kadar kullanılabilir.

Simülasyon/Modelleme süreçleri ise şu şekilde sıralanabilir:

- Sistemin ve/veya problemin tanımı
- Modelin formülasyonu
- Veri toplama ve derleme
- Bilgisayar programının algoritmasını çıkarma
- Modelin geçerliliğinin kontrolü
- Stratejik ve taktik planlama
- Deneme ve duyarlılık analizleri

- Uygulama ve belgeleme

Bu çalışmanın amacı Kardemir’de bulunan Ray ve Profil haddehanesinde ray ve profil haddeleme işlemlerinin simülasyonunu yapmaktır. Özellikle haddeleme işlemlerinde en zor alanlardan biri kabul edilen ray haddeleme prosesinin simülasyonu ile farklı malzeme ve geometrik şekildeki ray ve/veya profil üretiminin gerçekleştirilebilirliğinin incelenmesi sağlanacaktır. Bu ise yüksek maliyet ve zaman kaybı olmadan denemelerin yapılmasına fırsat tanıyacaktır. Ayrıca mevcut üretim süreçlerinin hızının artırılmasına ve ürünlerin kalitesinin yükseltilmesine katkıda bulunacaktır.

Son yıllarda ülkemizde raylı sistemler ve enerji alanındaki yatırımlar artık devlet politikası haline gelmiştir. Hızlı tren projeleri, metro ve raylı sistemlerin tamamı genelde sıcak haddeleme, özelde ise ray üretimi ile ilgili çalışmaların gerekliliğini ve önemini artırmaktadır. Bu açıdan yapılan bu çalışma yeni ray tiplerinin üretilmesi ve standartlaşma gibi değişik yaklaşımlar açısından önemli bir ihtiyacı karşılayacaktır.

Tezin ikinci bölümünde konu ile ilgili literatür verilmiştir. Üçüncü bölümde haddelemenin tanımı, haddeleme ile ilgili terimler ve haddelemenin matematiksel temelleri üzerinde durulmuştur. Dördüncü bölümde Kardemir Ray ve Profil Haddehanesi ve haddeleme süreci tanıtılmıştır. Beşinci bölümde ayrıntılara girilmeden YSA hakkında bilgiler aktarılmıştır. Altıncı bölümde, gerçekleştirilen YSA uygulaması ve simülasyon uygulamaları anlatılmıştır. Son bölümde ise sonuç ve öneriler verilmiştir.

BÖLÜM 2

LİTERATÜR

Haddeleme sistemlerinin optimizasyonu, modellenmesi ve simülasyonu ile ilgili olarak genellikle malzemenin kimyevi yapısı, haddeleme kuvvetinin etkisi, sıcaklık dağılımı, deformasyon bölgesinin çıkarılması gibi sistemin sadece bir ya da birkaç parametresi üzerinde çalışılmış; sistemi tüm parametreleri ile birlikte bir bütün olarak ele alarak yapılan çalışmalar sınırlı sayıda kalmıştır.

Haddeleme sistemlerinin modellenmesinde çoğunlukla üç grupta sınıflandırılan modellerden (İkonik Model, Analog Model ve Sembolik) sembolik (matematiksel) model kullanılmaktadır. Sıcak haddeleme sistemlerinin analizi, simülasyonu ve optimizasyonu ile ilgili yapılan çalışmalarda en çok kullanılan yöntemin sonlu elemanlar yöntemi (SEY) olduğu görülmektedir. Genellikle üst sınır (upper bound), en küçük kareler (least squares) ve katlı regresyon (storey regression) metotları kullanılmıştır. YSA ve Bulanık Mantık gibi yapay zeka tekniklerinin kullanımı SEY kadar yaygın olmasa da tek başına ya da SEY ile birlikte kullanılmaları azımsanamayacak sayıda ve önemde olmuştur. Yapay Sinir Ağının kullanılarak ray haddeleme süreci üzerinde yapılan bir çalışmaya ise rastlanmamıştır.

Aşağıda sıcak haddeleme proseslerinin simülasyonu ile ilgili yapılan bazı çalışmalar verilmiştir. SEY ile yapılan çalışmalara aşağıdaki örnekleri verebiliriz:

LI Chang-Sheng ve arkadaşları SEY kullanarak sıcak haddeleme sisteminde çalışan bir merdanenin, ısı iletim denklemine dayalı olarak üç boyutlu (3B) sıcaklık alanını incelemiştirler [7]. Şerit profil haddeleme süresince çalışan merdanenin yüzey sıcaklığındaki değişimleri tanımlamışlar ve ısıl gerilim alanını analiz etmişlerdir. Sonuçlar, en yüksek merdane yüzey sıcaklığının 593 °C, merdane yüzeyinin maksimum-minimum termal gerilimleri arasındaki farkın 145,7 MPa olduğunu

göstermiştir. Yine analiz sonuçları sıcaklık ve termal gerilimin, merdanenin termal yorulması ve haddeleme esnasında kaliteyi iyileştirme konusunu incelemede uygun parametreler olduğunu ortaya koymuştur. Model tasarımında ANSYS yazılımını kullanmışlardır.

J. Huez ve arkadaşları sıcak haddelemede kangal haddeleme prosesinin SEY ile 3B modelini, radyal ve aksel haddeleme araçlarını göz önüne alarak geliştirmişlerdir [8]. Her bir kangal devrini dört ayrı adıma bölerek bu adımların termal ve termomekanik simülasyonlarını yapmışlardır. Deformasyon bölgesindeki malzeme akışını, kararlı durum şartlarında, homojen olmayan deformasyonu da dikkate alarak üç boyutlu analizini yapmışlardır. Kangalın dış bölgesinin ısı transferi kararsız durum simetri eksenini SEY formülasyonu ile analiz etmişlerdir. 3B SEY için LAM3 yazılımını kullanmışlardır. Yaptıkları bu çalışmadan şu sonuçlara ulaşmışlardır: Doğrulanmış bu model daha hassas kestirimlerin yapılmasını ve metal şekillendirme boyunca meydana gelen mikro yapısal değişikliklerin kontrolünü sağladığı gibi aynı zamanda haddeleme hızı, parçanın her paso geçişinde küçülmesi gibi parametrelerin etkisini anlamaya yardımcı olur. Sıcaklık ve uzama evrelerinin tahmini için aksel haddeleme etkileri dikkate alınmalıdır.

A.R. Shahani ve arkadaşları yaptıkları çalışmada AA5083 alüminyum alaşımının sıcak haddeleme prosesinin simülasyonunu yapmışlardır [9]. Yaklaşımları, SEY kullanarak problemin termomekanik analizine dayanmaktadır. Prosesin analizleri boyunca merdane ve kütükteki sıcaklık dağılımı, gerilim, uzama ve uzama oranı alanlarını çıkarmışlardır. Formülasyonda ana hipotezler olarak Przyna oluşum eşitliğinden elde edilen, materyalin termo-vizikoplastik davranışı ve yüzey altı deformasyon durumlarını benimsemişlerdir. Sistemin matematiksel ve geometrik modelini çıkarmışlardır. Yazılım olarak ANSYS 10.0 kullanılmıştır. Kütüğün (slab) geometrik şekli, yük, haddeleme hızı, kalınlık azaltma oranı, kütüğün ilk kalınlığı ve sürtünme katsayısı gibi haddeleme prosesini niteleyen ana değişkenleri bir parametrik formda ifade etmişlerdir. Önerdikleri SEY simülasyon modelinin literatürdeki deneysel ve teorik sonuçlarla uyduğunu göstermişler ve şu sonuçlara ulaşmışlardır:

- Merdane-plaka (saç) arasındaki sıcaklık yayılımı simülasyon sonuçları üzerinde esas belirleyicidir.
- Sürtünme katsayısı parçaların temas gerilimlerini etkiler. Deformasyonun homojenliği deformasyon bölgesindeki temas basınç dağılımının şekline bağlıdır.

Jonas W. Ringsberg ve Torbjörn Lindback başlangıçta oluşan artık gerilim durumunun bir rayın servis ömrünü nasıl etkilediği üzerine bir araştırma yapmışlardır [10]. Rayın soğutma ve doğrultma işlemlerinin iki boyutlu analizlerini yapmak için SEY kullanmışlardır. Bu analizin sonuçlarını üç boyutlu elastik-plastik ray modelinin başlangıç şartları olarak kullanmışlardır. Bu model rayların RCF (haddeleme temas yorulması) analizini geliştirmek için geliştirilen FE aracının bir parçası olarak yapılmıştır. Bu araçtan elde edilen sonuçları yorulma hasarlarını değerlendiren kritik düzlem yaklaşımı yöntemine göre sekiz tekerlek geçişi için aşama aşama analiz edilmiştir. İsveç'teki Iron-ore Line'da ağır yük tren taşımacılığı durumu incelenmiş, yorulmaya bağlı yüzey altı çatlak durumları değerlendirilmiştir. Çalışmada yazılım olarak ABAQUS kullanılmıştır. Ray üretim sürecinden kaynaklanan artık gerilim alanını hesaplamak ve bunun rayın RCF ömrünü etkileyip etkilemediğini saptamak amaçlı FE aracındaki ray modelini kullanarak üç örneği değerlendirmişlerdir: (a) Gerilimsiz ray (b) Yeni üretilen bir rayda ölçülen artık gerilim durumu (c) Soğutma ve doğrultma analizinden hesaplanan artık gerilim durumu. Bu üç örneğin yorulma analizlerinden şu sonuçları elde etmişlerdir:

- Ray üretim sürecinin nümerik simülasyonundan elde edilen sonuçlar ile yeni üretilen raylardaki ölçülen artık gerilimler karşılaştırıldığında kabul edilebilir, birbirine yakın değerler olduğu görüldü.
- FE aracı ve bu üç örneğin yorulma analizi gösterdi ki; en büyük yorulma pozisyonu, çatlak seviyesinin yönelimi, yorulma çatlak başlangıcı zamanı gibi parametrelerle ilgili sonuçlar arasında küçük farklar vardır.
- İlk tekerlek geçişinden sonra başlangıçta girilen FE aracındaki ray modelinin gerilim durumu yeniden dağıtılmıştı. Bundan dolayı lokal tekerlek yükünün rayın yorulma zararını belirlediği sonucuna ulaşılmıştır.

- En büyük yorulma zararı pozisyonu yüzeyin 2,8 mm altı olarak hesaplanmıştır. Bu derinlik başlangıçta bulunan derinliklere uygun gelmiştir. FE aracı hesaplamaları (a) ve (c) örnekleri için çeşitli aks yüklerinde yapmıştır. Görülmüştür ki; ilk yüzey çatlakları ray üretim prosesinden kaynaklanan boylamasına artık gerilimlerin yorulmayı başlatmasıyla başlamıştır.

R. Iankov tel haddeleme sürecini SEY kullanarak incelemiştir, tel haddeleme prosesinin üç boyutlu simülasyonunu telin kesitini, iki silindirik merdaneyi göz önüne alarak yapmıştır [11]. Sonra aynı örneği iki boyutlu olarak GPS (generalised plane strain) SEY ile simüle etmiştir. Bu iki modelden elde ettiği sonuçları deneysel veriler ile karşılaştırarak bir tabloda vermiştir. MARC yazılımını kullanmıştır.

Xiong Shangwu ve arkadaşları sıcak şerit profil haddehanesini kaba haddeleme standında genişlik azalma boyunca dikey-yatay haddeleme prosesinin simülasyonunu yapmak için üç boyutlu rijit-plastik Sonlu Elemanlar Yöntemiyle (SEY) termal kuplaj analizi yapmışlardır [12]. Oluşturdukları teorik modelin sonuçları ile deneysel verileri karşılaştırmışlar ve aralarında kabul edilebilir küçük farklar olduğunu göstermişlerdir.

X. Duan ve T. Sheppard sıcak haddelemede malzemenin iç yapısındaki değişim evrelerinin SEY ile simülasyonundaki problemleri ve zorlukları incelemişler, çeşitli fiziksel modelleri FORGE2 yazılımının içine adapte etmişler, matematiksel model ile deneysel ölçümler arasında tanecik ebadı için iyi bir uyuma olduğunu görmüşlerdir [13].

Eduardo N. Dvorkin çelik endüstrisinde üretim proseslerinin ve ürün performans değerlendirmesinin simülasyonunu çeşitli SEY kodları kullanarak gerçekleştirilebileceğini göstermiştir [14].

Basamak cevabı modeliyle doğrusal regresyon yöntemi kullanarak Ertan Öznergiz ve Can Özsoy sıcak haddeleme prosesi üzerinde çalışma gerçekleştirmişlerdir:

Ertan Öznergiz ve Can Özsoy iki kısımdan oluşan çalışmalarının birinci kısmında sıcak haddeleme prosesinde haddeleme kuvveti, momenti, kütük sıcaklığı ve hadde sıçraması için deneysel modelleme yapmışlardır [15]. Basamak cevabı formunda

olan bu modelde haddeleme kuvveti ve momenti için paso, giriş sıcaklığı, kütük genişliği, hadde çapı ve karbon eşdeğeri; kütük sıcaklığı için giriş sıcaklığı ve enerji; hadde sıçraması için de paso, kuvvet ve kütük genişliğini kullanarak daimi rejim değerlerini hesaplamışlardır. İkinci olarak, dinamik model ile sıcak haddeleme proseslerinde yaygın olarak kullanılan ve katlı lineer regresyon yöntemini kullanan klasik ampirik modelleri karşılaştırmışlardır. Modelleri geliştirmek için kullandıkları verileri Erdemir 2. sıcak haddehanesi tersinir kaba haddeleme tezgâhından sağlamışlardır. Programlamayı MATLAB ortamında gerçekleştirmişlerdir. Deneysel modelleme için toplam 46 kütüğe ait 230 adet veriden 180 tanesi gerek ampirik model gerekse dinamik model tarafından model oluşturmak amacı ile kullanılmış, kalan 10 kütüğe ait 50 veri ise model geçerliliğinin test edilmesi için kullanılmıştır. Ampirik model, dinamik model ve geçerlilik testi sonuçları grafikler halinde verilmiştir. Çalışmadan şu sonuçlara ulaşılmıştır: Basamak cevabı modeli dinamik yapısından dolayı prosesin sürekli rejim değerlerini daha iyi kestirebilmektedir. Ampirik modeller, eğri uydurma ve regresyon tekniklerini kullanırken, dinamik modeller tanılama tekniklerini kullanmaktadırlar. Kestirim yeteneği ve dinamik yapı, basamak cevabı modeli ve benzeri tanılama yapan modellere, diğer eğri uydurma ve regresyon özelliğine sahip modellere nazaran önemli avantajlar sağlar. Bu avantajları şu şekilde sıralamışlardır:

- Basamak cevabı modeller, basit yapılarından dolayı hesaplama süresini önemli oranda kısaltırlar ve parametreleri hızlı bir şekilde güncelleştirirler.
- Model parametrelerinin dinamik olarak güncellenebilmesi dolayısıyla, model esaslı akıllı regülatörlerin dizaynını mümkün kılarlar.
- Dinamik yapıları gelişmiş kontrol uygulamalarını da mümkün kılmaktadır.
- Sistem ve malzeme değişiklikleri gibi proseste meydana gelebilecek planlama değişikliklerine uyum sağlayıp daimi rejim değerlerine yakınsarlar ve parametreleri güncelleştirebilirler.

YSA ve diğer yapay zekâ teknikleri sıcak haddeleme işleminin analizi ağırlıklı olmak üzere bazı çalışmalarda kullanılmıştır:

L. Cser, A.S. Korhonen ve arkadaşları sıcak haddelemede durum görüntüleme yeni bir konsept üzerinde çalışmışlardır [16]. Bütün faktörlerin detaylı analizine dayanan

bir durum görüntüleme önermişler, sistem durumu gereken kalite aralığından ayrılıyorsa durum değerlendirilerek sinyal verilmesi sağlanmıştır.

Çalışmada Yapay Sinir Ağlarının SOM (Self Organising Maps) algoritmasını kullanmışlardır. Bu algoritma çok kompleks sıcak haddeleme analizi için uygun bulunmuştur. SOM uygulamasının pürüzsüzlük, biçim, yoğunluk gibi kaliteyi etkileyen faktörlerin gizli bağlantılarını ortaya koymaya yardımcı olduğunu göstermişlerdir. Endüstriyel Otomasyon sistemlerindeki Seviye 0, Seviye 1, Seviye 2 ve Seviye 3 düzeyleri arasındaki ilişkileri de dikkate alarak 16000 şerit profilde 70 ten fazla parametrenin analizinden elde ettikleri sonuçları durum görüntüleme on-line data örnekleme dayalı durum uzayı oluşturmuşlardır. Renkli görüntüleme haritası durum uzayının ürün kalitesini tahmin etmeyi olanaklı kılabileceğini göstermişlerdir. Çalışmalarından şu sonuçlara ulaşmışlardır:

- SOM (Self Organising Maps) tam otomasyonlu bir ortamda teknik parametreler arasındaki gizli ilişkileri ortaya çıkarmada etkili bir yöntemdir.
- Kalite parametrelerinin boyutunu belirleyen haritalar, haddeleme boyunca sistem-durum değişikliğini açıkça gösterir.

Thomas Martinetz ve arkadaşları Yapay Sinir Ağları ile sıcak haddeleme prosesinde nasıl malzeme ve enerji tasarrufu sağlanabileceği, haddeleme parametrelerinin optimizasyonunda kullanılabileceğini göstermişlerdir [17]. Yüz bin şerit profilden alınan verilerle yapılan çalışmalarda haddeleme kuvvetinin RMS hatalarının YSA yaklaşımında konvansiyonel yöntemlere göre % 28'e varan oranlarda iyileşmeler olduğunu bir tabloda göstermişlerdir.

Barrios ve arkadaşları bir sıcak sac haddehanesinde giriş sıcaklığının tahmini için çeşitli yapay sinir ağları, sinir tabanlı Grey-Box modelleri, fuzzy inference sistemleri ve fuzzy based Grey-Box modelleri tasarlamış ve deneysel verilerle test etmişlerdir [18].

Rolle ve arkadaşları çelik haddeleme prosesinin performansını iyileştirmek için YSA ile PID kontrolörü birleştirerek yeni bir hibrid sistemi modellemişlerdir [19].

Ray üzerinde yapılan çalışmaların büyük bir kısmında SEY tercih edilmiştir:

Dong Yong-Gang ve arkadaşları ağır ray haddeleme işlemlerinde ileri akma katsayısının belirlenmesi için kutu pasolu dikey merdaneyi düz merdane şeklinde basitleştirerek bir model ortaya koymuşlardır [20]. Yatay ve dikey merdane nötr açısını saptamışlar, yatay merdanenin nötr hattı denklemini belirlemişler, farklı nötr hattı pozisyonlarına göre rayın kaburga kısmının ileri akma katsayısını elde etmişlerdir. Ayrıca ağır rayın baş ve ayak kısımlarının ileri akma katsayılarını bulmuşlardır.

Dong Yong-Gang ve arkadaşları yaptıkları diğer bir çalışmada universal haddehanede ray haddeleme için önce basitleştirilmiş üç boyutlu bir teorik model oluşturmuşlardır [21]. Kinematik olarak rayın kaburga, baş ve tabanının kabul edilebilir hız alanlarını belirlemişler; birbiri ile uyuşan yayılma hızı alanı ve kesme yayılma mukavemeti oranını elde etmişlerdir. Sonra deformasyon bölgesine karşılık gelen plastik deformasyon gücünü, hız kesme yüzeyindeki güç tüketimini ve ileri-geri hareketlerden üretilen gücü ortaya koymuşlardır. Üst sınır (upper bound) yöntemine göre bir yatay merdanenin ve iki dikey merdanenin haddeleme kuvvetini elde etmişlerdir. Teorik modeli doğrulamak için 18 kg/m hafif rayın ve 60 kg/m ağır rayın universal haddeleme deneylerini ayrı ayrı yapmışlardır. Bu deneylerden elde ettikleri sonuçları tablolar halinde vermişlerdir.

M.A. Guerrero ve arkadaşları UIC-60 ray haddeleme prosesinin simülasyonu üzerinde çalışmışlardır [22]. Bu çalışmada iki hedefe ulaşmayı amaçlamışlardır: Merdane tasarımına yardımcı olmak ve bütün haddeleme prosesi boyunca malzeme yüzey sıcaklık dağılımını elde etmek. Simülasyonu ANSYS kodları kullanarak SEY ile gerçekleştirmişlerdir. 3D model için 2D formülasyonu kullanarak genelleştirilmiş yüzey gerilimi yöntemini uygulamışlardır. Hesaplama için harcanan süreyi azaltmışlardır. Elde ettikleri modelden alınan simülasyon sonuçları ile Accelor Mittal (İspanya) ray haddeleme tesisinden alınan sonuçlar arasında uyum olduğunu ortaya koymuşlardır.

Bu çalışmada, amaçlanan ray üretim sürecinin simüle edilmesi ile ilgili üretim parametreleri Yapay Sinir Ağı (YSA) ile modellenmiş ve başka cinsteki bir ray için optimum parametre değerlerinin elde edilmesi BD1, BD2 ve Tandem bölümleri için kuvvet (force) ve tork değerleri makul hata oranları ile elde edilmiştir [23].

BÖLÜM 3

HADDELEME

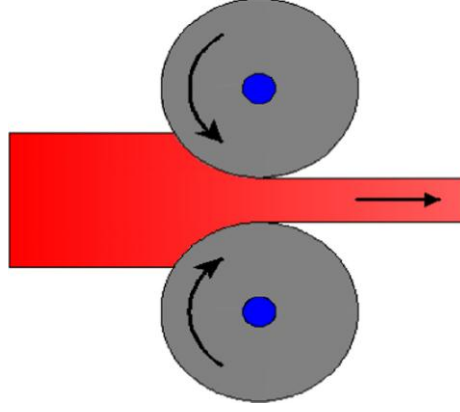
3.1. HADDELEMENİN TANIMI

Genel anlamda haddeleme, malzemelere bir kalıp yardımıyla plastik (kalıcı) şekil verilmesine verilen addır. Haddeleme denilince metallerin haddelemesi öncelikle akla gelir. Metalik malzemelerin uzun ya da yassı ürün haline getirilmesi, hadde adı verilen kalıplarla haddelenmesi işlemi ile gerçekleştirilir. Haddeleme, malzemenin uygun büyüklükteki basınç kuvvetleri ile yüklenmesi esasına dayanmaktadır. Plastik şekil vermenin en büyük kısmı haddeleme ile yapılmaktadır [24].

Şekil verilecek olan malzeme birbirine zıt yönde dönen iki veya daha çok merdane (silindir) arasından geçirilerek yeniden boyutlandırılır. Haddelemede ilk amaç, haddelenecek malzemeyi sıkıştırmak yani daha yoğun hale getirmektir. İkinci amaç malzemeyi daha küçük bir kesit haline getirmektir [24-27].

Haddeleme esnasında merdaneler aynı hızla ve birbirine zıt yönde dönerler. Malzeme merdaneler arasından geçerken istenen şekli alır. Şekil 3.1’de görüldüğü gibi merdaneler arasındaki açıklık malzemenin giriş yüksekliğinden daha az olduğundan haddelenen malzemenin çıkış yüksekliğinde bir azalma olur. Malzemenin merdaneler arasından her bir geçişine paso denir. Haddeleme bir dolaylı basma mekanik işlemi olup, genellikle uygulanan tek kuvvet merdanelerle sağlanan radyal basınçtır [25].

Haddelenen malzeme ile merdane arasında meydana gelen sürtünme sonucu haddelenen malzeme haddeleme boşluğuna çekilir ve iş parçası böylece arzu edilen şekle getirilir. Bu şekil değişiminde uzunluk ve genişliğin artmasına karşın haddelenen malzemenin yüksekliğinde azalma olur, diğer bir deyişle ezme gerçekleşir.



Şekil 3.1. İki merdane ile haddeleme işlemi.

Haddelemede nihai ürün elde edilirken iki ana gereklilik vardır. Bunlar:

- Nihai ürünün önceden belirlenmiş boyutlarını ve şeklini mümkün olan en yüksek üretim miktarı ve en düşük maliyetle elde etmek.
- Nihai ürünün sadece fiziksel ve mekanik özellikleri ile ilgili değil aynı zamanda yüzey durumu ile ilgili mümkün olan en yüksek kaliteyi elde etmek.

Bu gerekliliklerin yerine getirilebilmesi ancak bütün operasyonlar için işlem basamaklarının açıkça belirlenmesi ile mümkün olur. Belirlenen geometrik şekli tam olarak elde etmek için malzemenin fiziksel ve mekanik özelliklerine, yüzey şartlarına, mikro ve makro yapısına bağlı olarak haddeleme sürecindeki operasyon (paso) sayısı belirlenmelidir. Metallerin sıcak haddelenmesinde başlıca dört aşama vardır:

- Haddeleme için ilk (yarı mamül) malzemenin hazırlanması.
- Haddeleme işleminden önce ilk malzemenin ısıtılması.
- Haddeleme.
- Kesme, soğutma, doğrultma, yüzey kusurlarını giderme gibi işlemleri de kapsayan son haddeleme işlemi (finishing).

Aşağıda haddeleme işlemleri ilgili literatürde çok sık kullanılan bazı terimlerin tanımları verilmiştir.

3.1.1. Soğuk ve Sıcak Haddeme

Haddeme, haddelenen malzemenin sıcaklığına göre soğuk ve sıcak haddeme olmak üzere iki grupta sınıflandırılır. Eğer haddeme esnasında malzemenin sıcaklığı yeniden kristalleşme (recrystallization) sıcaklığının altında ise soğuk haddeme, üstünde ise sıcak haddeme olarak tanımlanır.

Soğuk haddemede pekleşmeden (gerinim sertleşmesi) kaynaklanan mukavemet %20'ye kadar artar. Yüzey dokusu daha iyi ve daha sıkı toleranslar arasındadır. Yaygın şekilde soğuk haddelenen ürünler levha, şerit, çubuk ve tellerdir. Soğuk haddelenen bu ürünler genellikle sıcak haddelenen aynı ürünlere göre daha küçük kesitlidir. Soğuk haddemede iş parçasının kalınlığı (yüksekliği) bir pasoda sıcak haddemeye göre daha az ezilebilir. Soğuk haddemenin avantajları şu şekilde sayılabilir [30]:

- 1) Soğutma ve oksidasyon olmadığından, daha iyi toleranslar ve daha iyi yüzey elde edilir.
- 2) Daha ince cidarlı malzemeler haddelenebilir.
- 3) İşlenen malzemenin hedeflenen ürün özellikleri adım adım kontrol edilebilir ve eğer istenirse, soğuk haddeme sırasında yüksek mukavemet elde edilebilir ya da yüksek süneklilik gerekliyse tane boyutu tavlama öncesinde kontrol edilebilir.
- 4) Yağlama genelde kolaydır.
- 5) Malzemede mukavemet artışı görülür.
- 6) Boyut toleransı iyidir.

Soğuk haddeme bu çalışmanın kapsamı dışında kaldığından bundan sonraki bölümlerde yalnızca sıcak haddeme ile ilgili açıklamalar yer alacaktır.

Sıcak haddeme düşük sayılarda haddeme işlemi ile metallerin büyük oranlarda şekillendirilmesini sağlar. Sıcak haddelenen malzemeler tavlamaya ihtiyaç duymazlar. Yüksek sıcaklık, malzemede artık gerilimin toplanmasını engeller. Sonuç olarak malzemenin kararlılığı soğuk haddelenen malzemedan daha iyidir.

Sıcak haddeleme malzemenin mekanik özelliklerinden daha çok malzemenin şeklini ve geometrisini işlemekle ilgilidir. Bu ise önce bir parçayı veya malzemeyi kritik sıcaklığının üzerinde ısıtarak ve sonra da malzemeyi istenilen ebatta ve özellikte şekillendirecek kontrollü bir yük uygulayarak yapılır.

Sıcak haddeleme yoluyla kare, yuvarlak, yassı, çokgen, kesit, şerit, halka, köşebent, T, I, U, H profil, ray gibi mamuller üretilir. Sistemin giriş malzemesi olarak slab, blum, beam blank ve kütük olarak adlandırılan yarı-mamuller kullanılır.

3.1.2. Yeniden Kristalleşme (Recrystallization)

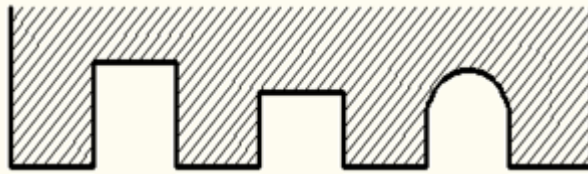
Yeniden kristalleşme (recrystallization) taneciklerin kristal yapısının yeni bir yapıya veya yeni bir kristal şekle dönüşmesi olarak tanımlanır. Yeniden kristalleşme deformasyon esnasında meydana geliyorsa dinamik, deformasyondan sonra meydana geliyorsa statik yeniden kristalleşme olarak adlandırılır.

Yeniden kristalleşme süresince tamamen yeni bir tane yapısı ortaya çıkar. Yeni oluşan taneler kayma bölgelerinin kesiştiği çizgiler ile tane sınırlarına yakın olan yüksek enerjili bölgelerde çekirdeklenirler. Yeniden kristalleşme ana hatları ile iki aşamadan oluşmaktadır. Bunlardan birincisi yeni tanelerin çekirdeklendiği aşama, ikincisi ise çekirdeklerin büyümesinin meydana geldiği safhadır [31-38]. Yeniden kristalleşme sırasında kristaller içerisinde ve tane sınırlarında atomların yayınımları artmaktadır. Haddeleme sırasında yeniden kristalleşme bir anda meydana gelmeyip sıcaklık ve şekil değiştirme derecesine bağlı olarak belirli bir hızda cereyan etmektedir. Başka bir deyişle şekil değiştirme miktarı yeniden kristalleşme yayınımla süresine ve dolayısıyla atomsal içerik farklarının dengelenmesine etki etmektedir. Sıcaklık ve şekil değiştirme miktarı ne kadar yüksek olursa malzemede yeniden kristalleşme o kadar hızlı olmaktadır. Şekil değiştirme miktarının artırılması ve tavlama süresinin uzamasıyla birlikte yeniden kristalleşme sıcaklığı daha düşük seçilebilir. Yeniden kristalleşmeye bağlı olarak azalan dislokasyon yoğunluğu nedeniyle malzemenin pekleşme ile sağladığı dayanım artışı değerinde düşüş başlar. Bununla birlikte yeniden kristalleşmenin verdiği yeni tanelerin boyutu daha küçük olursa dayanımda artış gözlemlenir. Yeniden kristalleşme haddeleme işleminde

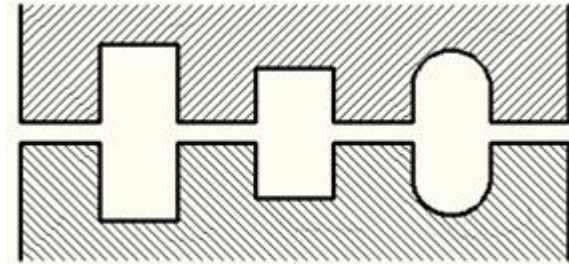
plastik deformasyon süresince meydana gelebileceği gibi haddeleme pasoları arasında ve haddeleme sonrasında metalin oda sıcaklığına soğuması esnasında da meydana gelebilir.

3.1.3. Kalibre (Yiv) ve Paso

Merdane yüzeyine açılmış uygun profillere kalibre (yiv), karşılıklı iki merdane bir araya geldiğinde ortaya çıkan şekle paso denir (Şekil 3.2 ve 3.3).



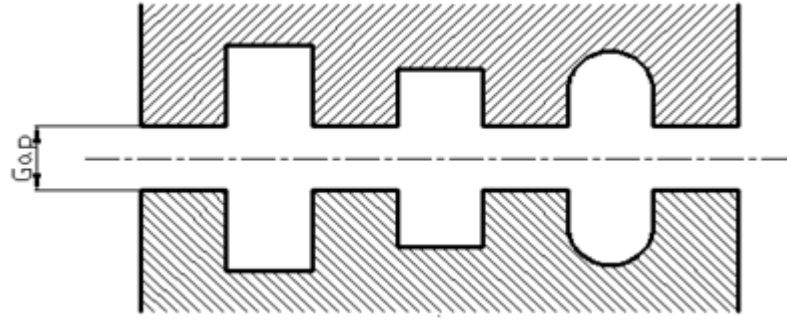
Şekil 3.2. Çeşitli kalibre örnekleri.



Şekil 3.3. Çeşitli paso örnekleri.

3.1.4. Gap (Boşluk)

Alt ve üst merdane arasındaki boşluğa “gap” denir (Şekil 3.4). Genellikle üst merdane, hidrolik mekanik düzeneklerle dikey yönde (aşağı-yukarı) hareket ettirilerek gap mesafesi ayarlanır. Aynı pasoda gap değeri değiştirilerek ezme (reduction) miktarı değiştirilebilir [39].



Şekil 3.4. Merdaneler arasındaki boşluk (gap).

3.2. HADDELENECEK ÜRÜNLERİN TIPLERİ

Haddelenecek ürünler için ulusal ve uluslararası standartlara uygun olarak hareket edilir. Bu standartlarda genellikle ürünün fiziki ölçüleri, kesit alanı, metre başına ağırlığı ve müsaade edilen sapma (tolerans) değerleri belirtilir. Standartlar başka ürünlere dönüştürülen blum ve slab gibi yarı mamul ürünler için ve ray, I ve H profil gibi nihai ürünler için ayrı ayrı belirlenmiştir. Ayrıca haddelenmede kullanılacak çeliğin kimyasal bileşenleri, mekaniksel özellikleri, haddelenen metalin yüzey kalitesi, çeliğin mikro-makro yapısı, kabul prosedürleri, test metotları ve markalama gibi işlemler için de standartlar belirlenmiştir [31,40].

Biçimlerine göre bütün haddeme ürünler dört ana gruba ayrılabilir: 1) Çelik profiller veya kesitler, 2) Levha ve sac çelikler, 3) Borular, 4) Özel şekilli ürünler.



a) Slab



b) Blum



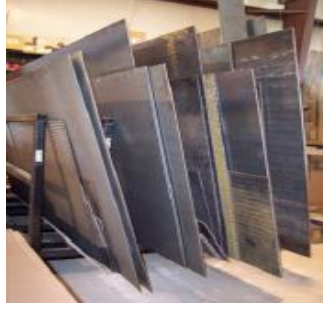
c) Kütük (bilet)

Şekil 3.5. Yarı mamuller.

Slabdan, levha, sac ve şerit-bant üretilir (Şekil 3.6).



a) Levha



b) Sac



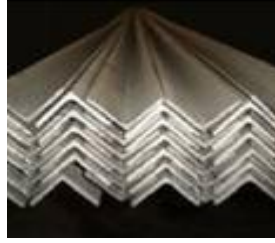
c) Şerit bant

Şekil 3.6. Slabdan elde edilen levha, sac ve şerit bant.

