

Efe ARİYOL

METALURJİ VE MALZEME MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

AĞUSTOS 2023



**İSKENDERUN TEKNİK**

ÜNİVERSİTESİ

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**YÜKSEK  
LİSANS  
TEZİ**

**FARKLI MENŞELİ METAL  
HURDALARIN DEMİR  
ÇELİK ÜRETİMİNE  
ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

**Efe ARİYOL**

**METALURJİ VE MALZEME MÜHENDİSLİĞİ  
ANABİLİM DALI**

**AĞUSTOS 2023**



**İSKENDERUN TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**

Versiyon 01.01



**FARKLI MENŞELİ METAL HURDALARIN DEMİR ÇELİK ÜRETİMİNE  
ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

**Efe ARIYOL**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
METALURJİ VE MALZEME MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**İSKENDERUN TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**AĞUSTOS 2023**

## ETİK BEYAN

İskenderun Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez üzerinde Yükseköğretim Kurulu tarafından hiçbir değişiklik yapılamayacağı için tezin bilgisayar ekranında görüntülediğinde asıl nüsha ile aynı olması sorumluluğunun tarafıma ait olduğunu,
- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu, bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

İmza

Efe ARIYOL

...../...../.....

FARKLI MENŞELİ METAL HURDALARIN DEMİR ÇELİK ÜRETİMİNE  
ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI  
(Yüksek Lisans Tezi)

Efe ARIYOL

İSKENDERUN TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

AĞUSTOS 2023

ÖZET

Türkiye'deki demir çelik sektöründe faaliyet gösteren işletmelerin çelik üretim yöntemleri incelendiğinde büyük çoğunlukta elektrikli ark ocaklarından üretim yapıldığı görülmektedir. Yapılan bu üretimlerde ana hammadde girdisi olarak çelik hurda ve hurda türevleri kullanılmaktadır. Bu hurdalar ülkemize ve de tüm dünya ya farklı ulaşım yöntemleri ile getirilmektedir. En çok kullanılan yöntemler arasında gemi, kara yolu taşımacılığı karşımıza çıkmaktadır. Farklı ülkelerden gelen hurdalarında o ülkeye ait bazı karakteristikleri taşıdığı kanısı bu tez çalışmasının ana hedefini oluşturmaktadır.

Bu tez çalışmasında, ülkemize farklı ülkelerden gelen çelik hurda kargolarının ülke bazında İskenderun-Osmaniye bölgesinde faaliyet gösteren demir çelik firmalarındaki üretime olan etkileri incelenmiş ve sistematik yöntemler ile modellenmiştir. Bu modellemeler sayesinde bazı reçeteler ortaya çıkmış ve bu reçetelerin çelik üretimleri için bir kılavuz görevi görmesi hedeflenmiştir.

Yapılan testlerde; altı farklı ülkeden gelen çelik hurdalar üzerinde, görüntü işleme, yapay sinir ağları ve istatistik değerlendirme programları kullanılarak hurda ile çalışan bir demir çelik tesisinde prosese, işletme şartlarına ve ürün kalitesine olan etkileri araştırılmıştır. Farklı ülkelerin hurdalarının kullanılması esnasında üretilmiş olan yarı mamul ve mamullere uygulanan mekanik, kimyasal testler incelenmiş, pota metalürjisinde yapılan katkı ve kullanılan elektrik miktarları arasında bir değerlendirme yapılmış, tane boyutu ölçümü ve mikro yapı analiz sonuçları incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler : Çelik hurda, hurda kalitesi, görüntü işleme, ürün kalitesi, yapay sinir ağları

Sayfa Adedi : 111

Danışman : Dr. Öğr. Üyesi Ömer Saltuk BÖLÜKBAŞI

INVESTIGATION OF THE EFFECTS OF DIFFERENT ORIGIN METAL SCRAP ON  
IRON STEEL PRODUCTION  
(Master's Thesis)

Efe ARIYOL

ISKENDERUN TECHNICAL UNIVERSITY  
INSTITUTE OF GRADUATE STUDIES

AUGUST 2023

ABSTRACT

When the steel production methods of the enterprises operating in the iron and steel sector in Turkey are examined, it is seen that the majority of the production is made from electric arc furnaces. In these productions, steel scrap and scrap derivatives are used as the main raw material input. These scraps are brought to our country and to the whole world by different transportation methods. Ship and road transport are among the most used methods. The belief that scraps from different countries have some characteristics of that country is the main target of this thesis.

In this thesis, the effects of steel scrap cargo coming to our country from different countries on the production of iron and steel companies operating in the Iskenderun-Osmaniye region on a country basis were examined and modeled with systematic methods. Thanks to these models, some recipes have emerged, and these recipes are aimed to serve as a guide for production.

In the tests made; on steel scraps coming from six different bodies, using image processing, artificial neural networks and statistical evaluation devices, the process of obtaining an iron and steel working with scrap, its operating conditions and its effects on product quality were investigated. The mechanical and chemical substances applied to the semi-finished and finished products produced during the use of different school scraps were examined, an evaluation was made between the number of additives made in ladle metallurgy and the amount of electricity used, and the results of grain size and microstructure analysis were obtained.

Key Words : Steel scrap, scrap quality, image processing, quality of the product,  
artificial neural networks  
Page Number : 111  
Supervisor : Assist. Prof. Dr. Ömer Saltuk BÖLÜKBAŞI

## TEŞEKKÜR

Hem lisans hem de Yüksek lisans öğrenimim boyunca çok değerli yardım, katkı ve eleştirilerle her zaman yanımda olduğunu hissettiğim ve kendisiyle çalışmaktan büyük onur duyduğum; bir demir çelikçi ve bilim insanı olarak her zaman örnek aldığım çok değerli danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Ömer Saltuk BÖLÜKBAŞI'na teşekkür ederim.

Tez çalışmamın çeşitli aşamalarında deneyimlerini paylaşan jüri üyelerim Prof. Dr. Recep ARTIR'a ve Doç. Dr. Erdoğan KANCA'ya yüksek lisans tezime katkılarımından dolayı teşekkür ederim.

Çalışmalarım boyunca birlikte çok şey öğrendiğim, verdikleri destekler ile her zaman yanımda olduklarını hissettiğim değerli iş arkadaşlarım Sadi İlmi YÜKSEKBAŞ, Fatih BEKTAŞ, Kıdemli Müdürüm Özgür KARAKAŞ'a ve MMK Metalürji şirketi çalışanlarına teşekkür ederim.

Bugünlere gelmemde büyük emekleri olan ve onlarla birlikte olmaktan büyük gurur duyduğum sevgili annem Muazzez ARIYOL ve gerek matematiği ile gerekse beni demir iradeli olarak yetiştiren kıymetli babam Sedat ARIYOL'a sonsuz teşekkürler. Ayrıca hayatımda ki varlığını bana derinlemesine hissettiren kız arkadaşım Sude EKİZ'e çok teşekkür ederim.

## İÇİNDEKİLER

	<b>Sayfa</b>
ÖZET .....	IV
ABSTRACT.....	V
TEŞEKKÜR.....	VI
RESİMLER LİSTESİ .....	IX
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	X
ÇİZELGELER LİSTESİ.....	XII
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	XIII
<b>1. GİRİŞ.....</b>	<b>1</b>
<b>2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR VE MEVCUT DURUM .....</b>	<b>3</b>
2.1 Demir ve Çelik Üretiminin Tarihiçesi.....	3
2.1.1 Avrupada modern demirciliğe geçiş .....	4
2.1.2. Yüksek Fırın ile Çelik Üretim Teknolojisi .....	5
2.1.3. Alternatif Demir Üretim Prosesleri.....	7
2.2. Elektrikli Ark Ocakları ile Çelik Üretimi.....	8
2.3. EAF'ta Meydana Gelen Tepkimeler.....	12
2.3.1. Çelik İçerisinde Bulunan Temel Moleküllerin Oluşturduğu Standart Tepkimeler .....	13
<b>3. HURDA STANDARTLARI .....</b>	<b>15</b>
3.1. Uluslararası Hurda Kaliteleri .....	15
3.1.1. ABD Hurda Standardı.....	16
3.1.2. ISRI Hurda Standardı.....	17



3.1.3. HMS 1&2 Hurda.....	17
3.1.4. HMS 2 Hurdası .....	18
3.1.5. Kırpıntı Hurda.....	19
3.1.6. Değirmen Hurda.....	19
3.1.7. Paketlenmiş Hurda .....	20
3.1.8. Bonus Hurda .....	22
3.1.9. GOST Hurda Standartları .....	24
3.2.Hurdanın Türkiye İçin Önemi Ve Güncel Durumu.....	26
3.2.1. Demir çelik sektörü genel değerlendirme.....	28
<b>4. MATERYAL VE YÖNTEM .....</b>	<b>31</b>
4.1. Birinci Aşama Farklı Ülkelerden Gelen Hurdaların Tonajları ve Elde Edilen Tespitler .....	31
4.2. İkinci Aşama Veri Setlerinin İşlenmesi ve Anlamalı Hale Getirilmesi.....	33
4.3. Üçüncü Aşama Görüntü İşleme Prosesinin Hurda Eksperliğine Adaptasyonu .....	38
4.4. Analizler.....	44
4.4.1. Yolo V8 Nedir.....	49
4.4.2. Yapay Zeka Analizleri .....	49
<b>5. ARAŞTIRMA BULGULARI .....</b>	<b>63</b>
5.1. Hurdalara Ait Deneysel Bulgular .....	63
5.1.1. Kimyasal Bulgular .....	63
5.1.2. Mekanik Bulgular.....	79
5.1.3. Kalite Kontrol Bulguları .....	85
<b>6. SONUÇ VE ÖNERİLER .....</b>	<b>87</b>
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>92</b>
<b>DİZİN.....</b>	<b>95</b>

**RESİMLER LİSTESİ**

<b>Resim</b>	<b>Sayfa</b>
Resim 2.1 Elektrik ark ocağı dışardan görünümü .....	9
Resim 2.2 Elektrik ark ocağı şarj alma anı .....	10
Resim 3.1 Hurda yığını içerisinde klima tüpü .....	17
Resim 3.2 Gemi ambarında iş makinesi kıyılmış hurdayı toplarlarken .....	20
Resim 3.3 Gemiden tahliye olan paket (bundle) hurdalar .....	21
Resim 3.4 Kesilmiş bonus yapı hurdası .....	23
Resim 3.5 GOST çelik hurda döküntüsü örneği .....	25
Resim 4.1 Sıcak haddelenmiş rulo sacda meydana gelen kenar çatlağı hatası .....	37
Resim 4.2 Yerli hurda yığını.....	38
Resim 4.3 Gemi ambarında tahliye beklen HMS hurdası.....	39
Resim 4.4 Görüntü işleme resimden bölge alma kod denemesi .....	42
Resim 4.5 Görüntü işleme resimden spesifik bölge alma kod denemesi .....	43
Resim 4.6 Thermo Fisher optik emisyon cihazı .....	44
Resim 4.7 Zwick Z600 çekme cihazı.....	46
Resim 4.8 Nikon Eclipse MA200 ters metal mikroskobu .....	47
Resim 4.9 Hurda yığını içerisinde pycharm ile kalorifer peteklerinin tespiti.....	62

## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 1.1 Türkiye’de çelik üretim haritası.....	1
Şekil 2.1 Bir yüksek fırın prosesinin ve demir yapım reaksiyonlarının şeması.....	6
Şekil 2.3 Alternatif demir üretim prosesleri .....	7
Şekil 2.4 Elektrikli ark ocağı ve pota ocağının şematik gösterimi .....	11
Şekil 2.5 İnce slab döküm prosesi şematik gösterimi .....	12
Şekil 3.1 Dünyada ve Türkiye’deki çelik üretim yöntemi dağılımı.....	26
Şekil 3.2 2021-2022 yılları arası Türkiye’deki çelik üretim-tüketim-ihracat-ithalat durumu (1000 ton).....	27
Şekil 3.3 2022 yılı çeliğin yüzde olarak kullanım alanları.....	30
Şekil 4.1 Farklı ülkelerden gelen hurdaların miktarları .....	32
Şekil 4.2 Ülke bazında klasörlendirme işlemi .....	33
Şekil 4.3 Belçika hurdasına ait örnek mekanik ve kimyasal test sonuçları .....	35
Şekil 4.4 2021-2022 Aylık bazda kenar çatlağı hatasının dağılımı .....	36
Şekil 4.5 Görüntü işleme ilk aşama resim açma kodları.....	40
Şekil 4.6 Görüntü işleme ilk aşama resim bilgileri öğrenme.....	40
Şekil 4.7 Görüntü işleme rastgele resim üzerinde efektif bölgeler yapma .....	41
Şekil 4.8 Görüntü işleme resimde efektif bölgeler yapma .....	41
Şekil 4.9 Görüntü işleme resimden spesifik bölge alma.....	43
Şekil 4.10 Optik emisyon cihazı analiz sonuç gösterimi .....	45
Şekil 4.11 Tane boyutu ölçümleri tane tarama sistemi .....	48
Şekil 4.12 Tarama sistemi sonucu elde edilen veriler.....	48
Şekil 4.13 Roboflow resim update ekranı .....	50
Şekil 4.14 Roboflow update edilen ve çoğaltılan resimler .....	50
Şekil 4.15 Roboflow derleme ve çoğaltma sonrası aldığımız kod çıktısı .....	51
Şekil 4.16 Roboflow models ekranında Yolov8 kütüphanesi ve colab network seçimi	51
Şekil 4.17 Google colab google drive kopyası kaydetme işlemi.....	52
Şekil 4.18 Ekran kartının aktifliği kontrolü.....	52
Şekil 4.19 Ultralytics yani yolo v8 kütüphanesinin yüklenmesi.....	53
Şekil 4.20 Home belirleme işlemi.....	53
Şekil 4.21 Custom training işlemi.....	53