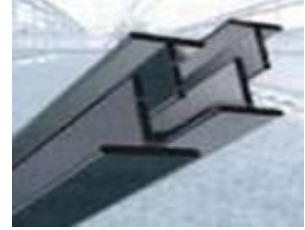
Aşağıda blum, kütük ve beam blank yarı mamullerinden elde edilen çeşitli nihai ürünler gösterilmektedir.



a) Profil



b) Köşebent



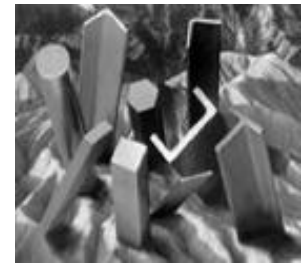
c) T profil



d) U profil



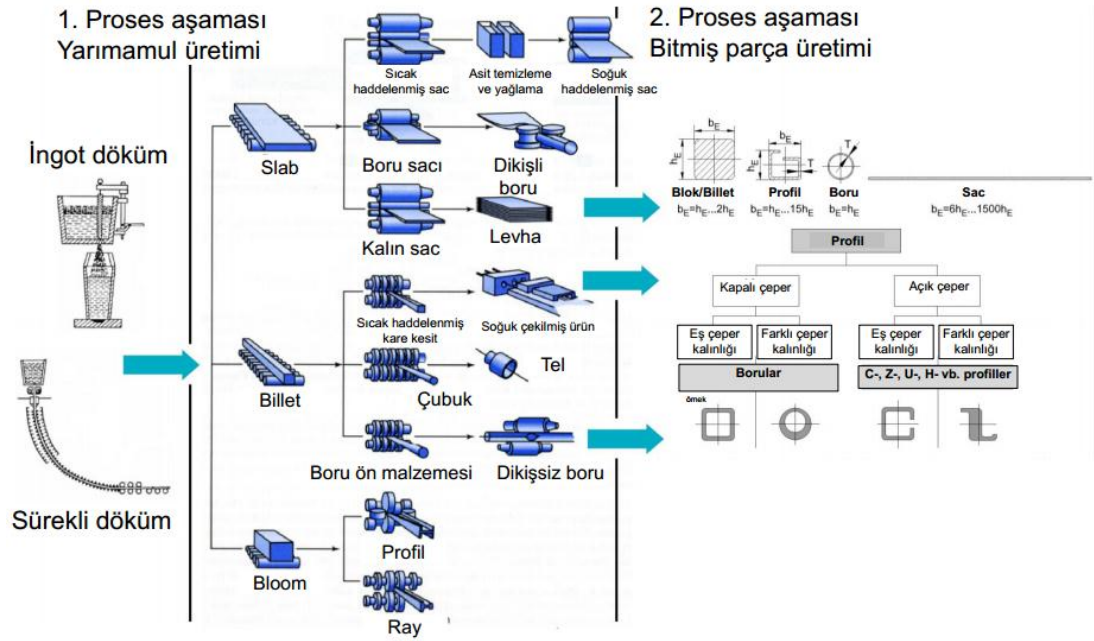
e) Ray profil



f) Muhtelif profiller

Şekil 3.7. Çeşitli tiplerdeki profiller.

Haddeme yolu ile yuvarlak, kare, düz, şerit, tel, kanal, boru vb. farklı çok çeşitli ürünler elde edilmektedir.



Şekil 3.8. Haddelenme ile üretilen ürünler.

3.3. HADDEHANELERİN YAPISI VE SINIFLANDIRILMASI

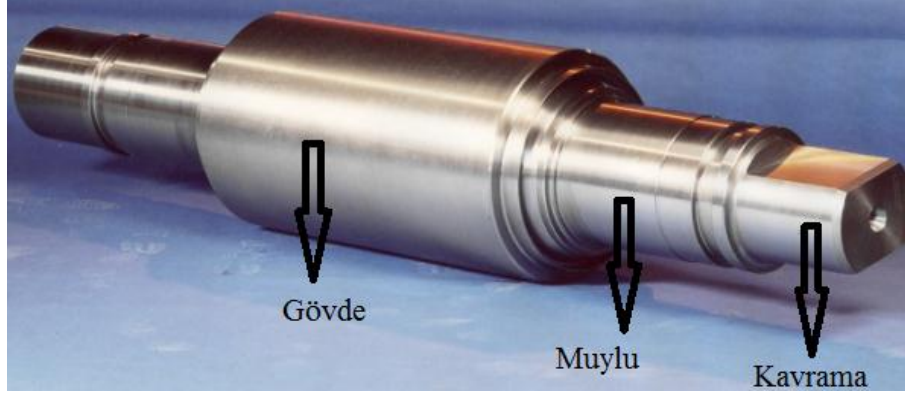
Bir haddehane, merdaneler arasında metallerin plastik deformasyonu (kalıcı şekil değişikliği) için tasarlanan işleme makineleri setinden, yardımcı ekipmanlardan, haddelenen malzemeyi doğrultma, kesme gibi işlemleri yapan cihazlardan ve nakliye bölümünden oluşur.

Bir hadde düzeneği genellikle hadde ayağı, merdane tahrik milleri, şanzıman, volanlı veya volansız redüksiyon dişlisi, bağlantı elemanları ve tahrik motorundan oluşur. Bu parçaların bazıları bazı haddehanelerde olmayabilir. Örneğin her merdanenin kendi sürücüsü (tahrik sistemi) varsa dişli düzeneği olmayabilir.

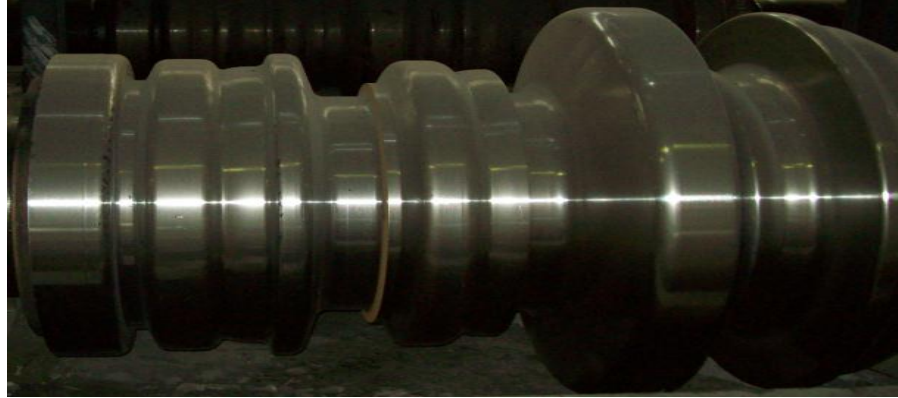
Hadde ayağı, bir altlık üzerinde dikilmiş gergi çubukları veya ayırıcılarla birlikte hareket eden iki kaideden, yataklardan, takozlardan ve merdaneleri ayarlayan tertibatlardan oluşur.

Çok büyük güçlü bir elektrik motoru (400 – 1500 HP) önce yavaş hızla dönerek volanı belli bir kritik hıza getirir. Böylece volan dönme enerjisi ile yüklenmiş olur. Merdaneler arasında haddelenecek malzemenin geçmesinde bu enerjiden istifade

edilir. Motor devri haddeleme olayı için çok yüksek olduğundan düşürülmesi gerekir. Küçük dişli, büyük dişli ikilisinde bu istek yerine getirilir. Hareket ileten dişlilerin her birinde aynı devir ve güç bulunur.



Şekil 3.9. Düz merdane.



Şekil 3.10. Kalibreli (yivli) merdane.

Hadde tahrik sistemlerinde kullanılan başlıca dört tip motor vardır:

- Senkron (Synchronous) motorlar,
- Sincap kafesli asenkron motorlar (Squirrel-Cage),
- Rotoru sargılı asenkron motorlar
- Doğru akım (DC) motorları

Haddehaneler çeşitli kriterler temel alınarak sınıflandırılabilir. Haddehaneler, ürettikleri ürüne göre:

- Düz (flat) ürün haddehaneleri (levha, sac, şerit vb.)
- Uzun (long) ürün haddehaneleri (yuvarlak, çubuk, tel vb.)
- Özel kesitli ürün haddehaneleri (ray, profil vb.)

Ürünlerin yapısına göre:

- Nihai ürün haddehaneleri
- Yarı mamul haddehaneleri (slab, blum, kütük)

Haddeleme işleminin yordamına göre:

- Tersinir (Reversing) Haddehaneler: Bu tip haddehanelerde merdaneler bir yönde, daha sonra ters yönde dönerler. Böylece malzemeler farklı zamanlarda merdanelerden ileri-geri geçebilirler.
- Sürekli (Continuous) Haddehaneler: Bu tip haddehanelerde haddelenecek malzeme sadece bir yönde hareket ederler ve merdaneler sadece bir yönde dönerler. Haddehanedeki stand sayısı malzemeye son şeklini vermeyi sağlayacak kadar belirlenir. İnşaat demiri üreten haddehaneler bu tip haddehanelerdir.
- Yarı Sürekli (Semi Continuous) Haddehaneler: Bu tip haddehanelerde bazı merdane ayakları (genellikle kaba haddelemenin yapıldığı bölüm) tersinir tip iken diğerleri (genellikle son bölüm) sürekli tip hadde standlarından oluşur.
- Tandem Haddehaneler: Klasik tip haddehanelerde haddeleme çok sayıda pasolarla yapılırken tandem tipinde haddeleme bir pasoda gerçekleştirilir. Ancak tandem tipi haddelemede stand sayısı en az ikidir ve bu sayı on sekize kadar çıkabilir. Tandem haddeleme işlemleri çok sıkı toleranslar içinde yüksek hassasiyetle gerçekleştirilir.

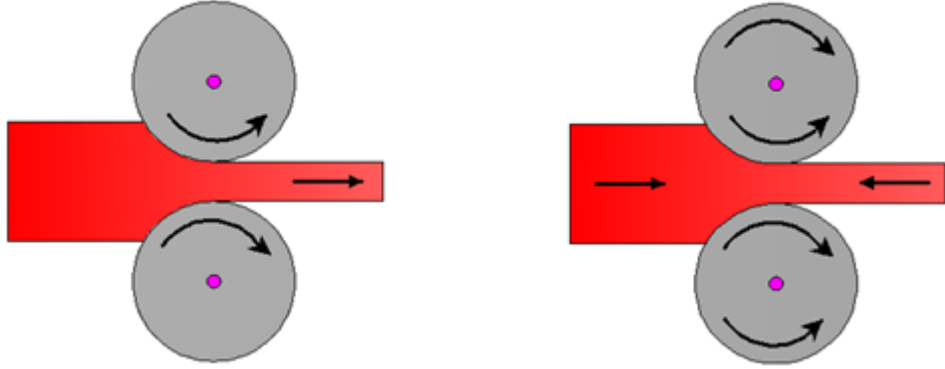
Hadde standı (ayağı) dizilişine göre:

- Çapraz Dizilimli Haddehaneler: Bu tip hadde tesislerinde ön haddeleme standları birbirine paraleldir. Haddelenen malzeme haddeleme yönünü göre dikey olarak değiştirilir. Tersinir haddehanelerin çoğu bu tiptir.

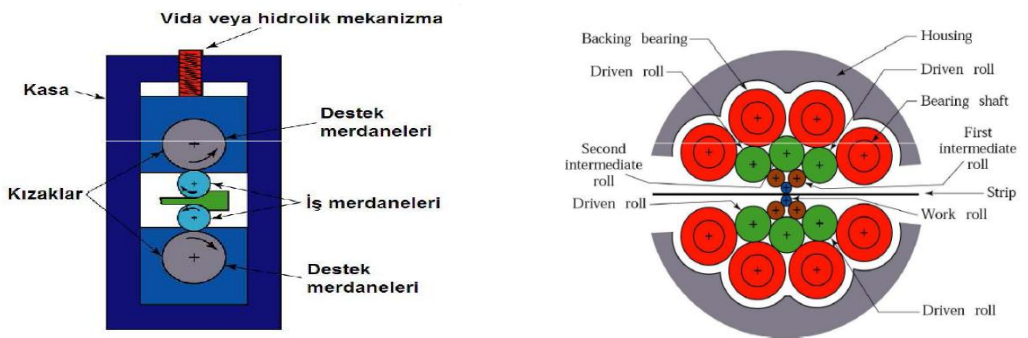
- Düz Dizimli Haddehaneler: Bu haddehanelerde bütün haddeleme standları aynı hizadadır ve haddelenen malzeme sadece ileri veya ileri-geri hareket eder.

Merdane kurulumuna göre:

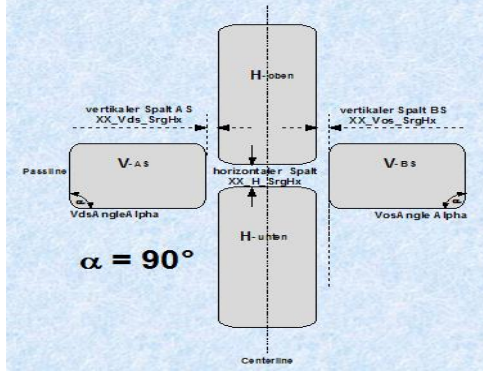
- İkili
- İkili tersinir
- Üçlü
- Dörtlü
- Altılı
- Grup
- Özel Amaçlı Haddehaneler (tekerlek, dikişsiz boru, disk vb.)
- Üniversal: Hassas haddelemenin yapıldığı hem yatay hem de dikey merdanelerin yapıldığı hadde tezgahıdır.



Şekil 3.11. İkili ve ikili tersinir hadde.



Şekil 3.12. Dörtlü ve grup hadde.



Şekil 3.13. Üniversal haddeleme.

3.4. HADDELEMEDE PASO TASARIMI

Haddeleme işlemlerinin en önemli kısmının paso tasarımı olduğu rahatlıkla söylenebilir. Blum, kütük, beam blank gibi bir yarı mamülden ray, profil gibi nihai bir ürün elde edebilmek için paso sayısı, ilk pasoda son pasoya kadar paso geometrik şekilleri ve ölçüleri belirlenmelidir.

Merdane paso tasarımı, belli bir kesiti elde etmek için hesaplamaları, haddeleme planlamasının (pass schedule) tasarımını ve ayrıca merdanelerin dizaynını kapsar. İdeal bir paso tasarımı belirli mekaniksel özellikleri sağlayarak ve yüzey kalitesini koruyarak doğru şekli elde etmeyi, mümkün olan en düşük maliyetle en yüksek üretim kapasitesini sağlamalıdır.

Merdane pasoları kesin olarak belirlenmiş şartlara dayalı olarak tasarlanır. Bunların başlıcaları şunlardır:

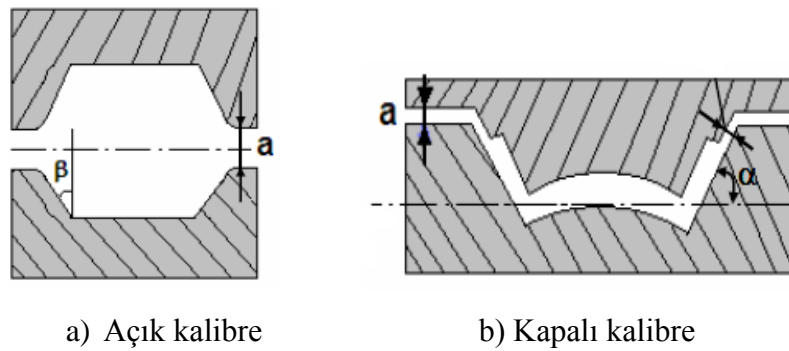
- Nihai ürünün karakteristikleri (haddelenen malzemenin kesit ölçüleri, toleransları, mekaniksel özellikleri ve yüzey durumu)
- Başlangıç (yarı mamul) malzemenin karakteristikleri (ingot veya kütüğün ölçüleri ve ağırlığı, çeliğin sertlik derecesi, sıcaklık vb.)
- Haddehanenin özellikleri (stand-tezgah sayısı, merdane çapları, haddeleme hızı, tahrik motorlarının gücü, merdanelerin ve diğer ekipmanların mukavemeti vb.)

Sağlıklı bir paso tasarımı güncel, en çok üretilen ürün şartlarına ve gerekli teknolojik faktörlere dayalı olarak yapılmalıdır.

Blum ve kütüklerin haddelenmesinde sadece malzemenin kesitinde bir azalma (ezilme) gerçekleşir. Bu birçok profilin ilk pasoları için de geçerlidir.

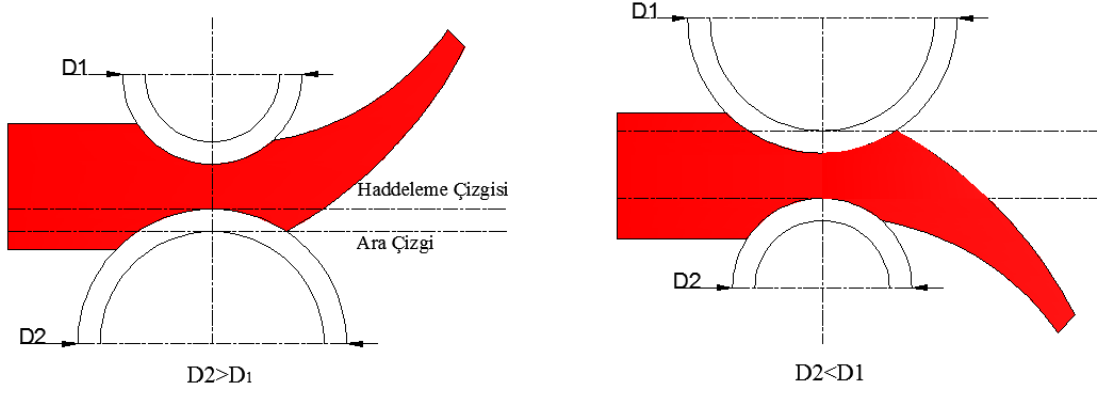
Malzemenin sadece kesitini azaltmak için tasarlanan pasolar kaba ezme (breakdown-BD1) pasoları olarak adlandırılır. En yaygın kullanılan BD pasoları kutu, kare, baklava ve oval tip pasolardır. Bundan sonraki pasolar kesiti azaltmaya ilaveten nihai şekline kademe kademe yaklaşması için malzemenin biçimini de değiştirir. Bu pasolar ara haddeme (BD2) pasoları olarak anılır. Çok çeşitli profiller için çok çeşitli BD2 pasoları vardır. BD2 bölümünün son pasosuna lider paso denir. Son bölümde (bitirme pasoları) haddelenen malzemeye nihai şekli ve ebadı verilir. Bu bölüm Tandem olarak ifade edilir. Tandem bölümünün son pasosunun biçimi ve ölçüleri malzemenin nihai şekli ve ölçüleri olmuş olur. Tek fark malzemenin uzama katsayısı ve tolerans değerleridir.

Merdanelerin üzerine açılan kalibreler malzemenin kademe kademe bir formdan başka bir forma geçişini sağlayacak şekilde düzenlenir. Pasonun bir kısmı bir merdanede bir kısmı diğer merdanede olduğundan bir merdaneden diğer merdaneye paso sınır çizgisinin (merdane çizgisi-haddeme eksenini) değişmesine birleşme veya ayrılma denir. Eğer birleşme paso sınırının dışında kalıyorsa kapalı paso (kalibre), diğer bütün durumlar açık paso (kalibre) olarak ifade edilir.



Şekil 3.14. Açık ve kapalı kalibreler.

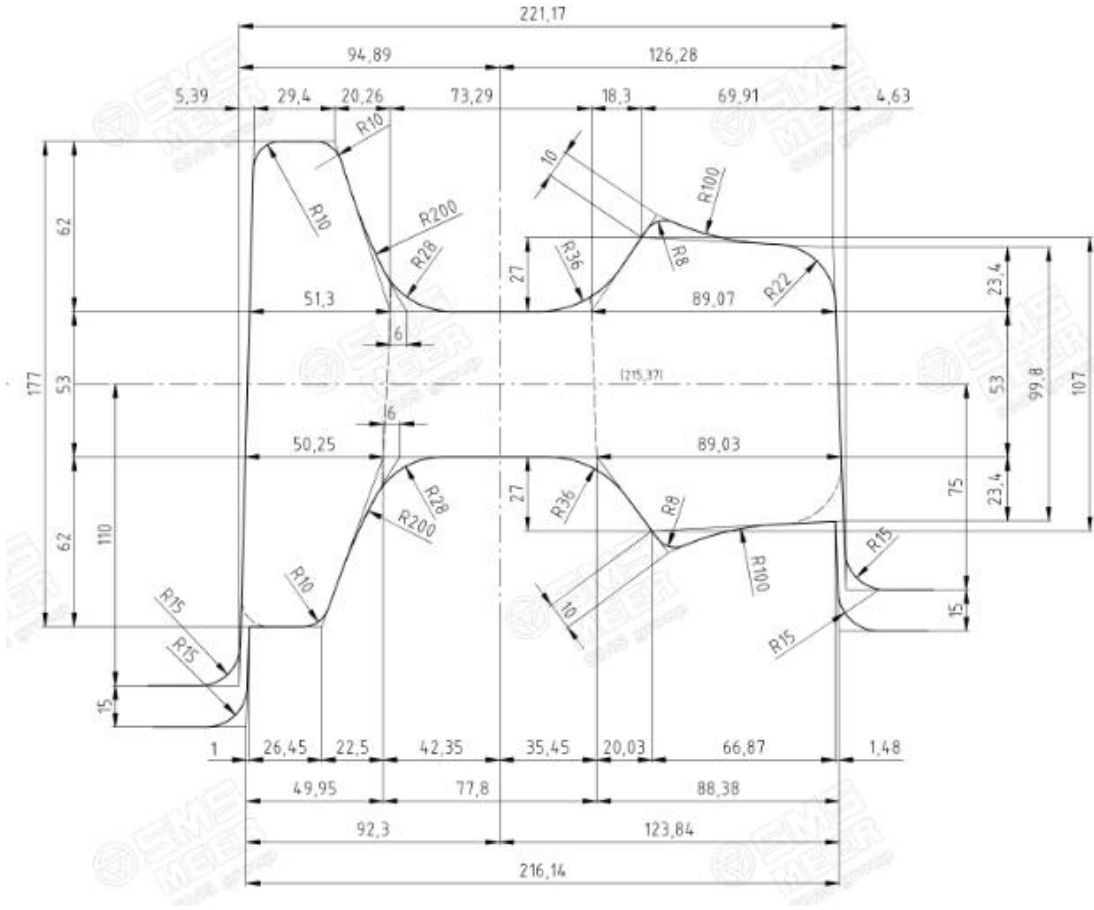
Haddelenen profilin merdaneden düz çıkabilmesi için merdanelerin çaplarının birbirine eşit olması gerekir.



Şekil 3.15. Merdane çaplarının farklı oluşunun haddelenen malzemenin çıkışına etkisi.

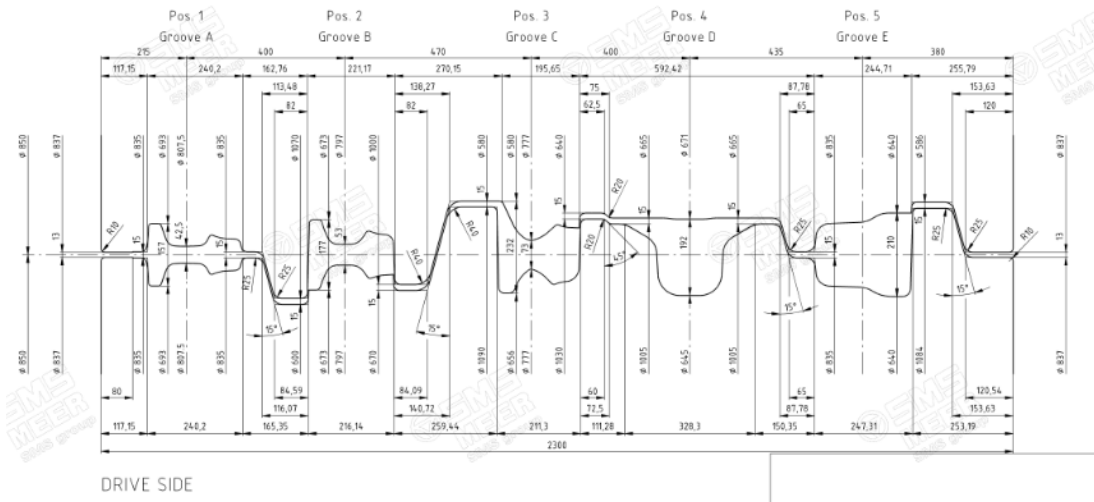
Merdane tasarımında başlangıç noktası istenilen nihai geometrik şekli elde etmek için gereken paso şekillerini gösteren paso cetvelini (pass schedule) hazırlamaktır. Aynı zamanda paso sayıları belirlenmeli, her bir paso için yayılma miktarları, malzemenin döndürülme sayısı ve sırası, pasoların hadde tezgâhları arasında dağılımı vb. tespit edilmelidir. Mevcut haddeleme şartlarına bağlı olarak aynı profil için farklı paso programları (pass schedule) uygulanabilir.

Şekil 3.17 ve 3.18'de BD2 bölümüne ait paso şekli ve merdane dağılımı görülmektedir. Şekil 3.19'da ise Tandem bölümüne ait bir paso şekli verilmiştir.

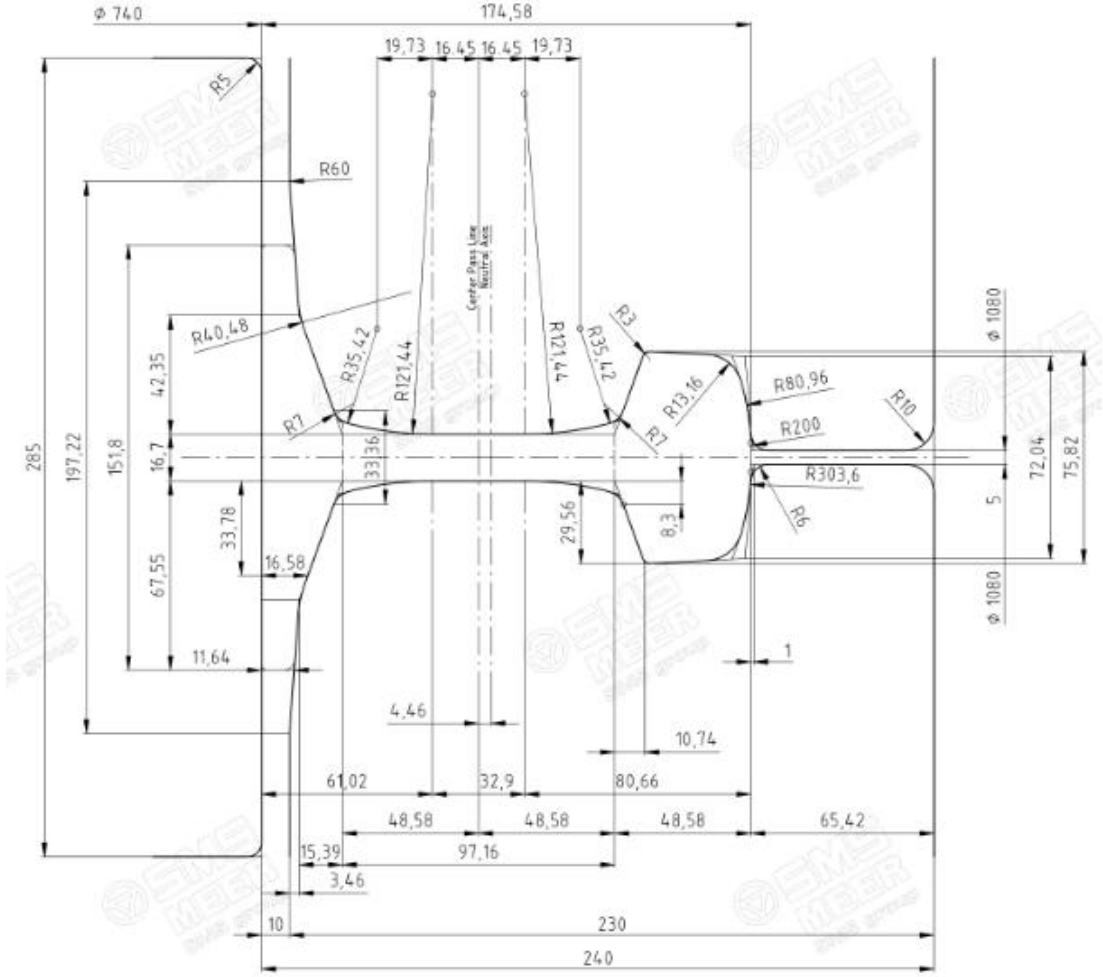


Şekil 3.16. 60 kg/m ray BD2 bölümü dördüncü paso şekli ve ölçüleri.

Rail 60 E 1 Roll Distribution / BD2



Şekil 3.17. 60 kg/m ray BD2 merdane dağılımı ve ölçüleri.



Şekil 3.18. 60 kg/m ray Tandem bölümü son paso şekli ve ölçüleri.

3.5. HADDELEMENİN MATEMATİKSEL TEMELLERİ

Sıcak haddelemede uzama, yayılma, ezilme, ileri akma katsayısı, haddeleme hızı, haddeleme kuvveti gibi parametreler için matematiksel yaklaşımlar getirilmiştir. Bu yaklaşımlar genellikle metalürjik ve mekaniksel esaslara dayalı olarak yapılmaktadır.

Önerilen matematiksel formüllerden elde edilen sonuçlar genellikle gerçek saha verileri ile uyuşmamaktadır. Önerilen yaklaşımlar ve formüller çoğunlukla dikdörtgensel kesitteki ve düz malzemeler için olmaktadır. Bu malzemeler için nispeten doğruya yaklaşık sonuçlar elde edildiği olsa da özellikle ray ve profiller gibi özel kesitli, asimetrik malzemelerde hata oranları oldukça yüksektir.

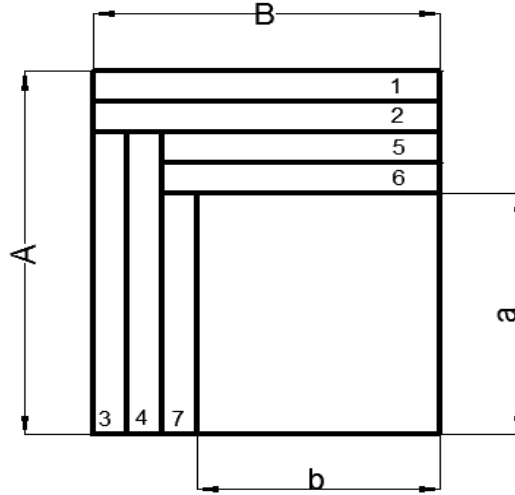
3.5.1. Haddelenmede Ezilme ve Hacim Değişmezlik Kanunu

Paso programı (pass schedule) hazırlandığı zaman haddelenecek blumun veya kütüğün son pasodan sonraki ölçülerinin ne olacağı bilinir. Dolayısıyla toplam ezme (deformasyon) miktarı da bilinir.

Örneğin Şekil 3.19'da $A \times B$ kesitine sahip bir malzemenin $a \times b$ kesitine düşüşü görülmektedir. Buradaki toplam ezme:

$$\Sigma \Delta_h = [(A - a) + (B - b)]. k \quad (3.1)$$

olur. Burada k haddelenmede yayılma için hesaplanan bir katsayıdır.



Şekil 3.19. Dikdörtgenel malzemenin haddelenmesinin şematik gösterimi.

Paso başına ortalama ezme ise;

$$\Sigma \Delta_{hort} = \frac{\Sigma \Delta_h}{n} \quad (3.2)$$

olur. Burada n paso sayısıdır. Malzemenin ilk kesit alanını F_0 , son kesit alanını F_n ile gösterirsek toplam uzama katsayısı μ_Σ aşağıdaki formülle belirlenebilir:

$$\mu_{\Sigma} = \frac{F_0}{F_n} \quad (3.3)$$

Eğer toplam ve ortalama uzama katsayısı bilirse belli bir kütük veya ingotta haddelenerek istenilen kesite ulaşılması için gerekli paso sayısı aşağıdaki formülle bulunabilir:

$$n = \frac{\log \mu_{\Sigma}}{\log \mu_{ort}} = \frac{\log F_0 - \log F_n}{\log \mu_{ort}} \quad (3.4)$$

Haddeleme işleminde, parçanın çıkıştaki genişliği, giriştekine nazaran artar, bu durum akma direncini artırır. Bu yüzden “genişleme” az olur. Aynı zamanda yüksekliğinde de azalma olur. Buna “ezilme” denir. Ezilme, uzunluk artışına neden olur. Ezilme (Δ_h) ile genişleme (Δ_b) arasındaki ilişkiyi veren genellikle şu iki formül kullanılır:

Geuze denklemi:

$$\Delta_b = c \cdot \Delta_h \quad c=0.30-0.35 \quad (3.5)$$

Tafel-Sedlaczek deklemi:

$$\Delta_b = \frac{\Delta_h}{6} \times \frac{\sqrt{R}}{h_0} \quad (3.6)$$

Bu formüllerde R merdane yarıçapıdır.

Açık tip pasoların kullanıldığı haddelemede malzemenin çıkışı her bir pasodaki ezme miktarına bağlıdır. Daha fazla ezme, haddeleme için gerekli daha az paso sayısı ve daha az zaman anlamına gelir. Bu nedenle mümkün olan en fazla ezme yapılmalıdır. Her paso için ezme miktarını sınırlayan faktörler malzemenin plastisitesi, kapma açısı, merdane mukavemeti, ana (sürücü) motorun gücü, merdane aşınması ve yayılmasıdır.

Hacim Değişmezlik Kanunu: Oksidasyon nedeniyle malzeme yüzeyinde meydana gelen çok küçük malzeme kayıpları ile sıcak şekillendirmede tufal teşekkülü gözönüne alınmaz ve bloklar haddelenirken ilk pasalarda bloklar içerisindeki gaz boşluklarının kaynaşması ile ortaya çıkan önemsiz hacim değişimleri ihmal edilirse tüm plastik şekil değiştirme olayında malzemenin hacminin değişmediği, sabit kaldığı görülmektedir [41]. Böylece;

$$V_1 = V_2 = V_3 \dots V_i = V_n \quad (3.7)$$

ilişkisi gerçekleşir.

$$h_0 \cdot b_0 \cdot l_0 = h_1 \cdot b_1 \cdot l_1 \dots h_i \cdot b_i \cdot l_i = h_n \cdot b_n \cdot l_n \quad (3.8)$$

elde edilir. Bu formül düzenlenerek

$$\frac{V_1}{V_0} = \frac{h_1 \cdot b_1 \cdot l_1}{h_0 \cdot b_0 \cdot l_0} = \gamma \cdot \beta \cdot \lambda = 1 \quad (3.9)$$

ilişkisi elde edilir. Burada γ , β ve λ büyüklükleri şişme (ezme), genişleme ve uzama dereceleridir. Küp şeklindeki bir cisimde meydana gelen şekil değişikliğinden aşağıdaki ilişkiler de çıkarılabilir:

$$\begin{aligned} \int_{h_0}^{h_1} \frac{dh}{h} + \int_{b_0}^{b_1} \frac{db}{b} + \int_{l_0}^{l_1} \frac{dl}{l} &= \ln \frac{h_1}{h_0} + \ln \frac{b_1}{b_0} + \ln \frac{l_1}{l_0} \\ &= \ln \gamma + \ln \beta + \ln \lambda = \varphi_h + \varphi_b + \varphi_l = \varepsilon_{rh} + \varepsilon_{rb} + \varepsilon_{rl} = 0 \end{aligned} \quad (3.10)$$

Bu formülde geçen φ_h , φ_b ve φ_l daha doğrusu ε_{rh} , ε_{rb} ve ε_{rl} büyüklüklerine gerçek veya logaritmik şekil değişimleri; yani gerçek ezilme, genişleme ve uzama denir.

Yukarıdaki tanımlamalar merdane gövdesinin düzgün, yatay bir hadde yolu üzerinde, bantlar, yassı kesitler dikdörtgensel malzemelerin haddelenmesi için geçerlidir. Rayların ve profillerin haddelenmesinde ortalama yükseklik kavramının da bu tanımlamalara dahil edilmesi gerekmektedir. Ortalama yükseklik:

$$h_{ort} = \frac{F}{b} \quad (3.11)$$

ilişkisi ile elde edilir. Bu ortalama yükseklik, kesitin en büyük b genişliğine bölünmesiyle bulunur. Yani profil kesiti, en büyük b genişliğinde olan dikdörtgensel şekle dönüştürülür.

3.5.2. Haddelenmede İleri Akma ve Yayılma

Haddelenme işlemlerinde haddelenme hızı merdanelerin çevresel hızından daha büyüktür. Bu durum ileri akma (forward slip) veya hız kazancı (speed gain) olarak anılır. İleri akma genellikle Fink formülü ile belirlenir:

$$S = \frac{(1 - \cos\gamma)(D \cdot \cos\gamma - h_1)}{h_1} \quad (3.12)$$

Veya Dresten formülünden :

$$S = \frac{R}{h_1} \gamma^2 \quad (3.13)$$

Burada γ nötr noktası veya sükûnet açısı, D ve R merdane çapı ve yarıçapı, h_1 malzemenin kalınlığıdır.

İleri akma, ayrı bir teorik ve pratik öneme sahiptir. Örneğin kontinu (seri) tip bir haddehanede veya periyodik kesitlerin haddelenmesinde ileri akmayı ve çeşitli

koşullar altında nasıl değiştiğini doğru bir şekilde belirlemeden haddeme işlemlerini tam olarak yapmak mümkün değildir.

Bakhtinov'un önerdiği formülden ileri yayılma ile ilgili tatmin edici sonuçlar alınmıştır.

$$\Delta_b = 1.15 \frac{\Delta_h}{2h_0} \left(\sqrt{R \cdot \Delta_h} - \frac{\Delta_h}{2f} \right) \quad (3.14)$$

Burada Δ_h pasodaki mutlak ezme, h_0 pasodan önceki malzeme kalınlığı, R merdane yarıçapı ve f sürtünme katsayısıdır.

Kalibreli merdanelerde malzeme haddelenirken yayılma miktarı için seçilen ezme oranı önemlidir. Pasolarda, pasonun şekline bağlı olarak yayılma sadece kısmen sınırlıdır. Bir haddeme sürecinde göz önüne alınması gereken faktörlerden biri de yayılma miktarının geniş ölçüde değişebileceği şartları belirlemektir. Bunun için paso tasarımı belli şartlar altında muhtemel maksimum yayılmaya dayalı olarak yapılmalıdır.

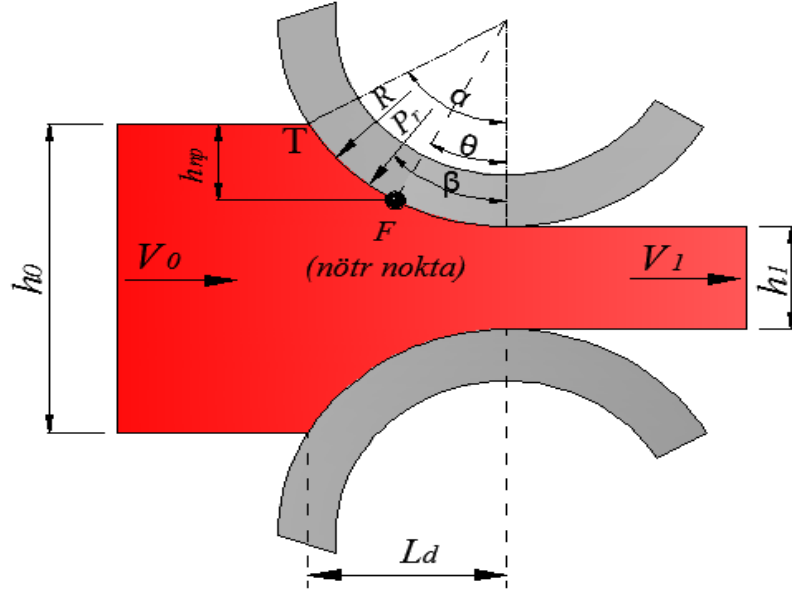
Paso tasarımında yayılmayı göz ardı etmek malzeme üzerinde daha sonra çatlakların oluşmasına yol açar. Diğer taraftan pasonun malzeme ile gerekenden az doldurulması bitiş pasosunun az doldurulmasına ve dolayısıyla yanlış bir kesit şekline, bazı durumlarda da malzemenin paso içinde bükülmesine neden olur. Pasonun aşırı veya gereğinden az dolmasından kaçınmak için yayılma doğru bir şekilde belirlenmelidir.

Formüller ve pratik veriler kullanılarak her bir paso için yayılma miktarı hesaplanır ve pasodaki boşluk ile karşılaştırılır. Yayılma hesaplamaları deneme yayılma yoluyla tekrarlanır. Pasonun tam olarak malzeme ile dolması merdane ayarlamaları ile gerçekleştirilir.

Kapalı pasolarda haddeme, yayılma kısmen veya tamamen kısıtlanarak yapılabilir. Bu, yayılma hiç dikkate alınmadığı veya belirli sınırlar içinde göz önüne alındığı için tasarım hesaplamalarını ciddi anlamda kolaylaştırabilir.

3.5.3. Haddelenmede Esnasında Geometrik ve Trigonometrik İlişkiler

Başlangıç yüksekliği h_0 olan bir malzeme merdaneler arasından geçerken, merdane eksenlerinden geçen düzlemlerle, haddelenen malzemede üst kenarın ilgili R yarıçapı ile kesiştiği T noktası arasında kalan α açısı “kapma açısı” olarak adlandırılır. (Şekil 3.20)



Şekil 3.20. Haddelenme esnasında geometrik ve trigonometrik ilişkiler.

Mutlak yükseklik düşüşü:

$$\Delta_h = h_0 - h_1 \quad (3.15)$$

Bir merdane için

$$\frac{\Delta_h}{2} = \frac{h_0 - h_1}{2} \quad (3.16)$$

olur. Bu şekilde çapları birbirine eşit olan merdanelerle yapılan haddelenme safhasını belirleyen temel ilişkiler dizisi hazırlanabilir.

$$R \cdot \cos \alpha = R - \frac{h_0 - h_1}{2} \quad (3.17)$$

Bu formülden

$$1 - \cos \alpha = \frac{h_0 - h_1}{2R} \quad (3.18)$$

elde edilir. Böylece kapma açısı:

$$\cos \alpha = 1 - \frac{h_0 - h_1}{2R} = 1 - \frac{\Delta_h}{D} \quad (3.19)$$

olarak bulunur.

Burada önemli geometrik büyüklüklerden biri de L_d boyudur.

$$L_d = \sqrt{R^2 - \left(R - \frac{\Delta_h}{2}\right)^2} = \sqrt{R \cdot \Delta_h - \frac{(\Delta_h)^2}{4}} \quad (3.20)$$

Karekök içindeki ikinci terim ihmal edilebilir. Böylece L_d boyu;

$$L_d = \sqrt{R \cdot \Delta_h} \quad (3.21)$$

olarak bulunur.

3.5.4. Haddelme Sıcaklığının Belirlenmesi

Bir kalibrasyon tasarımında paso sıralarının ve dağılımlarının yanısıra haddelme sıcaklıklarının da belirlenmesi gerekir. Çünkü haddelme sıcaklığı meydana gelen sürtünme koşullarını önemli ölçüde etkilemektedir.

Haddelenecek malzemeyi fırından birinci hadde tezgahına kadar taşımak için geçen süre bilinirse pasolarda haddelenen malzeme sıcaklığı hesaplanabilir. Bu sıcaklık doğrudan da ölçülebilir. Bununla birlikte bunu izleyen pasolarda haddeleme sıcaklığı prensip olarak tecrübelerle elde edilen değerlere dayanarak tespit edilir.

Genellikle sıcaklık hesaplamaları için önerilen formüllerde ışıma, konveksiyon iletim yoluyla ısı kayıpları ve şekil değiştirme nedeniyle ısı verilmesi, tufal gibi faktörler göz ardı edilmiş ve basite indirgenmiştir. Stefan Boltzmann kanuna göre ışıma yoluyla meydana gelen ısı kayıpları;

$$Q_s = \varepsilon \cdot C_s \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right] \cdot t \cdot F \quad (3.21)$$

Olarak verilir. Burada Q_s , ışıma yoluyla verilen ısı miktarı (kcal); ε , tufal meydana gelen malzeme yüzeylerinde yüzeydeki ısı yayılma katsayısı, 0.8 alınır; $C_s=4.96$, siyah cisimde ışıma sabiti (kcal/m²); t , ışıma süresi (922 t); F , haddelenen malzemede ışıyan yüzey (m²); T_1 , t süresi başlangıcında ışıyan haddelenecek malzeme yüzeyindeki mutlak sıcaklık; T_2 , 20 °C çevre sıcaklığında mutlak sıcaklık (273+20=293 °K).

$$\left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \cong 74 \quad (3.22)$$

İşınan ısı miktarı

$$Q_s = G \cdot c \cdot \Delta_t \quad (3.23)$$

$$\Delta_t = \frac{Q_s}{G \cdot c} \quad (3.24)$$

G , ısı yayan haddelenecek malzemenin kütlesi (kg); c , ortalama özgül ısı (kcal/kg); Δ_t , t süresi başlangıcı ile bitişi arasında haddelenen malzemede meydana gelen sıcaklık farkı. Sonuç olarak;

$$\Delta_t = \frac{4 \cdot t \cdot F}{G \cdot 0.166} \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - 74 \right] (\text{°C}) \quad (3.25)$$

eşitliği elde edilir.

Isının sadece ışıma yoluyla kaybolduğu kabul edilirse, bu formül yardımıyla her pasoda sıcaklık düşmesi hesaplanabilir.

Bu formülün dışında Generji ve Tjagunow tarafından da benzer eşitlikler önerilmiştir.

3.5.5. Haddelene Hızının Belirlenmesi

Haddelenen malzeme merdanelerdeki çevresel hızdan daha küçük bir hızla haddelene aralığına girmektedir. Yani haddelenen malzemenin çıkış hızının merdanelerdeki çevresel hızdan daha büyük olduğu söylenebilir. Haddelene işlemlerinde haddelene hızını hesaplamak için genellikle aşağıdaki formüller kullanılır:

$$V_F = V_u \cdot \cos \delta \quad (3.26)$$

$$V_u = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{60} \quad (3.27)$$

Burada V_F , akma ayrılmasının meydana geldiği yerde haddelenen malzemenin hızı (m/sn); δ , akma ayrılma açısı; V_u , merdanelerde çevresel hız (m/sn); D , merdane çapı (mm); n , merdane devir sayısı (d/dak).

3.5.6. Haddelene Kuvvetinin ve Torkun Hesaplanması

Haddelene işlemlerinde haddelene kuvveti (force) ve tork en önemli parametrelerdendir. Haddelene esnasında merdane ile malzeme arasındaki temas yayı boyunca meydana gelen basınç dağılımı (roll separating force) aşağıdaki eşitlikle bulunur:

$$P = \int_0^{\varphi=l_d} R \cdot \sigma \cdot d\varphi = \int_0^{x=l_d} \sigma \cdot dx \quad (3.28)$$

Burada R , merdane yarıçapı (mm); ϕ , kapma açısı; σ , haddelenen malzeme ile merdane arasında radyal yönde bulunan normal gerilme sonunda haddeleme yönüne dik yönde olmak üzere meydana gelen normal gerilme.

Haddeleme kuvvetinin hesaplanmasında aşağıdaki eşitlik de kullanılmaktadır:

$$P = F_d \cdot k_{wm} \quad (3.29)$$

Burada P , haddelenen malzemenin merdanelere yaptığı basınç nedeni ile meydana gelen haddeleme kuvveti (kp); F_d , haddelenen malzeme ile merdane arasında sıkıştırılan yüzey (mm²); k_{wm} , ortalama şekil değiştirme direncidir (kp/mm²).

Sıcak haddeleme kuvvetinin hesaplanması için çalışma yapan araştırmacılar daha ayrıntılı formüller önermişlerdir. Bunlardan birkaçı aşağıda verilmiştir.

Celikow'a göre haddeleme kuvveti:

$$P = F_d \cdot k \frac{2h_1}{\Delta_h(\delta-1)} \left(\frac{h_F}{h_1} \right) \left[\left(\frac{h_F}{h_1} \right)^\delta - 1 \right] \quad (3.30)$$

$F_d = b_m \cdot l_d$, haddelenen malzeme ile merdane arasında sıkıştırılan yüzey; $b_m = 1/2(b_0 + b_1)$, haddelenen malzemede ortalama genişlik; l_d , sıkıştırılan boyla ilgili yaklaşık değerdir. Formül 3.30'daki δ , formül 3.31'deki gibi ifade edilir:

$$\delta = f \frac{2l_d}{\Delta_h} = f \sqrt{\frac{2D}{\Delta_h}} \quad (3.31)$$

Burada $\Delta_h = h_0 - h_1$, paso sırasında mutlak yükseklik düşüşü; D , çalışan merdane çapı; f , haddelenen malzeme ile merdane arasındaki sürtünme katsayısı; h_F , akma ayrılması

düzleminde haddeleme aralığı ile ilgili yükseklik; k , Celikow tarafından yayınlanan diyagramlara göre şekil değiştirme mukavemetidir.

Ekelund'a göre haddeleme kuvveti:

$$P = b_m \sqrt{R(h_0 - h_1)} \left[1 + \frac{1,6f \sqrt{R(h_0 - h_1)} 1,2(h_0 - h_1)}{h_0 + h_1} \right] \quad (3.32)$$

$$\left[k_{f0} + \frac{2nv_m \sqrt{\frac{h_0 - h_1}{R}}}{h_0 + h_1} \right]$$

P , haddeleme kuvveti; f , sürtünme katsayısı; t , çelikte haddeleme sıcaklığı; k_{f0} , aşağıda verilen formüle göre statik akma gerilmesi, $k_{f0}=(14-0,01 t) (1,4+C+M_n+0,3C_r)$; C , çelikte karbon oranı; M_n çelikte mangan oranı; C_r , çelikte krom oranıdır.

Bu formül saclar, ingotlar ve yassı mamullerde geçerlidir. Kalibre içerisindeki haddelemelerde h_0 ve h_1 yerine pasolama kesiti ile nihai kesitlerdeki ortalama yükseklikler kullanılmalıdır.

Orowan'a göre haddeleme kuvveti:

$$P = k \cdot b_m \cdot l_d \left[0,8 + 0,25 \frac{l_d}{h_1} - \frac{h_m h_1}{1,5 b_m l_d} \left(\frac{l_d}{2 h_1} - 0,2 \right)^3 \right] \quad (3.33)$$

Sims'e göre haddeleme kuvveti:

$$P = b \cdot l_d \cdot k \cdot Q_p \quad (3.34)$$

$$Q_p = \left[\frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{1-r}{r}} \tan^{-1} \sqrt{\frac{r}{1-r}} - \frac{\pi}{4} - \sqrt{\frac{1-r}{r}} \frac{R'}{h_{exit}} \ln \frac{h_{np}}{h_{exit}} + \frac{1}{2} \sqrt{\frac{1-r}{r}} \frac{R'}{h_{exit}} \ln \frac{1}{1-r} \right] \quad (3.35)$$

Burada h_{np} , nötr noktadaki malzeme kalınlığıdır. R' ise

$$R' = R \left[1 + \frac{16(1 - \nu^2)}{\pi E \Delta h} P_r \right] \quad (3.36)$$

formülü ile bulunur. R' , düzleştirilmiş dairesel merdane yarıçapı; R , orjinal merdane yarıçapı; ν , Poisson oranı; E , merdanede Young modülü; P_r , merdane üzerinde dağılan kuvvettir.

Tork için de çeşitli formüller önerilmiştir. Burada yalnızca Orowan'a göre tork formülü verilmekle yetinilecektir.

Orowan modeline göre torku veren eşitlik:

$$T_q = w \cdot R \cdot R' \left(\int_0^\infty \phi \cdot p(\phi) d\phi + \frac{t_0 h_0 - t_1 h_1}{2R'} \right) \quad (3.37)$$

Burada T_q , tork; w , malzemenin genişliği; R ve R' orijinal ve deforme olmuş merdane yarıçapı; t_0 ve t_1 , malzemenin giriş ve çıkış gerilmeleri; p , giriş bölgesindeki düşey basınçtır.

3.5.7. Haddedeleme Motor Gücünün Hesaplanması

Bir haddehane kurulurken haddeleme işlemlerinin gerçekleştirilebilmesi için motor gücünün doğru şekilde tespit edilmesi önem taşımaktadır. Haddedeleme, haddeleme işlemlerinin yapılabilmesi için gerekli elektriksel (motor) gücü için de çeşitli formüller önerilmiştir. Burada motor gücünün hesaplanmasında kullanılan formüllerden yalnızca birinin verilmesi ile yetinilecektir. Haddeleme işlemlerinde gerekli elektriksel güç aşağıdaki formülle hesaplanabilir:

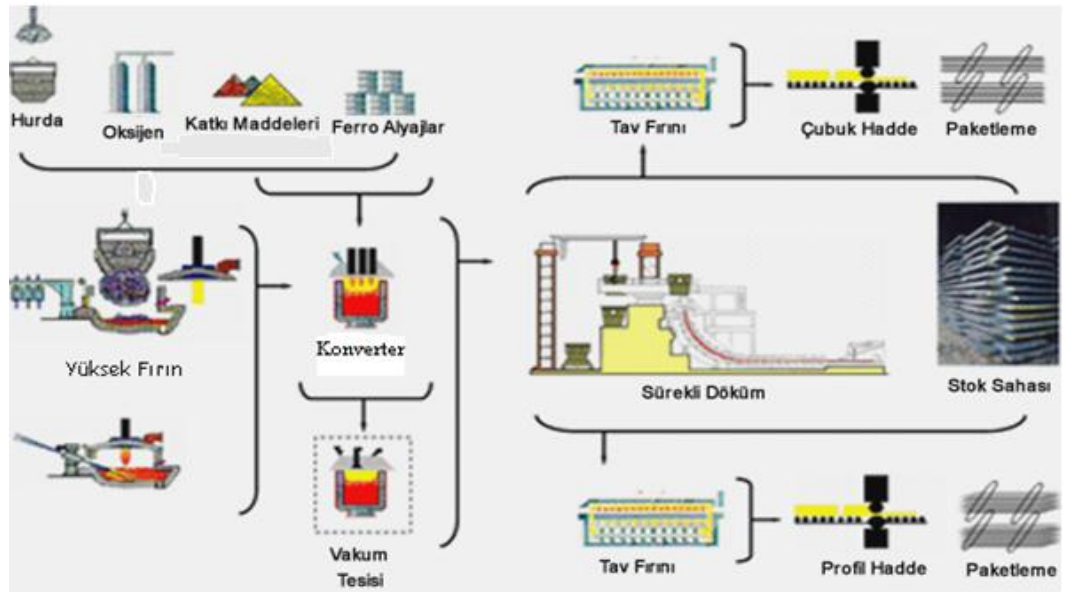
$$N = \frac{2\pi \cdot P \cdot L \cdot n}{60000} \quad (3.38)$$

Bu eşitlikte N , elektriksel güç (kW); P , toplam haddeleme kuvviti (N); L , temas boyu (m); n , merdanelerin devir sayısıdır (d/dk).

BÖLÜM 4

KARDEMİR RAY VE PROFİL HADDEHANESİ

2007 yılında Alman SMS Meer firması tarafından kurulmuştur. Kapasitesi 400 000 ton/yıldır. Ray ve Profil Haddehanesinde üretim süreci başından sonuna kadar şu aşamalardan geçerek gerçekleşmektedir [42]:



Şekil 4.1. Kardemir’de üretim süreçleri.

Yüksek Fırınlardan gelen sıvı maden mikserden potalarla konvertere sarj edilir ve oksijen lans ile birlikte süreç başlatılır. Konverterde döküm anında gerekli olan deoksidasyon, alyaj ve curuf yapıcı malzemeler ilave edilir. Vakum altında gaz giderme işlemiyle hidrojen ve oksijen değerleri daha alt seviyelere indirilir. Böylece çelik kalitesinde iyileşmeler sağlanır.



Şekil 4.2. Ray blumunun üretilmesi.

Pota fırınından gelen sıvı maden kontinü blum makinasına şarj edilerek ;

- 260x360x5090 mm S49
- 260x360x6240 mm S60

ebadındaki blumlar üretilip ray ve profil haddehanesine sevk edilir.



Şekil 4.3. Blumların ray ve profil haddehanesine sevk.

100 ton/saat kapasiteli yürüyen kirişli fırın, 22,3 m uzunlukta ve 8,8 m genişlikte olup ürün çeşidine göre çift sıra ve tek sıra şarj imkanı sağlamaktadır. Ürün çeşitlerine göre:

- 260x360 mm blumlar
- 280x360x90 mm beam blank
- 150x150 mm kütükler

2,7 - 8 m arasında yarı mamul olarak kullanılmaktadır.

Tavlama çelik cinsine göre, fırın içi sıcaklık kontrolü ve tavlama süresi vb. kontroller bilgisayar ile tam otomasyonlu yapılmaktadır. 1250 °C de blumlar 1. kaba haddeye (BD1) verilmektedir.

Blum üzerinde oluşan tufal tabakasını temizlemek ve ürün yüzey kalitesinde kaliteyi yakalamak amaçlı 2 adet tufal temizleme ünitesi mevcuttur. Fırın çıkışında bulunan ve 250 bar çalışma basıncı ile bluma 4 yüzeyden de basınçlı su uygulayarak tufal kaldıran sistem mevcuttur. Tandem hadde girişinde de 250 bar çalışma basıncı ile çalışan sistem, kaba haddelemeden gelen tufalleri hassas haddeleme öncesi temizlemekte kullanılmaktadır.



Şekil 4.4. Tufal alma işlemleri.

Haddeleme işleminin başlangıcı olan kaba hadde (BD1), üretim çeşidine göre fırından deşarj yapılan yarı mamullerde ön ezme verilerek malzemeyi 2. kaba haddeye (BD2) hazırlamaktadır.



Şekil 4.5. BD1 kumanda odası.

2. Kaba hadde tezgahında (BD2) kalibre dizaynına göre asimetrik haddeleme işlemleri hassas haddeleme için gerekli olan mamul ezmeleri yapılarak Tandem grubuna gönderilir.



a) BD2 genel görünüm



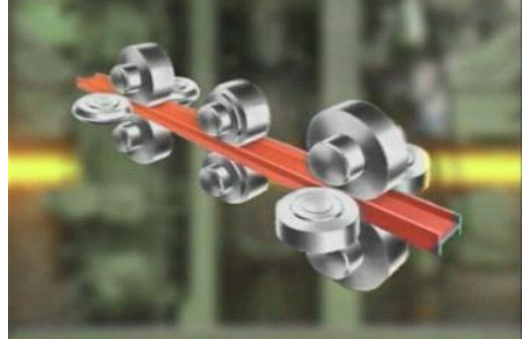
b) Blumun merdaneler arasından geçişi.

Şekil 4.6. BD2 bölümü.

Tandem bölümünde üniversal haddeleme ile 3 tezgahta 4 yönden yatay ve dikey haddeleme yapılarak en üst düzeyde hassasiyet sağlanmaktadır. Tandem grubu kompakt sistem prensibine göre dizayn edilmiş olup önemli avantajı çok sıkı toleranslar arasında çalışmasıdır.



a) Tandem haddeleri



b) Dört yönlü haddeleme.

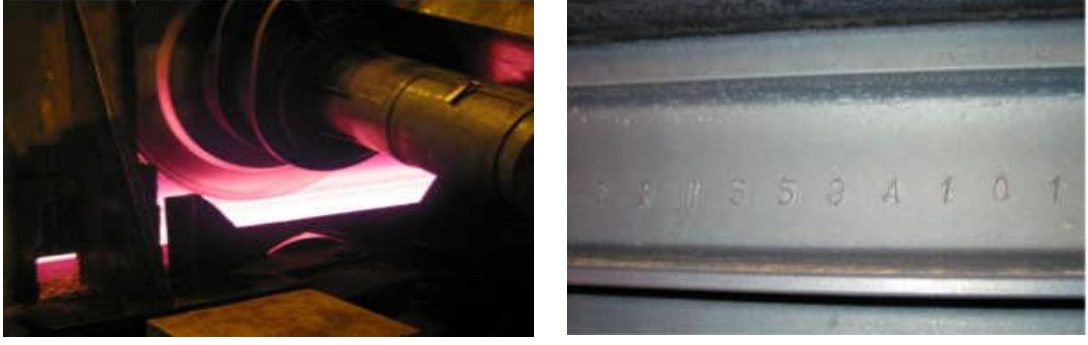
Şekil 4.7. Tandem bölümü.

Raylar için BD1 bölümünde 7 paso, BD2 bölümünde 5 paso ve Tandem bölümünde 6 paso vardır. Her pasonun geometrik ölçüleri ve şekilleri farklıdır.

Tüm eksenlerin doğrudan şekillendirilebilmesi ve her bir kesit için birbirinden bağımsız hadde ayarlarının yapılabilmesi sağlanmıştır. Haddeleme esnasında kayma etkisinin azaltılması ile yüzey kalitesi geliştirilmiş ve yüzeyde görülen çatlaklarda bir azalma sağlanmıştır. Ayrıca çalışma yüzeyinin altındaki yapıda hatalar ve boşluklar azaltılmıştır. Üiversal ray hadde prosesi son yıllarda oldukça başarılı bir şekilde kullanılmaktadır. Japonya'da Nippon, Güney Afrika'da İskon, Amerika'da Wheeling, Pitsburg, Brezilya'da Aconimas ve Avusturalya'da Broken Hill şirketleri bu prosesi kullanmaya başlamıştır.

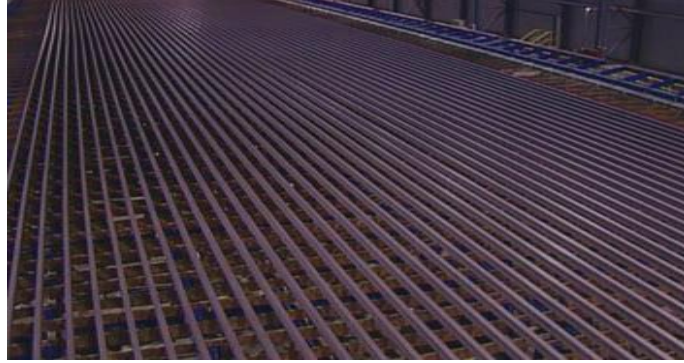
Tandem grubunda çalışan Üiversal Kaba (UR), Orta Hadde (Edger) ve Üiversal Finiş (UF) tezgah merdane değişimleri, çabuk merdane değiştirme (Quick Change) sistemi ile yapılmaktadır. Bu özellik ile ebat değişimi 20 dakika gibi kısa bir sürede tamamlanarak hadde tekrar üretime başlamaktadır. Bu sayede merdane tonajına bağlı olan üretim aksaması minimum seviyelere indirilmiştir.

Tandem grubundan hemen sonra hat üstünde çalışan ve kontrol sistemi tam otomasyonlu olan markalama ünitesi rayın saç bölgesine markalama imkanı sağlamaktadır.



Şekil 4.8. Markalama işlemleri.

Tandem grubunda haddeleme işlemi tamamlanan raylar, 76 m. boyunda 71 adet fan ile devamlı hava akısının kontrol edildiği soğutma ızgarasında, rayın iç yapısının standartlara göre oluşabilmesi için soğutma işlemi bilgisayar kontrollü olarak gerçekleştirilir. Üretim çeşidine göre soğutma ızgarasına adapte edilmiş olan “prebending” makinesi de ızgara sisteminde kullanılmaktadır.



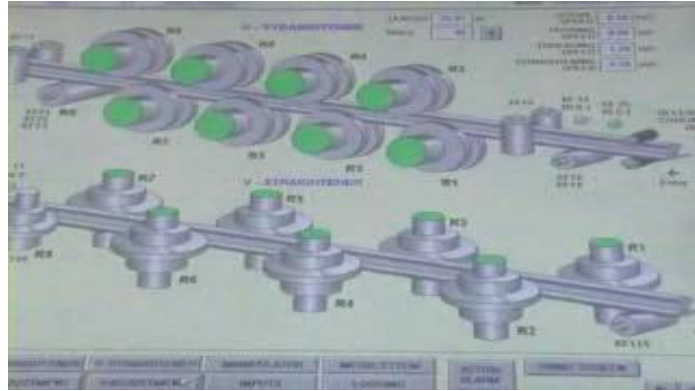
Şekil 4.9. Soğutma ızgaraları.

Ray üretiminin en son ve en önemli adımlarından olan rayın doğrultma işlemi doğrultma makineleri ile soğutma ızgarasından hemen sonra üretim hattında olan dikey ve yatay sıralaması ile yapılmaktadır.



Şekil 4.10. Doğrultma işlemleri.

Doğrultma işlemi dünya standartlarına ve toleranslarına göre yapılmaktadır. Kontrolü tam otomasyon olan doğrultma makinelerinin hassasiyet kontrolü bilgisayarlar tarafından yapılmaktadır.



Şekil 4.11. Doğrultma işlemleri otomasyon ekranı.

Doğrultmadan çıkan raylar test ünitesinde ultrasonografik muayene ile iç yapısında olması muhtemel mikro çatlaklar, yüzey kusurları için eddy current (yüzey tarama) sistemi ile kontrol edilir ve oluşabilecek ve karşılaşılan kusurlar için boyama ile markalama yapılarak kusurlu noktalar ray üzerine markalanır.



Şekil 4.12. Test ünitesi.

Aşağıdaki test safhaları uygulanır:

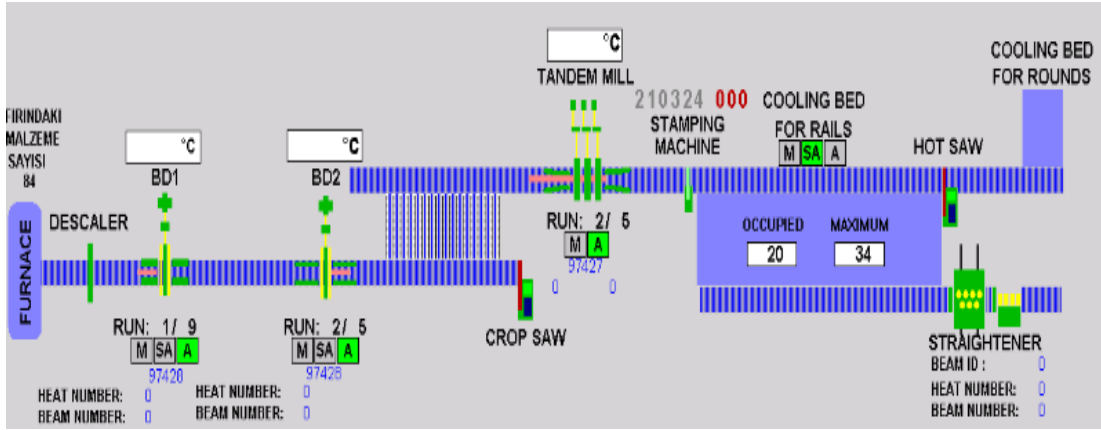
- Ray temizleme (tufal ve kalıntılardan arındırma)
- Lazerle geometrik doğruluk testi
- 9 statik ve 5 dinamik prob ile ray mantarı ve diğer yüzeylerin dış kusurlarının tespiti (eddytron)
- 19 ultrasonik prob ile ray iç yapı kusurlarının tespiti (sonotron)
- Kusurlu yerlerin boya ile işaretlenmesi

Test merkezinden geçen raylar, delme ve kesme ünitesine girmeden önce rayın uçlarında oluşabilecek eğrilikler gag pres ile düzeltilir. Kesme-delme ünitesi kompakt bir makine olup kesme esnasında delme işlemini de yapmasından dolayı ürün boyunda ve delik eksenlerindeki sapmaların oluşması engellenmiştir. Ray hattının sonunda çalışan makineler de standart 72 m, 36 m, 24 m, 18 m, 12 m kesimler ve özel boy kesimleri yapılabilmektedir.

Üretilen raylar haddehanede bulunan özel olarak dizayn edilmiş stok alanlarına otomatik ve senkronize olarak çalışan 2 adet 12 tonluk boyunduruklu vinçler ile taşınıp istiflenmektedir. Ray sevkiyatları uzun mamul boylarında özel dizi vagonlarla, diğer boylar standart vagonlar ile direkt sevkiyatı yapılmaktadır.

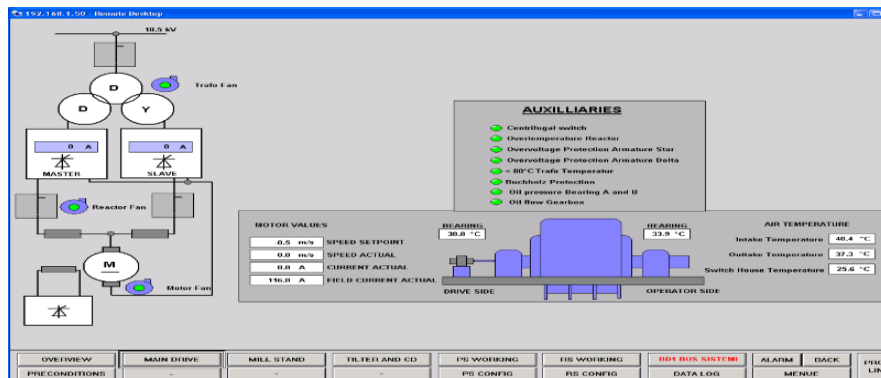


Şekil 4.13. Ray sevk işlemleri.

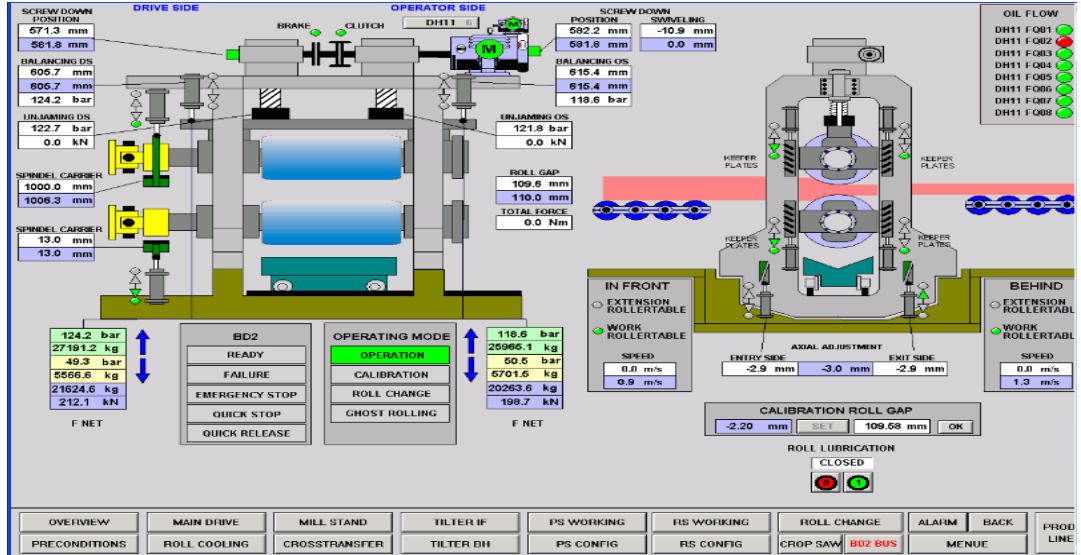


Şekil 4.14. Ray ve profil haddehanesi genel süreç.