<b>Şekil</b>	<b>Sayfa</b>
Şekil 4.22 Custom training kodu çalıştırılması ve epochs başlangıcı.....	55
Şekil 4.23 Custom training epoch işlemi ve görsellerin eğitilmesi.....	55
Şekil 4.24 Custom training epoch işlemi ve görsellerin eğitilmesi devamı.....	56
Şekil 4.25 Custom training epoch işlemi ve görsellerin eğitilmesi devamı.....	57
Şekil 4.26 Custom training epoch işlemi ve görsellerin eğitilmesi devamı.....	58
Şekil 4.27 Custom training epoch işlemi ve görsellerin eğitilmesi sonuçların kaydı....	58
Şekil 4.28 Eğitim işlemi sonrası rastgele görseller ile örneklendirme.....	59
Şekil 4.29 Eğitim işlemi sonrasında oluşturulan deploy roboflow linki.....	59
Şekil 4.30 Google colabda eğitilen resimlerin hazırlanmış çıktı kodları.....	60
Şekil 4.31 Görüntü işleme training işlemi roboflow eğitim sonrası.....	60
Şekil 4.32 Kalorifer peteği tespit çalışması sonucu roboflow eğitim sonrası.....	61
Şekil 4.33 Pycharm üzerinde otomatik olarak görsel işleme kodları.....	61
Şekil 5.1 Farklı menşeli hurdaların ortalama element miktarları.....	77
Şekil 5.2 Ülke bazlı EAO'da sarf edilen elektrik miktarı (GJ) minitab heatmap gösterimi.....	78
Şekil 5.3 Ülke bazlı EAO'da sarf edilen oksijen miktarı (m3) minitab heatmap gösterimi.....	79
Şekil 5.4 Ülke bazlı alt, üst akma, çekme, uzama ortalama analiz sonuçları.....	80
Şekil 5.5 Gerilme-gerinim diyagramı.....	80
Şekil 5.6 Tane boyutu ölçmeye uygun 200X mikro yapı tane görünümü (Litvanya hurdası) .....	82
Şekil 5.7 Tanelerin taranması ve tane sınırlarının çizilmesi.....	83
Şekil 5.8 Minitab üzerinde main effects plot çalışması akma mukavemeti tane boyutu ilişkisi.....	84
Şekil 5.9 Minitab üzerinde main effects plot çalışması çekme mukavemeti tane boyutu ilişkisi.....	84
Şekil 5.10 Minitab üzerinde main effects plot çalışması yüzde uzama tane boyutu ilişkisi.....	85

## ÇİZELGELER LİSTESİ

<b>Çizelge</b>	<b>Sayfa</b>
Çizelge 2.1 Sıvı çeliğin içerisinde oluşan temel reaksiyonlar .....	13
Çizelge 2.2 Cüruf yapıcı malzemelerin reaksiyonları .....	13
Çizelge 2.3 Elektrotların yanması sonucu oluşan reaksiyonlar .....	14
Çizelge 2.4 Alaşım elementlerinin ocak içerisindeki reaksiyonları .....	14
Çizelge 3.1 GOST hurda standartları sembolleri ve sınıflandırmaları .....	24
Çizelge 3.2 2022-2023 yıllarına göre dünya çelik üretimi sıralaması.....	29
Çizelge 4.1 Minitab örnek veri seti derlemesi (Belçika hurdası) .....	33
Çizelge 4.2 Belçika Hurdasına ait örnek mekanik ve kimyasal test sonuçları.....	35
Çizelge 5.1 Litvanya hurdası döküm bazlı kimyasal kompozisyonlar.....	63
Çizelge 5.2 Danimarka hurdası döküm bazlı kimyasal kompozisyonlar .....	66
Çizelge 5.3 Letonya hurdası döküm bazlı kimyasal kompozisyonlar.....	68
Çizelge 5.4 Polonya hurdası döküm bazlı kimyasal kompozisyonlar.....	70
Çizelge 5.5 Rusya hurdası döküm bazlı kimyasal kompozisyonlar .....	72
Çizelge 5.6 Belçika hurdası döküm bazlı kimyasal kompozisyonlar.....	74
Çizelge 5.7 S235JR çelik kalitesi kimyasal kompozisyon limitleri.....	76
Çizelge 5.8 DD11 çelik kalitesi kimyasal kompozisyon limitleri.....	76
Çizelge 5.9 Farklı ülke hurda şarjlarına ek olarak ilave edilen hammadde miktarları (kg) (EAF).....	77
Çizelge 5.10 Ülke bazlı EAO'da sarf edilen elektrik ve oksijen miktarı.....	78
Çizelge 5.11 Farklı menşeli hurdalardan üretilen bobinlerin tane boyutları ve standart sapma Ölçümleri.....	82
Çizelge 5.10 Farklı menşeli hurdaların nihai ürün üretimlerinde tespit edilen kusurlar	85
Çizelge 6.1 Mekanik ve kimyasal analiz sonuçlarına göre optimum Ülkeler.....	90

## SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

<b>Simgeler</b>	<b>Açıklamalar</b>
<b>Al</b>	<b>Alüminyum</b>
<b>C</b>	<b>Karbon</b>
<b>Cu</b>	<b>Bakır</b>
<b>CaO</b>	<b>Kalsiyum oksit</b>
<b>Cr</b>	<b>Krom</b>
<b>CO</b>	<b>Karbon monoksit</b>
<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	<b>Hematit</b>
<b>GJ</b>	<b>Giga joule</b>
<b>Kg</b>	<b>Kilogram</b>
<b>Mn</b>	<b>Manganez</b>
<b>Mo</b>	<b>Molibden</b>
<b>Ni</b>	<b>Nikel</b>
<b>P</b>	<b>Fosfor</b>
<b>S</b>	<b>Kükürt</b>
<b>Si</b>	<b>Silisyum</b>

**Kısaltmalar****Açıklamalar****ASTM****American Society for Testing and Materials  
(Amerika Test ve Malzeme Kurumu)****BOF****Bazık Oksijen Fırını****DRI****Direct Reduction Iron (Direkt Redüklenmiş  
Demir)****EAO****Elektrik Ark Ocağı****GOST****Gosudarstvennyy****HBI****Hot Briquetted Iron (Sıcak Biriketlenmiş Demir)****ISO****International Standart Organization (Uluslararası  
Standart Organizasyonu)****ISRI****International Scrap Recycling Industries  
(Uluslararası Hurda Geri Dönüşüm Endüstrileri)****MPa****Mega Paskal****Regression****Regresyon****Std****Standart Sapma****YOLO****You Look Only Once**

## 1. GİRİŞ

Metal hurda elektrik ark ocakları ile çelik üreten işletmelerin ana girdi hammaddesini oluşturmaktadır. 2022 yılında dünya çapında çelik üretimi, 2021 yılına kıyasla %4,2 azalışla 1,8 milyar tona düşmüştür. Türkiye çelik üretimi ise 2022’de %12,9 oranında azalarak 35,1 milyon ton olarak gerçekleşmiştir (Türkiye Çelik İhracatçıları Birliği, 2022). Türkiye’nin ham çelik üretimi 2021 yılının haziran ayında, bir önceki yılın aynı ayına göre %17,9 oranında artışla 3,4 milyon ton olmuştur. Şekil 1.1’de görüldüğü üzere ve ülkemizdeki ham çelik üreticileri portföylerine bakıldığında ark ocaklı tesislerin çoğunlukta olduğu görülmektedir. Bu model çelik üretimi için gerekli olan ana hammadde ise hiç şüphesiz metal hurda ve onun türevlerini oluşturmaktadır. Ülkemizdeki işletmeler her ne kadar iç piyasadan hurda tedarik etmeye çalışsalar da ithal hurdaya da ihtiyaç duymaktadırlar. Bu ihtiyaç da beraberinde farklı nitelikleri ve değerlendirmeleri getirmektedir zira ülkemize gelen hurdaların farklı kalite ve şekillerde olduğu bilinmektedir. İşletmeler kendi ihtiyaç ve üretim yöntemlerine göre farklı kalitede hurdaları tercih edebilmektedir. Bu hurda kalite belirleme işlemlerini de hurda eksperleri yapmaktadır.



Şekil 1.1 Türkiye’de çelik üretim haritası **Kaynak:** (Türkiye Çelik Üreticileri Derneği, 2022)



EAF ve BOF üretim prosesleri, farklı yöntem ve çelik kalitelerine göre demir içerikli hurdanın farklı türlerine ihtiyaç duymaktadır (Roudier, Delgado, 2010: 60). Bu ihtiyaca göre de farklı kalite ve tiplerde hurda tedariki sağlarlar. İşletmelerin kendi içlerinde organize oldukları hurda satın alma müdürlükleri hem yurt içi hem de yurt dışı hurda tedarikinde önemli rol oynamaktadırlar. Hurda sektörü aynı zamanda dünyanın çevre açısından da önemli bir yere sahiptir. Geri dönüştürülen hurda ekosisteme kazandırılan yeni bir malzeme ve oluşum demektir. Bir malzemenin geri dönüştürülebilirliği, yalnızca malzemenin kendisine özgü özellikleri bakımından değil, aynı zamanda malzemenin kullanıldığı teknolojik, ekonomik, sosyal ve çevresel açıdan da belirlenir (Melo, 1999: 92). Bu durum farklı ülkelerden gelen metal hurdaların demir çelik üretimine nasıl bir etkisi olduğu konusunda bir soru işaretini ortaya çıkarmaktadır. Farklı ülkelerden aynı kalitede aynı tonajda alınan hurdaların üretime olan etkileri incelendiğinde hurdadan nihai ürüne kadar olan kısımda yapılan mekanik ve kimyasal testler mikro yapı incelemeleri ve tane boyutu ölçümleri göz önüne alınmış ve hurdalar arasında bir kıyas çalışması yapılmıştır. Sarf edilen elektrik enerjisi, yapılan katkı hammaddelerinin miktarları da sistem üzerinden gözlemlenmiş ve aralarında farklar olduğu tespit edilmiştir. Hurdaların Cu oranları, kirlilik içerikleri, standart dışı uzun malzeme içerikleri kullanılan elektrik sarfiyatına doğrudan etki ettiği gibi sıvı çeliğin katılaşması esnasında da bazı sorunlara yol açtığı görülmüştür. Yapılan karşılaştırmalar sonucunda ülke bazında elde edilen hurda verimi, kullanılan elektrik sarfiyatı, hurda potasını doldurmada ki zorluklar ve hurda sahasında karşılaşılan hurda içerisinde istenmeyen malzemeler incelenerek yararlı bir reçetenin ortaya çıkarılması hedeflenmiştir.

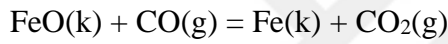
## 2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR VE MEVCUT DURUM

Bu kısım, dört alt başlık altında sırasıyla, demir çelik üretiminin tarihçesi, elektrikli ark ocakları, Türkiye’de metal hurdanın önemi, metal hurdalarda dikkat edilmesi gereken hususları bu konularda daha önce yapılmış çalışmalar göz önüne alarak tartışılacaktır.

### 2.1. Demir ve Çelik Üretiminin Tarihçesi

Ham çeliğin elde edilmesi, demir çelik üretimi proseslerinin ilk adımı olarak nitelendirilir. İnsanlar tarafından demir üretimi muhtemelen MÖ 2000'den sonra güneybatı, güney orta Asya'da ve Kafkasya bölgesinde başlamıştır (Spoerl, 2004: 1). Ham demir, bir indirgeme malzemesi ile indirgenerek oksitten metalik Fe şeklinde ortaya çıkartılabilir. Demirin ekonomik olarak çıkarılması için, genellikle %55-60'ın üzerinde Fe içerikli nispeten zengin demir cevheri yatakları kullanılır. Dünya üzerinde en çok rastlanılan demir oksit minerali hematittir ( $Fe_2O_3$ ) bir diğeri ise manyetit ( $Fe_3O_4$ ) olarak karşımıza çıkmaktadır. Demir cevherleri bunların yanı sıra alüminyum, silisyum, manganez ve fosfor gibi bazı elementlerin oksit minerallerini de içermektedir. Bu elementlerin bazıları çelik üretiminde nihai ürünlerde probleme neden olduklarından ekstraksiyon esnasında cevherden uzaklaştırılması gereken safsızlıklar olarak da kabul görmektedir. Demir, birçok elementle alaşım yapabilme özelliğine sahiptir. Bu tür alaşımlar, farklı uygulamalar için gereken özelliklere sahip çeşitli derecelerde demir alaşımları üretmek için yapılır. Genel olarak, demir ürünleri üç kategoriye ayrılabilir bunlar; çelik, dökme ve dövme demirler olarak isimlendirilir Demir ve demir alaşımı olan çelik, tüm metallerin en kullanışlı olanlarıdır. İçinde demir veya çelik olmayan veya bunları yapmak için demir ve çelikten yapılmış makineler gerektirmeyen bir nesne düşünmek oldukça güçtür (Facts and Details, 2011). Her ne kadar şu an çeliklerin uluslararası standartlara göre sınıflandırılması oluşmuşsa da bu durum demirin ilk kullanıldığı tarihlerde ne yazık ki mümkün değildi. Hindistan'ın Ganj Vadisi'nde yapılan son arkeolojik araştırmalar en eski demir işçiliğinin MÖ 1.800 yılına ait olduğunu göstermiştir (Tewari, 2003: 538). Şayet demirin işlenmesi ve çeşitli malzemeler haline getirilmesi işlemini bütün dünyanın işleyişini değiştirmektedir. Başta ticaret sonra savaşta çokça kullanılmış ve bu işçilik bazı devletlere üstünlüklerde sağlamıştır. Britanya müzesinde (British Museum) korunan en eski örnek, yaklaşık 3500-4000 yılına kadar uzanmaktadır (Gosh, Chatterjee, 2008: 3). Demir oksidin odun kömürü ile indirgenmesi işlemi, yalnızca 900-1000 °C'lik bir

sıcaklığın üzerinde kayda değer oranlarda mümkün olmaktadır. Bu olay tahminen ateş yakılırken tesadüfen keşfedilmiştir. Küçük oranlarda nikel içeren ilk demir malzemelerin, meteorlarda elementsel olarak var olan metalik demirden yapıldığına dair kanıtlarda bulunmaktadır. Saf demirin erime noktası 1536°C'dir, ancak demir karbonu emdiğinde erime noktası önemli ölçüde düşer. %4,26 karbon içeren en düşük erime noktasına sahip bileşim (yani ötektik) 1153°C'de erir. Demir üretmek için kullanılan ilkel fırınların boyutları küçüktü ve yaklaşık 1-1,5 m yüksekliğinde ve 0,4 ila 0,8 m arasında değişen çapları olan derin bir çanak şeklindeydi. Astar, esas olarak kurutulmuş kilden oluşuyordu ve indirgeyici madde olarak odun kömürü kullanıldı (Ghosh, Chatterjee, 2008: 3). Sağlanan hava, karbonun kısmi olarak yanmasına sebebiyet vererek, fırın sıcaklığını yükselten ısı oluşumu ve karbon monoksit ile birlikte indirgemeyi başlatmaktadır. Gerçek indirgeme CO tarafından gerçekleştirilmiş ve demir oksit ile karbon monoksit arasında ki kimyasal reaksiyon aşağıda belirtilmiştir.