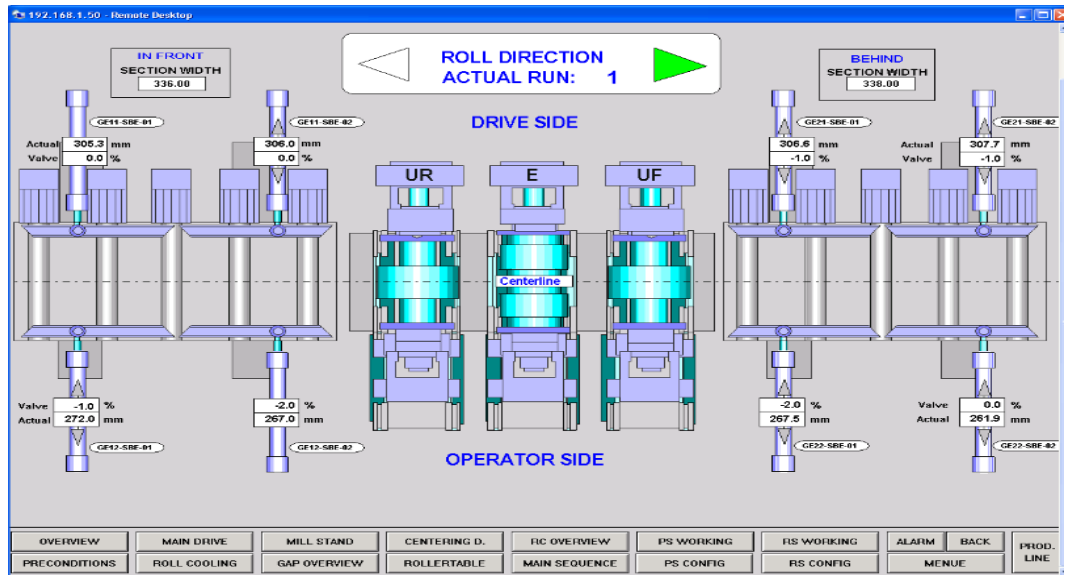
Ray ve Profil haddehanesi tam otomasyonu bir sistem olup PLC-SCADA yazılımları ile sürekli kontrol ve izleme yapılmaktadır. Şekil 4.15-4.17’de BD1, BD2 ve Tandem bölümlerine ait SCADA ekranı örnekleri verilmiştir.



Şekil 4.15. BD1 ana motor (sürücü) ekran görüntüsü.



Şekil 4.16. BD2 bölümü ekran görüntüsü.

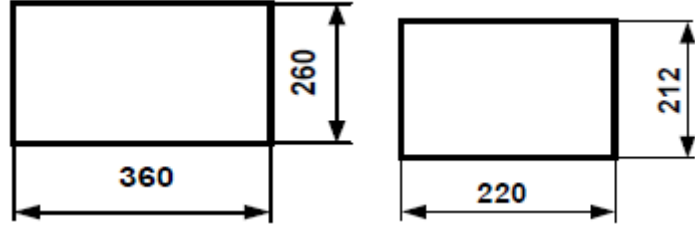


Şekil 4.17. Tandem bölümü stantları.

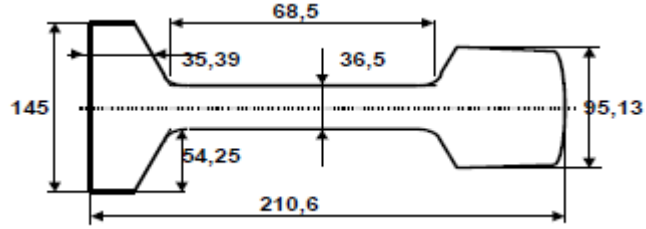
Şekil 4.18'de rayın perspektif görünümü, 49 kg/m rayın, şekil 4.19'da BD1, Şekil 4.20'de BD2 ve şekil 4.21'de Tandem bölümlerinin girişinde ve çıkışındaki geometrik ölçüleri verilmiştir.



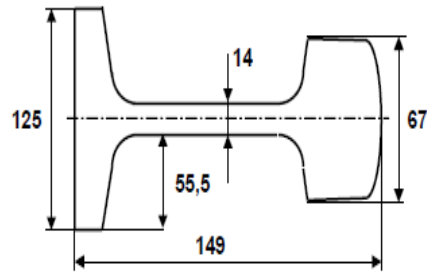
Şekil 4.18. Rayın perspektif görünümü.



Şekil 4.19. 49 kg/m rayın BD1 bölümü girişi ve çıkışındaki geometrik ölçüleri (mm).

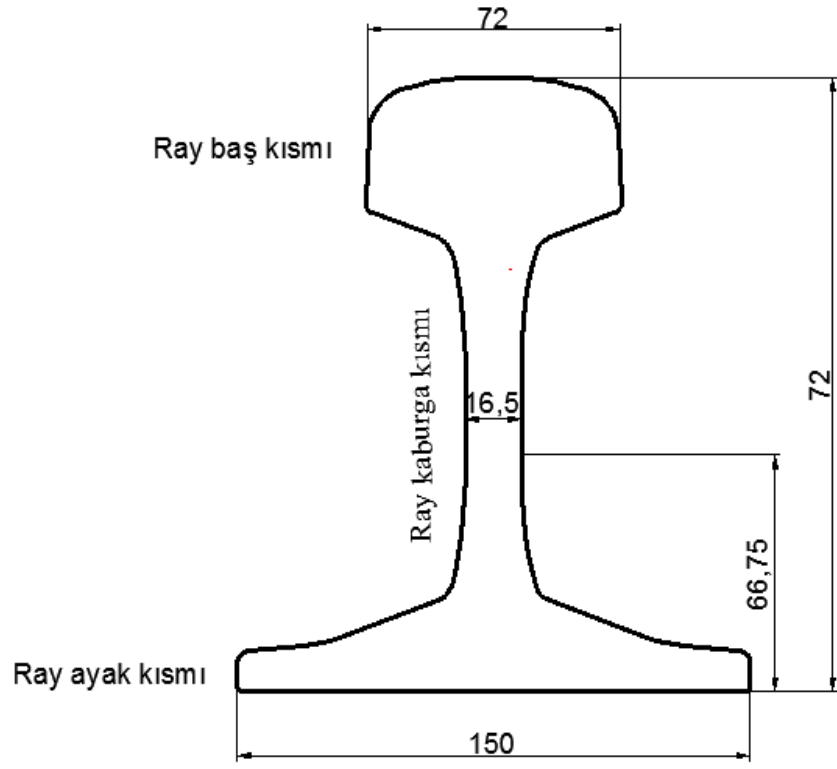


Şekil 4.20. 49 kg/m rayın BD2 bölümü çıkışındaki geometrik ölçüleri (mm).



Şekil 4.21. 49 kg/m rayın Tandem bölümü çıkışındaki geometrik ölçüleri (mm).

Şekil 4.22’de 60 kg/m rayın blumdan son pasoya kadar değişim safhaları, şekil 4.23 ve 4.24’te ise 60 kg/m rayın geometrik ölçüleri verilmiştir.



Şekil 4.24. 60 kg/m ray temel geometrik ölçüleri.

BÖLÜM 5

YAPAY SİNİR AĞLARI

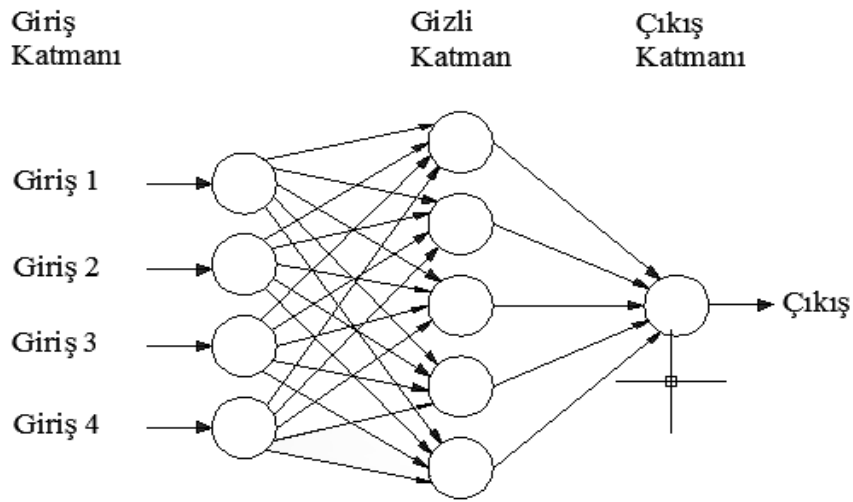
Bu bölümde yapay sinir ağları (YSA) ile ilgili çok fazla ayrıntıya girmeden özellikle çalışmanın kapsamına uygun bilgiler verilecektir.

YSA günümüzde çeşitli alanlarda en çok kullanılan yapay zeka tekniklerinden biridir. Yapay zeka; bir bilgisayarın ya da bilgisayar denetimli bir makinenin, genellikle insana özgü nitelikler olduğu varsayılan akıl yürütme, anlam çıkartma, genelleme ve geçmiş deneyimlerden öğrenme gibi yüksek zihinsel süreçlere ilişkin görevleri yerine getirme yeteneği olarak tanımlanmaktadır. Yapay sinir ağları, bulanık mantık ve genetik algoritmalar gibi birçok yapay zeka teknikleri kullanılmaktadır.

Yapay Sinir Ağları (YSA) insan beyninin özelliklerinden olan öğrenme yolu ile yeni bilgiler türetebilme, yeni bilgiler oluşturabilme ve keşfedebilme gibi yetenekleri herhangi bir yardım almadan otomatik olarak gerçekleştirmek amacı ile geliştirilen bilgisayar ile modelleme tekniğidir. Bu yetenekleri geleneksel programlama yöntemleri ile gerçekleştirmek oldukça zor veya mümkün değildir. O nedenle, yapay sinir ağlarının, programlanması çok zor veya mümkün olmayan olaylar için geliştirilmiş adaptif bilgi işleme ile ilgilenen bir bilgisayar bilim dalı olduğu söylenebilir [43,44].

YSA, öğrenme, ilişkilendirme, sınıflandırma, genelleme, özellik belirleme ve optimizasyon gibi konularda başarı ile uygulanmaktadır. Bu teknikle örneklerden elde edilen bilgiler ile kendi deneyimleri oluşturulmakta ve benzer konularda benzer kararların verilmesi sağlanmaktadır. Teknik olarak bir YSA'nın en temel görevi, kendisine gösterilen bir girdi setine karşılık gelebilecek bir çıktı seti belirlemektir.

YSA yapay sinir hücrelerinden oluşmaktadır. Genel olarak hücreler üç katman halinde bir araya gelerek ağı oluştururlar. Bu katmanlar giriş katmanı, gizli katman ve çıkış katmanıdır (Şekil 5.1). Girdi katmanında, dış dünyadan gelen girdiler alınarak ara katmana gönderilir. Her proses elemanının sadece bir tane çıktısı vardır. Bu çıktı bir sonraki katmanda bulunan bütün proses elemanlarına gönderilir. Ara katman(lar)ında, girdi katmanından gelen bilgiler işlenerek bir sonraki katmana gönderilir. Birden fazla ara katman ve her katmanda birden fazla proses olabilir. Çıktı katmanında, ara katmanlardan gelen bilgiler işlenerek girdilere karşılık ağı ürettiği çıktıları belirleyerek dış dünyaya gönderir.



Şekil 5.1. YSA genel yapısı.

Bir YSA'da proses elemanlarının bağlanması sonucu oluşan topoloji, proses elemanlarının sahip oldukları toplama ve aktivasyon fonksiyonları, öğrenme stratejileri ve kullanılan öğrenme kuralı ağı modelini belirlemektedir. Günümüzde yaygın olarak kullanılan modeller şunlardır: Çok Katmanlı Algılayıcılar, Vektör Kuantasyon Modelleri(LVQ), Kendi Kendini Organize Eden Model (SOM), Adaptif Rezonans Teorisi Modelleri (ART), Hopfield Ağları, Counterpropagation Ağı, Neocognitron Ağı, Boltzman Makinesi, Probabilistic Ağlar(PNN), Elman Ağı, Radyal Temelli Ağlar (RBN).

Biyolojik sinir ağlarının sinir hücreleri olduğu gibi yapay sinir ağlarının da sinir hücreleri vardır. Yapay sinir hücreleri proses elemanları olarak da adlandırılmaktadır.

Her proses elemanının beş temel elemanı vardır. Bunlar; girdiler, ağırlıklar, toplama fonksiyonu, aktivasyon fonksiyonu ve hücrenin çıktısıdır [43,44].

- *Girdiler*: Bir yapay sinir hücresine dış dünyadan, başka hücrelerden veya kendi kendisinden gelen bilgilerdir.
- *Ağırlıklar*: Bir yapay hücreye gelen bilginin önemini ve hücre üzerindeki etkisini gösterir. Ağırlıklar değişken veya sabit değerler olabilir.
- *Toplama Fonksiyonu*: Bir hücreye gelen net girdiyi hesaplar. Bunun için değişik fonksiyonlar kullanılmaktadır. En yaygın olanı ağırlıklı toplamı bulmaktır.
- *Aktivasyon Fonksiyonu*: Hücreye gelen net girdiyi işleyerek hücrenin bu girdiye karşılık ürettiği çıktıyı belirler. Çeşitli aktivasyon fonksiyonları kullanılmakta birlikte çok katmanlı algılayıcı modelinde genellikle sigmoid fonksiyonu kullanılmaktadır. Bu fonksiyon şu formülle ifade edilir:

$$f(x) = \frac{1}{1+e^{-x}} \quad (5.1)$$

- *Hücrenin Çıktısı*: Aktivasyon fonksiyonu tarafından belirlenen çıktı değeridir. Üretilen çıktı dış dünyaya, başka bir hücreye veya kendisine girdi olarak gönderebilir.

Bir YSA ağı kurulduktan sonra öğrenme (eğitim) ve test safhaları gelir. Yani bir YSA için iki data setine ihtiyaç vardır. Eğitim veri (data) seti ve test data seti. Eğitim aşamasında ağa, elde edilmesi istenen (beklenen) çıktılarla birlikte girişler tanıtılır. Başlangıçta ağırlıklar ve bias rastgele seçilir ve ağırlıklar arzu edilen çıktıları verinceye kadar değiştirilir (ayarlanır). Ağırlıklar eğitimden önce rastgele ve anlamsız iken eğitimden sonra ise anlamlı bilgilere sahiptir. Performans tatmin edici seviyeye ulaşıncaya eğitim durdurulur ve artık ağ bu ağırlıklara göre karar verir. Her zaman, fazla eğitim verisi kullanmak daha iyi sonuç alınacağı anlamına gelmez. Eğitim ve test data sayısı problemin şekline göre tecrübelerle belirlenir Eğitim ve test

safhalarında meydana gelen hatalar RMSE (Root Mean Squares Error) olarak ifade edilir.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (t_j - o_j)^2}{n}} \quad (5.2)$$

Ayrıca, R^2 (absolute fraction of variance) ve MAPE (mean absolute percentage error) değerleri aşağıdaki formüllerle bulunabilir:

$$R^2 = 1 - \left(\frac{\sum_{j=1}^n (t_j - o_j)^2}{\sum_{j=1}^n (t_j)^2} \right) \quad (5.3)$$

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \frac{|t_j - o_j|}{t_j} \times 100 \quad (5.4)$$

Burada t hedef değer, o çıkış değeri, n ise örnek sayısıdır.

Ağın eğitimi tamamlandıktan sonra eğitimde hiç kullanılmayan test veri setleri ağa uygulanarak sonuçlar değerlendirilir.

BÖLÜM 6

RAY VE PROFİL HADDELEME İŞLEMLERİ İÇİN SİMÜLASYON UYGULAMASI

Ray ve profil haddeleme işlemlerinin simülasyonu için üç farklı uygulama çalışması yapılmıştır. Bu uygulamalar arayüz programı, ara paso tasarımı ve YSA uygulamalarıdır. Arayüz programı, veri tabanı ve simülasyon olmak üzere iki ana bölümden oluşan bir programdır. Bu program, kullanıcı ile etkileşimli olarak simülasyon için gerekli hesaplamaların yapılmasını, yeni haddehane ve/veya kalibre tasarımı için farklı seçeneklerin denenmesine imkan sağlanmasını kapsamaktadır. İkinci uygulama olan ara paso tasarımında ise mevcut pasoların (kalibre) geometrik şekilleri ACAD ortamında taranarak elde edilen koordinat bilgilerinin MATLAB ortamında programmasıyla yeni ve/veya farklı ara paso tasarımlarının gerçekleştirilmesine yardımcı olmak amaçlanmıştır. Üçüncü uygulama olan YSA uygulamasında ise önce BD1, BD2 ve Tandem bölümleri ayrı ayrı modellenmiş, daha sonra bu üç bölüm birlikte modellenerek sonuçlar değerlendirilmiştir.

Bu üç uygulama ile ray ve profil haddeleme işlemlerinde paso tasarımı, kritik parametrelerin değerlerinin tahmin edilmesi, parametrelerin proses üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesi gibi ray ve profil haddeleme işlemleri için gerekli ve önemli tüm işlemlerin yapılabilmesi amaçlanmıştır.

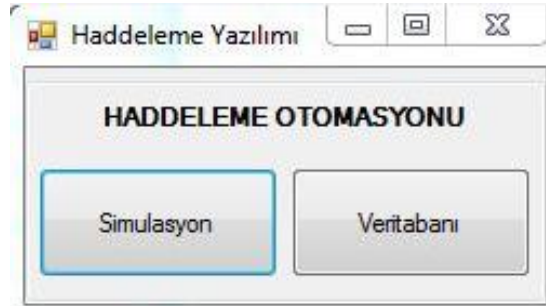
6.1. SICAK HADDELEME İŞLEMLERİNİN OPTİMİZASYONU İÇİN BİR ARAYÜZ PROGRAMI

Ray ve Profil Haddehanesinde proses parametrelerinin simülasyonunu ve gerekli hesaplamaları yapan bir uygulama gerçekleştirilmiştir. Bu uygulama (yazılım), merdane paso tasarımını, proses şartlarındaki değişimleri değerlendirmeyi, yeni

ürünleri ve proses rotasını değerlendirmeyi, ayrıca mevcut sistemi iyileştirmeyi veya yeni tasarım önerileri değerlendirmeyi kapsamaktadır.

Ray ve profil haddelemede günümüzün verimlilik ve kalite talepleri prosesin ve donanımın sürekli analizini gerektirmektedir. Projelerde zaman ve maliyet risklerinin azaltılması, yeni ürünlerin üretimi ve yeni ekipmanların sisteme adapte edilmesi için iyi analiz araçları gereklidir. Geliştirilen uygulama bir haddehanede gerekli hesaplamaların ve proses parametrelerinin simülasyonunun yapılmasına imkan sağlamaktadır. Ayrıca operatörler mevcut haddehanenin yenilenmesi ya da yeni bir haddehane kurulması durumunda kendi fikirlerini ve kurucu firmaların işlemlerini test ve kontrol edebilirler.

Uygulama yazılımı, “Veritabanı” ve “Simülasyon” olmak üzere iki ana bölümden oluşmaktadır. Veritabanı, SQL Server 2008; Simülasyon yazılımı ise C# programı ile gerçekleştirilmiştir.



Şekil 6.1. Simülasyon uygulaması giriş ekranı.

- Veritabanı
 - Haddeleme Tablosu
 - Kalibre Tablosu
 - Pass Schedule
- Simülasyon
 - Hadeleme Hesapları
 - Paso Tasarımı

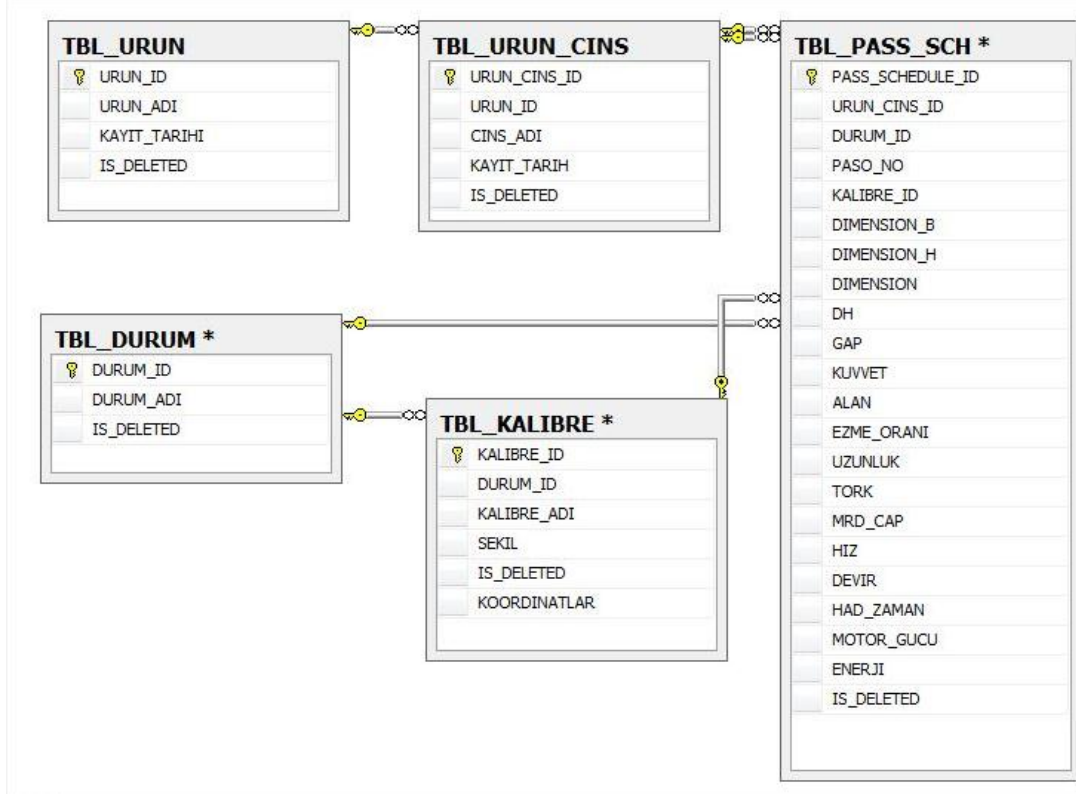
- Merdane Çizimi

Veritabanı: Veritabanı haddehanenin, paso planlamasının ve kalibrelerin temel verilerinin kurulması için üç program modülünden oluşur:

Haddeleme Tablosu: Bir haddehane çeşitli düzeneklerle bağlantılı çok sayıda motor ve standlardan oluşur. Bu stantlarda kullanılacak motorların güçlerini, devir sayılarını, merdane çaplarını ve redüktör özelliklerini içeren tablolardan oluşur.

Kalibre Tablosu: Dikdörtgensel ve asimetric bütün farklı tipteki kalibreleri kapsar. Kalibreler tablolarda tanımlanır. Her bir tip kalibre için ayrı bir tablo oluşturulur. Bir kalibre için veri girildiğinde bunu direkt olarak görmek mümkündür.

Pass Schedule: Bu program haddeleme prosesindeki her bir pasoyu tanımlar. Bir satır bir pasoyu temsil eder. "Pass Schedule" daki veriler motor gücü, merdane çapı gibi verileri almak için Pass Schedule modülünde oluşturulan bir dosyadan yüklenir. Her kalibre, kalibre tablosu veritabanından alınır. Kalibre ölçüleri X-Y koordinatları olarak mevcuttur.



Şekil 6.2. Veritabanı tabloları.

Simülasyon: Ana uygulamadır. Haddeme parametrelerinde herhangi bir değişiklik olduktan sonra haddehane kurulumu için şartları anlık olarak hesaplayan bir simülasyondur. Haddehane kurulumunda kullanılan proses parametrelerini hesaplamak ve simüle etmek için kullanılabilir. Haddeme problemlerini analiz etmek, prosesi optimize etmek için kullanılabilir. Yeni bir ürün veya ekipman üretileceği veya personel eğitimi için bir araç olarak kullanılacağı zaman bir analiz aracı olarak kullanılabilir. Hesaplamalar ölçüleri, motor devir sayısını, haddeme hızını, motor gücünü vb. parametreleri kapsamaktadır.

Paso Tasarımı: Paso tasarımında otomatik olarak yeni kalibre oluşturma seçenekleri vardır. Kalibre geometrilerinin haddemeyi nasıl etkileyeceği görülebilir.

Merdane Çizimi: Bir merdane çizimi oluşturulduğunda kalibre ölçüleri kalibre veri tabanından çağrılır ve otomatik olarak merdane çizimine eklenir.

Şekil 6.3'te ürün giriş, şekil 6.4'te ürün cins, Şekil 6.5'te kalibre giriş ve şekil 6.6'da pass schedule giriş ekranları görülmektedir.

The screenshot shows a window titled 'Ürün Giriş Ekranı'. It contains a text input field for 'Ürün Adı :'. Below the input field are three buttons: 'Kaydet', 'Sil', and 'Yeni Kayıt'. Below the buttons is a section labeled 'Kayıtlar' containing a table with the following data:

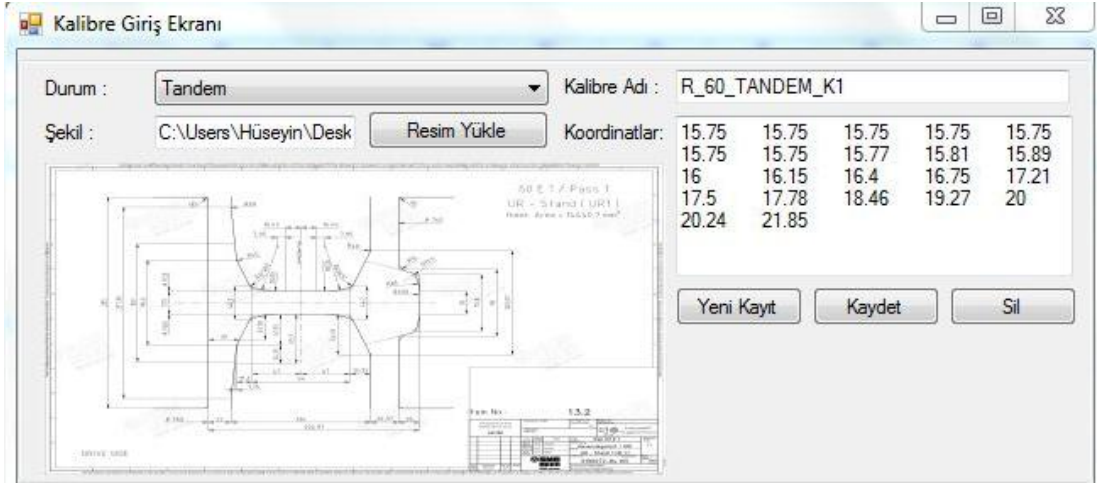
	URUN_ADI	KAYIT_TARIHI	IS_DELETED
	PROFIL	05.12.2014	Aktif
	RAY	05.12.2014	Aktif

Şekil 6.3. Ürün giriş ekranı.

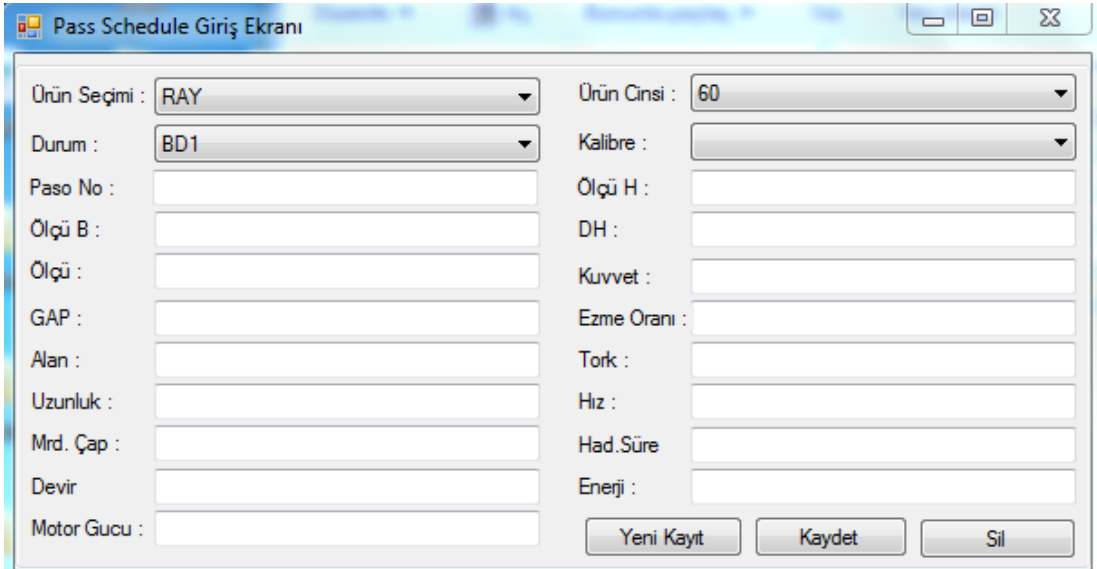
The screenshot shows a window titled 'Ürün Cins Ekranı'. It contains a dropdown menu for 'Ürün Seçimi :' with 'PROFIL' selected. Below the dropdown is a text input field for 'Cins Adı :'. Below the input field are three buttons: 'Kaydet', 'Sil', and 'Yeni Kayıt'. Below the buttons is a section labeled 'Kayıtlar' containing a table with the following data:

	URUN_ID	CINS_ADI	KAYIT_TARİH	IS_DELETED
	RAY	60	05.12.2014	Aktif
	RAY	49	05.12.2014	Aktif
	RAY	46	05.12.2014	Aktif
	PROFIL	U	05.12.2014	Aktif
	PROFIL	I	05.12.2014	Aktif

Şekil 6.4. Ürün cinsi ekranı.



Şekil 6.5. Kalibre giriş ekranı.



Şekil 6.6. Pass schedule giriş ekranı.

BD1 bölümünde blumun genişliği ve yüksekliği olmak üzere iki boyutlu dikdörtgenel düz bir haddeme (ezme) gerçekleştirilir. Ezme iki boyutlu olduğu için blumun belirli pasalarda 90° çevrilmesi gerekir. Amaç, blumun belirli sayıda pasodan geçirildikten sonra fiziki boyutlarının istenilen değerlere düşürülmesidir.

Örnek olarak Simülasyon uygulamasında, bir blumun BD1 bölümünden çıkışına kadar fiziki ölçülerinin belirlenmesi ile ilgili ekran görüntüleri, Şekil 6.7-6.9'da, akış diyagramı ise Şekil 6.10'da verilmiştir.

Kalibre Düzeni Hesaplama Yazılımı

Kalibre Giriş Ekranı

İlk Bloom Genişliği (mm) : İlk Bloom Yüksekliği (mm) :

Sabit Ezme Oranı (%) : Paso Sayısı :

Sabit Ezme Oranı Uygulansın Yayıma Oranı (%) :

Paso İşlemleri >>>

Şekil 6.7. Kalibre düzeni giriş ekranı.

Paso Düzenleme Ekranı

Ezme Oranı Girişleri

1. Paso Ezme Oranı :	<input type="text" value="11"/>	<input type="checkbox"/> Çevime Yapılsın mı ?
2. Paso Ezme Oranı :	<input type="text" value="10"/>	<input type="checkbox"/> Çevime Yapılsın mı ?
3. Paso Ezme Oranı :	<input type="text" value="12"/>	<input checked="" type="checkbox"/> Çevime Yapılsın mı ?
4. Paso Ezme Oranı :	<input type="text" value="11"/>	<input type="checkbox"/> Çevime Yapılsın mı ?
5. Paso Ezme Oranı :	<input type="text" value="10"/>	<input checked="" type="checkbox"/> Çevime Yapılsın mı ?
6. Paso Ezme Oranı :	<input type="text" value="8"/>	<input type="checkbox"/> Çevime Yapılsın mı ?
7. Paso Ezme Oranı :	<input type="text" value="6"/>	<input checked="" type="checkbox"/> Çevime Yapılsın mı ?
8. Paso Ezme Oranı :	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/> Çevime Yapılsın mı ?
9. Paso Ezme Oranı :	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/> Çevime Yapılsın mı ?
10. Paso Ezme Oranı :	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/> Çevime Yapılsın mı ?

<<< Geri Hesapla

Sonuçlar

Şekil 6.8. Paso düzenleme ekranı.

Paso Düzenleme Ekranı

Ezme Oranı Girişleri

1. Paso Ezme Oranı :	<input type="text" value="11"/>	<input type="checkbox"/> Çevime Yapılsın mı ?
2. Paso Ezme Oranı :	<input type="text" value="10"/>	<input type="checkbox"/> Çevime Yapılsın mı ?
3. Paso Ezme Oranı :	<input type="text" value="12"/>	<input checked="" type="checkbox"/> Çevime Yapılsın mı ?
4. Paso Ezme Oranı :	<input type="text" value="11"/>	<input type="checkbox"/> Çevime Yapılsın mı ?
5. Paso Ezme Oranı :	<input type="text" value="10"/>	<input checked="" type="checkbox"/> Çevime Yapılsın mı ?
6. Paso Ezme Oranı :	<input type="text" value="8"/>	<input type="checkbox"/> Çevime Yapılsın mı ?
7. Paso Ezme Oranı :	<input type="text" value="6"/>	<input checked="" type="checkbox"/> Çevime Yapılsın mı ?
8. Paso Ezme Oranı :	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/> Çevime Yapılsın mı ?
9. Paso Ezme Oranı :	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/> Çevime Yapılsın mı ?
10. Paso Ezme Oranı :	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/> Çevime Yapılsın mı ?

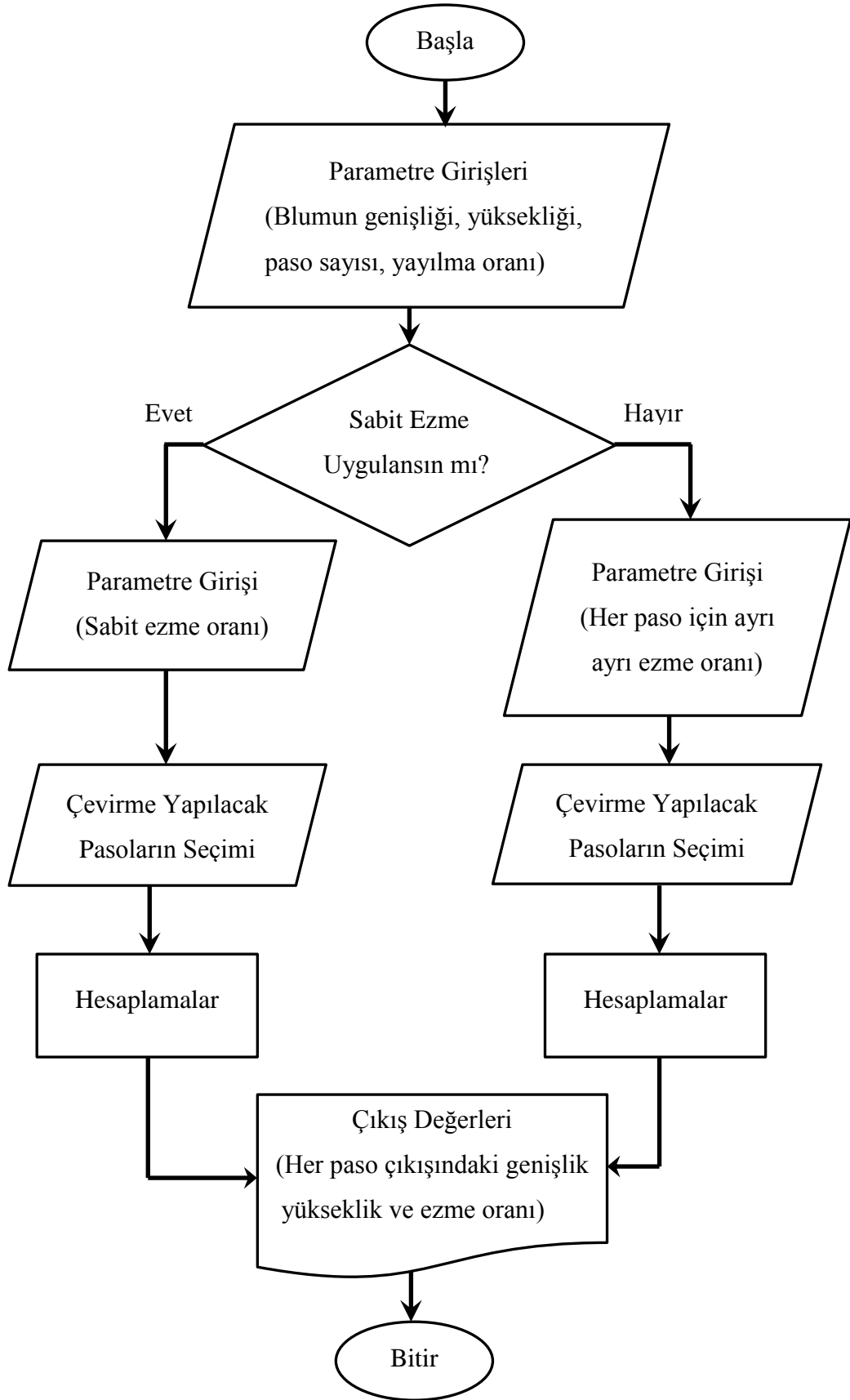
<<< Geri Hesapla

Sonuçlar

1. Paso Çıkış Boyut (320 X 269) olmuştur.
2. Paso Çıkış Boyut (288 X 277) olmuştur.
3. Paso Çıkış Boyut (243 X 299) olmuştur.
4. Paso Çıkış Boyut (217 X 309) olmuştur.
5. Paso Çıkış Boyut (278 X 223) olmuştur.
6. Paso Çıkış Boyut (256 X 229) olmuştur.
7. Paso Çıkış Boyut (215 X 260) olmuştur.

1.paso giriş kesit alanı 93600 (mm²)
1.paso çıkış kesit alanı 86053.03 (mm²). ezme oranı %8.06300
2.paso çıkış kesit alanı 79771.16 (mm²). ezme oranı %7.300
3.paso çıkış kesit alanı 72725.77 (mm²). ezme oranı %8.83200
4.paso çıkış kesit alanı 66861.89 (mm²). ezme oranı %8.06300

Şekil 6.9. Sonuçların ekrana yazılması.



Şekil 6.10. Akış diyagramı.

Simülasyonda kullanılan matematiksel temeller:

Haddeleme işleminde, blumun bir boyutu (yükseklik veya genişlik) ezilirken diğer boyutunda yayılma (genişleme) olur. Ezilme (Δh), yayılma (Δb) ile gösterilir. Literatürde bu iki değer arasındaki ilişkiyi veren formüller vardır (Formül 3.5 ve 3.6)

Bu simülasyonda daha basit ve kolay anlaşılır olduğu için formül 3.5 kullanılmış ve $c=0,30$ alınmıştır.

Algoritmanın oluşturulması:

G_0 : İlk blum genişliği (mm)

Y_0 : İlk blum yüksekliği (mm)

G_n : n. Paso blum genişliği (mm)

Y_n : n. Paso blum yüksekliği (mm)

EO: Ezme oranı

$$G_n = G_{n-1} \cdot (G_{n-1} \cdot EO) \quad (6.1)$$

$$Y_n = Y_{n-1} + (G_{n-1} \cdot EO \cdot 0,30) \quad (6.2)$$

Yukarıdaki formüller ilk haddeleme (ezme) işleminin genişlik boyutunda başlatılması durumuna göre verilmiştir. Blum çevrilme işlemlerinde G_n ve Y_n yer değiştirilir.

Kesit alanlarının bulunmasında ise; ilk (giriş) kesit alanı KA_0 formül 6.3 ile;

$$KA_0 = G_0 \cdot Y_0 \quad (\text{mm}^2) \quad (6.3)$$

n. paso çıkışı kesit alanı formül 6.4 ile;

$$KA_n = G_n \cdot Y_n \quad (6.4)$$

n. paso kesit alan ezme oranı KAEO ise formül 6.5 ile bulunur.

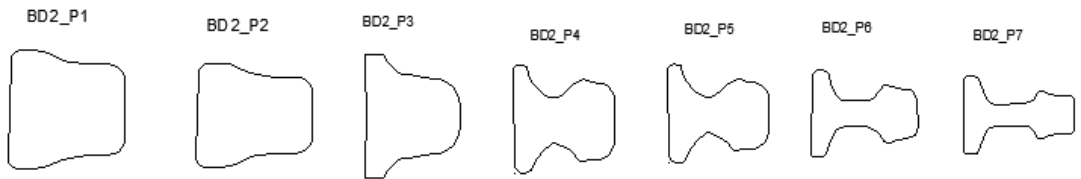
$$KAEO = \frac{KA_{n-1} - KA_n}{KA_{n-1}} \times 100 \quad (6.5)$$

Literatürde ray haddeleme işlemleri için genellikle paso sayısı 5-7 olarak belirlenmektedir. Bu nedenle oluşturulan ara yüzde paso sayısı 10 olarak sınırlandırılmıştır.

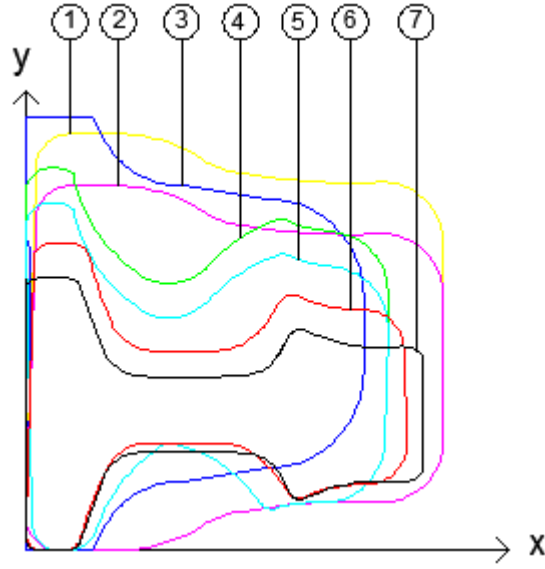
Ray haddeleme prosesinde BD1 (ön) haddeleme bölümü için bir simülasyon geliştirilmiştir. Bu simülasyon, blumun başlangıçta verilen fiziki boyutlarından hedeflenen fiziki boyutlara kaç pasoda ve hangi ezme oranları ile ulaşılabileceğinin hesaplanmasında kullanıcıya yardımcı olmaktadır. Simülasyon, kullanıcı ile etkileşimli ve dinamik olduğu için yüzlerce farklı senaryonun sonuçlarının kolay bir şekilde ve kısa sürede görülmesini sağlamaktadır. Bu nedenle simülasyon proses planlaması, analizi ve optimizasyonu için kullanılabilir.

6.2. ARA PASO TASARIMI

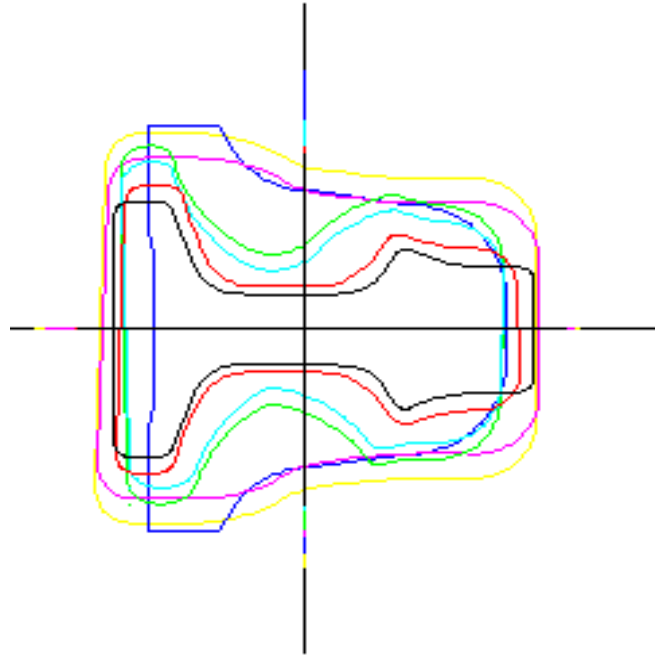
Bu çalışmada 60 kg/m rayın BD2 ve Tandem bölümüne ait pasoların ayrıntılı geometrik çizimi ACAD ortamında gerçekleştirilmiş, 2,5 mm lik aralıklarla yatay ve dikey olarak taranan şekillerden elde edilen koordinatlar ara paso tasarımları ve farklı rayların paso tasarımlarının yapılmasında kullanılmıştır. Şekil 6.11-6.13’de sırasıyla BD2 paso şekilleri, orijin noktasına ve ağırlık merkezine göre paso şekilleri gösterilmektedir.



Şekil 6.11. 60 kg/m ray BD2 paso şekilleri.



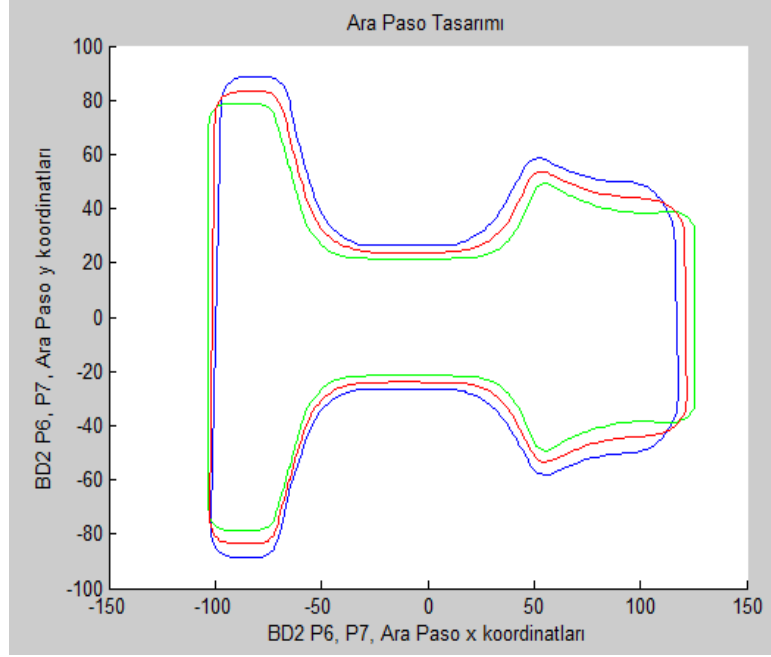
Şekil 6.12. 60 kg/m ray orijin noktasına göre BD2 paso şekilleri.



Şekil 6.13. 60 kg/m ray ağırlık merkezi noktasına göre BD2 paso şekilleri.

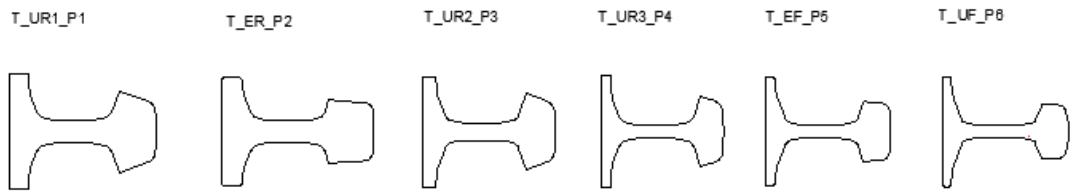
Orijin noktasının pasoların ağırlık merkezleri olarak alınan şekillerden elde edilen koordinatlar Matlab ortamında kullanılarak ara pasolar elde edilmiştir. BD2 bölümünde her bir paso için 359 noktanın, Tandem bölümünde ise 340 noktanın x ve y koordinatları kullanılmıştır. Peşpeşe gelen pasolar arasındaki eğimler hesaplanmıştır. Bu yaklaşımda sadece ara paso tasarımı yapılmayıp aynı zamanda paso azaltması işlemleri de yapılabilecektir. MATLAB ortamında yapılan yazılımdan BD2 bölümü için elde edilen

grafik şekil 6.14'te gösterilmiştir. Kırmızı renk ile gösterilen paso hesaplanarak elde edilen ara pasodur.

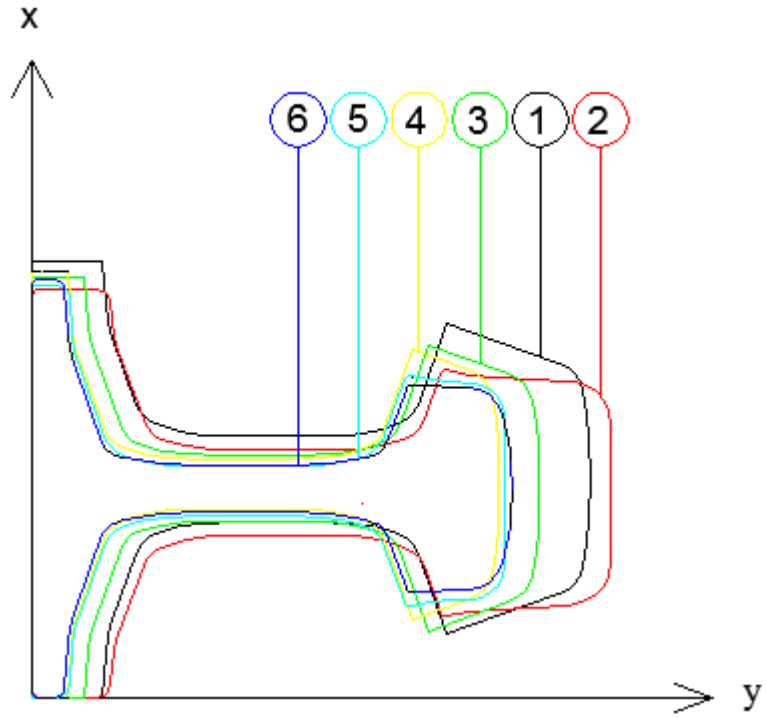


Şekil 6.14. 60 kg/m ray BD2 bölümü 6., 7. ve ara paso (mm).

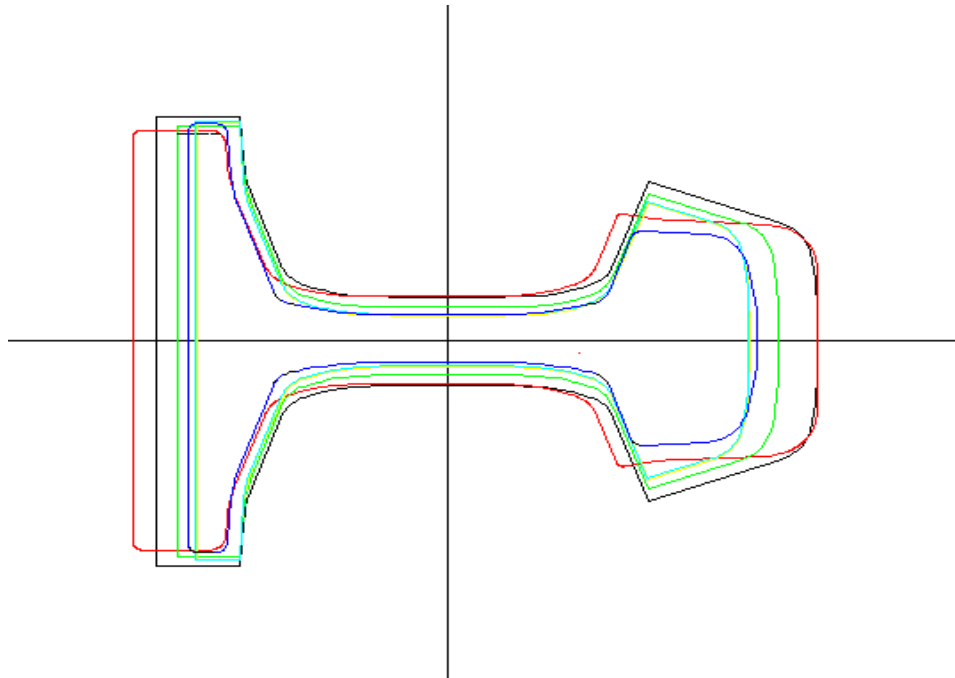
Şekil 6.15-6.17'de ise sırasıyla Tandem paso şekilleri, orijin noktasına ve ağırlık merkezine göre paso şekilleri gösterilmektedir.



Şekil 6.15. 60 kg/m ray Tandem paso şekilleri.

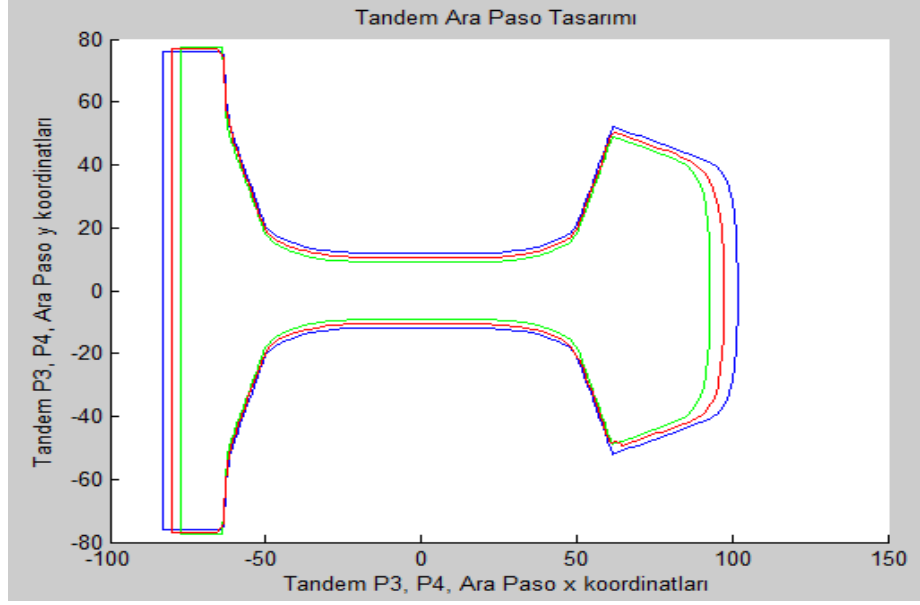


Şekil 6.16. 60 kg/m ray orijin noktasına göre Tandem paso şekilleri.



Şekil 6.17. 60 kg/m ray ağırlık merkezine göre Tandem paso şekilleri.

Matlab ortamında yapılan yazılımdan Tandem bölümü için elde edilen grafik şekil 6.18'de gösterilmiştir. Kırmızı renk ile gösterilen paso hesaplanarak elde edilen ara pasodur.



Şekil 6.18. 60 kg/m ray Tandem bölümü 3., 4. ve ara paso (mm).

6.3. YSA İLE RAY HADDELEME PARAMETRELERİNİN TAHMİNİ

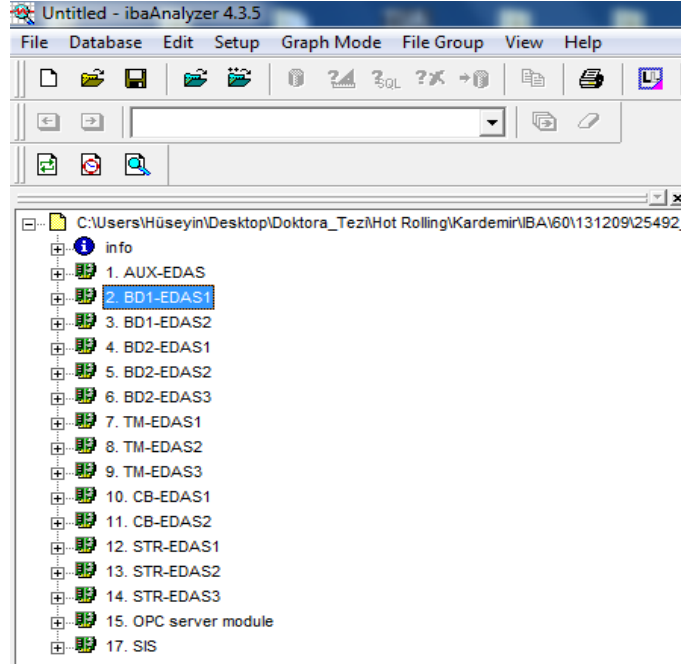
Haddeleme ile ilgili çeşitli matematiksel yaklaşımlar ve analizler önerilmiş olsa da özellikle asimetrik haddelemenin yapıldığı BD2 ve Tandem bölümlerinde bu yaklaşımların tatmin edici sonuçlar vermediği bilinmektedir. Bu tür doğrusal olmayan (non-linear) ve karmaşık sistemlerde yapay zeka tekniklerinin kullanılması çoğu zaman olumlu sonuçlar vermektedir. Bu nedenle haddeleme işlemlerinin en önemli parametrelerinden olan haddeleme kuvveti ve torkun YSA ile tahmin edilme çalışması yapılmıştır.

Bu çalışmaların ilk basamağını verilen toplanması ve derlenmesi oluşturmaktadır. Daha sonra sistemin klasik regresyon yöntemiyle açıklanıp açıklanamayacağı denenmiş ve son olarak YSA uygulamasına geçilmiştir.

6.3.1. Veri Setinin Elde Edilmesi

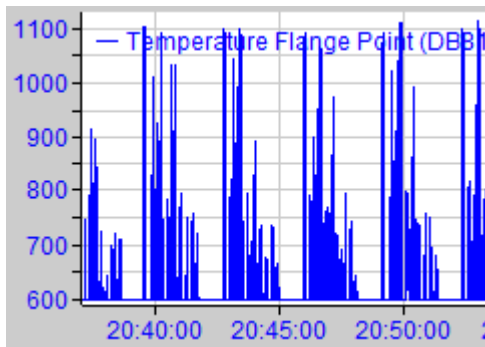
Simülasyon uygulaması için veriler Kardemir Ray ve Profil Haddehanesi'nin veri tabanından alınmıştır. Gerçek saha verileri IBA adı verilen bilgisayardan, paso tabloları (pass schedule) kurucu firmanın dokümanlarından temin edilmiştir. Sistem

PLC-SCADA tam otomasyonlu olduğundan saha bilgileri on-line olarak sürekli veri tabanına aktarılmaktadır. Sensörler ve transdüserlerle ölçümleri yapılan yüzlerce parametre gerçek zaman saatli olarak kaydedilmektedir. Bu her bir blum için ayrı ayrı gerçekleştirilmektedir. Toplamda 3 yıla yayılan 40 GB lık saha verileri incelenmiş ve kullanılmıştır.

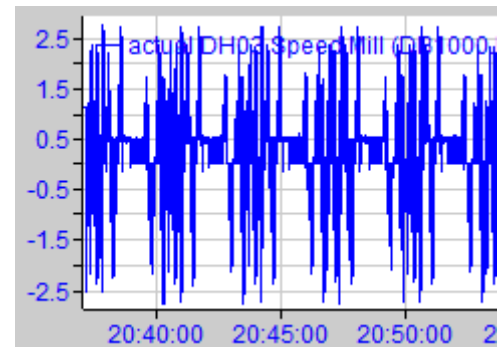


Şekil 6.19. IBA bilgisayar arayüzünden bir görünüm.

Şekil 6.20-23'de IBA bilgisayarından alınan verilerle ilgili bazı örnekler görülmektedir.

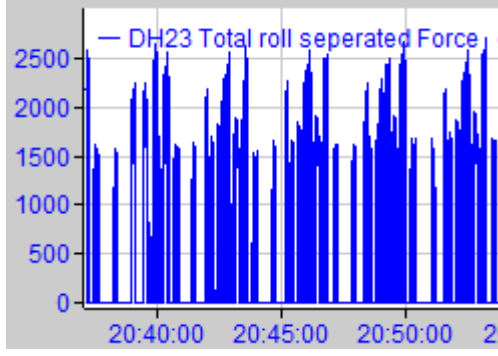


a) Sıcaklık

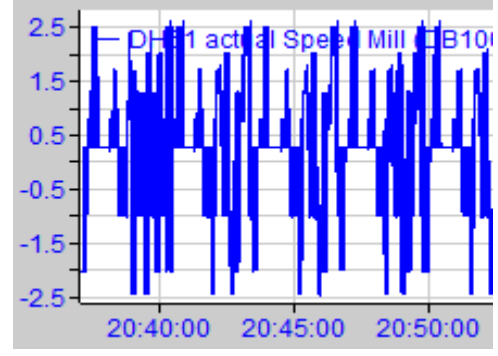


b) Haddleme hızı

Şekil 6.20. BD1 bölümü sıcaklık ve haddleme hızı saha değerleri.

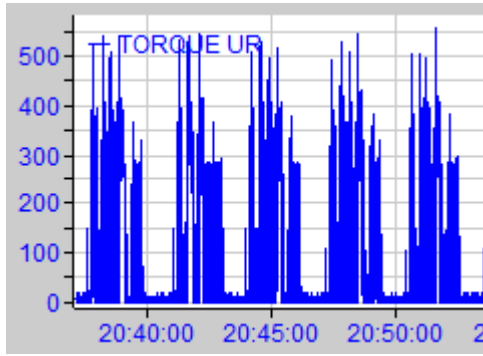


a) Haddeme kuvveti

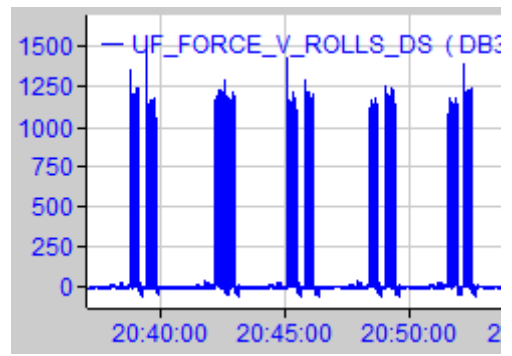


b) Haddeme hızı

Şekil 6.21. BD2 bölümü haddeme kuvveti ve haddeme hızı saha değerleri.

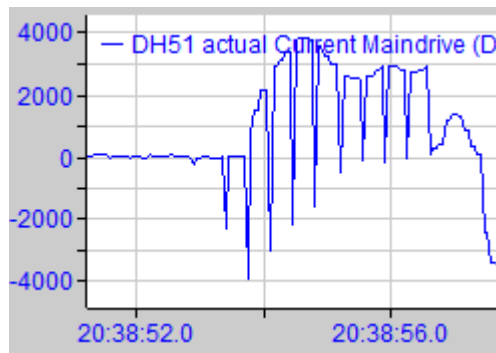


a) UR tork



b) UF kuvvet

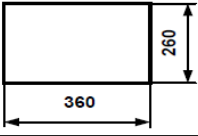
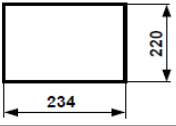
Şekil 6.22. Tandem bölümü tork ve haddeme kuvveti saha değerleri.










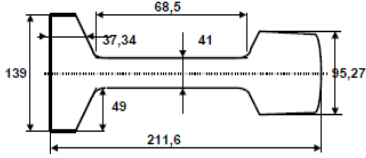
Şekil 6.23. BD2 ana motor akımı (4 sn lik).

Her bir çeşit ray ve profiller için kurucu firmanın hazırlamış olduğu paso tabloları “pass schedule” lara ilgili örnek tablolar ise Çizelge 6.1-6.3’te gösterilmiştir.

Çizelge 6.1. 60 kg/m ray BD1 bölümü “pass schedule”.

Pass Schedule for : Rail 60 E 1															
Initial Pass: Bl. 2										Initial Length: 6,2 m					
										Initial weight : 4470 kg					
										Finishing Weigth : 4336 kg					
										Weight per Meter : 60,2 kg/m					
															
No.	Sta.	Groove No.	Dimension B x H mm	dh mm	Work. Gap mm	Force kN	Area mm ²	Red. %	Length ¹⁾ m	Torque kNm	work. Dia. mm	Speed m/s	RPM 1/min	Roll Time s	Dead Time s
1		1/B1	274 x 322	42,7	170	2468	88067	8,3	6,6	419	795	1,9	45,64	3,7	129,1
2		1/B1	284 x 280	42	128	2545	79380	9,9	7,3	428	795	2,1	50,45	3,9	6
3		1/B1	289 x 248	35,5	96	2542	71672	9,7	8,1	397	795	2,3	55,25	4,0	8
4		1/B1	297 x 215	33	63	2557	63855	10,9	9,1	387	795	2,5	60,06	4,3	6
5	BD 1	2/B2	225 x 260	37	118	2119	58370	8,6	9,9	349	805	2,7	64,06	4,4	10
6		2/B2	232 x 231	29	89	1961	53477	8,4	10,9	296	805	2,9	68,80	4,6	6
7		2/B2	234 x 220	11,5	78	1458	51480	3,7	11,3	178	805	3,1	73,55	4,7	8
8															
9															
Exit Section BD1										BD1 Roll drwg. No.: 0100072-82.101					
										Total Rolling Time BD1: 29,6 s					
										Total Dead Time BD1: 173,1 s					
										Total Time BD1: 202,7 s					

Çizelge 6.2. 54 kg/m ray BD2 bölümü “pass schedule”.

No.	Sta.	Groove No.	Dimension mm	dh mm	Work. Gap mm	Force kN	Area mm ²	Red. %	Length ¹⁾ m	Torque kNm	work. Dia. mm	Speed m/s	RPM 1/min	Roll Time s	Dead Time s
1		5/E	 225	25	43	1724	42293	6,2	12,4	164	690	2,1	58,13	6,0	103,0
2		5/E	 195	30	13	2328	37225	12,0	14,1	251	685	2,3	64,13	6,3	5
3		4/D	 152	45	13	2509	29801	19,9	17,7	377	670	2,4	68,41	7,5	9
4	BD 2	3/C	 99	61	33	1785	27864	6,5	18,9	207	727	2,6	68,30	7,5	9
5		3/C	 69	30	13	2664	23235	16,6	22,6	400	727	2,7	70,93	8,6	5
6		2/B	 50	19	13	3314	18435	20,7	28,5	580	757	3,0	75,69	9,9	7
7		1/A	 41	9	13	3005	16030	13,0	32,8	496	774	3,0	74,03	11,3	7
Leader Pass										BD2 Roll drwg. No.: 0100072-83.104					
										Total Rolling Time BD : 57,1 s					
										Total Dead Time BD: 145,0 s					
										Total Time BD: 202,1 s					

Çizelge 6.3. 46 kg/m ray Tandem bölümü “pass schedule”.

No.	Sta.	Dimension mm	dh mm	Force			Area		Length m	Torque kNm	work. Dia. mm	Speed m/s	RPM 1/min	Roll Time s	Dead Time s	work. G:	
				Web kN	Head kN	Base kN	mm ²	Red. %								Web mm	Head mm
1	UR 1	● 28.7	9.8	2109	2379	2650	11428	21.1	39.0	604	1086	4.35	76.54		133.9	28.7	26.9
	ER	● 28.2	0.5	797	---	---	11053	---	40.3	139	740	4.50	116.14			10	---
2	UF	IDLE (open)	---	---	---	---	11053	3.3	40.3	---	1080	4.5	79.58	12.1	5	90	---
3	UF	IDLE (open)	---	---	---	---	11053	---	40.3	---	1080	3.86	68.21			90	---
	ER	● 28.2	---	---	---	---	11053	---	40.3	---	740	3.86	99.55			10	---
4	UR 2	● 21.6	6.6	1860	1118	2954	8527	22.9	52.3	334	1087	5	87.85	13.6	11	21.6	14.6
5	UR 3	● 16.6	5	1777	1090	2883	6617	22.4	67.3	247	1085	3.21	56.47			16.6	6
	EF	● 16.6	---	727	---	---	6535	1.2	68.2	71	755	3.25	82.17			10	---
6	UF	● 15.2	1.4	1983	---	1211	6065	8.3	73.5	128	1066	3.5	62.71	24.1		5	---

Finished Section

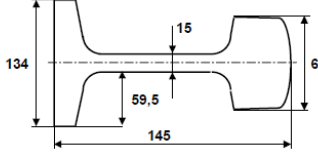
TDM Roll drwg. No.: 0100072-84.102

Total Rolling Time TDM: 49,8 s

Total Dead Time TDM: 149,9 s

Total Time TDM: 199,7 s

Production : 60 t/h



Drwg. no. : 0100072-84
Sheet : 2 of
Rev. :

¹⁾ Yield isn't considered

IBA bilgisayarından ve “Pass Schedule” lardan alınan veriler Excel programında kullanılmaya hazır hale getirilecek şekilde düzenlenmiştir.

6.3.2. Regresyon Analizi

Önerilen matematiksel yaklaşımlardan, üretim tecrübelerinden ve sezgisel olarak haddeleme işlemlerinde hangi parametrelerin birbiriyle ilişkili olduğu ve bu ilişkinin yönü ile ilgili bazı tahmin, yorum ve öngörüler yapılabilir. Ancak klasik korelasyon-regresyon yöntemlerinden biri kullanılarak veriler arasındaki ilişkilerin durumu ve yönü ile ilgili sonuçların değerlendirilmesi daha sağlıklı kararların verilmesine yardımcı olacaktır. Bunun için SPSS (PASW) Statistics 18 programı kullanılarak BD1 bölümü için bu analizler yapılmıştır. BD1 “Pass Schedule” da yer alan oniki farklı parametrenin korelasyon katsayıları Çizelge 6.4’te görülmektedir.

Çizelge 6.4. BD1 bölümü pass schedule” parametreleri korelasyon değerleri.