*Demir oksit karbon monoksit reaksiyonu*

Kullanılan küçük fırınlarda, maksimum sıcaklık bölgesinde 1100°C'den daha yüksek sıcaklıklara ulaşmak zor olmaktadır. Bu koşullar altında, metalik demir fazla karbon çözündürememektedir. Bu nedenle, ergime gerçekleşmemiş ve elde edilen sıcak demir, çok yüksek oranda FeO içeren düşük ergime noktalı bir cürufle karışmış, katı halde kalmıştır. Demirin farklı şekillerde dökümü, demirin sıvı halde üretilmesini gerektirmiştir. Bu ancak daha sonraki bir aşamada mümkün olmaktadır; bu nedenle söylenebilir ki tarihsel olarak sıvı demir, dövme demirden sonra gelmektedir.

### **2.1.1. Avrupa'da modern demir çeliğe geçiş**

Koruma kadar güç de isteyen Avrupa'daki bazı sanayi ülkeleri, ekonomik programlarında demir çelik sanayilerinin genişlemesine önemli katkılar sağlamışlardır. 1900'lü yıllarda Almanya, İtalya ve Polonya gibi ülkelerde demir cevheri kaynaklarının yanı sıra pik demir ve çelik üretimi için de çeşitli tesislerin kurulması ve geliştirilmesi faaliyeti hep gündemde olmuştur. Bu Avrupa ülkeleri bina ve köprü inşaatları ile otomobiller ve uçaklar dahil olmak üzere birçok alanda kendi kendilerine yeterli olma ihtiyacı hissetmekteydiler dolayısıyla bu durumda Avrupa'da demir çeliğin gelişmesinde büyük rol oynamıştır. Daha da öncesine gidecek olursak İspanya'nın Katalonya eyaletinde hava üfleme için su çarklarının

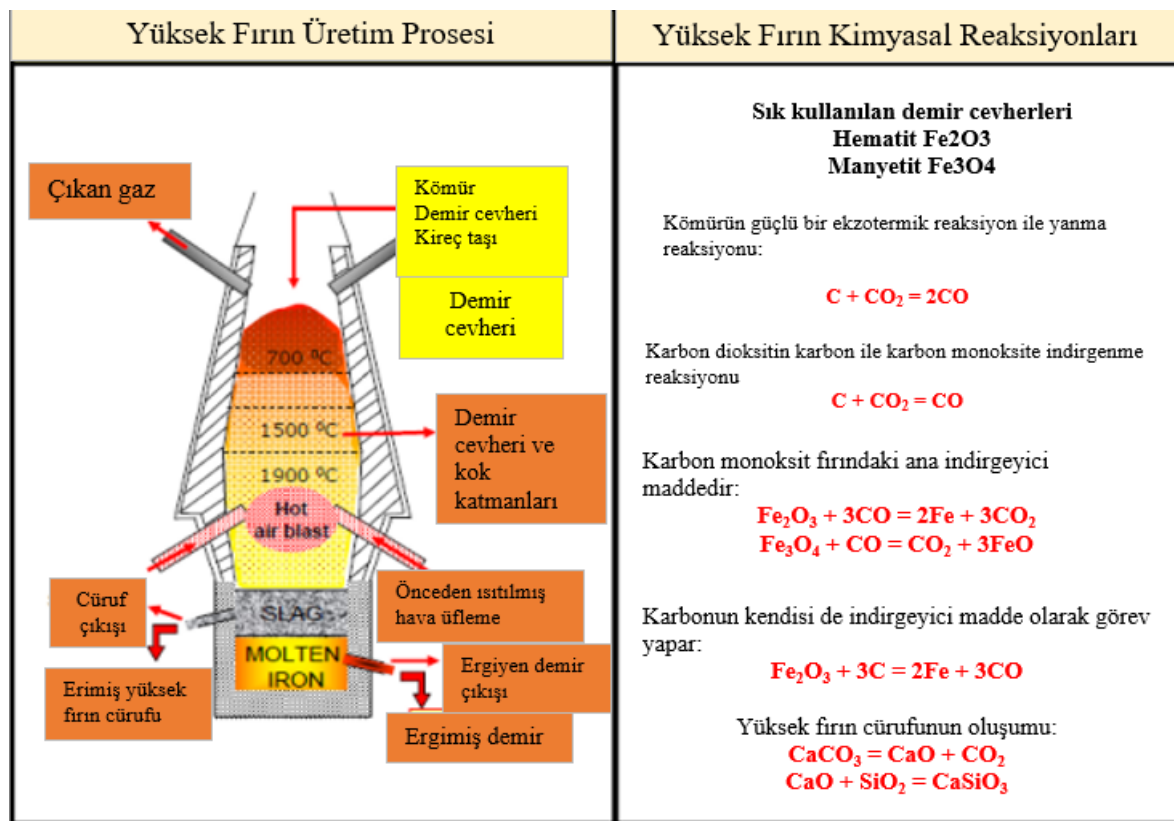
kullanıldığını ve bunun da daha yüksek üretim oranlarının ve daha iyi odun kömürü kullanımı sağladığı görülmüştür. Her 12 saatte bir gruplar halinde tahmini 100 kg metal üretimi yapılmıştır. Daha fazla üretim talebi, Almanya'da Stukofen'in ortaya çıkmasına sebebiyet vermiştir. Stukofen'in yüksekliği 3-4.5 metredir ve şekli modern bir yüksek fırına benzemektedir (Wiklund, 2016: 18). Su ile çalışan körüklere ve taş ve kilden yapılmış üstün bir fırın astarına sahiptir. Haklı olarak bu fırın modern yüksek fırının öncüsü olarak kabul edilir. Sıcak demirin kabarmış hali (katı bir formunda) eskiden alttan çekilirdi ve yan ürün olarak yalnızca küçük miktarlarda sıvı demir üretilirdi. Bireysel Stukofenler ile yılda 100-150 ton demir üretilmekteydi.

### **2.1.2. Yüksek fırın ile çelik üretim teknolojisi**

Yüksek fırınlar, demir ve çelik üretim sürecindeki en büyük malzeme ve enerji tüketicileridir (Ruth, 2004: 12). Yüksek fırınlarda hammaddenin ergimesi ve demirin redüklenmesi işlemleri karbonmonoksit (CO) gazı ile gerçekleştirilir. Redüklenme ve parçalanma reaksiyonları sonrası açığa çıkan gazlar yüksek fırın içerisinde belirli mertebelerde etkileşime girerler ve sonrasında ortamda kalan gazlar beraberinde küçük boyutlu malzemelerle birlikte baca gazı ve filtreler aracılığıyla yüksek fırından uzaklaştırılır (İlker, Karakuş, Gençoğlu, 2020: 701). 19. yüzyılın sonlarından itibaren ABD'de demir çelik endüstrisi büyümeye başlamıştır. Carnegie Steel Co'nun Andrew Carnegie tarafından kurulması, ardından ABD'li demir üreticilerinin yanı sıra Avrupa'dakilerin de birçok öncü çaba sarf ettiği önemli bir dönüm noktası olmuştur. 1880'den 1950'ye kadar, gelişmelerin çoğu fırın tasarımı ve mühendisliği alanında olmuştur. Proses teknolojisinde, nedenleri aşağıdaki gibi açıklanan önemli bir değişiklik olmamıştır:

Yüksek fırın reaksiyonlarının fizikokimyasal ve metalürjik yönlerine ilişkin bilgi sınırlı olmaktadır. Termodinamiğin uygulanması ve bunun sonucunda metalürjik termodinamiğin gelişimi ancak 1930'larda başlamıştır. İlgili reaksiyonların kinetiği ve ilgili taşıma fenomeni bilgisi, 1950'lerin başında bile çok temel bir aşama olarak karşımıza çıkmaktadır. Ancak 1950'ler ile 1960'lar arasında hızlı adımlar atılmış ve gelişim süreci kısaltılmıştır. Yüksek fırın temel olarak, sinterlenmiş ham demir ve koklaştırılmış taş kömürünü sıcak hava yardımıyla reaksiyona sokarak, çelikhane için gerekli olan sıvı ham demiri (pik demir) üretmektedir. Demir cevheri bir hammadde olarak tek başına kullanılmadığı gibi entegre tesis atıkları ve toz cevherin sinterlenmiş hali demir ve oksit içeren diğer hammaddeler

kullanılırken (pelet, parça cevher) yakıt olarak da sadece koklaştırılmış taş kömürü kullanılmamaktadır (katran, doğal gaz ve fuel-oil). Bunun en temel nedeni üretim maliyetini düşürmekten geçmektedir. Kok kömürünün maliyeti göz önüne alındığında bu tarz yapılan iyileştirmeler demir çelik işletmeleri için adeta birer kurtarıcı niteliği taşımaktadır. Yüksek fırın dış gövdesi bulunduğu bölgeye göre kalınlıkları değişiklik gösteren (30 – 50 mm) çelik sacdan imal edilmektedir. Fırın içerisindeki reaksiyonlar sonucu oluşan ısının gövde sacını hasara uğratmaması açısından gövde sacı, fırın iç kısmından olacak şekilde çeşitli kalitelere refrakter tuğlalar örnek suretiyle korunmakta ve üretimin sürekliliği sağlanmaktadır.



Şekil 2.2. Bir yüksek fırın prosesinin ve demir yapım reaksiyonlarının şeması

**Kaynak:** (Yıldırım, Pirezzi, 2009:24)

Şekil 2.2, yüksek fırın prosesinin bir şemasını ve ilgili reaksiyonların bir özetini göstermektedir. Ham demir (pik) üretim sürecinde, yüksek fırına sürekli olarak demir cevheri parçaları, sinter ve/veya peletler, kireçtaşı ve kok gibi eritici maddeler şeklinde demir içeren malzemeler fırının tepesinden yüklenmektedir. Demir cevheri, çelik üretimi için demirin çıkarıldığı demir açısından zengin bir mineral olarak tarif edilmektedir. Silika ve alümina ile birlikte yüksek konsantrasyonda demir oksit içermektedir. En yaygın demir cevherleri, az miktarda manyetit (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>) içeren esas olarak hematitten (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) oluşmaktadır.

Bu demir oksitler yüksek fırında kimyasal olarak indirgenmekte ve fiziksel olarak sıvı ham demire dönüştürülmektedir. Demir cevherinde bulunan süreksizlikleri cürufa dönüştürerek esasen uzaklaştırmak için fırına eritici kireç taşı ( $\text{CaCO}_3$ ) eklenir. Yüksek fırında üretilen erimiş demir, ağırlıkça yaklaşık %4-5 gibi yüksek bir karbon içeriğine sahiptir. Pik demirin bu nispeten yüksek karbon içeriği, onu çok kırılğan hale getirir ve çoğu ticari kullanım için uygun değildir. Yüksek fırınlarda üretilen pik demirin bir kısmı dökme demir yapımında kullanılırken, pik demirin büyük bir kısmı farklı kalitelere çelik üretmek için çeşitli metalurjik işlemlerden geçer. Bu nedenle demir cevherinin yüksek fırında pik demire dönüştürülmesi çelik üretim sürecindeki ilk adım olarak görülebilir. Modern yüksek fırınlar günde 13.000 tona kadar ham demir üretebilmektedir (Yıldırım, Prezzi, 2009:25).

### 2.1.3. Alternatif demir üretim prosesleri

Alternatif demir üretimi, yüksek fırın ile demir üretimi prosesi dışındaki tüm demir üretimi yollarının ortak adını oluşturmaktadır. Alternatif demir üretim prosesleri, kömür ve doğal gaz kullanan prosesleri, katı bir yan ürün olan (HBI/DRI) üreten prosesleri son olarak sıvı demir üreten prosesleri içermektedir. Bu üretim metotlarını daha anlaşılır hale getirmek için fırın/reaktör tipi gibi gruplara ayırmak bir kriter olarak kullanılabilir.

Reaktör tipi	Redükleyici	Üretim	Örnekler
Hareketli ocak fırınları	Kömür	Katı	Inmetco, Fastmelt, Primus Redsmelt, Sidcomet
Döner fırınlar	Kömür	Katı	SLRN
Akışkan yataklılar	Kömür ve gaz	Katı	Circofer, Circored, Finmet
Şaft fırınları	Gaz	Katı	Midrex, Hyl, Danarex
Şaft fırınları	Kok ve odun kömürü	Sıvı	Mini-BF, Oxycup
Ergime işlemi	Kömür	Sıvı	Tecnored
Şaft fırını	Kömür	Sıvı	Corex, AISI Direct Steelmaking
Akışkan yatak	Kömür	Sıvı	Finex, DIOS, HISMelt
Siklon	Kömür	Sıvı	CCF, HIsarna
Yalnızca eritici	Kömür	Sıvı	Romelt, Ausiron

Şekil 2.3. Alternatif demir üretim prosesleri

**Kaynak:** Meijer, Zeilstra, Teerhuis, Van Der Stel, 2013:2)

Şekil 2.3'te görüldüğü gibi reaktör tiplerine göre indirgeyiciler ve ürünler bazında bir ayırım yapılmıştır. Burada indirgeyiciler genel olarak kömür, kok kömürü ve doğal gaz olarak karşımıza çıkmaktadır. Şekil 2.3'deki aşağıdaki işlemler ergitme indirmeye işlemleri olarak kabul edilebilir bunlar; Corex, Finex Tecnoled, AISI Direct Steelmaking, DIOS, Romelt, Ausiron, Hİsmelt, CCF ve Hİsarna üretim metotlarıdır. Halihazırda bu bahsi geçen 10 teknoloji den 5'i kullanılmamakta, 3'ü deneme üretimlerini yapmakta ve 2'si endüstriyel duruma gelmiş bulunmaktadır (Meijer ve diğerleri, 2013:1). Bu yöntemler midrex ve fastmelt yöntemleridir.