		Correlations				
		BD1_gen	BD1_yuk	BD1_dh	BD1_gap	BD1_ Kuvvet
BD1_gen	Pearson Correlation	1	.469**	.446**	.820**	.386*
	Sig. (2-tailed)		.004	.007	.000	.022
	N	35	35	35	35	35
BD1_yuk	Pearson Correlation	.469**	1	.502**	.536**	.743**
	Sig. (2-tailed)	.004		.002	.001	.000
	N	35	35	35	35	35
BD1_dh	Pearson Correlation	.446**	.502**	1	.451**	.777**
	Sig. (2-tailed)	.007	.002		.007	.000
	N	35	35	35	35	35
BD1_gap	Pearson Correlation	.820**	.536**	.451**	1	.222
	Sig. (2-tailed)	.000	.001	.007		.199
	N	35	35	35	35	35
BD1_kuvvet	Pearson Correlation	.386*	.743**	.777**	.222	1
	Sig. (2-tailed)	.022	.000	.000	.199	
	N	35	35	35	35	35
BD1_alan	Pearson Correlation	.850**	.858**	.545**	.802**	.645**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.001	.000	.000
	N	35	35	35	35	35
BD1_Ezmeoran	Pearson Correlation	-.092	.264	.707**	-.270	.765**
	Sig. (2-tailed)	.599	.125	.000	.116	.000
	N	35	35	35	35	35
BD1_uzunluk	Pearson Correlation	-.550**	-.692**	-.677**	-.529**	-.594**
	Sig. (2-tailed)	.001	.000	.000	.001	.000
	N	35	35	35	35	35
BD1_tork	Pearson Correlation	.441**	.692**	.899**	.339*	.959**
	Sig. (2-tailed)	.008	.000	.000	.047	.000
	N	35	35	35	35	35
BD1_merdcap	Pearson Correlation	-.542**	-.889**	-.460**	-.341*	-.803**
	Sig. (2-tailed)	.001	.000	.005	.045	.000
	N	35	35	35	35	35

Çizelge 6.4. (devam ediyor)

BD1_hiz	Pearson Correlation	-.671**	-.797**	-.690**	-.648**	-.693**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000	.000
	N	35	35	35	35	35
BD1_devir	Pearson Correlation	-.672**	-.786**	-.692**	-.656**	-.682**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000	.000
	N	35	35	35	35	35

		BD1_alan	BD1_ Ezmeoran	BD1_uzunluk	BD1_tork
BD1_gen	PearsonCorrelation	.850**	-.092	-.550**	.441**
	Sig. (2-tailed)	.000	.599	.001	.008
	N	35	35	35	35
BD1_yuk	Pearson Correlation	.858**	.264	-.692**	.692**
	Sig. (2-tailed)	.000	.125	.000	.000
	N	35	35	35	35
BD1_dh	Pearson Correlation	.545**	.707**	-.677**	.899**
	Sig. (2-tailed)	.001	.000	.000	.000
	N	35	35	35	35
BD1_gap	Pearson Correlation	.802**	-.270	-.529**	.339*
	Sig. (2-tailed)	.000	.116	.001	.047
	N	35	35	35	35
BD1_kuvvet	Pearson Correlation	.645**	.765**	-.594**	.959**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000
	N	35	35	35	35
BD1_alan	Pearson Correlation	1	.083	-.727**	.649**
	Sig. (2-tailed)		.635	.000	.000
	N	35	35	35	35
BD1_Ezmeoran	Pearson Correlation	.083	1	-.355*	.766**
	Sig. (2-tailed)	.635		.036	.000
	N	35	35	35	35
BD1_uzunluk	Pearson Correlation	-.727**	-.355*	1	-.664**
	Sig. (2-tailed)	.000	.036		.000
	N	35	35	35	35

Çizelge 6.4. (devam ediyor).

BD1_tork	Pearson Correlation	.649**	.766**	-.664**	1
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	
	N	35	35	35	35
BD1_merdcap	Pearson Correlation	-.825**	-.386*	.710**	-.710**
	Sig. (2-tailed)	.000	.022	.000	.000
	N	35	35	35	35
BD1_hiz	Pearson Correlation	-.855**	-.319	.870**	-.763**
	Sig. (2-tailed)	.000	.061	.000	.000
	N	35	35	35	35
BD1_devir	Pearson Correlation	-.850**	-.312	.869**	-.757**
	Sig. (2-tailed)	.000	.068	.000	.000
	N	35	35	35	35

		BD1_merdcap	BD1_hiz	BD1_devir
BD1_gen	Pearson Correlation	-.542**	-.671**	-.672**
	Sig. (2-tailed)	.001	.000	.000
	N	35	35	35
BD1_yuk	Pearson Correlation	-.889**	-.797**	-.786**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000
	N	35	35	35
BD1_dh	Pearson Correlation	-.460**	-.690**	-.692**
	Sig. (2-tailed)	.005	.000	.000
	N	35	35	35
BD1_gap	Pearson Correlation	-.341*	-.648**	-.656**
	Sig. (2-tailed)	.045	.000	.000
	N	35	35	35
BD1_kuvvet	Pearson Correlation	-.803**	-.693**	-.682**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000
	N	35	35	35
BD1_alan	Pearson Correlation	-.825**	-.855**	-.850**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000
	N	35	35	35
BD1_Ezmeoran	Pearson Correlation	-.386*	-.319	-.312
	Sig. (2-tailed)	.022	.061	.068
	N	35	35	35

Çizelge 6.4. (devam ediyor).

BD1_uzunluk	Pearson Correlation	.710**	.870**	.869**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000
	N	35	35	35
BD1_tork	Pearson Correlation	-.710**	-.763**	-.757**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000
	N	35	35	35
BD1_merdcap	Pearson Correlation	1	.777**	.762**
	Sig. (2-tailed)		.000	.000
	N	35	35	35
BD1_hiz	Pearson Correlation	.777**	1	1.000**
	Sig. (2-tailed)	.000		.000
	N	35	35	35
BD1_devir	Pearson Correlation	.762**	1.000**	1
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	
	N	35	35	35

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

* . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

Korelasyon analizi neticesinde hesaplanan korelasyon katsayısı r ile gösterilir ve -1 ile +1 arasında değerler alabilir. Katsayının +1 olması iki değişken arasında mükemmel bir doğrusal ilişkinin olduğunu gösterirken, katsayısının -1 olması ise değişkenler arasında mükemmel bir ilişkinin olduğu fakat ilişkinin yönünün ters olduğu anlamına gelmektedir. Katsayının sıfır olması durumunda ise iki değişken arasında herhangi bir görülebilir ilişkinin olmadığı anlamına gelmektedir. Korelasyon katsayısı r'nin hesaplanması aşağıdaki formüle göre yapılmaktadır.

$$r = \frac{n \sum XY - \sum X \sum Y}{\sqrt{n \sum X^2 - (\sum X)^2} \sqrt{n \sum Y^2 - (\sum Y)^2}} \quad (6.6)$$

Bu eşitlikte n örnek boyutunu, X ve Y, değişkenleri temsil etmektedir.

Korelasyon katsayılarına bakıldığında haddeleme hızı ile devir sayısı arasında çok güçlü (anlamlı) bir doğrusal bağlantı (r=1) olduğu görülmektedir. Gerçekten de

formül 3.26 ve 3.27 de de bu durum görülmektedir. Benzer bir durum merdane çapı ile hız arasında da vardır. Bu durum çoklu doğrusal bağlantı problemine yol açacağından bu üç parametrede hız parametresi YSA girişlerinden birisi olarak belirlenmiştir. Hız ile kuvvet arasında $r=-0,693$ lük ters yönlü anlamlı bir ilişki olduğu görülmektedir. Korelasyon tablosunda ezme oranı ile alan arasında anlamlı bir ilişki gözükme de Pass Schedule tablosu incelendiğinde bu iki parametre arasında da doğrusal direkt bir ilişkinin olduğu görülmektedir. Öte yandan dh (yükseklik azalması ile) kuvvet arasında $r=0,777$ lik güçlü (anlamlı) bir ilişkinin olduğu görülmektedir. Yine alan ile kuvvet arasında $0,645$ lik anlamlı bir ilişkinin olduğu görülmektedir. Kuvvet ile tork arasında da $r=0,959$ luk çok anlamlı bir ilişkinin varlığı görülmektedir. Belirlenen parametreler ile SPSS ortamında regresyon analizi de yapılarak sonuçlar değerlendirilmiştir. (Çizelge 6.5)

Çizelge 6.5. BD1 bölümü regresyon sonucu.

Katsayılar ^a						
Model		Standartlaştırılmamış Katsayılar		Standartlaştırılmış Katsayılar	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Sabiteler)	-2647.848	1950.001		-1.358	.185
	BD1_dh	23.494	4.588	.603	5.120	.000
	BD1_alan	-.017	.025	-1.292	-1.271	.214
	BD1_gen	8.616	7.471	.684	1.153	.258
	BD1_yuk	13.407	6.073	1.349	2.208	.035
	BD1_hiz	150.486	191.723	.152	.785	.439

a. Bağımlı Değişken: BD1_kuvvet

$$Kuvvet = -2647,848 + 23,494 \cdot dh - 0,017 \cdot alan + 8,616 \cdot gen + 13,407 \cdot yuk + 150,486 \cdot hiz \quad (6.7)$$

Bu formülden elde edilen kuvvet değerlerine bakıldığında birinci pasoda %35, ikinci pasoda %27, üçüncü asoda %21, dördüncü pasoda %17, beşinci pasoda % 30, altıncı pasoda %24 ve son pasoda %32 hata oranları ile karşılaşılmaktadır. MATLAB ortamında yapılan doğrusal ve doğrusal olmayan regresyon sonuçlarında da benzer

hata oranları elde edilmektedir. Bu sonuçlar sistemin klasik regresyon yöntemleri ile modellenemeyeceğini göstermektedir.

BD2 ve Tandem bölümleri BD1 bölümüne göre çok daha karmaşık ve doğrusal olmayan (non linear) özellikler taşıdığından bu bölümler için regresyon analizine gerek görülmemiştir.

SPSS ortamında yapılan korelasyon sonuçları, “Pass Schedule” lardaki parametrelerin irdelenmesi ve haddeleme işlemleri için yapılan matematiksel önermelerin birlikte harmanlanıp değerlendirilmesi sonucunda hedef olarak belirlenen kuvvet ve tork değerlerinin bulunabilmesi için ezme miktarı (dh), alan, hız, en, yükseklik uzunluk, ray tipi ve sıcaklık parametrelerinin kullanılabilmesi sonucuna ulaşılmıştır.

6.3.3. YSA Uygulaması

BD1, BD2 ve Tandem bölümleri YSA ile önce ayrı ayrı modellenmiş, daha sonra tüm bölümler birlikte modellenmiştir. Bir bölümün modellendiği uygulamalarda sadece “Pass Schedule” larda yer alan veriler kullanılmıştır. Tüm bölümlerin birlikte modellendiği uygulamada YSA ile ilgili ayrıntılı açıklamalar verildiğinden tek bölümün modellendiği uygulamalarda elde edilen sonuçların verilmesi ile yetinilecektir.

BD1, BD2 ve Tandem Bölümlerinin Ayrı Ayrı Modellenmesi:

BD1 bölümünün YSA ile modellenmesi uygulamasında her bir paso için blumun eni, yüksekliği, yüzey alanı, ezme oranı ve haddeleme hızı giriş değerleri; haddeleme kuvveti ve tork çıkış değerleri olarak kullanılmıştır. 60 kg/m, 54 kg/m, 46 kg/m, 33 kg/m tipindeki raylara ait veriler ağın eğitilmesi için, 49 kg/m tipindeki raya ait veriler ise test amaçlı kullanılmıştır. Önce giriş değerleri olarak belirlenen parametrelerden çıkış değeri olarak belirlenen haddeleme kuvvetinin doğru olarak tahmin edilmesi amaçlanmış, sonra aynı giriş değerleri kullanılarak çıkış değeri olarak belirlenen torkun doğru olarak tahmin edilmesine çalışılmıştır. Haddeleme

kuvveti ve torkun birlikte çıkış olarak alındığı durum da değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre Çizelge 6.6-6.8’de kuvvet, tork ile kuvvet ve torkun birlikte çıkış olarak alındığı durumlar için hata oranları verilmiştir.

Çizelge 6.6. 49 kg/m ray için BD1 bölümü kuvvet hata oranları.

Paso No	1	2	3	4	5	6	7
Hata Oranı(%)	0,41	3,18	4,64	5,42	7,24	3,51	0,23

Çizelge 6.7. 49 kg/m ray için BD1 bölümü tork hata oranları.

Paso No	1	2	3	4	5	6	7
Hata Oranı(%)	0,27	3,09	4,15	5,07	6,14	2,15	0,20

Çizelge 6.8. 49 kg/m ray için BD1 bölümü kuvvet ve tork hata oranları.

Paso No	1	2	3	4	5	6	7
Hata Oranı (%)	0,63	3,26	4,36	5,25	6,40	3,27	0,35
Kuvvet							
Hata Oranı (%)	0,25	2,02	5,24	6,34	4,03	3,12	0,39
Tork							

BD1 bölümü için gerçekleştirilen diğer bir uygulamada YSA giriş parametreleri olarak blumun yüzey alanı, uzunluğu, ezme oranı, haddelme hızı, haddelme kuvveti ve tork; çıkış parametreleri olarak ise blumun hadde sonrasındaki genişliği ve yüksekliği belirlenmiştir. Genişlik ve yüksekliğin birlikte çıkış olarak alındığı durum da değerlendirilmiştir. 49 kg/m ray için blumun hadde sonrasındaki genişlik ve yükseklik değerlerine Çizelge 6.9-6.11’de belirtilen hata oranları ile ulaşılmıştır.

Çizelge 6.9. 49 kg/m ray için blum genişliği hata oranları.

Paso No	1	2	3	4	5	6	7
Hata Oranı(%)	0,8	1,5	1,65	2,23	11,85	2,12	1,32

Çizelge 6.10. 49 kg/m ray için blum yüksekliği hata oranları.

Paso No	1	2	3	4	5	6	7
Hata Oranı(%)	0,25	2,11	3,41	4,08	12,18	3,26	1,25

Çizelge 6.11. 49 kg/m ray için blum yüksekliği ve genişliği hata oranları.

Paso No	1	2	3	4	5	6	7
HO(%) Genişlik	0,81	3,07	3,36	2,62	8,73	1,44	2,73
HO(%) Yükseklik	0,43	2,35	4,04	3,23	9,08	2,28	3,48

BD2 bölümü için yapılan YSA uygulamasında, BD2 bölümüne ait her bir paso için blumun eni, yüzey alanı, ezme oranı ve haddeleme hızı giriş parametreleri olarak; haddeleme kuvveti ve tork ayrı ayrı ve birlikte çıkış parametreleri olarak alınmıştır. 60, 54, 46 ve 33 kg/m rayın verilerinden 49 kg/m rayın kuvvet ve tork değerlerine Çizelge 6.12-6.14’de gösterilen hata oranları ile ulaşılmıştır.

Çizelge 6.12. 49 kg/m rayın BD2 bölümü kuvvet hata oranları.

Paso No	1	2	3	4	5	6	7
Hata Oranı (%)	2,57	4,36	5,15	7,85	2,47	0,91	1,21

Çizelge 6.13. 49 kg/m rayın BD2 bölümü tork hata oranları.

Paso No	1	2	3	4	5	6	7
Hata Oranı (%)	2,15	4,25	4,41	9,36	2,08	0,70	1,12

Çizelge 6.14. 49 kg/m rayın BD2 bölümü kuvvet ve tork hata oranları.

Paso No	1	2	3	4	5	6	7
HO (%) Kuvvet	2,50	5,21	3,25	10,41	3,27	1,27	0,65
HO (%) Tork	2,43	6,08	2,45	8,11	2,85	0,88	0,39

Tandem bölümü için gerçekleştirilen YSA uygulamasında ise her bir paso için yüzey alanı, ezme oranı ve haddeleme hızı giriş değerleri olarak; rayın kaburga (web),

mantar (head) ve ayak (base) kısmına uygulanan kuvvetler ile tork ise ayrı ayrı çıkış değerleri olarak kullanılmıştır. 60 kg/m, 54 kg/m, 46 kg/m ve 33 kg/m tipindeki raylara ait veriler ağırlık eğitilmesi için, 49 kg/m tipindeki raya ait veriler ise test amaçlı kullanılmıştır. Tandem bölümü rayın nihai şeklinin verildiği, ilk iki bölümden farklı olarak dört merdane ile yatay ve dikey haddelemenin yapıldığı son bölümdür. Bu nedenle bu bölümde üç farklı haddeleme kuvveti söz konusudur. Çizelge 6.15-6.17’de Tandem bölümü için hata oranları verilmiştir.

Çizelge 6.15. 49 kg/m rayın Tandem bölümü kaburga kısmı kuvvet hata oranları.

Paso No	1	2	3	4	5	6	7
Hata Oranı(%)	2,9	3,2	---	1,8	1,2	0,5	0,9

Çizelge 6.16. 49 kg/m rayın Tandem bölümü mantar kısmı kuvvet hata oranları.

Paso No	1	2	3	4	5	6	7
Hata Oranı(%)	1,8	---	---	1,5	2,18	---	---

Çizelge 6.17. 49 kg/m rayın Tandem bölümü ayak kısmı kuvvet hata oranları.

Paso No	1	2	3	4	5	6	7
Hata Oranı(%)	1,9	---	---	2,1	1,28	---	1,27

Çizelge 6.18. 49 kg/m rayın Tandem bölümü tork hata oranları.

Paso No	1	2	3	4	5	6	7
Hata Oranı(%)	1,3	3,11	---	1,7	1,9	1,15	0,9

Yukarıda anlatılan YSA uygulamalarında temel olarak “Pass Schedule” larda yer alan veriler kullanılmış bulunmaktadır. Gerçek saha verilerinin modele katılması giriş parametre sayılarının artırılması ve daha fazla veri ile işlem yapmayı sağlayacağından bir sonraki aşamada BD1, BD2 ve Tandem sistemleri beraberce YSA ile modellenmiştir. Geliştirilen YSA modeli ile ilgili çalışmalar aşağıda anlatılmıştır:

BD1, BD2 ve Tandem Bölümlerinin Birlikte Modellenmesi:

BD1, BD2 ve Tandem bölümleri beraberce modelde kullanılırken Kardemir AŞ'nin Ray ve Profil Haddehanesinin üretim portföyünde bulunan beş çeşit rayın üretim parametrelerinden beş adet parametre giriş değeri olarak, iki adet parametre ayrı ayrı çıkış değeri olarak belirlenmiştir. Her bir paso için haddeleme hızı, ezme miktarı, ray tipi, sıcaklık ve kesit alanı giriş parametreleri olarak; haddeleme işlemlerinin en önemli parametrelerinden biri olan kuvvet ve tork çıkış parametreleri olarak belirlenmiştir. 60 kg/m, 54 kg/m, 46 kg/m, 33 kg/m tipindeki raylara ait veriler ağın eğitilmesi için, 49 kg/m tipindeki raya ait veriler ise test amaçlı kullanılmıştır. 60 kg/m, 54 kg/m ve 49 kg/m tipindeki rayların verileri hem teorik (pass schedule) hem de gerçek saha (actual) veri tabanlarından alınmıştır. 46 kg/m ve 33 kg/m rayların verileri ise sadece teorik (pass schedule) veri tabanından alınmıştır. "Pass schedule" lar haddehaneyi kuran firma tarafından hazırlanmıştır.

Öğrenme kuralı olarak "Backpropagation" yöntemi seçilmiştir. İterasyon sayısı optimum 100 olarak belirlenmiştir. Bütün veriler 0,1-0,9 aralığında değer alacak şekilde normalize edilmiştir. Normalizasyon için aşağıdaki formül kullanılmıştır.

$$V_N = 0,8 \times \left(\frac{V - V_{min}}{V_{max} - V_{min}} \right) + 0,1 \quad (6.1)$$

Burada V_N normalize edilmiş değer, V orjinal değer, V_{min} minimum değer, V_{max} maximum değerdir. Normalize edilmiş değerden orjinal değeri bulmak için ise formül 6.2 kullanılmıştır:

$$V = \frac{V_N(V_{max} - V_{min}) - 0,1V_{max} + 0,8V_{min}}{0,8} \quad (6.2)$$

Çizelge 6.19 ve 6.20'de BD1 bölümüne ait normalize edilmemiş ve normalize edilmiş veri seti örnekleri görülmektedir.

Çizelge 6.19. BD1 bölümünde normalize edilmemiş veri seti örneği.

Alan	Δh	Ray tipi	Hız	Sıcaklık	Kuvvet
88067	42.7	60	1.9	1170	2468
79380	42	60	2.1	1097	2545
71672	35.5	60	2.3	1089	2542
63855	33	60	2.5	954	2557
58370	37	60	2.7	1030	2119
53477	29	60	2.9	780	1961
51480	11.5	60	3.1	700	1458
87680	44.7	54	1.9	1150	2311
78375	45	54	2.1	1100	2421
69948	40	54	2.3	1080	2444
61740	35	54	2.5	1000	2399
55848	43	54	2.7	800	2081
49396	39	54	2.9	740	2105
45100	28	54	3.1	720	1813

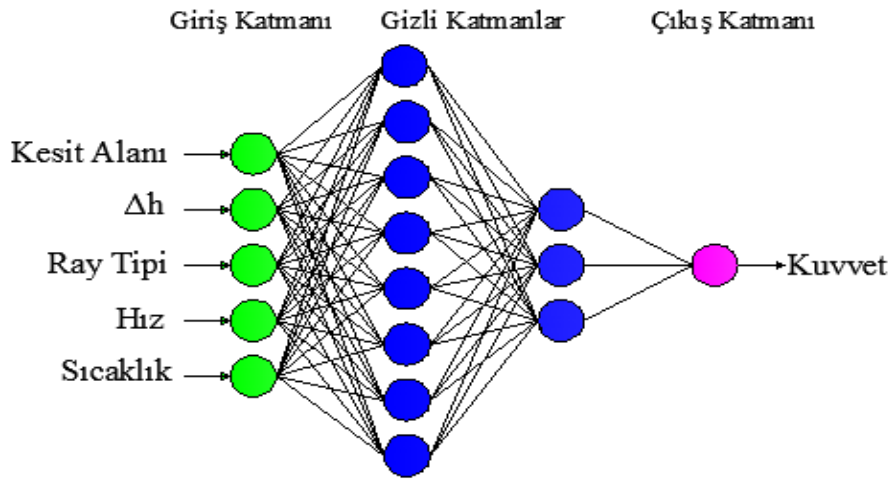
Çizelge 6.20. BD1 bölümünde normalize edilmiş veri seti örneği.

Area	Δh	Rail Type	Speed	Temperature	Force
0.900000	0.770769	0.900000	0.161538	0.900000	0.764630
0.749543	0.756410	0.900000	0.284615	0.775745	0.800823
0.616042	0.623077	0.900000	0.407692	0.762128	0.799412
0.480654	0.571795	0.900000	0.530769	0.532340	0.806463
0.385655	0.653846	0.900000	0.653846	0.661702	0.600588
0.300909	0.489744	0.900000	0.776923	0.236170	0.526322
0.266322	0.130769	0.900000	0.900000	0.100000	0.289894
0.893297	0.811795	0.722222	0.161538	0.865957	0.690834
0.732137	0.817949	0.722222	0.284615	0.780851	0.742538
0.586183	0.715385	0.722222	0.407692	0.746809	0.753349
0.444023	0.612821	0.722222	0.530769	0.610638	0.732197
0.341974	0.776923	0.722222	0.653846	0.270213	0.582726
0.230227	0.694872	0.722222	0.776923	0.168085	0.594007
0.155822	0.469231	0.722222	0.900000	0.134043	0.456757

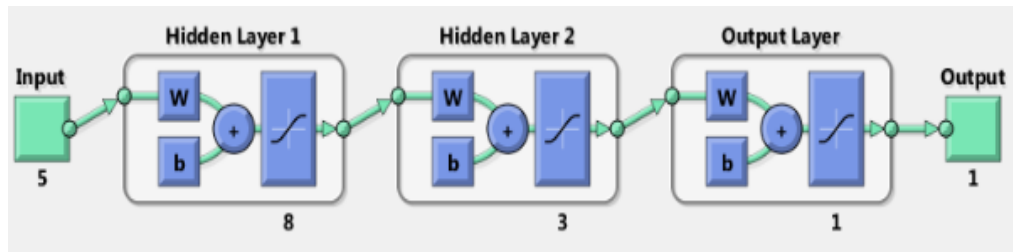
Farklı algoritma ve ara katman sayılarından en iyi sonuçların Levenberg-Marquardt (LM) algoritmasında ve 2 ara katman kullanıldığında elde edildiği gözlemlenmiştir. Transfer fonksiyonu olarak purelin (linear transfer function), Tansig (Tan-sigmoid transfer function) ve Logsig (Log-sigmoid transfer function) seçilmiş, bu üç fonksiyondan birbirine yakın sonuçlar elde edilmiştir. Yapay sinir ağı MATLAB ortamında gerçekleştirilmiştir.

Gizli katman sayısının ve bu katmanlardaki hücre sayısının belirlenmesi için literatürde üzerinde kesin olarak mutabakata varılmış bir kural yoktur. Ancak araştırmacılar tarafından önerilen bazı yaklaşımlar olmuştur [45-48].

Oluşturulan çeşitli mimarideki YSA'lerden en iyi sonuçların alındığı, birincisi 8 nöronun, ikincisi ise 3 nöronun oluşan iki gizli katmanlı yapay sinir ağı mimarisi kullanılmıştır (Şekil 6.24 ve 6.25).



Şekil 6.24. YSA mimarisi

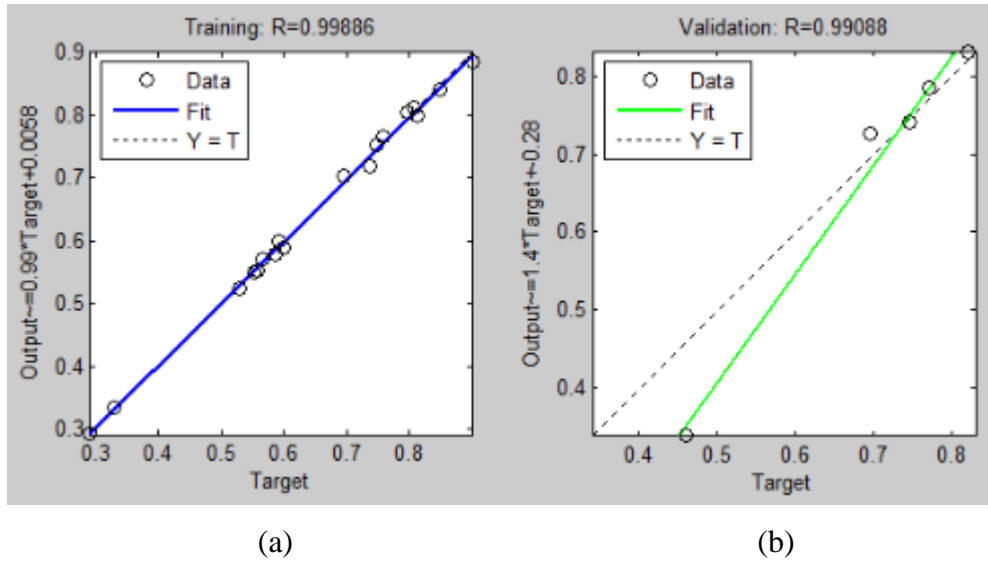


Şekil 6.25. YSA mimarisinin MATLAB görüntüsü

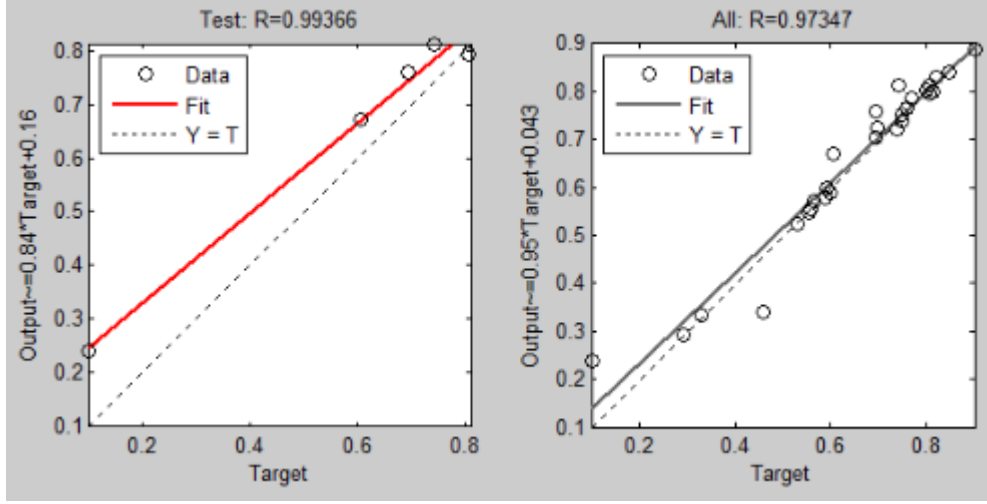
Her bir paso için 35 adet veri ağın eğitimi için, 5 adet veri test için; toplamda 630 veri eğitim, 90 veri test için kullanılmıştır.

MATLAB ortamında çok katmanlı ağlar (multilayer networks) eğitilirken genel uygulama verileri üç alt bölüme ayırmaktır. İlk bölüm, ağ için gerekli hesaplamaları yaparak ağın ağırlık ve bias değerlerini güncelleyen eğitim (training) setidir. İkinci bölüm doğrulama (validation) setidir. Eğitim süreci boyunca doğrulama setinde meydana gelen hatalar (error) görüntülenir. Eğitim setinde olduğu gibi doğrulama setinde de normal olarak eğitimin başlangıç aşamasında hatalar azdır. Ancak ağ daha çok veri işlemeye başladığında doğrulama setindeki hata umumiyetle artmaya başlar. Doğrulama seti minimum hata değerlerindeki ağın ağırlıkları (weights) ve bias değerleri kaydedilir. Test seti hataları eğitim esnasında kullanılmaz, fakat farklı modellerle karşılaştırılır [49].

Şekil 6.26 YSA regresyon sonuçlarını göstermektedir.



Şekil 6.26. YSA regresyon sonuçları: a) Eğitim b) Doğrulama c) Test d) Hepsi.



(c)

(d)

Şekil 6.26. (devam ediyor).

Çizelge 6.21 ve 6.22’de BD1 ve BD2 bölümlerindeki pass schedule, gerçek (saha) ve YSA ile bulunan kuvvet değerleri görülmektedir. Çizelge 6.23’te ise Tandem bölümündeki pass schedule, gerçek ve YSA ile bulunan kuvvet ve tork değerlerini göstermektedir. Tork değerinin sadece haddelemenin en hassas kısmı olan Tandem bölümü için bulunması yeterli görülmüştür.

Çizelge 6.21. 49 kg/m rayın BD1 bölümündeki kuvvet değerleri (kN).

Paso No	Pass Schedule	Saha	YSA
1	2309	2535	2513
2	2418	2756	2482
3	2439	2446	2495
4	2393	2154	2045
5	2023	1945	1874
6	2046	2127	2328
7	1505	1418	1375

Çizelge 6.22. 49 kg/m rayın BD2 bölümündeki kuvvet değerleri (kN).

Paso No	Pass Schedule	Saha	YSA
1	1710	1336	1385
2	2270	2153	2075
3	1853	1986	1903
4	1985	1877	1795
5	1505	1598	1439

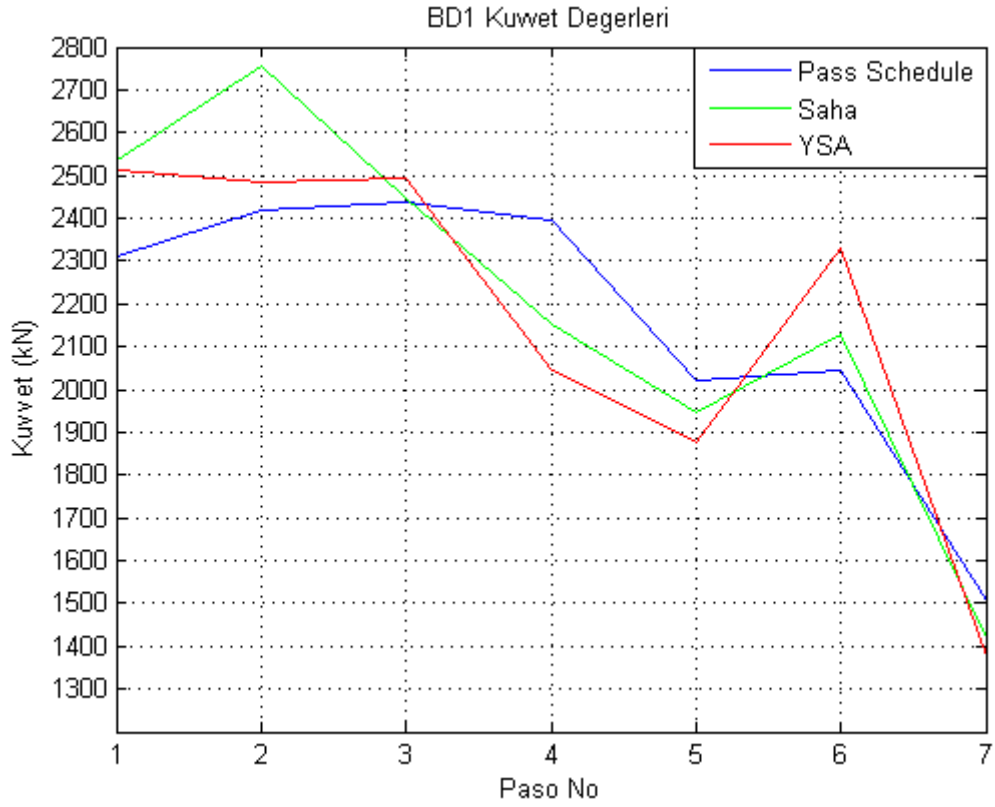
Çizelge 6.23. 49 kg/m rayın Tandem bölümündeki kuvvet ve tork değerleri.