## 2.2. Elektrikli Ark Ocakları ile Çelik Üretimi

Çelik yapımında uygulanan elektrik ark ocağı, 1889 yılında Paul Héroult tarafından icat edilmiştir (Madias, 2014:271). Elektrikli ark ocakları yapısı, şekli itibari ile açık ocak fırınları ile de benzerlik gösterebilmektedir ancak üretim için gerekli olan kaloriyi yakıttan değil elektrik enerjisinden karşılaması ile diğer sistemlerden ayrılmaktadır. Elektrikli ark ocakları, hassas proses kontrolü ve süresi uzatılmış rafinasyon süresi boyunca "özel yapım" cürufu oluşturma kabiliyeti sayesinde, açık ocak fırınlarında yapılanlardan daha da iyi kalitede çelik üretme yeteneğine sahip olmaktadır. Sonuç olarak, özel ve alaşımli çelikler neredeyse yalnızca bu işlemler ile üretilir. Temel elektrik ark ocağı, EAF (Electric arc furnace) şu anda önemli bir çelik üreticisi pozisyonunda bulunmaktadır. Ortaya çıkan yeni teknoloji, yirminci yüzyılın başlarında, o dönemde nispeten ucuz elektrik enerjisinin geniş kapsamlı üretiminin başlamasıyla başlamaktadır. İlk kullanılan fırınların kapasitesi 1 ile 15 ton arasında değişmekteydi. EAF, başlangıçta güçlü rakipler olarak Bessemer/Thomas dönüştürücülere ve Siemens Martin fırınlarına sahipti üretim süreci; yüksek sıcaklık, ferroalyaj eritme ve uzun rafinaj süreleri gerektiren özel çeliklerin üretimlerinden geçmekteydi, takip eden yirmi yıl içerisinde, kütük döküm makinelerinin ihtiyaç duyduğu kısa kılavuzdan kılavuza süreyi daha iyi desteklemek için, EAF yalnızca ergitme birimi olarak yeniden ve daha avantajlı bir ergitme fırını haline getirdi. Yeni devreye alınan pota ocağı için çelik rafinasyonu bırakıldı. Büyük transformatörler tanıtıldı; köpüren cüruf uygulamasını benimseyerek mümkün olan ultra yüksek güçlü fırınlar geliştirildi. Bu şekilde, potayı devirme süresi, döküm süresine yaklaştı. 1985'e gelindiğinde ise elektrikli çelik üretimi için yeni bir vizyon oluşumu başladı.

Elektrik ark ocakları, geri dönüştürülmüş çelik hurdasını ergiten ve yüksek kalitesine göre gerekli ilaveler yapıldıktan sonra çeliğe dönüştüren ısı üretmek için gazlı yakıtlar kullanmak yerine yüksek güçlü elektrik arkları kullanmaktadır. Elektrik ark ocaklı çelik üretim süreci, yüksek fırın üretimine kıyasla oldukça pratik ve hızlı olmaktadır.



Resim 2.1. Elektrik ark ocağı dışardan görünümü

Resim 2.1.'de görülen elektrikli ark ocağının kendisi olmakla beraber aktif olarak çalıştığı anı temsil etmektedir. Elektrik ark ocakları grafit elektrotlarla çalışacak şekilde tasarlanmıştır ve bir tarafında eksantrik bir çentik veya ağzı olan dev kazanlara benzerler. Elektrik ark fırınlarının çatısı, ham maddelerin yüklenmesini kolaylaştırmak için dönebilir ve sallanabilir. Elektrik ark ocaklarının ana girdi hammaddesi, bir miktar pik demir içeren çelik hurdadır. Ağır etli (büyük levha parçaları ve kirişler) veya kıyılmış formdaki çelik hurdalar, paketlenmiş üretim firesi hurdaları gibi hurdalıklarda 65 kadar farklı çelik sınıfına ayrılır, derecelendirilir ve tasnif edilir. Sonuç olarak, çeliğin bileşimi, ocağa şarj edilen farklı kalitedeki çelik hurdalarının yüzdesine bağlı olarak tahmin edilebilmektedir. Tipik olarak hurda depoları, hurdayı tedarik etmek için EAF fırınlarının yakınında bulunur. Hurda sepetleri hem fırındaki ergitme koşullarının hem de bitmiş çeliğin kimyasının hedeflenen bileşimlerde olmasını sağlamak için boyutlarına ve yoğunluklarına göre farklı hurda türleri ile dikkatlice yüklenmektedir. Genel olarak hurda yığınları, hurdayı daha hızlı tedarik etmek için ocakların yakınında bulunmaktadır. Hurda sepetleri hem fırındaki ergitme koşullarının hem de ergimiş çeliğin kimyasının hedeflenen bileşimlerde olmasını sağlamak amacı ile



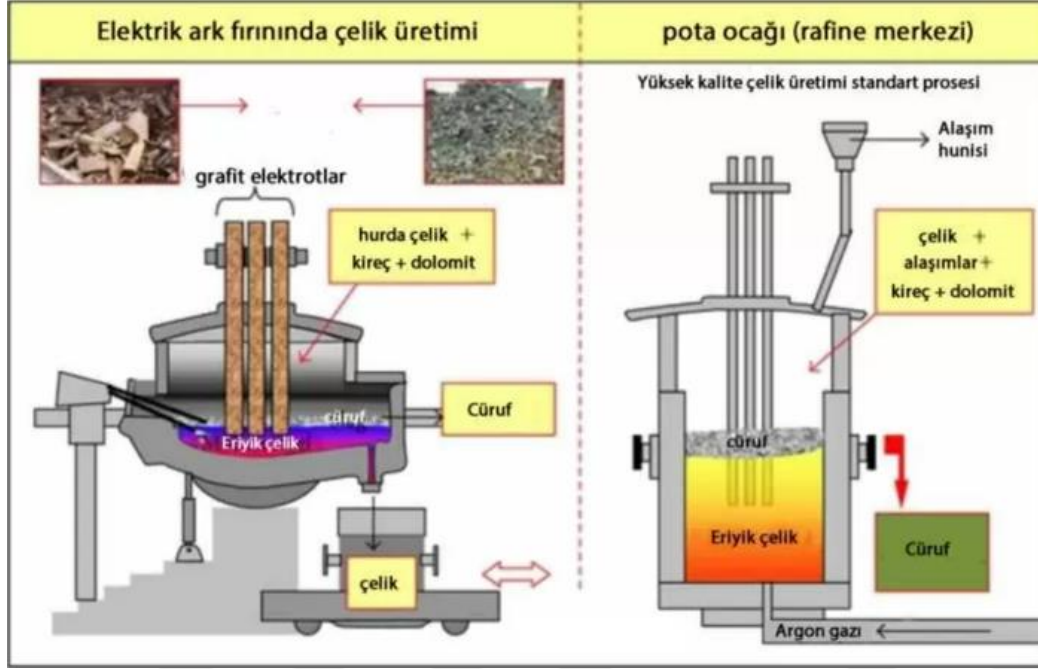
boyutlarına ve yoğunluklarına göre farklı hurda türleri ile dikkatlice yüklenmektedir. Elektrik arklı çelik üretim süreci, hurdanın ocağa şarj edilmesi ile başlamaktadır. Fırının tepesinden yüklemeyi kolaylaştırmak amacı ile, başlangıçta elektrik ark ocağının kapağı açılır ve grafit elektrotlar kaldırılır. Farklı türdeki çelik hurdaları, çelik hurda sepetleri kullanılarak fırına yüklenmektedir.



Resim 2.2 Elektrik ark ocağı şarj alma anı

Resim 2.2’de hurda sepetinin ocağın üstünde tavan vinci yardımı ile açılarak ocağa beslenmesi (şarjı) gösterilmiştir. Hurda şarjından sonra, ocağın üst kısmında genel olarak daha küçük boyutlu parçalar bulunmakta ve fırının alt kısmında ağır etli hurdalar olacak şekilde yükleme işlemi yapılmaktadır. Daha sonra, grafit elektrotlar (genel olarak üç adet), fırın kapağından fırına doğru aşağı indirilir ve ark işlemi başlatılır. Oluşan ark elektrotlar ve metalin içinden geçerek metalin bu elektrik akışına karşı oluşan direnci sayesinde ısı elde edilir, hurda erirken, elektrotlar fırının altındaki ağır hurda parçalarına ulaşana kadar hurda katmanları boyunca daha derine indirilmekte ve bütün noktalarda homojen bir çelik üretimi hedeflenmektedir. Yanmış kireç ya da dolomit formundaki  $\text{CaO}$  ‘da hurda ile birlikte ocağa şarj edilir veya ergitme esnasında fırına üflenmektedir. Şarj sepetinin hazırlanması, sadece uygun ergitme ortamını sağlamak için değil, aynı zamanda da iyi ergitme koşullarını da

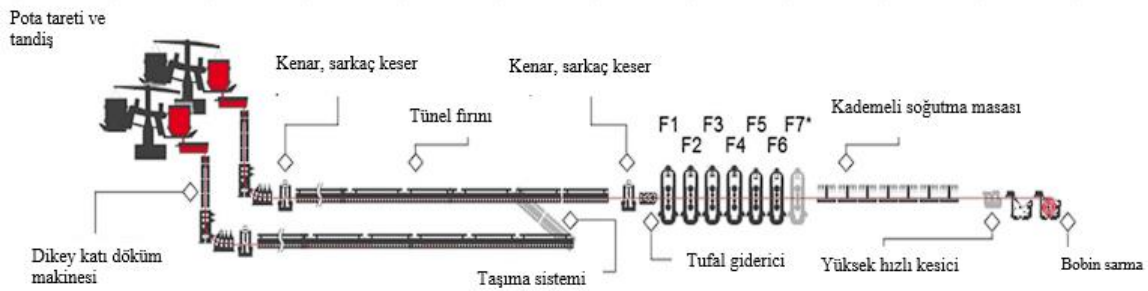
sağlamak için önemli bir işlemdir. Yan taraftaki duvarları ve fırın kapağını elektrik ark radyasyonundan koruma sağlamakla beraber, ocakta sıvı çelik havuzunun daha hızlı oluşumunu desteklemek için hurda, boyut ve yoğunluğa göre hurda sepetine yerleştirilmesi gerekmektedir (Ataş, 2021:25).



Şekil 2.4 Elektrikli ark ocağı ve pota ocağının şematik gösterimi

**Kaynak:** (Makine eğitimi çelik üretim yöntemleri, 2021)

Şekil 2.4'te hem ark ocağının kendisi hem de çeliğin pota metalurjisi ile istenilen kaliteye getirildiği pota ocağı görülmektedir. Sıvı çelik ark ocağından potaya döküldükten sonra vinç veya demir yolu yardımı ile pota ocağına getirilmektedir. Bura da alaşım malzemeleri, kireç, dolomit gibi malzemeler eklenerek çeliğin kimyasal bileşimi istenilen son haline getirilmekte oradan da sürekli dökümlere veya tandişe götürülmesi suretiyle işlem tamamlanmaktadır. Pota ocakları, bir ark transformatörüne bağlı iki veya üç grafit elektrot ile çalıştırlırlarından dolayı, EAO'nun daha küçük versiyonları gibi görünmektedirler. Genel olarak, pota ocağının tabanı, fırın içindeki sıvı çeliğin türbülans etkisi ile karıştırılması ve homojenleştirilmesi için argon gazının enjekte edildiği bir boru hattına sahip olmaktadır. Grafit elektrotlar, çeliği ısıtmak için çeliğin içine indirilirken ayrıca kükürt giderme malzemelerinin (Ca, Mg, CaSi, CaC<sub>2</sub>, CaF<sub>2</sub> + CaO) enjekte edilmesi için konveyör veya flanş sistemleri kullanılmaktadır.



Şekil 2.5. İnce slab döküm prosesi şematik gösterimi

**Kaynak:** (Klinkenberg, Kintscher, Hoen, Reifferscheid, 2017:3)

Bu çalışmada incelenecek olan prosesler zincirlerinde işin döküm kısmında şekil 2.5'teki TSC (Thin Slab Casting) prosesi baz alınarak yapılacaktır. Dolayısıyla pota ocağında metalurjik işlemleri tamamlanmış olan sıvı çelik bu kısma getirilip burada haddeleme aralıklarına göre belirlenen kalınlıklarda dökülecek ve daha sonra da sıcak haddede haddelenip bobin sarıma gönderilecek ve nihai ürün haline gelecektir. Bu prosesi diğer proseslerden ayıran temel özelliklerden bir tanesi slabın tandiştan dökülür dökülmez tünel fırınlarına aktarılması ve hatların tamamının birbirine bağlı olmasıdır.

### 2.3. EAO'da Meydana Gelen Tepkimeler

EAO'da eklenen malzemeler ile pota ocağında eklenen maddeler arasında kimyasal reaksiyonlar oluşmaktadır. Bu reaksiyonlar neticesinde alaşım elementlerinin istenilen kimyasal bileşim aralığına getirilmesi ve bunun içinde gereken element veya alaşım eklemeleri ile yeni bileşimler oluşmaktadır. Aynı anda gerçekleşen değişik sıcaklık, hızlardaki farklı reaksiyonlar gerçekleştiğinden istenmeyen birden fazla malzeme çelikten uzaklaştırılır, ya da istenen birçok element çeliğe ilave edilebilmektedir. EAO, çeliğin ergitilmesi ve rafine edilmesi için ısıya ihtiyaç duymaktadır. Ana ısı kaynağı olarak, grafit elektrotlar ve elektrik enerjisi kullanılmaktadır. Bu ısının geriye kalan kısmı kimyasal reaksiyonlar aracılığı ile sağlanır. EAO'nun ısı dengesi süreci, ısı tüketen ve ısı üreten (egzotermik) alt süreçlere ayırarak tanımlanabilir. Prosesin sağladığı ısıların toplamı, fırının tükettiği ısıların toplamına eklenirse, transformatörden gelen elektrik enerjisiyle telafi edilmesi gereken bir fark vardır.

Aşağıdaki işlemler EAO'da ısı tüketir:

- Hurda, HBI, DRI, pik demirin ergitilmesi ve döküme elverişli hale getirilmesi için gereken sıcaklık
- Elektrik kayıpları
- Su soğutmayı sağlayan panel ve panolar
- Fırın kapağının ve kapanması sırasında ki radyasyon kayıpları

Aşağıdaki işlemler EAO'da ısı üretimi sağlar:

- Elektrik enerjisi ve grafit elektrotlar
- Çeliğin içerisinde çözünen C, Si, Mn, Fe ve diğer elementlerin oksidasyonu
- Şarj karbonun oksidasyonu
- Brülörler ve diğer yakıtlar

### 2.3.1. Çelik içerisinde bulunan temel moleküllerin oluşturduğu standart tepkimeler

Çelik içeriğini oluşturan reaksiyonlar çizelge 2.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 2.1. Sıvı çeliğin içerisinde oluşan temel reaksiyonlar

**Kaynak:** (Çamdalı, 1998:6)

Reaksiyon
$2.Fe+3/2.O_2 \longrightarrow Fe_2O_3$
$Fe+1/2.O_2 \longrightarrow FeO$
$C+1/2.O_2 \longrightarrow CO$
$Si+O_2 \longrightarrow SiO_2$
$Mn+1/2.O_2 \longrightarrow MnO$
$2.P+5/2.O_2 \longrightarrow P_2O_5$
$2.Cr+3/2.O_2 \longrightarrow Cr_2O_3$

Çizelge 2.2. Cüruf yapıcı malzemelerin reaksiyonları

**Kaynak:** (Çamdalı, 1998:6)

Reaksiyon
$CaO+S \longrightarrow CaS+1/2.O_2$
$2.Al+3/2.O_2 \longrightarrow Al_2O_3$
$CaCO_3 \longrightarrow CaO+CO_2$

Cüruf oluşturu malzemelerin reaksiyonları ise çizelge 2.2.'de gösterilmiştir.

Bu tepkimeler arasında belki de en önemlilerinden olan grafit elektrotların yanması ile ortaya çıkan tepkimelerdir. Burada ki yüksek ısı ve gaz çıkışı birden çok faktörü ilgilendirdiği gibi dökümün kalitesi hakkında bilgiler vermektedir. Çizelge 2.3.'de Çeliğin içerisindeki elementlerin oksitlenme reaksiyonları gösterilmiştir.

Çizelge 2.3. Çeliğin içerisindeki elementlerin oksitlenme reaksiyonları

**Kaynak:** (Çamdalı, 1998:6)

Reaksiyon	
$C+O_2$	$CO_2$
$Si+O_2$	$SiO_2$
$2.Fe+3/2.O_2$	$Fe_2O_3$
$Fe+1/2.O_2$	$FeO$
$Ca+1/2.O_2$	$CaO$
$2.Al+3/2.O_2$	$Al_2O_3$

Ark ocağı ve pota ocağı içerisinde şarj edilen malzemelerin bu yapıların sağlıklarını, verimlerini ve üretim parametreleri doğrudan doğruya etkilediği literatür taramaları sonucu açıkça görülmüştür. Alaşım elementlerinin ocak içerisinde meydana getirdiği reaksiyonlar çizelge 2.4.'te gösterilmiştir.

Çizelge 2.4. Alaşım elementlerinin ocak içerisindeki reaksiyonları

**Kaynak:** (Çamdalı, 1998:7)

Reaksiyon	
$Mn+1/2.O_2$	$MnO$
$2.Fe+3/2.O_2$	$Fe_2O_3$
$Fe+1/2.O_2$	$FeO$
$Si+2.O_2$	$SiO_2$
$C+1/2.O_2$	$CO$
$2.P+5/2.O_2$	$P_2O_5$
$2.Al+3/2.O_2$	$Al_2O_3$
$2.Cr+3/2.O_2$	$Cr_2O_3$
$Zn+1/2.O_2$	$ZnO$
$2.B+3/2.O_2$	$B_2O_3$

Çizelge 2.4'teki reaksiyonlar incelendiğinde pota ocağındaki sıvı çeliğe ilave edilen malzemeleri de tahmin etmek güç olmamaktadır. Öyle ki bu malzemeler hem yüksek maliyetli hem de tedarik zincirleri yurt dışı bazlı olanlar da göz önüne alındığında olası bir israf veya proses hatasında büyük zararlara gebe olmaktadır. Çalışan operatörlerin ve mühendislerin ocaktan alınan numunelere dikkatli bir şekilde spektral analiz yaptırarak o bağlamda gerekli ilaveleri veyahut bertarafı gerçekleştirmeleri en sağlıklı olacaktır.

### 3. HURDA STANDARTLARI

Metal hurda, tüm dünyada en çok kullanılan demir çelik endüstrisi ham maddelerinden biridir (Bölükbaşı, Arıyol, 2022:442). Hurda metal, tüm endüstriyel ve gelişmekte olan ülkelerin ekonomik refahı için hayati önem taşıyan bir emtiadır (Turner, 2006:492). Bütün dünya da süregelen bir devir daim işlemi söz konusudur. Eskisini at yenisi al sistemi neticesinde kullanım ömrü dolmuş olan metalik malzemelerin geri dönüştürülmesinin de önemi ayrıca ortaya çıkmaktadır aksi takdirde bu kadar çok metalik hurdanın ne yapılacağı konusu dünyamız için büyük bir atık sorunu da beraberinde getirebilirdi. Elektrikli ark ocaklarının kuruluş amaçlarından bir tanesi de bu malzemelerin geri dönüştürülmesini içermektedir. Çok çeşitli ve karmaşık olabilen hurdaları daha iyi incelemek adına iç piyasa ve ithal hurda şeklinde ayırmak gerekmektedir çünkü bu iki tip hurdanın karakteristik özellikleri birbirinden farklı olmaktadır. Çevremizde gördüğümüz arabalar, eski metal köprüler, elektrik direkleri, yıkılan apartmanlardan çıkartılan inşaat demirleri, evsel atıklar gibi malzemeler hurdaları oluşturmaktadır lakin bu sayılanlar bu gruba ait çok küçük bir kısmı teşkil etmektedir.

#### 3.1. Uluslararası Hurda Kaliteleri

Ticari hurda sektöründe birçok hurda standardı tanımı bulunmaktadır. Bu tanımlar birbirleri ile ilişkisi asgari düzeydedir. Çünkü bu standartların tanımlanmasındaki kalite parametreleri ülke ve işletme bazlı olup, tüm dünyada geçerli tek sınıflandırma bulunmamakla beraber zaman içerisinde kabul gören bazı ortak özellikler mevcuttur. Demir çelik sanayisine sahip bütün ülkelerin demir çelik hurda standartları bulunmaktadır. Bütün hurda standartları kendilerine has özellikleri bulunmasından mütevellit farklı özellikleri içermektedir. Bu durumun sebebi ise ülke bazında toplanmış olan hurdaların kendi teknik özelliklerini ve kalite şeklini içermesi olarak gösterilebilir. Bu standartların dışında işletmelerin kendi içlerinde hazırladıkları ve uyguladıkları standartlarda bulunmaktadır, bu standartların bazıları uluslararası standartlara benzer bazıları da tamamen farklı olabilmektedir. Çelik hurda standartları kendi içlerinde kalitelere ve sınıflarına göre düzenlenmekte ve tanımlanmaktadır. Tabi ki bu sınıflandırma işlemleri kendi içinde homojen toplulukları içermektedir, bunun nedeni bu şekilde olacak bir sınıflandırmanın hurdayı tanımayı kolaylaştırmasıdır. Hurda standartlarına uymayan hurda partilerinde ise daha az miktarda homojen hurda grupları bulunduğundan önce onların tespiti yapılmalı daha sonra kalan hurda grubunun kalite tespitleri yapılmalıdır.

### 3.1.1 ABD hurda standardı

Uluslararası hurda alışverişinde, hurdayı ihraç eden ülke tarafının standartları baz alınmaktadır. Bu durumda olan ülkeler tabii ki hurda ihracatında büyük pasta dilimine sahip olan ülkelere meydana gelmektedir. Bu ülkeler ABD, Rusya, Almanya, İngiltere ve diğer Batı Avrupa ülkelerinden oluşmaktadır. Bütün dünya baz alındığında hurda üretiminin ve ihracatının olduğu dört büyük ülkeden biri ABD'dir. ISRI (Institute of Scrap Recycling Industries) hurda standardı ABD hurda standardı ve kalite sınıflandırmasını oluşturur ve genel olarak bütün ülkelerde kısmen kabul görmektedir ve Avrupa Birliği ülkelerinin hurda ihracatında da kullanılmaktadır. Türkiye olarak bizde genelde ISRI standardı ve kalite sınıflandırmalarını referans alarak ihracat planlarımızı yapmaktayız.

### 3.1.2. ISRI hurda standardı

ISRI hurdalar aşağıda verilen temizlik, kalite, kalıntı elementler gibi bazı temel parametreler doğrultusunda incelenmektedir.

*a. Temizlik:* Genel olarak bütün metal hurdalarda istenen kirlilik, metal olmayan malzemeler ve diğer yabancı maddeler ile aşırı korozyona uğramış malzemelerden arınmış olmasıdır. Ancak bu durum istem dışı taşıma veya yükleme sırasında olan işlemler için geçerli olmamaktadır.

*b. Kalite:* dışı hurda: İhraç edilen belirli bir kalite sınıfına ait hurdanın hazırlanmasında kasıtlı veya kasıtlı olmayan nedenlerle bulunabilen veya tahliye sırasında ayrıştırılamayan malzemeler hurdanın genel tonajına olumsuz bir etkide bulunmaz ancak içerik ve kullanım olarak verim alınması mümkün olmayan malzemelere kalite dışı hurda denilmektedir.



Resim 3.1 Hurda yığılını içerisinde klima tüpü

Resim 3.1’de görülen klima tüpünün herhangi bir hurda sınıfına girmediği için kalite dışı hurda olarak tanımlanmakta ve ayrıca tehlikeli ve patlayıcı hurda olarak da değerlendirilmektedir.

*c. Kalıntı elementler:* Kalıntı element yani hurda içerisinde istenmeyen elementleri temsil eder. Hurdaların alaşımsız olarak isimlendirilmesinin de nedeni bu olmaktadır. Hurdanın kimyasal kompozisyonunu oluşturan alaşım elementlerinin minimum seviyede bulunması en doğru seçim olmaktadır. Standartlara göre bazı üst sınırlar bulunmaktadır bu sınırlar aşılmadığı sürece hurda alaşımsız olarak kabul edilmektedir. Bu değerlere göre;

Ni: %0,45

Cr: %0,20

Mo: %0,10

Mn: % 1,65 ve bunlara ek olarak, mangan dışında kalan Ni, Cr, Mo elementlerinin toplamının %0,60’ı geçmemesi gerekmektedir.

### 3.1.3. HMS 1&2 hurda

Ağır ergitme çeliği (HMS) veya ağır ergitme hurdası iki ana kategoriye ayrılır: HMS 1 ve HMS 2, burada HMS 1 galvanizli çelikleri içermez ancak HMS 2 içerebilmektedir. HMS 1 hurdası 200, 201 numaralı ISRI kodlarından birinin veya birden fazlasının özelliklerine sahip hurdalara verilen tanımlama şekli olmaktadır.

#### a.200 No.1 Ağır ergitme çelik hurdası

6 mm et kalınlığına veya daha fazlasına sahip ham demir ve çelik hurdaları içermektedir.



Hurda parça ölçüleri 150 x 60 cm (60 x 24 inç) ebatlarında olacak ve şarj için uygun şekilde hazırlanmalıdır.

b. 201 No.1 Ağır ergitme çelik hurdası

6 mm et kalınlığına veya daha fazlasına sahip ham demir ve çelik hurdaları içermektedir. Hurda parça ölçüleri 90 x 45 cm (36 x 18 inç) ebatlarında olacak ve şarj için uygun şekilde hazırlanmalıdır.

c. 202 No.1 Ağır ergitme çelik hurdası

6 mm et kalınlığına veya daha fazlasına sahip ham demir ve çelik hurdaları içermektedir. Hurda parça ölçüleri 150 x 45 cm (60 x 18 inç) ebatlarını geçmeyecek ve şarj için uygun şekilde hazırlanmış olmalıdır.

**3.1.4. HMS 2 hurdası**

203, 204, 205 ve 206 numaralı ISRI kodlarından birinin veya birden fazlasının teknik özelliklerine sahip hurdalara HMS 2 hurdası denilmektedir.

a.203 No.2 Ağır ergitme çelik hurdası

3 mm et kalınlığında veya daha kalın siyah, galvanizli, ham demir ve çelik hurdalar, HMS 1'in şarj özelliklerine uygun olmamakla birlikte toplu şarj için özel bir şekilde hazırlanmış olmalıdır.

b.204 No.2 Ağır ergitme çelik hurdası

Siyah ve galvanizli, ham demir ve çelik hurdalarından oluşmakta olup 90 cm x 45 cm (36 x 18 inç) ölçülerini aşmaması gerekmektedir. Özel olarak hazırlanmış bütün otomobil hurdalarını içerebilmektedir.

c.205 No.2 Ağır ergitme çelik hurdası

Siyah ve galvanizli, ham demir ve çelik hurdalarından oluşmakta olup 90 x 45 cm (36 x 18 inç) boyutlarını aşmaması gerekmektedir. Bütün otomobil hurdalarını içerebilmektedir ancak çok ince teneke ve sac malzemelerden uzaklaştırılmış olması gerekmektedir.

d.206 No.2 Ağır ergitme çelik hurdası

Siyah ve galvanizli, ham demir, çelik hurdaları 150 cm x 45 cm (60 x 18 inç) boyutlarını aşmamalıdır. Bütün otomobil hurdalarını içerebilir ancak 205 gibi teneke se çok ince sac malzemelerden arınmış olmalıdır.