Paso No		Pass Schedule	Saha	YSA
1 (UR1)	Kuvvet (kN)	1917	1727	1843
	Tork (kNm)	431	395	420
2 (ER)	Kuvvet	925	1020	970
	Tork	92	95	94
3 (UR2)	Kuvvet	1689	1647	1705
	Tork	313	341	330
4 (UR3)	Kuvvet	1635	1567	1493
	Tork	259	255	251
5 (EF)	Kuvvet	685	620	642
	Tork	65	61	64
6 (UF)	Kuvvet	2064	2137	2200
	Tork	134	120	126

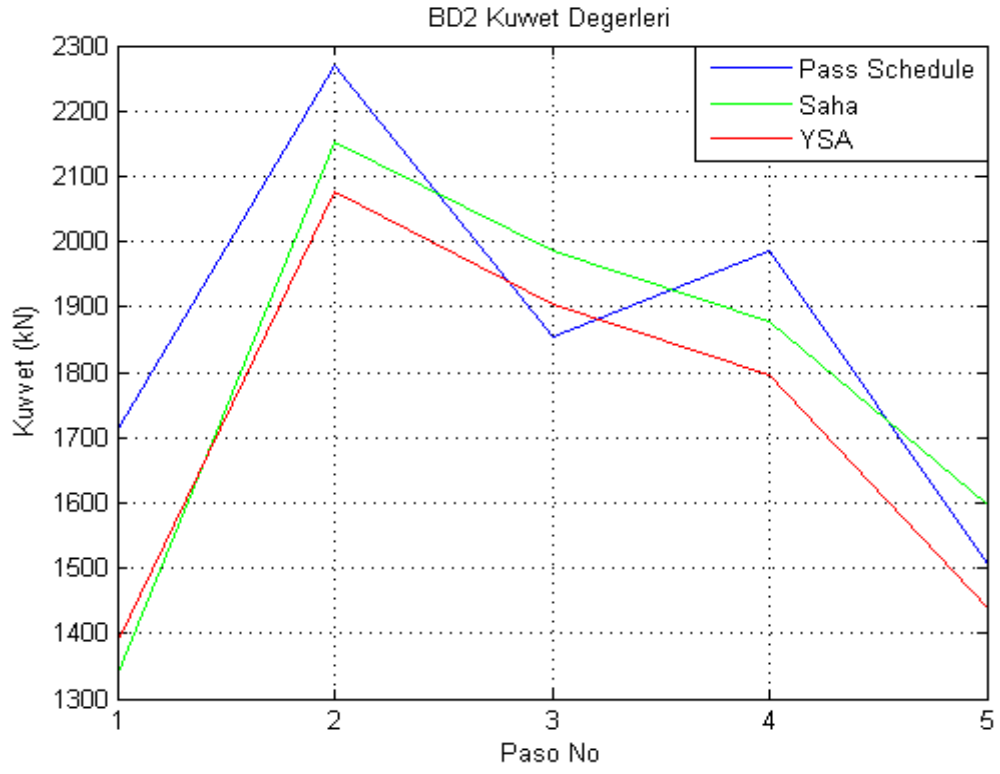
Çizelge 6.21-6.23'te saha değerleri ile YSA'da elde edilen değerler karşılaştırıldığında BD1 bölümündeki yedi paso için kuvvet değerlerinin hata oranları sırasıyla %0.86, %9.9, %2, %5.06, %3.65, %9.45 ve %3.03; BD2 bölümündeki beş paso için hata oranlarının sırasıyla %3.67, %3.62, %4.18, %4.36 ve %9.95; Tandem bölümündeki altı paso için hata oranlarının sırasıyla %6.72, %6.33, %4.90, %3.52, %3.54 ve %2.94 olduğu görülmektedir. Tandem bölümündeki tork değerleri için hata oranları ise yine sırasıyla %6.33, %1.05, %3.23, %1.57, %4.91 ve %5 tir. Bu sonuçlar YSA'nın sistemin modellenmesi için kullanılabileceğini

göstermektedir. Hata oranları BD1 bölümünde yedi pasodan beşinde, BD2 bölümünde beş pasodan dördünde, Tandem bölümünde altı pasodan beşinde %5'in altında olmuştur. Diğer pasolarda daha yüksek hata oranlarının sebebi olarak sistemin karmaşıklığı gösterilebilir.

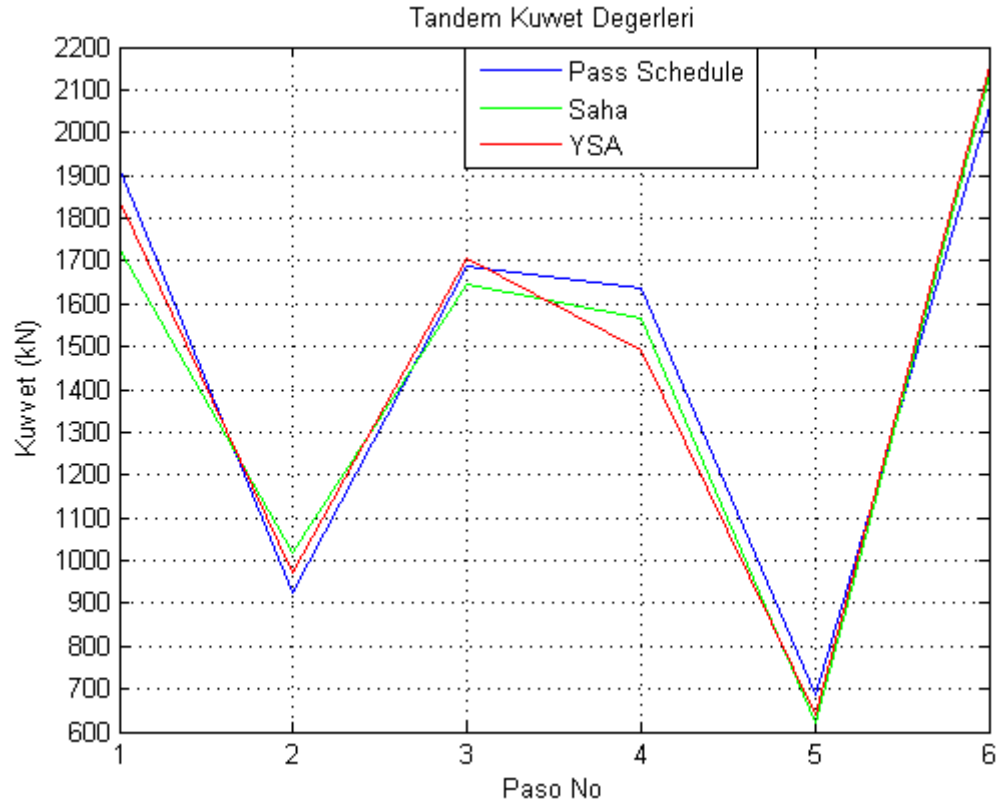
Çizelgeler incelendiğinde bütün pasolarda hata oranlarının %10'un altında kaldığı görülmektedir. Şekil 6.27-6.29 BD1, BD2 ve Tandem bölümlerinin kuvvet değerleri grafiksel olarak gösterilmektedir. Şekil 6.30 ise Tandem bölümünün tork değerlerini göstermektedir.



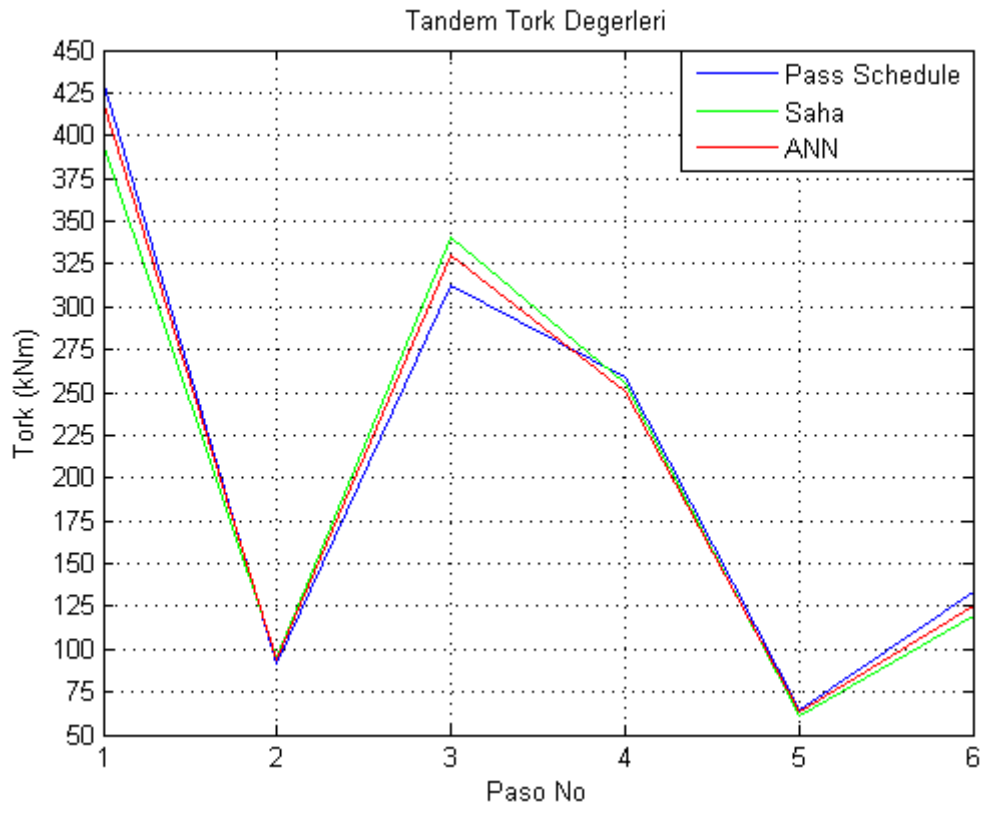
Şekil 6.27. BD1 bölümü kuvvet değerleri.



Şekil 6.28. BD2 bölümü kuvvet değerleri.



Şekil 6.29. Tandem bölümü kuvvet değerleri.



Şekil 6.30. Tandem bölümü kuvvet değerleri.

Çizelge 6.24. BD1 bölümü 3. Paso için ağırlıklar ve bias değerleri.

	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	C ₈
Giriş ve ilk gizli katman arasındaki ağırlıklar								
1	-0.23919	0.24757	1.0459	1.6868	-0.48039			
2	-0.87706	-0.08451	0.64256	-0.11078	1.7633			
3	-0.56544	-0.6335	-1.6855	-0.60384	-1.2687			
4	-0.6084	1.2148	1.248	-0.51406	0.8105			
5	1.2491	-1.1274	0.88431	-0.87695	-1.0328			
6	1.3218	1.0346	-1.1923	0.50148	-0.82972			
7	-0.13049	-1.8089	0.43605	-1.4317	-0.28745			
8	-0.043776	-0.72961	1.6222	-0.62202	0.87972			
Birinci gizli katman ve ikinci gizli katman arasındaki ağırlıklar								
1	-0.76215	-0.50383	0.44583	0.0086751	-1.7435	0.059848	1.3181	-0.2465
2	0.0086721	0.19921	-0.84662	1.1053	-0.0064	-0.98473	0.13063	-0.5131
3	0.59741	0.50906	-0.53687	-0.86729	0.40945	0.53993	-0.44874	-0.1591
İkinci gizli katman ile çıkış arasındaki ağırlıklar								
1	4.8289	-1.9716	0.43192					
Giriş ve ilk gizli katman arasındaki bias değerleri								
1	2.157							
2	1.5596							
3	0.28401							
4	0.36609							
5	1.0614							
6	0.5747							
7	-1.4283							
8	-2.182							
Birinci gizli katman ve ikinci gizli katman arasındaki bias değerleri								
1	1.7655							
2	0.15988							
3	1.8633							
İkinci gizli katman ve çıkış arasındaki bias değerleri								
1	-0.45222							

Çizelge 6.25. BD1 pasolarının istatistiksel değerleri.

BD1	RMS eğitim	R ² eğitim	MAPE eğitim (%)	RMS test	R ² test	MAPE test (%)
Paso 1	0.007122	0.999920	0.894613	0.010328	0.999832	1.297315
Paso 2	0.109001	0.985332	12.111222	0.129001	0.979455	14.333444
Paso 3	0.014212	0.999645	1.884149	0.023212	0.999053	3.077325
Paso 4	0.038762	0.996054	6.281975	0.051238	0.993105	8.303818
Paso 5	0.027300	0.997231	5.262208	0.033300	0.995880	6.418720
Paso 6	0.078774	0.987293	11.272360	0.094455	0.975573	15.629270
Paso 7	0.006093	0.999495	2.247508	0.020093	0.994507	7.411790

Çizelge 6.26. BD2 pasolarının istatistiksel değerleri.

BD2	RMS eğitim	R ² eğitim	MAPE eğitim (%)	RMS test	R ² test	MAPE test (%)
Paso 1	0.010110	0.998095	4.364130	0.015854	0.995317	6.843432
Paso 2	0.012221	0.999391	2.467249	0.025221	0.997407	5.091811
Paso 3	0.010092	0.999477	2.286195	0.026908	0.996284	6.095693
Paso 4	0.016533	0.998344	4.069543	0.026533	0.995735	6.531066
Paso 5	0.033017	0.989098	10.441342	0.051217	0.973766	16.196897

Çizelge 6.27. Tandem pasolarının istatistiksel değerleri (kuvvet).

Tandem	RMS training	R ² training	MAPE training (%)	RMS test	R ² test	MAPE test (%)
Paso 1	0.012384	0.995836	6.453210	0.016164	0.992906	8.422742
Paso 2	0.004660	0.997515	4.985108	0.006928	0.994508	7.411020
Paso 3	0.004321	0.999429	2.390104	0.008100	0.997992	4.480978
Paso 4	0.006540	0.998514	3.855355	0.010320	0.996299	6.083504
Paso 5	0.001928	0.997399	5.100000	0.003062	0.993439	8.100000
Paso 6	0.002023	0.999934	0.812497	0.002401	0.999907	0.964300

Çizelge 6.28. Tandem pasolarının istatistiksel değerleri (tork).

Tandem	RMS training	R ² training	MAPE training (%)	RMS test	R ² test	MAPE test (%)
Pass 1	0.006750	0.999057	3.071429	0.013553	0.996197	6.167183
Pass 2	0.000344	0.999963	0.610036	0.000533	0.999911	0.945586
Pass 3	0.005482	0.999171	2.879964	0.005860	0.999052	3.078533
Pass 4	0.001754	0.999851	1.222117	0.002132	0.999779	1.485524
Pass 5	0.001332	0.998759	3.523000	0.001625	0.998151	4.300000
Pass 6	0.002857	0.998332	4.084387	0.003235	0.997861	4.624796

Çizelge 6.24'te BD1 bölümünün üçüncü pasosu için ağırlıklar ve bias değerleri verilmiştir. Çizelge 6.25-6.28, BD1, BD2 ve Tandem bölümlerindeki her bir pasodaki YSA çıkışı eğitim ve test verileri için istatistiksel değerleri göstermektedir. YSA çıkışlarının her hata değeri tablolarda verilmiştir. MAPE değerleri incelendiğinde BD1 bölümünde iki pasoda %10'u aştığı (2. ve 6. pasolar), diğer pasolarda %10'un altında olduğu; BD2 bölümünde bir pasoda %10'u aştığı (5. paso), diğer pasolarda ise %10'un altında olduğu görülmektedir. Tandem bölümünde ise bütün pasolarda MAPE değerlerinin %10'dan azdır.

BD1 bölümünde yedi paso için ortalama MAPE test değeri %8.167383; BD2 bölümünde beş paso için ortalama MAPE test değeri %8.151779; Tandem bölüme altı paso için ortalama MAPE test değeri %5.910424, tork değerleri için % 3.433603 tür. BD1 ve BD2 bölümlerindeki bazı pasolarda hata oranlarının oldukça yüksek olmasının nedeninin sistemin karmaşıklığından kaynaklandığı düşünülmektedir. Tandem bölümünde BD1 ve BD2 bölümlerine göre hata oranlarının daha az olmasının nedeninin ise bu bölümde daha çok saha verilerinin kullanılmasıdır. RMS değerleri bütün pasolarda çok düşüktür. R^2 değerleri genellikle 1'e çok yakındır. Bütün bu sonuçlar değerlendirildiğinde YSA modelinin prosesin tüm aşamalarında yüksek doğruluklu istatistiksel değerlerle temsil edildiği ve YSA'nın kuvvet ve tork değerlerini tahmin edebileceği görülmektedir.

Bu çalışma ile kompleks yaklaşımlar ve analitik denklemler yerine YSA, ray haddeleme sürecinde üretim tasarımı için gerekli parametrelerin belirlenmesinde kullanılabilir. Ray haddeleme gibi çok karmaşık ve pahalı bir sistem finansal ve zaman kaybına uğramadan yeni bir ürünün simülasyonu YSA ile yapılabilir. Yüksek doğrulukla matematiksel bir modelin ortaya konmasının çok zor olduğu böyle bir sistemde YSA alternatif bir yöntem olarak kullanılabilir.

BÖLÜM 7

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

7.1. SONUÇLAR

Ray ve profil haddeleme, sıcak haddeleme işlemlerinin en zor ve karmaşık türlerinden biridir. Sıcak haddeleme ile ilgili verilen matematiksel formüller ve yaklaşımların büyük çoğunluğu düz merdanelerle yassı (flat) malzemelerin haddeleme işlemleri içindir. Özellikle farklı geometrik şekiller için bir matematiksel formül ve/veya model önermek çok zor veya imkansızdır. Sıcak haddeleme ile ilgili yapılan çalışmalara bakıldığında ray ve profillerle ilgili yapılan çalışmaların düz/yassı ürünlerle ilgili yapılan çalışmalara göre oldukça az olduğu görülmektedir. Hem ray/profil hem de düz/yassı ürünlerin simülasyonu için gerçekleştirilen çalışmaların ANSYS, DEFORM ve MARC gibi programlar ile Sonlu Elemanlar Yöntemi (SEY) kullanılması şeklinde yoğunlaştığı görülmektedir.

Yapılan bu çalışmada Türkiye’de ray üretiminin yapıldığı tek yer olan Kardemir Ray ve Profil Haddehanesindeki haddeleme işlemlerinin simülasyonu gerçekleştirilmiştir. Çalışmalarımızda daha çok raylar üzerinde yoğunlaşmıştır. Yapay sinir ağları (YSA) uygulaması ve simülasyon uygulaması olmak üzere iki ana uygulama gerçekleştirilmiştir.

YSA uygulamasında, haddehanenin üretim portföyünde bulunan beş çeşit raydan dördünün (60, 54, 46 ve 33 kg/m raylar) verileri kullanılarak beşinci tip rayın (49 kg/m ray) haddeleme kuvveti ve tork değerleri BD1, BD2 ve Tandem bölümlerinin her bir pasosu için bulunmuştur. Elde edilen değerler 6. bölümde verilmiştir. Bu sonuçlar YSA’nın sistemin modellenmesi için kullanılabileceğini göstermektedir. Hata oranları BD1 bölümünde yedi pasodan beşinde, BD2 bölümünde beş pasodan dördünde, Tandem bölümünde altı pasodan beşinde %5’in altında olmuştur.

İkinci uygulamada, sıcak haddeleme işlemleri için interaktif bir simülasyon uygulaması yapılmıştır. Uygulama, veritabanı ve simülasyon olmak üzere iki ana bölümden meydana gelmektedir. Veritabanı haddehanenin, paso planlamasının ve kalibrelerin (yivlerin) temel verilerinin kurulması için üç program modülünden oluşmaktadır. Simülasyon, haddeleme parametrelerinde herhangi bir değişiklik olduktan sonra haddehane kurulumu için şartları anlık olarak hesaplayan bir programdır.

Bu yazılım, merdane paso tasarımını, proses şartlarındaki değişimleri değerlendirmeyi, yeni ürünleri veya proses rotasını değerlendirmeyi, ayrıca mevcut sistemi iyileştirmeyi veya yeni tasarım önerileri değerlendirmeyi kapsamaktadır.

Uygulama bir haddehanede yapılması gereken hesaplamaların ve proses parametrelerinin simülasyonunun yapılmasına imkan sağlamaktadır. Ayrıca operatörler mevcut haddehanenin yenilenmesi veya yeni bir haddehane kurulması durumunda kendi fikirlerini ve kurucu firmaların işlemlerini test ve kontrol edebilirler.

Simülasyon uygulaması BD2 ve Tandem bölümlerine kıyasla BD1 bölümü için daha doğru sonuçlar vermektedir. Ancak uygulama BD2 ve Tandem bölümleri için de kullanılabilir. Simülasyon uygulaması özellikle BD2 ve Tandem bölümleri için geliştirilmeye açıktır.

Literatürdeki çalışmalardan farklı olarak ANSYS, DEFORM gibi paket bir program kullanarak analizler yapmak yerine gerçek saha verilerinden yararlanılarak sistemin davranışı tahmin edilmeye çalışılmış ve sistem için önemli olan tüm parametre değerlerinin elde edilmesi hedeflenmiştir. Bu hedeflere ciddi ölçülerde ulaşılmıştır.

7.2. ÖNERİLER

Ray ve profil haddeleme işlemlerinin simülasyonu ile ilgili yapılan bu çalışmanın, bu konuda Türkiye’de ve dünyada yapılan çalışmaların azlığı dikkate alındığında ülkemiz ve dünya literatürüne katkı sağlayacak niteliktedir. Bu çalışmanın daha

ileriye taşınması açısından simülasyon uygulamalarında simülasyon prosedürlerini zorlaştıracığı için kullanılmayan bazı parametrelerin de kullanılarak sonuçların değerlendirilmesi, bu tarz bir çalışmaya değer katacaktır. İşlem yoğunluklu olacak bu tür uygulamalarda paralel işlemcilerin ve özelde grafik işlemcilerin (GPU) kullanılması performans açısından uygun bir yaklaşım olacaktır.

Yapılan çalışmalar off-line olarak gerçekleştirilmiştir. Ancak YSA ve simülasyon uygulaması birlikte kullanılarak oluşturulacak hibrid bir sistemle on-line olarak da kullanılabilir.

Ülkemizde önümüzdeki on yıl boyunca enerji ve raylı sistemlere yatırım yapmanın artık bir devlet politikası olduğu çeşitli ortamlarda dile getirilmektedir. Türkiye’de hızlı tren ve yaygınlaşan metro projeleri de dikkate alındığında ray üretimi ile ilgili çalışmaların daha da önem kazanacağı açıktır.

Metalurji, makine, elektrik-elektronik ve bilgisayar disiplinlerini kapsayan bu çok karmaşık üretim sürecinde ürünlerin kalitesini ve çeşitliliğini artırmak ve bu sektörde dünyada söz sahibi olmak için devlet-sanayi-üniversite işbirliğinin çok daha sıkı sağlanması, farklı disiplinlerden özel proje ekipleri oluşturulmasının gerekli olduğu düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

1. İnternet: UYTES, “UYTES”, <http://www.uytes.com.tr/simulasyon/simulasyon.html> (2014).
2. Banks, J., Carson, J., Nelson, B. and Nicol, D., “Discrete-event System Simulation”, *Prentice Hall*, US, 3 (2001).
3. Turban, E., Aranson, J. E. and Liang, T. P., “Decision Support Systems and Intelligent Systems”, Seventh Edition, *Pearson Education Inc.*, New Jersey, 43-49 (2005).
4. Sokolowski, J. A. and Banks, C. M. “Principles of Modeling and Simulation”, *Wiley*, Hoboken, NJ, ISBN 978-0-470-28943-3, 6 (2009).
5. İnternet: Berkeley, “System Design, Modeling and Simulation”, http://ptolemy.eecs.berkeley.edu/books/Systems/PtolemyII_DigitalV1_02.pdf (2014).
6. Kulakowski, B. T., Gardner, J. F. and Shearer, J. L., “Dynamic Modeling and Control of Engineering Systems”, *Cambridge University Press*, Cambridge (2007).
7. Chang, S., Yu, H., Deng, G., Liu, X. and Wang, G., “Numerical simulation of temperature field and thermal stress field of work roll during hot strip rolling”, *Journal of Iron and Steel Research, International*, 14 (5): 18-21 (2007).
8. Huez, J., Noyes, L. and Coupu, J., “Three-dimensional finite element simulation of hot ring rolling”, *The Minerals Metals & Materials Society*, IRSID, France, (2001).
9. Shalani, A. R., Nodamaie, S. A. and Salehinia I., “Parametric study of hot rolling process by the finite element method, *Transaction B: Mechanical Engineering Sharif University of Technology*, 16 (2): 130-139 (2009).
10. Jonas, W. R. and Torbjörn, L., “Rail contact fatigue analysis of rails including numerical simulations of the rail manufacturing process and repeated wheel-rail contact loads”, *International Journal of Fatigue* 25: 547-568 (2003).
11. Iankov, R., “Finite element simulation of profile rolling of wire”, *Journal of Materials Processing Technology*, 142: 355-361 (2003).
12. Shangwu, X., Xianghua, L., Guodong, W. and Qiang, Z., “A three-dimensional finite element simulation of the vertical-horizontal rolling process in the with reduction of slab”, *Journal of Materials Processing Technology*, 101: 146-151 (2000).

13. Duan, X. and Sheppard, T., "Simulation of substructural strengthening in hot flat rolling", *Journal of Materials Processing Technology*, 125-126: 179-187 (2002)
14. Dvorkin, E. D., "Steel industry: Simulation of production processes and product performance evaluation using finite element models", *Center for Industrial Research*, Fudetec, Av. Cordoba, Argentina, 320, 1054 (2003).
15. Öznergiz, E. ve Özsoy, C., "Sıcak haddeleme prosesinin deneysel modellenmesi", *İTÜ Dergisi*, 3 (6): 99-107 (2004).
16. Cser, L., Korhonen, A. S., Gulyas, J., Mantyla, P., Simula, A., Reiss, Gy. and Ruha, P., "Data mining and state monitoring in hot rolling", *Bay Zoltan Institute for Logistics and Production Systems*, H3519, Miskolc-Topalca, Hungary (1999).
17. Martinetz, T., Protzel, P., Gramckow, O. and Sörgel, G., "Neural network control for rolling mills", *Siemens AG Corporate R&D*, München, Germany (1994).
18. Barrios, J. A., Alvarado, M. T., and Cavazos, A., "Neural, fuzzy and Grey-Box modelling for entry temperature prediction in a hot strip mill", *Expert Systems with Applications*, 39: 3374-3384 (2012).
19. Rolle, J. L. C., Roca, J. L. C., Quintian, H., and Lopez, M. C. M., "A hybrid intelligent system for PID controller using in a steel rolling process" *Expert Systems with Applications*, 40: 5188-5196 (2013).
20. Dong, Y., Zhang, W. and Cao, H., "Determination of forward slip coefficient during heavy rail rolling using universal mill", *Journal of Iron and Steel Research, International*, 15 (2): 32-38 (2008).
21. Dong, Y., Zhang, W. and Song, J., "Theoretical and experimental research on rolling force for rail hot rolling by universal mill", *Journal of Iron and Steel Research, International*, 17 (1): 27-32 (2010).
22. Guerrero, M. A., Belzunce, J., Betegon, J. and Vigil, J., "Hot rolling process simulation. Application to UIC-60 rail rolling", *Proceedings of the 4th IASME/WSEAS Conference on Continuum Mechanics (CM'09)*, ISSN:1790-2769: 213-218 (2009).
23. Altinkaya, H., Orak, İ. M. and Esen, İ., "Artificial neural network application for modeling the rail rolling process", *Expert Systems with Applications*, 41: 7135-7146 (2014).
24. Wusatowski, Z., "Fundamentals of Rolling", *Pergamon Press*, US (1969).
25. İnceayan, T. ve Koçali, İ., "Haddeleme Tekniğinin Esasları-I", *Türkiye Demir Çelik İşletmeleri Eğitim Yayınları*, Ankara (1989).

26. The University of Sheffield, Case Studies, “Technology of Flat Rolling”, *The University of Sheffield, Case Studies*, US (2003).
27. Lenard, J. G., Pietrzyk, M. and Cser L., “Mathematical and Physical Simulation of the Properties of Hot Rolled Products”, *Elsevier*, ISBN: 0 08 042701 4, (1999).
28. Cavaliere, M. A., Goldschmit, M. B. and Dvorkin, E. N., “Finite element simulation of the steel plates hot rolling process”, *Center for Industrial Research*, Fudetec (2001).
29. İnternet: Pandey, P. M., “Metal Forming Process”, <http://paniit.iitd.ac.in/~pmpandey> (2014).
30. İnternet: Metalürjik, “Metalurji ve Malzeme Platformu”, <http://www.metalurjik.net/genel/soguk-haddeleme-islemi.html> (2014).
31. Akyalçın, B., “Çeliklerin haddelenmesinde malzeme modelleme”, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Üniversitesi FBE*, İstanbul, 5-20 (2008).
32. Adebajo, R. O., Miller, A. K. and Too, J. J. M., “Constitutive modeling of the effects of recrystallization on the flow behaviour of steel, mathematical modeling of hot rolling of steel”, Ed: S. Yue, *CIM*, 252-258 (1990).
33. Shulkosky, R. A., Rosburg, D. L., Chapman, J. D. and Barnes K. R., “A microstructure evolution model used for hot strip Rolling”, *INTEG Process Group, MS&T Conference* (2003).
34. Anan, C., Nakajima, S., Miyahara, M., Nanba, S., Umemoto, M., Hiramatsu, A., Moriya, A. and Watanabe, T., “A model for recovery and recrystallization of hot deformed austenite considering structural heterogeneity”, *ISIJ Int.*, 32: 261-266 (1992).
35. Roucoules, C., Hodgson, P. D., Yue, S. and Jonas, J. J., “Softening and microstructural change following the dynamic recrystallization of austine”, *Metall Mater Trans A*, 25: 389-400 (1994).
36. Derby, B., “The dependence of the grain size on stress during dynamic recrystallization”, *Acta Metall.*, 39: 955-962 (1991).
37. Graetz, K., Miessen, C. and Gottstein, G., “Analysis of steady-state dynamic recrystallization”, *Acta Materialia*, 67: 58-66 (2014).
38. Mullin, J. W., “Recrystallization, Fourth Edition”, *Crystallization*, US, 289-314 (2001).
39. Byon, S. M. and Lee, Y., “A study of roll gap adjustment due to roll wear in groove rolling: experiment and modelling”, *Proc. IMechE, J. Engineering Manufacture*, 222: 875-885 (2008).

40. İnternet: Ay, İ., “Haddeleme Yolu İle İmalat”, *Balıkesir Üniversitesi*, <http://w3.balikesir.edu.tr/~ay/lectures/iy2/lecture6.pdf> (2014).
41. Picque, M. B., “Experimental study and numerical simulation of iron oxide scales mechanical behavior in hot rolling”, Ph. D. Thesis, *Paris University*, Paris (2004).
42. İnternet: Kardemir, “Tesis”, <http://www.kardemir.com/frmTesis.aspx?id=4&SectionID=tesis> (2014).
43. Öztemel, E., “Yapay Sinir Ağları”, *Seçkin Yayıncılık*, 76-113 (2003).
44. Nabiyev, V. V. “Yapay Zeka”, *Seçkin Yayıncılık*, 599-618 (2005).
45. Huang, G. B., and Babri, H. A. “Upper bounds on the number of hidden neurons in feed forward networks with arbitrary bounded nonlinear activation functions” *IEEE Transactions on Neural Networks*, 9 (1) (1998).
46. Huang, S. C., and Huang Y. F., “Bounds on the number of hidden neurons in multilayer perceptrons”, *IEEE Transactions on Neural Networks*, 2 (1): 47-55 (1991).
47. Karsoliya, S., “Approximating number of hidden layer neurons in multiple hidden layer BPNN architecture” *International Journal of Engineering Trends and Technology*, 3 (6): 2231-5381 (2012).
48. Khaw, J. F. C., Lim, B. S. and Lim, L. E. N., “Optimal design of neural networks using the Taguchi method” *Neurocomputing*, 7: 225-245 (1994).
49. Beale, M. H., Hagan, M. T. and Demuth, H. B. “Neural network toolbox user’s guide” *MathWorks, Technical Support*, 8-35 (2013).

EK AÇIKLAMALAR A.

VERİTABANLARI (MS SQL)

Durum Tablosu

```
USE [RAY_PROFIL]
GO
```

```
/***** Object: Table [dbo].[TBL_DURUM] Script Date: 12/05/2014
17:39:07 *****/
SET ANSI_NULLS ON
GO
```

```
SET QUOTED_IDENTIFIER ON
GO
```

```
CREATE TABLE [dbo].[TBL_DURUM](
    [DURUM_ID] [uniqueidentifier] NOT NULL,
    [DURUM_ADI] [nvarchar](500) NOT NULL,
    [IS_DELETED] [tinyint] NOT NULL,
    CONSTRAINT [PK_TBL_DURUM] PRIMARY KEY CLUSTERED
(
    [DURUM_ID] ASC
)WITH (PAD_INDEX = OFF, STATISTICS_NORECOMPUTE = OFF,
IGNORE_DUP_KEY = OFF, ALLOW_ROW_LOCKS = ON, ALLOW_PAGE_LOCKS = ON)
ON [PRIMARY]
) ON [PRIMARY]
```

```
GO
```

Kalibre Tablosu

```
USE [RAY_PROFIL]
GO
```

```
/***** Object: Table [dbo].[TBL_KALIBRE] Script Date:
12/05/2014 17:39:37 *****/
SET ANSI_NULLS ON
GO
```

```
SET QUOTED_IDENTIFIER ON
GO
```

```
SET ANSI_PADDING ON
GO
```

```
CREATE TABLE [dbo].[TBL_KALIBRE](
    [KALIBRE_ID] [uniqueidentifier] NOT NULL,
    [DURUM_ID] [uniqueidentifier] NOT NULL,
    [KALIBRE_ADI] [varchar](500) NOT NULL,
    [SEKIL] [image] NULL,
    [KOORDINATLAR] [nvarchar](1000) NOT NULL,
    [IS_DELETED] [tinyint] NOT NULL,
    CONSTRAINT [PK_TBL_KALIBRE] PRIMARY KEY CLUSTERED
(
    [KALIBRE_ID] ASC
)WITH (PAD_INDEX = OFF, STATISTICS_NORECOMPUTE = OFF,
IGNORE_DUP_KEY = OFF, ALLOW_ROW_LOCKS = ON, ALLOW_PAGE_LOCKS = ON)
ON [PRIMARY]
) ON [PRIMARY] TEXTIMAGE_ON [PRIMARY]
```

```
GO
```

```
SET ANSI_PADDING OFF
GO
```

Paso Tablosu

```
USE [RAY_PROFIL]
GO
```

```
/****** Object:      Table  [dbo].[TBL_PASS_SCH]          Script  Date:
12/05/2014 17:39:51 *****/
SET ANSI_NULLS ON
GO
```

```
SET QUOTED_IDENTIFIER ON
GO
```

```
CREATE TABLE [dbo].[TBL_PASS_SCH] (
    [PASS_SCHEDULE_ID] [uniqueidentifier] NOT NULL,
    [URUN_CINS_ID] [uniqueidentifier] NOT NULL,
    [DURUM_ID] [uniqueidentifier] NOT NULL,
    [PASO_NO] [tinyint] NOT NULL,
    [KALIBRE_ID] [uniqueidentifier] NOT NULL,
    [DIMENSION_B] [int] NULL,
    [DIMENSION_H] [int] NULL,
    [DIMENSION] [int] NULL,
    [DH] [numeric](18, 2) NOT NULL,
    [GAP] [int] NOT NULL,
    [KUVVET] [int] NOT NULL,
    [ALAN] [int] NOT NULL,
    [EZME_ORANI] [numeric](18, 2) NOT NULL,
    [UZUNLUK] [numeric](18, 2) NOT NULL,
    [TORK] [int] NOT NULL,
    [MRD_CAP] [int] NOT NULL,
    [HIZ] [numeric](18, 2) NOT NULL,
    [DEVIR] [numeric](18, 2) NOT NULL,
    [HAD_ZAMAN] [numeric](18, 2) NOT NULL,
    [MOTOR_GUCU] [numeric](18, 2) NULL,
    [ENERJI] [numeric](18, 2) NULL,
    [IS_DELETED] [tinyint] NOT NULL,
    CONSTRAINT [PK_TBL_PASS_SCH] PRIMARY KEY CLUSTERED
    (
        [PASS_SCHEDULE_ID] ASC
    )WITH (PAD_INDEX = OFF, STATISTICS_NORECOMPUTE = OFF,
    IGNORE_DUP_KEY = OFF, ALLOW_ROW_LOCKS = ON, ALLOW_PAGE_LOCKS = ON)
    ON [PRIMARY]
) ON [PRIMARY]
```

```
GO
```

```
ALTER TABLE [dbo].[TBL_PASS_SCH] WITH CHECK ADD CONSTRAINT
[FK_TBL_PASS_SCH_TBL_DURUM] FOREIGN KEY([DURUM_ID])
REFERENCES [dbo].[TBL_DURUM] ([DURUM_ID])
GO
```

```
ALTER TABLE [dbo].[TBL_PASS_SCH] CHECK CONSTRAINT
[FK_TBL_PASS_SCH_TBL_DURUM]
GO
```

```
ALTER TABLE [dbo].[TBL_PASS_SCH] WITH CHECK ADD CONSTRAINT
[FK_TBL_PASS_SCH_TBL_URUN_CINS] FOREIGN KEY([URUN_CINS_ID])
REFERENCES [dbo].[TBL_URUN_CINS] ([URUN_CINS_ID])
GO
```

```
ALTER TABLE [dbo].[TBL_PASS_SCH] CHECK CONSTRAINT
[FK_TBL_PASS_SCH_TBL_URUN_CINS]
GO
```

```
ALTER TABLE [dbo].[TBL_PASS_SCH] WITH CHECK ADD CONSTRAINT
[FK_TBL_PASS_SCH_TBL_URUN_CINS1] FOREIGN KEY([URUN_CINS_ID])
REFERENCES [dbo].[TBL_URUN_CINS] ([URUN_CINS_ID])
GO
```

```
ALTER TABLE [dbo].[TBL_PASS_SCH] CHECK CONSTRAINT
[FK_TBL_PASS_SCH_TBL_URUN_CINS1]
GO
```

Ürün Tablosu

```
USE [RAY_PROFIL]
GO
```

```
/***** Object: Table [dbo].[TBL_URUN] Script Date: 12/05/2014
17:40:04 *****/
SET ANSI_NULLS ON
GO
```

```
SET QUOTED_IDENTIFIER ON
GO
```

```
CREATE TABLE [dbo].[TBL_URUN] (
    [URUN_ID] [uniqueidentifier] NOT NULL,
    [URUN_ADI] [nvarchar](500) NOT NULL,
    [KAYIT_TARIHI] [smalldatetime] NOT NULL,
    [IS_DELETED] [tinyint] NOT NULL,
    CONSTRAINT [PK_TBL_URUN] PRIMARY KEY CLUSTERED
(
    [URUN_ID] ASC
)WITH (PAD_INDEX = OFF, STATISTICS_NORECOMPUTE = OFF,
IGNORE_DUP_KEY = OFF, ALLOW_ROW_LOCKS = ON, ALLOW_PAGE_LOCKS = ON)
ON [PRIMARY]
) ON [PRIMARY]
```

```
GO
```

Ürün Cinsi Tablosu

```
USE [RAY_PROFIL]
GO
```

```
/***** Object: Table [dbo].[TBL_URUN_CINS] Script Date:
12/05/2014 17:40:16 *****/
SET ANSI_NULLS ON
GO
```

```
SET QUOTED_IDENTIFIER ON
GO
```

```

CREATE TABLE [dbo].[TBL_URUN_CINS](
    [URUN_CINS_ID] [uniqueidentifier] NOT NULL,
    [URUN_ID] [uniqueidentifier] NOT NULL,
    [CINS_ADI] [nvarchar](500) NOT NULL,
    [KAYIT_TARIH] [smalldatetime] NOT NULL,
    [IS_DELETED] [tinyint] NOT NULL,
    CONSTRAINT [PK_TBL_URUN_CINS] PRIMARY KEY CLUSTERED
(
    [URUN_CINS_ID] ASC
)WITH (PAD_INDEX = OFF, STATISTICS_NORECOMPUTE = OFF,
IGNORE_DUP_KEY = OFF, ALLOW_ROW_LOCKS = ON, ALLOW_PAGE_LOCKS = ON)
ON [PRIMARY]
) ON [PRIMARY]

GO

ALTER TABLE [dbo].[TBL_URUN_CINS] WITH CHECK ADD CONSTRAINT
[FK_TBL_URUN_CINS_TBL_URUN] FOREIGN KEY([URUN_ID])
REFERENCES [dbo].[TBL_URUN] ([URUN_ID])
GO

ALTER TABLE [dbo].[TBL_URUN_CINS] CHECK CONSTRAINT
[FK_TBL_URUN_CINS_TBL_URUN]
GO

```


EK AÇIKLAMALAR B.