**3.1.5. Kırpıntı hurda**

207 ve 207A ISRI kodlarına göre düzenlenen bu hurda sınıflarında;

a.207 No1. Kırpıntı hurdası

Herhangi bir boyutu 12 inç aşmayan temiz çelik hurdası olarak bilinmektedir. Fabrika (imalat) artığı, sac kırpıntısı, pres artıklarını içerebilmektedir. Araçların eski kullanılmış aksam veya dış kabuk parçalarından içermemelidir. Sac içerisinde %0,5'ten fazla Si içeren malzemelerden arındırılmış olmalıdır.

b.207A No.1 Yeni ham sac kırpıntı hurdası

20 cm x 45 cm (8 feet x 18 inç) boyutlarını geçmemeli ve şarja direkt olarak uygun olması gerekmektedir. Eski otomobil parçaları ve sac üzerinde %0,5'ten fazla Si içeren malzemelerden arındırılmış olmak zorunda ek olarak kamyon kasasına yükleme ve taşıma esnasında yatık ve düzgün şekilde sıgacak şekilde olmalıdır.

**3.1.6. Değirmen hurdası**

Kıyılmış (shredded) hurda olarak bilinen hurda sınıflarından oluşturulan demir çelik hurdasının malzemeleri, ISRI standartlarına göre 210, 211, 212 ve 213 kodlarına uygun olacak hurdalardan oluşmaktadır.

a.210 Değirmen hurda: Otomobillerin preslenip büyük kıyma makinalarında kıyılması sonucu elde edilen ve manyetik ayrıştırmaya maruz bırakılmış, HMS 1 ve HMS 2 olan çeliklerin çeşitli sac hurdalarından elde edilmektedir. Ortalama yoğunluğu 50 lb/ft<sup>3</sup>'tür.

b.211 Değirmen hurda: 210 ile aynı karakteristik özelliklere sahiptir ancak ortalama yoğunluğu 210'a göre daha yüksektir. Ortalama yoğunluğu 70 lb/ft<sup>3</sup>'tür.



Resim 3.2. Gemi ambarında iş makinesi kıyılmış hurdayı toplarken

Resim 3.2.'de görülen hurda malzemesi kıyılmış hurdadır, burada hem 210 hem de 211 ISRI kodlu hurdalar için bu görsel dikkate alınabilir ve referans olabilmektedir.

### **3.1.7. Paketlenmiş hurdalar**

Paket (Bundle) olarak adlandırılan hurda grubunu oluşturan demir çelik hurdasının malzemeleri, ISRI kodlar içerisinde 208, 209, 213, 214 numaralı tanımlamalara uygun özelliklere sahip olan malzemelerden oluşmaktadır.

a.208 No 1 Bayi paketler: Ham çelik sac hurdası, kırpıntılar ve iskelet hurdalarından şarj kutusu boyutuna presle veyahut elle sıkıştırılmış paketleri içermektedir.



Resim 3.3. Gemiden tahliye olan paket (bundle) hurdalar

Resim 3.3'te görülen paketlenmiş hurda olarak tanımlanmıştır. Burada dikkat edilmesi gereken nokta her hurdanın paket hurda olmayacağıdır. Örneğin ev atık hurdalarından olan yağ tenekelerinin paketlenmiş olarak gelmiş olması demek paket hurda olduğu anlamına gelmemektedir. Burada önemli olan kalite, temizlik ve ISRI kodlara göre belirlenen sınıflara uygunluk olmaktadır. Sarılı olan paketler, iskelet makaraları gibi malzemeleri içerebilmektedir. Kimyasal metotlar ile kalayı alınmış malzemelerde bu gruba dahil olabilmektedir. Eski otomobil ve gövde parçalarını içermemelidir. Kaplamalı olan metal malzemelerde, %0,5 silisyum içeren sacları içermemelidir.

b.209 No 2 Preslenmiş paket hurdalar: Eskimiş ham ve galvanizli çelik sac hurda malzemelerinden oluşmakta olup kalay ve kurşun kaplı malzemeler içermemelidir.

c.214 No 3 Paket hurdalar: Eskimiş çelik sac hurdalarından şarj kutusu boyutuna hidrolik makine yardımı ile sıkıştırılmış paketleri içermektedir. No. 2 paketlerine katılması uygun olmayan bütün kaplamalı demir hurda malzemelerini içerebilmektedir.

d.217 No. 1 çelikler: Malzemenin et kalınlığı 3 mm ve daha fazla olan dövme demir veya çelik hurdalarından şarj kutusu boyutuna hidrolik yardımı ile preslenmiş malzemelerden oluşmaktadır, içeriğinde kaplamalı metal malzeme içermemelidir.

e.218 No. 2. çelikler: Et kalınlığı 3 mm ve daha fazla olan galvanizli, asitli, dövme demir malzemelerin hidrolik yardımı ile sıkıştırılmış paketlerden oluşmaktadır. Şayet hurdaların içerisinde otomobil gövde parçaları, yanmış malzemeler var ise toplam yığın ağırlığının maksimum %60'ı kadar bulunabilir aksi takdirde hurda ret edilmelidir.

### 3.1.8. Bonus hurda

Bonus ya da süper hurda olarak da bilinen hurda çeşidi belki de Türkiye'de en çok tercih edilen hurda çeşidi olarak görülmektedir. Bu varsayıma hurda eksperliği ve demir çelik fabrikalarında ki hurda kullanım yoğunluğu verilen ağırlığı görerek söylemek ancak mümkün olabilmektedir. ISRI demir yolu hurdası ile ISRI kodu 229, 230, 231, 232, 233, 236, 237, 238, 241, 249 olanlardan satıcının seçimi ile bir veya birden fazla ISRI kodlardan oluşan kompozisyon hurdaya bonus hurda denilmektedir (İzmir, 2011:72).

a.229 Kütük blum ve dövme uç parçaları: %0,05'ten fazla fosfor veya kükürt ve %0,5'ten fazla silisyum içermeyen kütük, blum, levha ve ağır dövme mahsullerini içermektedir. Boyut olarak ise boyda en fazla 90 cm, genişlikte en çok 45 cm ve et kalınlığı 5 cm üstünde olan hurda gruplarını içermektedir (ISRI scrap specifications circular, 2022:20)

b.230 Çubuk uç başları ve levha hurdaları: Alaşımsız çubuk uç başları, levha hurdaları, dövme malzemeler, matkap uçları, takım başlıkları gibi malzemeleri içermektedir. Kimyasal içerik olarak kükürt ve fosforu en fazla %0,05 ve silisyumu da %0,5 oranında içermesi gerekmektedir. Boy olarak 229 numaralı koda benzerlik göstererek 90 cm genişlik en çok 45 cm ve et kalınlığı 1,25 cm üstünde olması gereken hurdalardır.

c.231 152,4 cm (5 feet) ve altı sac ve yapı hurdaları: Boyu işletmelerin ve hurda tüccarlarının genelde kullandığı şekilde 150 cm ve altında kesilmiş sac ve yapı çeliği hurdalarını içermektedir. Boyut olarak et kalınlığı en az 6,25 cm, genişliği en fazla 45 cm ve boyu en çok 152,4 cm olması gerekmektedir ayrıca kimyasal olarak bakıldığında içeriğinde

en fazla %0,05 kükürt ve fosfor olmalıdır. Resim 3.4'te yapı hurdalarına çok güzel bir örnek gösterilmiştir burada ki malzeme en az 6 mm et kalınlığına sahip olmakla beraber oksijen ile kesilmiş ve genişliği en fazla 45 cm boyu ise en çok 150 cm civarındadır. Çelikhanelerce en çok tercih edilen hurdalar arasında yerini almaktadır. Bunun nedeni et kalınlığının yüksek ve hurda veriminin yüksek olmasından kaynaklanmaktadır.



Resim 3.4. Kesilmiş bonus yapı hurdası

d.232 160 cm ve altı sac ve yapı hurdaları: Yapısal olarak kod 231 ile aynıdır sadece genişlik olarak en çok 60 cm ve uzunlukta 160 cm olarak belirlenmektedir.

e.233 Dökme çelik hurdaları: Alaşımısız ve ilavesiz dökme çeliklerin boyları en çok 120 cm, genişlikleri en çok 45 cm ve et kalınlıkları 6 mm üstünde olmalıdır. Kimyasal olarak ise kükürt ve fosfor maksimum %0,05 olmalıdır.

f.236 90 cm ve altına kesilmiş sac ve yapı hurdaları: Açık ocaklı çelik levhaları, yapısal şekilleri, kesme uçlarını, kıyılmış parçaları veya kırık çelik tekerleklerin temizlenmesi gerekmektedir. Boyutlar, et kalınlığı olarak en az 6,35 mm uzunluk olarak 90 cm ve genişlik olarak 45 cm'den fazla olmamalıdır. Fosfor veya kükürt yüzde 0,05'ten fazla olmaması gerekmektedir.

g.237 60 cm ve altına kesilmiş sac ve yapı hurdaları: Boyları haricinde 90 cm ve altında olan yapı ve levha hurdalarını içermektedir.

### 3.1.9 GOST (Rus) hurda standartları

Gost standardı Rusya ülkelerinde kullanılmaktadır (İzmir, 2011:76). Bu standart içerisinde ki Gost 2787-86 grubu ikincil demir çelik malzemelerini içermektedir. Bu hurdaların sınıflandırmaları ise karbon miktarlarına göre çelik hurdaları ve döküntüleri, ihtiva ettikleri alaşım elementlerine göre ise karbonlular ve diğer alaşım elementleri şeklinde ayrılmaktadır. ISRI standardı kadar ayrıntılı bir standart olmamakla birlikte ülkemizde kullanım alanı çok fazla yoktur. Bazı işletmeler tedarik ettikleri ülkelere göre bu tarz hurdalar ile karşılaşabilmektedir.

Çizelge 3.1. GOST hurda standartları sembolleri ve sınıflandırmaları

Sınıf	Kategori	Tip (tür)	Tip No	Genel Sembol	
Çelik Hurdası ve Döküntüleri	A, B	Çelik hurda ve döküntüsü	No. 1	1	1A, 1B
	A, B	Çelik hurda ve döküntüsü	No. 2	2	2A, 2B
	A, B	Çelik hurda ve döküntüsü	No. 3	3	3A, 3B
	A, B	Çelik hurda ve döküntüsü	No. 4	4	4A, 4B
		Büyük çelik hurda ve döküntüsü			
	A, B	No.1 (işlem için)	No.5	5	5A, 5B
		Aşırı büyük çelik hurda ve döküntüsü			
	A, B	No. 2 (işlem için)	No.6	6	6A, 6B
	A, B	Biriktelenmiş çelik talaşı	No.7	7	7A, 7B
	A, B	Paket	No.1	8	8A, 8B
	A, B	Paket	No.2	9	9A, 9B
	A	Paket	No.3	10	10A
	A	Paket	No.4	11	11A
	A, B	Çelik halat ve tel		12	12A
	A	Çelik talaş	No.1	13	13A
	A, B	Çelik talaş	No.2	14	14, 14B
A, B	Helezon çelik talaşı (işlem için)	15	15A	15B	
Çelik Hurdası ve Döküntüleri	A, B	Çelik hurda ve döküntüsü	No. 1	16	16A, 16B
	A, B	Çelik hurda ve döküntüsü	No. 2	17	17A
	A, B	Büyük çelik hurda ve döküntüsü			
		No.1 (işlem için)		18	18A, 18B
	A	Aşırı büyük çelik hurda ve döküntüsü			19A
		No. 2 (işlem için)		19	
	A	Biriktelenmiş çelik talaşı		20	20A, 20B
Sınıflandırılmamış	A, B	Demir talaşı (pik)		21	21A, 21B
	A, B	Yüksek fırın ilaveleri		22	22A, 22B
	A, B	Büyük yüksek fırın ilaveleri		23	23A, 23B
	A	Tufal		24	24A
	A	Kaynak cürufu		25	25A

Çizelge 3.1’de GOST hurda standardına ait sınıflandırmalar, semboller verilmiştir. Bu çalışma kullanılacak olan hurda grupları ISRI hurdaları içermektedir bu nedenle bu kısım la alakalı ISRI kadar ayrıntılı bilgi verilmeyecektir. Rusya, Ukrayna, Polonya gibi ülkelerden gelen hurdalar genel GOST hurda standartlarında gelmektedir. Burada tedarikçi bazlı hurda standardı değerlendirme söz konusu olmaktadır. Şayet satın alacağımız hurda Amerika, Kanada gibi ülkelerden gelecek olursa o zaman da ISRI standartları devreye girecektir. En önemli standart etkeni hurdanın etnik olarak geldiği bölge olmaktadır. Teknik özelliklerine bakacak olursak hurdaya ayrılmış makine ve elektronik donanımların sökülmiş olması gerekmektedir. Tekrardan ergitilecek hurda ve atıklarda zararlı olan empürite malzemelerin bulunmaması gerekmektedir. Alaşımli hurda ve metal gruplarında yalnızca belli bir grubun kimyasal içeriğine uygun malzemeler içermesi gerekmektedir, birden fazla farklı içeriklerde malzemenin aynı yığında olması uygun görülmemektedir. En yaygın kullanılan GOST standartlarına ait hurdalara baktığımızda çelik hurda döküntüleri (2A, 2B) karşımıza çıkmaktadır. Et kalınlığı yüksek hurdalar olup 8 mm’den az olmayacaktır. Ebat olarak 600 x 350 x 250 mm’den büyük olmaması gerekmektedir. Kullanım yeri olmayan ingotlar, blumlar, ağır hadde artıkları ve slab uç baş malzemeleri bu gruba dahil edilmektedir. Genel olarak dünyaya baktığımızda hurda anlamında ISRI ve GOST şeklinde ikiye bölündüğünü söylemek yerinde olacaktır. Bu malzemeler her ne kadar gönderici tarafından belirlense de ülkelerin sanayi durumlarını, demir çelik anlamında nerede olduklarını da bir nevi göstermektedir. Resim 3.5’te GOST hurdanın tanımına uygun sahaya dökülmeye hazır malzemeler görülmektedir, burada hurdanın taşınması önce yurt dışından gelen gemi daha sonra da tırlara yüklenip hurda sahalarına intikali şeklinde gerçekleşmektedir.



Resim 3.5. GOST çelik hurda döküntüsü örneği



### 3.2. Hurdanın Türkiye İçin Önemi Ve Güncel Durumu

Dünyada ki çelik üretim yöntemlerinin çoğunluğu ile ülkemizde ki üretim yöntemleri birbirileri ile farklılık içerisinde yer almaktadırlar. Şekil 3.1 incelendiğinde ülkemizdeki çelik üretim yönteminin %74,8'ini EAF ile gerçekleştirdiği görülmektedir dolayısıyla burada ki ihtiyaç olan hammadde yani metalik hurdanın arzının ne kadar yüksek olduğunu tahmin etmek hiç de zor olmamakla beraber sayısal verilerde bunları birebir doğrulamaktadır.

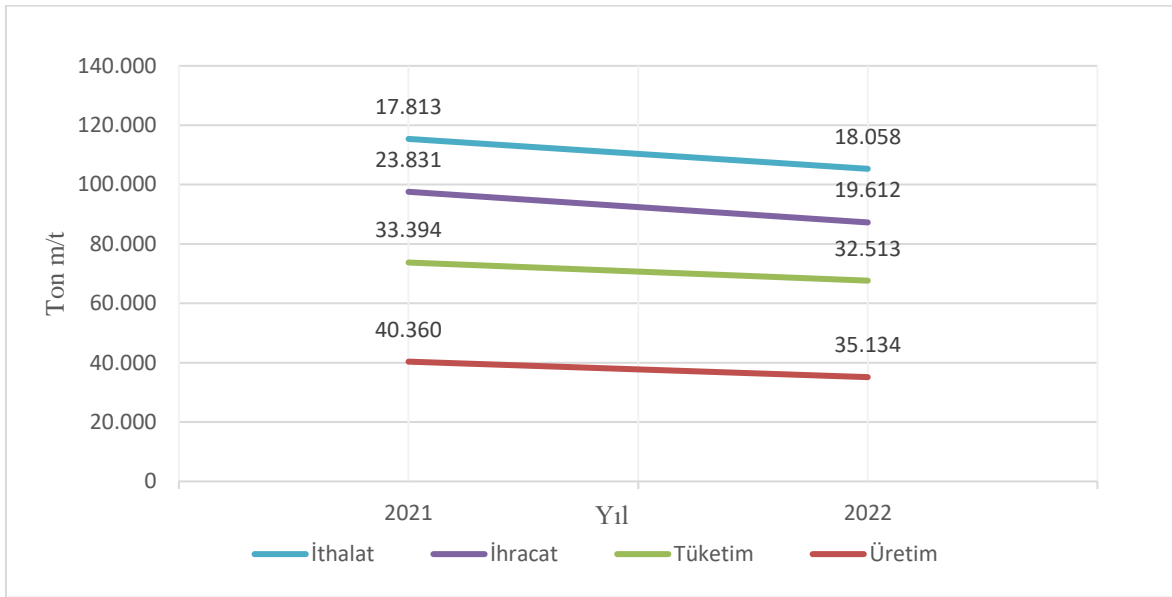


Şekil 3.1. Dünyada ve Türkiye'deki çelik üretim yöntemi dağılımı

**Kaynak:** (Demir çelik sektör raporu, 2021:25)

Elektrikli ark ocaklarının genel hammaddesi hurda olduğundan dolayı Türkiye çelik sektörü hurdaya büyük bir bağımlılık duymaktadır. İç piyasada her ne kadar hurda çıkarılsa da bu miktar genele yayıldığında yetersiz kalmaktadır. Sektör de bu ihtiyacını yurt dışından hurda ithal ederek sağlamaktadır. Bugün Türkiye'de 26 elektrik ark ocaklı (EAO), 11 indüksiyon ocaklı ve 3 bazik oksijen fırınlı (BOF) çelik fabrikası bulunmaktadır (Çelik ihracatçıları birliği, 2022). Elde edilen veriler ışığında görülmektedir ki metal hurda sektörü Türkiye için oldukça büyük bir önem arz etmektedir. Literatür taramaları sonucunda hurda kalitesi ve standartları ile alakalı pek bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Türkiye'deki hurda ihtiyacını karşılamak içinde ülkemize gelen ithal hurdaların değerlendirilmesi ve belirli standartlar ışığında işletmelere intikalinin sağlanması gerekmektedir. Türkiye 2001 yılında dünyanın en büyük 10'uncu çelik üreticisi konumundayken, 2019 yılına gelindiğinde dünyanın 8'inci, Avrupa'nın ise 2'inci büyük üreticisi konumuna gelmiştir. Türkiye, 2001 ile 2011 yılları arasında, Çin ve Hindistan'ın hemen ardından dünyanın en hızlı büyüyen üçüncü çelik üreticisi konumuna gelmiştir. Türkiye'nin çelik üretimi 2001 yılından bu yana kayda değer bir artış göstermiş, 15 milyon ton seviyesinden 2021 yılında 40,4 milyon tona çıkmıştır (Çelik ihracatçıları birliği, 2022). Türkiye'de giderek artan enflasyon ve düşen çelik

talebinden mütevellit ham çelik üretimi 2022 yılında %12,9 düşüşle 35,1 milyon ton seviyesine gerilemiştir. 2022 yılında Türkiye, Avrupa'nın ikinci en büyük, dünyanın 8.büyük üreticisi konumunda yerini almıştır. Çelik endüstrisindeki bu büyüme, güçlü yerel tüketim sayesinde gerçekleşmiştir. Türkiye’de çelik tüketimi 2022 yılında %13,2 artarak 33,4 milyon ton seviyelerine ulaşmış, orta ve uzun vadede bu artışın sürmesi beklenmektedir. Ülkede güçlü talebin ve çelik kullanan sanayilerdeki dinamizmin yanı sıra, Türkiye’nin konumu da ihracatı ve üretimi destekleyen faktörler arasındadır.



Şekil 3.2. 2021-2022 yılları arası Türkiye’deki çelik üretim-tüketim-ihracat-ithalat durumu (1000 ton). **Kaynak:** (Çelik ihracatçıları birliği, 2022)

2022 yılında dünya genelinde demir çelik üretimi, 2021 yılına nazaran %4,2’lik bir azalışla 1,8 milyar tona düşmüştür. Türkiye çelik üretimi ise 2022’de %12,9 oranında azalarak 35,1 milyon ton olarak gerçekleşmiştir bu azalmaya pandemi, hurda fiyatları, demir çelik sektöründe yaşanan ekonomik durumlar neden olmuştur. Türkiye’de elektrikli ark ocaklarının sayısının bu kadar fazla olmasının arkasında ilk kurulum maliyetlerinin yüksek fırınlara göre çok ucuz olması, kurulum faaliyetlerinin kısa sürmesi ve devreye alma zamanlarının uygun olması gelmektedir. İşletme sahipleri de bu yüzden bu tarz üretim tesislerini tercih edip o yönde yatırımlarını gerçekleştirmektedirler. Çelik üretimi olarak baktığımızda 2023 yılının Nisan ayında Türkiye’nin ham çelik üretimi, geçen yılın aynı ayına göre %20,6 oranında azalışla 2,7 milyon ton oldu (Türkiye çelik üreticileri derneği, 2023). Ocak-Nisan döneminde ise üretim %21,3 oranında azalış göstererek 10,1 milyon ton seviyelerine kadar gerilemiştir. Çelik tüketiminde ise durum daha farklıdır, nihai ürün tüketimi Nisan ayında, 2022 yılının aynı ayına kıyasla %16,2 artışla 3,5 milyon ton, Ocak-

Nisan döneminde ise %7,9 artış ile 12,5 milyon ton oldu bu da iç piyasada ki çelik ihtiyacının arttığı bizlere göstermektedir.

### 3.2.1. Demir çelik sektörü genel değerlendirme

2023 yılının Ocak-Nisan aylarında, Türkiye'nin ham çelik üretimi; deprem bölgesindeki işletmelerin, üretimlerini geçici olarak askıya almaları, ihracattaki gerileme ve yurt içindeki taleplerin artmasıyla, ithalata yönlendirilmesi nedeniyle, büyük ölçüde düşüş göstermiştir. Türkiye Nisan ayında bir önceki yılın aynı ayına göre %20,6 azalışla 2,7 milyon ton, Ocak-Nisan döneminde ise %21,3 oranında azalışla 10,1 milyon ton ham çelik üretimi gerçekleştirerek, dünya ham çelik üretiminde 10. sıraya geriledi. 2022 yılının aralık ayından bu yana, enerji fiyatlarında sağlanan düşüşe rağmen, AB ülkelerinin enerjiyi yoğun kullanan sektörlerle sağladığı çok yönlü destekler, döviz kurlarının ağustos ayından bu yana baskı altında tutulması, koruma tedbirlerinin uygulanmasına devam edilmesi ve piyasalardaki talep daralması gibi faktörler, Ocak-Nisan döneminde çelik ürünleri ihracatımızın %50 gibi olağanüstü bir seviyede gerilemesine yol açmıştır. Diğer taraftan, döviz alış-satış makasındaki yüksek seyreden farklar, ihracatçılar açısından ilave maliyet oluşturarak, rekabet gücünü olumsuz yönde etkileyen bir başka önemli faktör olmuştur. Özellikle girdi maliyetlerinde avantaja sahip olan Uzak Doğu ülkelerinin pazarımıza yönelmesinin etkisiyle, ithalat büyük ölçüde artış göstermiştir. Son iki aydır ortalama %25, yılın ilk dört ayında ise %8 oranında artan tüketimin ithalat ile karşılanması, büyük rahatsızlığa yol açmıştır. 2022 yılının ilk 4 ayında %94,2 olan ihracatın ithalatı karşılama oranı, ihracatın yüksek oranda azalmaya devam etmesine karşılık ithalatın artış göstermesi sebebiyle 2023 yılının aynı döneminde %49,8 seviyesine geriledi. Bu durum, çelik dış ticaretindeki olumsuz gidişatı net bir şekilde gözler önüne sermiştir.

Sektörün kapasitesinin, yurt içi tüketimin iki misline çıkmış olduğu hususu göz önünde bulundurularak, bozulmuş bulunan dengelerin yeniden tesis edilebilmesini ve dış ticaret açığının kapatılmasına olan katkısının en azından eski seviyelerine çıkarılabilmesini teminen, ABD ve AB'dekine benzer tedbirler alınarak, ithalatın kontrol altına alınması ve başta Dahilde İşleme Rejimi kapsamında yeterli yurt içi üretim kapasitesi bulunan ürünlerin ithalatının sınırlandırılması olmak üzere, sektörün rekabet gücünü artıracak çok yönlü tedbirlerin uygulamaya aktarılması, hayati önem taşımaktadır (Türkiye çelik üreticileri derneği, 2023).

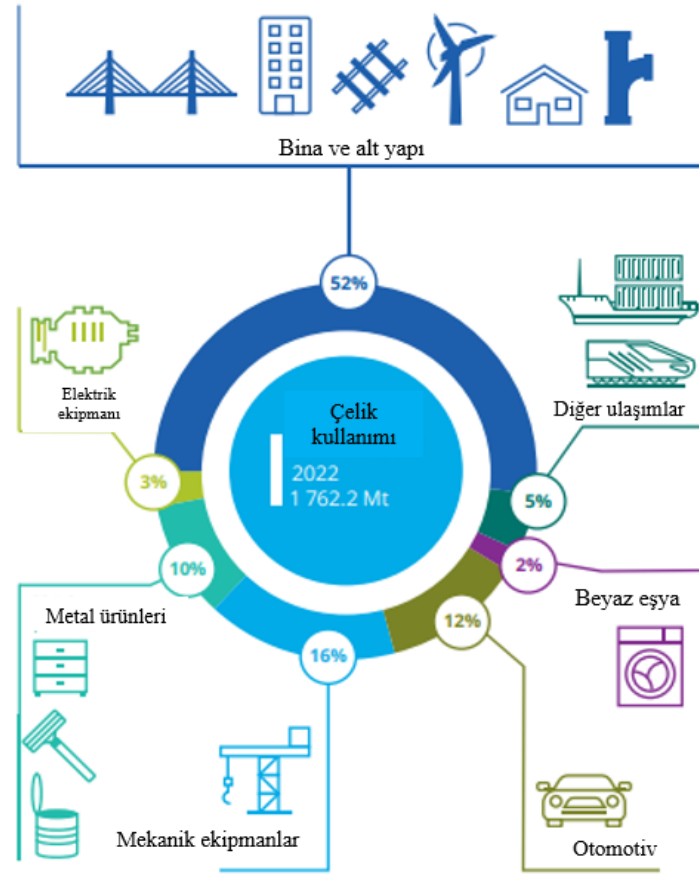
Çizelge 3.2. 2021-2022 yıllarına göre dünya çelik üretimi sıralaması

**Kaynak:** (World steel figures, 2022:3)

	Ülkeler	2021 (Milyon/Ton)	Ülkeler	2022 (Milyon/Ton)	%Değişim
1	Çin	1,032.8	Çin	1,053.0	1.956
2	Hindistan	118.1	Hindistan	107.5	-8.975
3	Japonya	96.3	Japonya	99.7	3.531
4	ABD	86.0	ABD	79.3	-7.791
5	Rusya	76.0	Güney Kore	71.8	-5.526
6	Güney Kore	70.6	Rusya	69.1	-2.125
7	Türkiye	40.4	Almanya	39.2	-2.970
8	Almanya	40.1	Türkiye	38.0	-5.237
9	Brezilya	36.0	Brezilya	37.5	4.167
10	İran	28.5	İran	29.8	4.561

Çizelge 3.2’de görüldüğü üzere 2021 ve 2022 yılları arasındaki ham çelik üretiminde birinci sırada Çin yer almaktadır. Türkiye 2021 yılları arasında ham çelik üretiminde diğer ülkelere kıyasla %2.970’lük bir negatif trend izlemiştir. Bu duruma etken olarak pandemi gösterilmektedir. Avrupa ülkeleri ve Türkiye kıyaslamasında 2021 yılında Türkiye Almanya’yı geride bırakarak 7. Sıraya yükselmişti ancak şu an geldiğimiz noktada olumsuz koşullar hesaba katıldığında 8. sırada olması hızlı bir toparlanma süreci içerisinde olduğunun da sinyallerini vermektedir.