ARA PASO TASARIM MATLAB KODLARI

BD2 6. Ve 7. Paso arası 381 nokta

```
bd2p1x=[0.00    2.52    5.00    7.50    10.00    12.50    15.00    15.20
bd2p1y=[100.81  100.00  99.32  98.75  98.29  97.94  97.53  97.50
bd2p2x=[0.00    2.50    3.75    5.00    7.50    10.00    12.50    15.00
bd2p2y=[86.26   85.39   85.00   84.64   84.00   83.48   83.07   82.71
bd2p3x=[0.00    2.50    5.00    5.45    7.50    10.00    12.50    15.00
bd2p3y=[85.30   85.09   85.00   85.00   84.69   84.32   83.94   83.56
bd2p4x=[0.00    1.27    4.14    5.00    6.45    7.50    8.80    10.00
bd2p4y=[51.58   52.50   55.00   55.89   57.50   58.64   60.00   61.21
bd2p5x=[0.00    1.89    2.50    4.78    5.00    7.09    7.50    9.44
bd2p5y=[41.18   42.50   42.98   45.00   45.22   47.50   47.95   50.00

bd2p6x=[0.00    2.50    5.00    7.50    10.00    12.50    15.00    15.88
bd2p6y=[26.36   26.36   26.36   26.36   26.49   26.80   27.28   27.50

bd2p7x=[0.00    2.50    5.00    7.50    10.00    12.50    15.00    17.50
bd2p7y=[21.32   21.37   21.43   21.50   21.50   21.69   21.80   21.92
```

```
for i=1:381
```

```
    m(1,i)=(bd2p1y(1,i)-bd2p2y(1,i))/(bd2p1x(1,i)-bd2p2x(1,i));
```

```
    y2(1,i)=-m(1,i)*(bd2p1x(1,i)-bd2p2x(1,i))+bd2p1y(1,i);
```

```
    %x2(1,i)=-((bd2p1y(1,i)-bd2p2y(1,i))/m(1,i))-bd2p1x(1,i);
```

```
    x2(1,i)=-((bd2p1y(1,i)-bd2p2y(1,i)-m(1,i)*bd2p1x(1,i))/m(1,i));
```

```
    xa1(1,i)=(bd2p1x(1,i)+bd2p2x(1,i))/2;
```

```
    ya1(1,i)=(bd2p1y(1,i)+bd2p2y(1,i))/2;
```

```
    xa2(1,i)=(bd2p2x(1,i)+bd2p3x(1,i))/2;
```

```
    ya2(1,i)=(bd2p2y(1,i)+bd2p3y(1,i))/2;
```

```
    xa3(1,i)=(bd2p3x(1,i)+bd2p4x(1,i))/2;
```

```
    ya3(1,i)=(bd2p3y(1,i)+bd2p4y(1,i))/2;
```

```
    xa4(1,i)=(bd2p4x(1,i)+bd2p5x(1,i))/2;
```

```
    ya4(1,i)=(bd2p4y(1,i)+bd2p5y(1,i))/2;
```

```
    xa5(1,i)=(bd2p5x(1,i)+bd2p6x(1,i))/2;
```

```
    ya5(1,i)=(bd2p5y(1,i)+bd2p6y(1,i))/2;
```

```
    xa6(1,i)=(bd2p6x(1,i)+bd2p7x(1,i))/2;
```

```
    ya6(1,i)=(bd2p6y(1,i)+bd2p7y(1,i))/2;
```

```
end
```

```
hold on
```

```
plot(bd2p6x,bd2p6y)
```

```
plot(bd2p7x,bd2p7y,'g')
```

```

plot(xa6,ya6,'r')
title('Ara Paso Tasarımı');
xlabel('BD2 P6, P7, Ara Paso x koordinatları');
ylabel('BD2 P6, P7, Ara Paso y koordinatları');

```

Tandem 359 nokta 3. Ve 4. Paso arası

```

tp3x=[0 2.5 5 7.5 10 12.5 14.95 17.5 20 22.5
tp3y=[12 12 12 12 12 12 12 12.02 12.02 12.14
tp4x=[0 2.5 5 7.5 10 12.5 15 17.5 20 22.5 25
tp4y=[9.15 9.15 9.15 9.15 9.15 9.15 9.15

```

```

for i=1:359
    m(1,i)=(tp1y(1,i)-tp2y(1,i))/(tp1x(1,i)-tp2x(1,i));

    y2(1,i)=-m(1,i)*(tp1x(1,i)-tp2x(1,i))+tp1y(1,i);
    x2(1,i)=-((tp1y(1,i)-tp2y(1,i))/m(1,i))-tp1x(1,i);
    x2(1,i)=-((tp1y(1,i)-tp2y(1,i)-m(1,i)*tp1x(1,i))/m(1,i));
    xa1(1,i)=(tp1x(1,i)+tp2x(1,i))/2;
    ya1(1,i)=(tp1y(1,i)+tp2y(1,i))/2;

    xa2(1,i)=(tp2x(1,i)+tp3x(1,i))/2;
    ya2(1,i)=(tp2y(1,i)+tp3y(1,i))/2;

    xa3(1,i)=(tp3x(1,i)+tp4x(1,i))/2;
    ya3(1,i)=(tp3y(1,i)+tp4y(1,i))/2;

    xa4(1,i)=(tp4x(1,i)+tp5x(1,i))/2;
    ya4(1,i)=(tp4y(1,i)+tp5y(1,i))/2;

    xa5(1,i)=(tp5x(1,i)+tp6x(1,i))/2;
    ya5(1,i)=(tp5y(1,i)+tp6y(1,i))/2;

end

hold on

plot(tp3x,tp3y)
plot(tp4x,tp4y,'g')
plot(xa3,ya3,'r')
title('Tandem Ara Paso Tasarımı');
xlabel('Tandem P3, P4, Ara Paso x koordinatları');
ylabel('Tandem P3, P4, Ara Paso y koordinatları');

```

EK AÇIKLAMALAR C.

SİMÜLASYON PROGRAM KODLARI (C#)

Ana Sayfa

```
using System;
using System.Collections.Generic;
using System.ComponentModel;
using System.Data;
using System.Drawing;
using System.Linq;
using System.Text;
using System.Windows.Forms;

namespace HaddелеmeSimulasyon
{
    public partial class frmAnaSayfa : Form
    {
        public frmAnaSayfa()
        {
            InitializeComponent();
        }

        private void btnSimulasyon_Click(object sender, EventArgs e)
        {
            Form1 frmSimulasyon = new Form1();
            frmSimulasyon.Show();
        }

        private void btnVeritabani_Click(object sender, EventArgs e)
        {
            frmAnaSayfa_VT frmAnaSayfa_VT = new frmAnaSayfa_VT();
            frmAnaSayfa_VT.Show();
        }
    }
}
```

Ezme Oranı Giriş

```
using System;
using System.Collections.Generic;
using System.ComponentModel;
using System.Data;
using System.Drawing;
using System.Linq;
using System.Text;
using System.Windows.Forms;

namespace HaddелеmeSimulasyon
{
    public partial class frmEzmeOraniGiris : Form
    {
        public decimal sSabitEzmeOrani;
        public int sPasoSayisi;
        public decimal ilkBlomGen;
    }
}
```

```

public decimal IlkBlomYuk;
public decimal nYayilma;

string[] sEzmeOrani;
bool[] sCevirmeDurumlari;
decimal[] nKesitAlan;

public bool CevirmeVarmi1;
public bool CevirmeVarmi2;
public bool CevirmeVarmi3;
public bool CevirmeVarmi4;
public bool CevirmeVarmi5;
public bool CevirmeVarmi6;
public bool CevirmeVarmi7;
public bool CevirmeVarmi8;
public bool CevirmeVarmi9;
public bool CevirmeVarmi10;

public frmEzmeOraniGiris()
{
    InitializeComponent();
}

private void btnHesapla_Click(object sender, EventArgs e)
{
    #region Çevirme Kontrolü

    sCevirmeDurumlari = new bool[10];

    sCevirmeDurumlari[0] = chk1Cevirme.Checked;
    sCevirmeDurumlari[1] = chk2Cevirme.Checked;
    sCevirmeDurumlari[2] = chk3Cevirme.Checked;
    sCevirmeDurumlari[3] = chk4Cevirme.Checked;
    sCevirmeDurumlari[4] = chk5Cevirme.Checked;
    sCevirmeDurumlari[5] = chk6Cevirme.Checked;
    sCevirmeDurumlari[6] = chk7Cevirme.Checked;
    sCevirmeDurumlari[7] = chk8Cevirme.Checked;
    sCevirmeDurumlari[8] = chk9Cevirme.Checked;
    sCevirmeDurumlari[9] = chk10Cevirme.Checked;

    sEzmeOrani = new string[10];

    sEzmeOrani[0] = txtEzmeOrani1.Text;
    sEzmeOrani[1] = txtEzmeOrani2.Text;
    sEzmeOrani[2] = txtEzmeOrani3.Text;
    sEzmeOrani[3] = txtEzmeOrani4.Text;
    sEzmeOrani[4] = txtEzmeOrani5.Text;
    sEzmeOrani[5] = txtEzmeOrani6.Text;
    sEzmeOrani[6] = txtEzmeOrani7.Text;
    sEzmeOrani[7] = txtEzmeOrani8.Text;
    sEzmeOrani[8] = txtEzmeOrani9.Text;
    sEzmeOrani[9] = txtEzmeOrani10.Text;

    #endregion

    rtSonuc.Text = string.Empty;
    string sSonuc = IslemYap();
    rtSonuc.Text = sSonuc;
}

```

```

rtSonuc.Text += "\n ";

decimal nIlk = IlkBlomGen * IlkBlomYuk;

rtSonuc.Text += "\n 1.paso giriş kesit alanı " + nIlk
+ " (mm2)";
rtSonuc.Text += "\n 1.paso çıkış kesit alanı " +
Convert.ToDecimal(nKesitAlan[0]).ToString("F") + " (mm2), ezme oranı
%" + ((nIlk - Convert.ToDecimal(nKesitAlan[0])) / nIlk) *
100).ToString("#,##0.00");

for (int i = 1; i < sPasoSayisi; i++)
{
    decimal nSonuc =
Convert.ToDecimal((((Convert.ToDecimal(nKesitAlan[i]) -
Convert.ToDecimal(nKesitAlan[i - 1])) /
Convert.ToDecimal(nKesitAlan[i]) * 100)));
    rtSonuc.Text += "\n " + (i + 1) + ".paso çıkış
kesit alanı " + Convert.ToDecimal(nKesitAlan[i]).ToString("F") + "
(mm2), ezme oranı %" + (((Convert.ToDecimal(nKesitAlan[i - 1]) -
Convert.ToDecimal(nKesitAlan[i])) / Convert.ToDecimal(nKesitAlan[i -
1])) * 100).ToString("#,##0.00");
}
}

private void frmEzmeOraniGiris_Load(object sender, EventArgs
e)
{
    temizle();

    if (sSabitEzmeOrani != 0)
    {
        switch (Convert.ToInt32(sPasoSayisi))
        {
            case 1:
                txtEzmeOrani1.Text =
sSabitEzmeOrani.ToString();
                txtEzmeOrani1.Enabled = true;
                return;

            case 2:
                txtEzmeOrani1.Text =
sSabitEzmeOrani.ToString();
                txtEzmeOrani1.Enabled = true;

                txtEzmeOrani2.Text =
sSabitEzmeOrani.ToString();
                txtEzmeOrani2.Enabled = true;

                return;

            case 3:
                txtEzmeOrani1.Text =
sSabitEzmeOrani.ToString();
                txtEzmeOrani1.Enabled = true;

```

```

        txtEzmeOrani2.Text =
sSabitEzmeOrani.ToString();
        txtEzmeOrani2.Enabled = true;

        txtEzmeOrani3.Text =
sSabitEzmeOrani.ToString();
        txtEzmeOrani3.Enabled = true;

        return;
    case 4:
        txtEzmeOrani1.Text =
sSabitEzmeOrani.ToString();
        txtEzmeOrani1.Enabled = true;

        txtEzmeOrani2.Text =
sSabitEzmeOrani.ToString();
        txtEzmeOrani2.Enabled = true;

        txtEzmeOrani3.Text =
sSabitEzmeOrani.ToString();
        txtEzmeOrani3.Enabled = true;

        txtEzmeOrani4.Text =
sSabitEzmeOrani.ToString();
        txtEzmeOrani4.Enabled = true;

        return;

    case 5:
        txtEzmeOrani1.Text =
sSabitEzmeOrani.ToString();
        txtEzmeOrani1.Enabled = true;

        txtEzmeOrani2.Text =
sSabitEzmeOrani.ToString();
        txtEzmeOrani2.Enabled = true;

        txtEzmeOrani3.Text =
sSabitEzmeOrani.ToString();
        txtEzmeOrani3.Enabled = true;

        txtEzmeOrani4.Text =
sSabitEzmeOrani.ToString();
        txtEzmeOrani4.Enabled = true;

        txtEzmeOrani5.Text =
sSabitEzmeOrani.ToString();
        txtEzmeOrani5.Enabled = true;

        return;
    case 6:
        txtEzmeOrani1.Text =
sSabitEzmeOrani.ToString();
        txtEzmeOrani1.Enabled = true;

        txtEzmeOrani2.Text =
sSabitEzmeOrani.ToString();
        txtEzmeOrani2.Enabled = true;

```



```

        txtEzmeOrani3.Text =
sSabitEzmeOrani.ToString();
        txtEzmeOrani3.Enabled = true;

        txtEzmeOrani4.Text =
sSabitEzmeOrani.ToString();
        txtEzmeOrani4.Enabled = true;

        txtEzmeOrani5.Text =
sSabitEzmeOrani.ToString();
        txtEzmeOrani5.Enabled = true;

        txtEzmeOrani6.Text =
sSabitEzmeOrani.ToString();
        txtEzmeOrani6.Enabled = true;

        return;
    case 7:
        txtEzmeOrani1.Text =
sSabitEzmeOrani.ToString();
        txtEzmeOrani1.Enabled = true;

        txtEzmeOrani2.Text =
sSabitEzmeOrani.ToString();
        txtEzmeOrani2.Enabled = true;

        txtEzmeOrani3.Text =
sSabitEzmeOrani.ToString();
        txtEzmeOrani3.Enabled = true;

        txtEzmeOrani4.Text =
sSabitEzmeOrani.ToString();
        txtEzmeOrani4.Enabled = true;

        txtEzmeOrani5.Text =
sSabitEzmeOrani.ToString();
        txtEzmeOrani5.Enabled = true;

        txtEzmeOrani6.Text =
sSabitEzmeOrani.ToString();
        txtEzmeOrani6.Enabled = true;

        txtEzmeOrani7.Text =
sSabitEzmeOrani.ToString();
        txtEzmeOrani7.Enabled = true;
        return;
    case 8:
        txtEzmeOrani1.Text =
sSabitEzmeOrani.ToString();
        txtEzmeOrani1.Enabled = true;

        txtEzmeOrani2.Text =
sSabitEzmeOrani.ToString();
        txtEzmeOrani2.Enabled = true;

        txtEzmeOrani3.Text =
sSabitEzmeOrani.ToString();
        txtEzmeOrani3.Enabled = true;

```

```

        txtEzmeOrani4.Text =
sSabitEzmeOrani.ToString();
        txtEzmeOrani4.Enabled = true;

        txtEzmeOrani5.Text =
sSabitEzmeOrani.ToString();
        txtEzmeOrani5.Enabled = true;

        txtEzmeOrani6.Text =
sSabitEzmeOrani.ToString();
        txtEzmeOrani6.Enabled = true;

        txtEzmeOrani7.Text =
sSabitEzmeOrani.ToString();
        txtEzmeOrani7.Enabled = true;

        txtEzmeOrani8.Text =
sSabitEzmeOrani.ToString();
        txtEzmeOrani8.Enabled = true;
        return;
    case 9:
        txtEzmeOrani1.Text =
sSabitEzmeOrani.ToString();
        txtEzmeOrani1.Enabled = true;

        txtEzmeOrani2.Text =
sSabitEzmeOrani.ToString();
        txtEzmeOrani2.Enabled = true;

        txtEzmeOrani3.Text =
sSabitEzmeOrani.ToString();
        txtEzmeOrani3.Enabled = true;

        txtEzmeOrani4.Text =
sSabitEzmeOrani.ToString();
        txtEzmeOrani4.Enabled = true;

        txtEzmeOrani5.Text =
sSabitEzmeOrani.ToString();
        txtEzmeOrani5.Enabled = true;

        txtEzmeOrani6.Text =
sSabitEzmeOrani.ToString();
        txtEzmeOrani6.Enabled = true;

        txtEzmeOrani7.Text =
sSabitEzmeOrani.ToString();
        txtEzmeOrani7.Enabled = true;

        txtEzmeOrani8.Text =
sSabitEzmeOrani.ToString();
        txtEzmeOrani8.Enabled = true;

        txtEzmeOrani9.Text =
sSabitEzmeOrani.ToString();
        txtEzmeOrani9.Enabled = true;
        return;
    case 10:
        txtEzmeOrani1.Text =
sSabitEzmeOrani.ToString();

```

```

        txtEzmeOrani1.Enabled = true;

        txtEzmeOrani2.Text =
sSabitEzmeOrani.ToString();
        txtEzmeOrani2.Enabled = true;

        txtEzmeOrani3.Text =
sSabitEzmeOrani.ToString();
        txtEzmeOrani3.Enabled = true;

        txtEzmeOrani4.Text =
sSabitEzmeOrani.ToString();
        txtEzmeOrani4.Enabled = true;

        txtEzmeOrani5.Text =
sSabitEzmeOrani.ToString();
        txtEzmeOrani5.Enabled = true;

        txtEzmeOrani6.Text =
sSabitEzmeOrani.ToString();
        txtEzmeOrani6.Enabled = true;

        txtEzmeOrani7.Text =
sSabitEzmeOrani.ToString();
        txtEzmeOrani7.Enabled = true;

        txtEzmeOrani8.Text =
sSabitEzmeOrani.ToString();
        txtEzmeOrani8.Enabled = true;

        txtEzmeOrani9.Text =
sSabitEzmeOrani.ToString();
        txtEzmeOrani9.Enabled = true;

        txtEzmeOrani10.Text =
sSabitEzmeOrani.ToString();
        txtEzmeOrani10.Enabled = true;
        return;

        default:
            return;
    }
}

private void temizle()
{
    txtEzmeOrani1.Text = string.Empty;
    txtEzmeOrani1.Enabled = false;
    txtEzmeOrani2.Text = string.Empty;
    txtEzmeOrani2.Enabled = false;
    txtEzmeOrani3.Text = string.Empty;
    txtEzmeOrani3.Enabled = false;
    txtEzmeOrani4.Text = string.Empty;
    txtEzmeOrani4.Enabled = false;
    txtEzmeOrani5.Text = string.Empty;
    txtEzmeOrani5.Enabled = false;
    txtEzmeOrani6.Text = string.Empty;
    txtEzmeOrani6.Enabled = false;
}

```

```

txtEzmeOrani7.Text = string.Empty;
txtEzmeOrani7.Enabled = false;
txtEzmeOrani8.Text = string.Empty;
txtEzmeOrani8.Enabled = false;
txtEzmeOrani9.Text = string.Empty;
txtEzmeOrani9.Enabled = false;
txtEzmeOrani10.Text = string.Empty;
txtEzmeOrani10.Enabled = false;

chk1Cevirme.Checked = false;
chk2Cevirme.Checked = false;
chk3Cevirme.Checked = false;
chk4Cevirme.Checked = false;
chk5Cevirme.Checked = false;
chk6Cevirme.Checked = false;
chk7Cevirme.Checked = false;
chk8Cevirme.Checked = false;
chk9Cevirme.Checked = false;
chk10Cevirme.Checked = false;

switch (Convert.ToInt32(sPasoSayisi))
{
    case 1:
        txtEzmeOrani1.Text = sSabitEzmeOrani.ToString();
        txtEzmeOrani1.Enabled = true;
        return;

    case 2:
        txtEzmeOrani1.Text = sSabitEzmeOrani.ToString();
        txtEzmeOrani1.Enabled = true;

        txtEzmeOrani2.Text = sSabitEzmeOrani.ToString();
        txtEzmeOrani2.Enabled = true;

        return;

    case 3:
        txtEzmeOrani1.Text = sSabitEzmeOrani.ToString();
        txtEzmeOrani1.Enabled = true;

        txtEzmeOrani2.Text = sSabitEzmeOrani.ToString();
        txtEzmeOrani2.Enabled = true;

        txtEzmeOrani3.Text = sSabitEzmeOrani.ToString();
        txtEzmeOrani3.Enabled = true;

        return;

    case 4:
        txtEzmeOrani1.Text = sSabitEzmeOrani.ToString();
        txtEzmeOrani1.Enabled = true;

        txtEzmeOrani2.Text = sSabitEzmeOrani.ToString();
        txtEzmeOrani2.Enabled = true;

        txtEzmeOrani3.Text = sSabitEzmeOrani.ToString();
        txtEzmeOrani3.Enabled = true;

        txtEzmeOrani4.Text = sSabitEzmeOrani.ToString();
        txtEzmeOrani4.Enabled = true;
}

```

```

        return;

    case 5:
        txtEzmeOrani1.Text = sSabitEzmeOrani.ToString();
        txtEzmeOrani1.Enabled = true;

        txtEzmeOrani2.Text = sSabitEzmeOrani.ToString();
        txtEzmeOrani2.Enabled = true;

        txtEzmeOrani3.Text = sSabitEzmeOrani.ToString();
        txtEzmeOrani3.Enabled = true;

        txtEzmeOrani4.Text = sSabitEzmeOrani.ToString();
        txtEzmeOrani4.Enabled = true;

        txtEzmeOrani5.Text = sSabitEzmeOrani.ToString();
        txtEzmeOrani5.Enabled = true;

        return;

    case 6:
        txtEzmeOrani1.Text = sSabitEzmeOrani.ToString();
        txtEzmeOrani1.Enabled = true;

        txtEzmeOrani2.Text = sSabitEzmeOrani.ToString();
        txtEzmeOrani2.Enabled = true;

        txtEzmeOrani3.Text = sSabitEzmeOrani.ToString();
        txtEzmeOrani3.Enabled = true;

        txtEzmeOrani4.Text = sSabitEzmeOrani.ToString();
        txtEzmeOrani4.Enabled = true;

        txtEzmeOrani5.Text = sSabitEzmeOrani.ToString();
        txtEzmeOrani5.Enabled = true;

        txtEzmeOrani6.Text = sSabitEzmeOrani.ToString();
        txtEzmeOrani6.Enabled = true;

        return;

    case 7:
        txtEzmeOrani1.Text = sSabitEzmeOrani.ToString();
        txtEzmeOrani1.Enabled = true;

        txtEzmeOrani2.Text = sSabitEzmeOrani.ToString();
        txtEzmeOrani2.Enabled = true;

        txtEzmeOrani3.Text = sSabitEzmeOrani.ToString();
        txtEzmeOrani3.Enabled = true;

        txtEzmeOrani4.Text = sSabitEzmeOrani.ToString();
        txtEzmeOrani4.Enabled = true;

        txtEzmeOrani5.Text = sSabitEzmeOrani.ToString();
        txtEzmeOrani5.Enabled = true;

        txtEzmeOrani6.Text = sSabitEzmeOrani.ToString();
        txtEzmeOrani6.Enabled = true;

        txtEzmeOrani7.Text = sSabitEzmeOrani.ToString();

```

```

        txtEzmeOrani7.Enabled = true;
        return;
    case 8:
        txtEzmeOrani1.Text = sSabitEzmeOrani.ToString();
        txtEzmeOrani1.Enabled = true;

        txtEzmeOrani2.Text = sSabitEzmeOrani.ToString();
        txtEzmeOrani2.Enabled = true;

        txtEzmeOrani3.Text = sSabitEzmeOrani.ToString();
        txtEzmeOrani3.Enabled = true;

        txtEzmeOrani4.Text = sSabitEzmeOrani.ToString();
        txtEzmeOrani4.Enabled = true;

        txtEzmeOrani5.Text = sSabitEzmeOrani.ToString();
        txtEzmeOrani5.Enabled = true;

        txtEzmeOrani6.Text = sSabitEzmeOrani.ToString();
        txtEzmeOrani6.Enabled = true;

        txtEzmeOrani7.Text = sSabitEzmeOrani.ToString();
        txtEzmeOrani7.Enabled = true;

        txtEzmeOrani8.Text = sSabitEzmeOrani.ToString();
        txtEzmeOrani8.Enabled = true;
        return;
    case 9:
        txtEzmeOrani1.Text = sSabitEzmeOrani.ToString();
        txtEzmeOrani1.Enabled = true;

        txtEzmeOrani2.Text = sSabitEzmeOrani.ToString();
        txtEzmeOrani2.Enabled = true;

        txtEzmeOrani3.Text = sSabitEzmeOrani.ToString();
        txtEzmeOrani3.Enabled = true;

        txtEzmeOrani4.Text = sSabitEzmeOrani.ToString();
        txtEzmeOrani4.Enabled = true;

        txtEzmeOrani5.Text = sSabitEzmeOrani.ToString();
        txtEzmeOrani5.Enabled = true;

        txtEzmeOrani6.Text = sSabitEzmeOrani.ToString();
        txtEzmeOrani6.Enabled = true;

        txtEzmeOrani7.Text = sSabitEzmeOrani.ToString();
        txtEzmeOrani7.Enabled = true;

        txtEzmeOrani8.Text = sSabitEzmeOrani.ToString();
        txtEzmeOrani8.Enabled = true;

        txtEzmeOrani9.Text = sSabitEzmeOrani.ToString();
        txtEzmeOrani9.Enabled = true;
        return;
    case 10:
        txtEzmeOrani1.Text = sSabitEzmeOrani.ToString();
        txtEzmeOrani1.Enabled = true;

        txtEzmeOrani2.Text = sSabitEzmeOrani.ToString();

```

```

        txtEzmeOrani2.Enabled = true;

        txtEzmeOrani3.Text = sSabitEzmeOrani.ToString();
        txtEzmeOrani3.Enabled = true;

        txtEzmeOrani4.Text = sSabitEzmeOrani.ToString();
        txtEzmeOrani4.Enabled = true;

        txtEzmeOrani5.Text = sSabitEzmeOrani.ToString();
        txtEzmeOrani5.Enabled = true;

        txtEzmeOrani6.Text = sSabitEzmeOrani.ToString();
        txtEzmeOrani6.Enabled = true;

        txtEzmeOrani7.Text = sSabitEzmeOrani.ToString();
        txtEzmeOrani7.Enabled = true;

        txtEzmeOrani8.Text = sSabitEzmeOrani.ToString();
        txtEzmeOrani8.Enabled = true;

        txtEzmeOrani9.Text = sSabitEzmeOrani.ToString();
        txtEzmeOrani9.Enabled = true;

        txtEzmeOrani10.Text =
sSabitEzmeOrani.ToString();
        txtEzmeOrani10.Enabled = true;
        return;

        default:
            return;
    }

}

public string IslemYap()
{
    try
    {
        decimal G = Convert.ToDecimal(ilkBlomGen);
        decimal Y = Convert.ToDecimal(ilkBlomYuk);
        decimal nPivot;
        nKesitAlan = new decimal[10];

        StringBuilder sSonuc = new StringBuilder();

        int nPasoSayisi = Convert.ToInt32(sPasoSayisi);

        for (int i = 0; i < nPasoSayisi; i++)
        {

            if (sCevirmeDurumlari[i] == true)
            {
                nPivot = G;
                G = Y;
                Y = nPivot;
            }
        }
    }
}

```

```

        G = G - ((G *
Convert.ToDecimal(sEzmeOrani[i].Replace('.', ',')) / 100);
        Y = Y + (((Y *
Convert.ToDecimal(sEzmeOrani[i].Replace('.', ',')) / 100) *
nYayilma) / 100);
        sSonuc.Append("\n " + (i + 1) + ". Paso Çıkışı
Boyut (" + Convert.ToDecimal(G).ToString("#,##0.00") + " X " +
Convert.ToDecimal(Y).ToString("#,##0.00") + ") olmuştur. ");
        nKesitAlan[i] = G * Y;
    }
    return sSonuc.ToString();
}
catch (Exception)
{
    MessageBox.Show("Girilen Değerleri Kontrol Ediniz.",
"Hata Mesajı !", MessageBoxButtons.OK, MessageBoxIcon.Error);
    return string.Empty;
}
}

private void btnGeri_Click(object sender, EventArgs e)
{
    this.Close();
    Form1 frmAnaForm = new Form1();
    frmAnaForm.Show();
    rtSonuc.Text = string.Empty;
}
}
}

```


EK AÇIKLAMALAR D.

RAY PROFİL HADDEHANESİ ANAMOTOR BİLGİLERİ

BD1 Şönt Motor (DC)

DC Motor

V	A
+1410	8660/4560 3060

Vmin	kW
60-79/150	10500/5870
65,5	4050

Mt

170-129/38

60 eff.

Fremd-Erregung 170V 116A

BD2 Şönt Motor (DC)

3100 HP 760V

70/140 rpm

3260A

Tandem UR Senkron Motor**Faz 3**

3500KVA 3150V

24-60 Hz

Speed 480/1200 1260 rpm

654A

Tandem Eager

1500KW 3150V

23,6-65 Hz

Speed 473/1300 (nr 1365 rpm)

281A

Tandem UF

3 faz senkron motor

2500 KW 3150V

24/60 Hz

468/471 A

Redüktör (Şanzıman)

2500 KW

Torque-kNm

0-480/1200 U/min

Nominal Output Tork 298 kNm

Max Output Tork 821 kNm

Nominal Output Speed:80 U/min

ÖZGEÇMİŞ

Hüseyin ALTINKAYA 1973 yılında Safranbolu’da doğdu. İlk ve ortaokulu aynı şehirde tamamladı. Karabük Teknik Lisesi Elektrik bölümünden 1991 yılında, Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Elektrik Eğitimi bölümünden 1996 yılında mezun oldu. Aynı yıl Gazi Üniversitesi FBE Elektronik Bilgisayar Eğitimi Anabilim Dalı’nda başladığı yüksek lisans eğitimini 1998 yılında tamamladı. 1996-2001 yılları arasında Sulakyurt Çok Programlı Lisesi’nde elektrik öğretmenliği görevinde bulundu. 1998-1999 yıllarında askerlik görevini ifa etti. 2001-2009 yıllarında Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Uygulama ve Araştırma Hastanesi’nde öğretim görevlisi olarak çalıştıktan sonra 2009 yılında Karabük Üniversitesi Meslek Yüksekokulu’nda Elektrik programında öğretim görevlisi olarak göreve başladı. Halen Karabük Üniversitesi’nde görevine devam etmektedir.

ADRES BİLGİLERİ

Adres : Karabük Üniversitesi
Meslek Yüksekokulu
Balıklarkayası Mevkii / KARABÜK

Tel : (532) 687 4824

E-posta : haltinkaya@karabuk.edu.tr