Şekil 3.3 incelendiğinde 2022 yılında ki çelik kullanım alanları yüzde bazında net bir şekilde görülmektedir. Burada en büyük yüzdeyi inşaat ve altyapı sektörü kapsamaktadır, onu %16 ile mekanik ekipmanlar izlemektedir. İnşaat sektöründe ki gelişmeler, Arabistan hükümetinin line (Çizgi) isimli projesinin tüm dünya da büyük ilgi görmesi üretimlerin dallanmasına ve artmasına yönelik örnekler olarak gösterilebilmektedir.



Şekil 3.3. 2022 yılı çeliğin yüzde olarak kullanım alanları

**Kaynak:** (World steel figures, 2023:30)

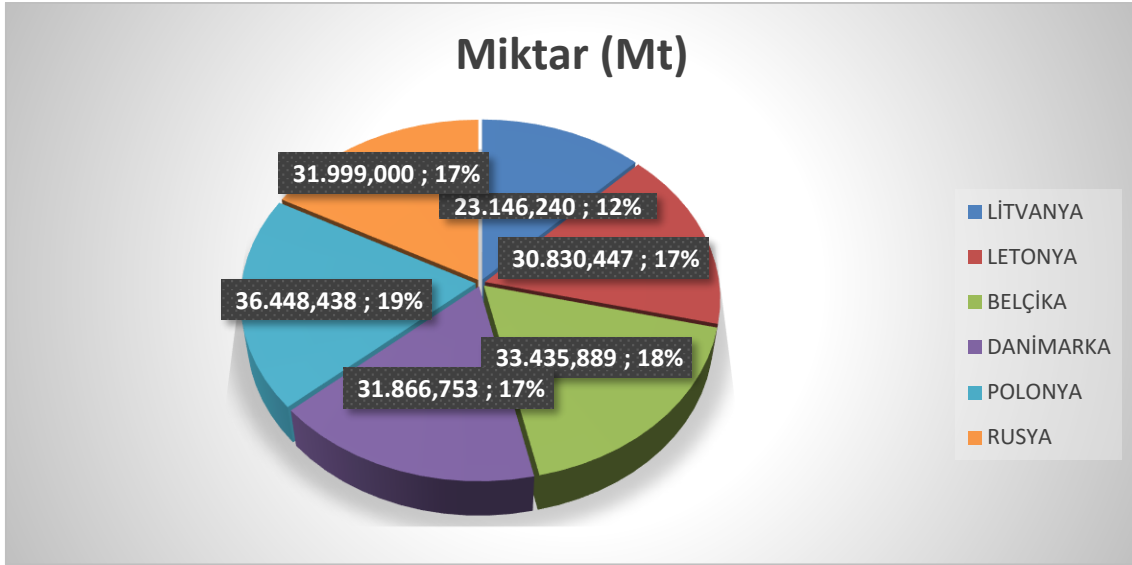
İnsani ihtiyaçlar öncelikli olarak kabul edildiğinden köprü, yol yapımları, konut inşaatları gibi sektörler en çok çelik tüketilen yerler olarak görülmektedir. 2022 yılının en çok çelik üreten ülkesi 2021 yılındaki gibi Çin'dir. Bu durumda ülke içerisinde ki çelik dinamiklerini etkileyebilmektedir. Bazı Çin işletmeleri maliyetlerin azlığından ötürü Türkiye'deki firmalara rulo sac ihracatını kolayca yapabilmektedir. Türkiye'deki sanayi elektriği ve işletme maliyetleri son zamanlarda ki durumlar göz önüne alındığında Çin'den bobin ithal etmeyi bazı durumlarda avantajlı hale getirmektedir. Bu durum galvanizle, boyama ve asitleme gibi prosesleri içeren işletmeler için genellikle tercih edilmektedir.

## 4. MATERYAL VE YÖNTEM

Ark ocağında üretilen sıvı çelikten nihai ürünlere gelene kadar olan bu süreçte birçok test bulunmaktadır. Kimyasal analiz testleri, mekanik testler bunların genel başlıkları olmaktadır. Yapılan testlerde oluşturulan veri setlerini işlemek ve bunları yorumlamak için istatistik biliminden de faydalanmak önem arz etmektedir. Metal hurda malzemelerinin ülkemiz sınırlarına girdiği andan itibaren üretim projeksiyonu başlamaktadır. Öncelikle eksperler tarafından detaylı bir şekilde kalite kontrolü yapılmakta, tonajı ölçülmekte (draft survey) ve kaydedilmektedir. Burada gelen hurdalar tek bir yerden sabit bir şekilde gelmemektedir hatta kendi tedarik zincirine göre termin süreleri de değişiklik göstermektedir. Ülkemize farklı ülkelerden giriş yapan hurdaların Hatay bölgesinde ki önemli demir çelik işletmelerinden bir tanesi olan MMK Metalurjide ki üretilen sıcak ürünlere olan etkilerini inceleyebilmek için anlamlı veri setleri oluşturmak gerekmektedir. Veri setleri içerisinde ülke bazında hurdalar tarihlerine göre ayrılmalı böylece hangi hurdanın hangi zaman diliminde kullanıldığını bilebilmekteyiz. Hurdaları bu skalalara göre ayırdıktan sonra otomasyon sistemlerinden alınan raporlarda ki hurda ve diğer hammadde tonaj miktarları incelenip ona göre grafikler, veri analizleri ve yorumlar yapılması gerekmektedir. Yöntemler içersin de yapay sinir ağları ve istatistik biliminden yararlanarak görüntü işleme (image processing) yöntemi ile metal hurdaların değerlendirilmesinde farklı bir perspektif yakalanması amaçlanmıştır. Yüksek lisans tezimiz kapsamında ki çalışmalarımız üç temel basamaktan oluşmaktadır. Birinci aşamada çelikhane de ark ocağına beslenen hurdaların hangi ülkelere geldiğinin hurda satın alma birimi tarafından gerekli bilgilerinin temini, takibi yer almaktadır. Burada çelikhane deki döküm hızları, şarj sayıları hurda boyutları ve hurda içerisindeki istenmeyen malzemelerde değerlendirilmiştir.

### 4.1 Birinci aşama: farklı ülkelere gelen hurdaların tonajları ve elde edilen tespitler

Çelikhane de kullanılan hurdaların geldiği ülkelere baktığımızda şekil 4.1’de Litvanya, Letonya, Belçika, Danimarka, Polonya ve Rusya’dan gelen hurdalar incelenmiştir ve tonajları pasta grafiğinde gösterilmiştir. Tonajlar birbirine yakın olmakla beraber ortalama olarak 31.287,795 ton olarak hesaplanmıştır.

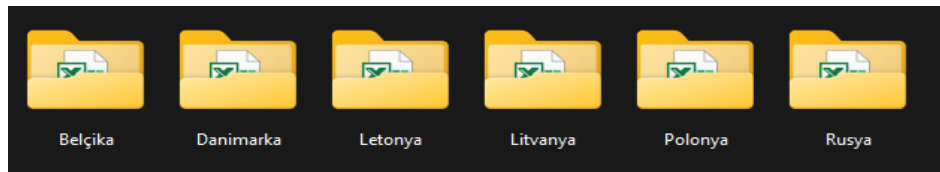


Şekil 4.1. Farklı ülkelerden gelen hurdaların miktarları

Toplamda ise incelenen hurda miktarı 187.726,767 ton olmaktadır. Burada ki veri birebir olarak işletmenin hurda satın alma biriminden alınmıştır. Elde edilen veriler ışığında çelikhane işletme ile iletişime geçilerek bu hurdaların hangi aralıklar kullanıldığı tespit edilmiş ve işletmenin otomasyon sisteminden kullanım tonajları ve diğer hammadde kullanımları ile alakalı olarak veriler toplanmıştır. Hurda gruplarının incelenmesi için üretimin birebir olarak takip edilmesi gerekmektedir. Üretilen sıvı çelikten ve onun kompozisyonundan oluşan nihai ürüne ve ona uygulanan mekanik ve kimyasal testlerin tamamının incelenmesi gerekmektedir. Farklı hurda gruplarının çeliğe dolayısıyla nihai ürüne etkisi ancak bu şekilde anlaşılmakta ve mantıklı bir korelasyon yapılabilmektedir. Test çalışmasında bu malzemelere ek, kireç taşı, ferro malzemeler, karbon, sünger demir, farklı yerli ve yabancı hurda malzemeler kullanılmıştır. Burada yerli hurdanın kullanımını ithal hurdanın maliyetini azaltmak için yapılan bir hamle olmaktadır. Gemilerin yurt dışından getirilmesi büyük maliyetlere yol açmaktadır. Bu tez çalışmasında Şekil 4.1’de görüldüğü gibi farklı menşeli hurdaların kullanılmış olması EAF üretim prosesine, işletme şartlarına ve ürün kalitesi üzerine etkilerinin mukayesesi ve elde edilen ürün ve kalite sonuçlarının yorumlanması açısından önem arz etmektedir.

#### 4.2. İkinci aşama: veri setlerinin işlenmesi ve anlamlı hale getirilmesi

Veriler ülkeler bazında sınıflarına ayrılarak, otomasyon sisteminden alınan her döküm başına harcanan kaynaklardan oluşan veri setlerinden meydana gelmektedir. İlk aşamada verilerin sınıflandırılması ve anlamlı hale getirme işlemi gerçekleştirildi. Verileri işleyebilmek adına öncelikle Microsoft Excel üzerinde ham verilerin oluşturulması sağlandı. Şekil 4.2’de görüldüğü üzere ülke bazında klasörler oluşturuldu ve verilere daha kolay erişebilme imkânı sağlandı.



Şekil 4.2. Ülke bazında klasörlendirme işlemi

Veri setlerinin anlamlı hale getirilebilmesi için ülke bazında kullanılan hurdalar zamanlara bölünmüştür. Hangi ülkenin hangi hurdası ne sıklık ve aralıkta kullanılmış ise bu zamanlar tespit edilmiş ve ona göre sınıflandırmalar yapılmıştır. İncelemiş olduğumuz hurda cinsi ISRI standartlarına göre HMS 1/2 (Heavy melting scrap) hurdasıdır. İşletme bazında belirlenen kalite ise HMS 1/2 80/20’dir. Burada ki 80/20 ifadesinde belirtilmek istenen teslim alınan hurdanın %80’inin et kalınlığının 6 mm ve üstü olduğudur. Dolayısıyla hurda eksperleri bu şekilde değerlendirme yapmak zorundadır. Veri setlerini istatistiki programlarda işlemek için çeşitli gruplara ayırmak gerekmektedir.

Çizelge 4.1. Minitab örnek veri seti derlemesi (Belçika hurdası)

Variable	Mean	St. Dev	Variance	Summary	Minimum	Maximum
C2	71.489,00	34.303,00	1.176.707.859,00	16.657.000,00	0,00	142.000,00
C3	7.185,00	11.186,00	125.116.657,00	1.674.000,00	0,00	33.000,00
C4	1.236,00	3.991,00	15.931.108,00	288.000,00	0,00	22.000,00
C5	601,00	3.110,00	9.671.896,00	140.000,00	0,00	23.000,00
C6	1.193,00	3.357,00	11.268.573,00	278.000,00	0,00	16.000,00
C7	77.210,00	41.377,00	1.712.028.859,00	17.990.000,00	0,00	154.000,00
C8	167,00	2.555,00	6.527.897,00	39.000,00	0,00	39.000,00
C9	508,40	242,90	58.984,50	118.465,00	0,00	660,00
C10	12.063,00	4.801,00	23.047.342,00	2.810.670,00	0,00	16.450,00
C11	42,90	462,20	213.667,30	10.000,00	0,00	5.000,00
C12	42.644,00	34.331,00	1.178.626.868,00	9.936.000,00	0,00	105.000,00
C13	358,30	264,30	69.862,30	83.484,00	0,00	1.061,00



Çizelge 4.1. Devamı Minitab örnek veri seti derlemesi (Belçika Hurdası)

C14	3,97	60,53	3.664,27	924,00	0,00	924,00
C15	11,62	72,09	5.196,50	2.707,00	0,00	504,00
C16	239,90	260,00	67.576,10	55.898,00	0,00	1.002,00
C17	13.228,00	5.181,00	26.838.217,00	3.082.148,00	0,00	17.945,00
C18	0,35	2,47	6,12	81,00	0,00	37,00
C19	94.384,00	36.856,00	1.358.384.464,00	21.991.560,00	0,00	161.470,00
C20	921,90	432,00	186.654,90	214.808,00	0,00	1.724,00
C21	7.581,00	3.086,00	9.523.007,00	1.766.317,00	0,00	12.494,00
C22	4,15	63,42	4.021,56	968,00	0,00	968,00
C23	34,30	524,10	274.678,10	8.000,00	0,00	8.000,00
C24	0,08	1,17	1,36	17,80	0,00	17,80
C25	0,13	1,97	3,86	30,00	0,00	30,00
C26	1.447,00	809,30	654.979,70	337.157,00	0,00	7.252,00
C27	29,94	83,33	6.943,77	6.976,00	0,00	706,00
C28	7,41	50,19	2.519,36	1.726,00	0,00	556,00
C29	1,94	17,02	289,84	452,00	0,00	154,00
C30	287,70	234,80	55.151,90	67.041,00	0,00	1.455,00
C31	251,20	200,50	40.181,00	58.529,00	0,00	1.278,00
C32	56,64	21,89	478,98	13.197,00	0,00	160,00
C33	1.995,70	1.356,60	1.840.498,70	465.000,00	0,00	9.000,00
C34	307,80	207,90	43.230,40	71.726,00	0,00	1.348,00
C35	82,50	54,62	2.983,03	19.223,00	0,00	363,00
C36	10.265,00	7.666,00	58.766.814,00	2.391.760,00	0,00	48.330,00
C37	2,78	42,39	1.796,61	647,00	0,00	647,00
C38	62,00	946,00	894.908,20	14.440,00	0,00	14.440,00
C39	1,33	20,24	409,79	309,00	0,00	309,00
C40	2,13	32,56	1.060,12	497,00	0,00	497,00
C41	133,70	404,10	163.325,80	31.140,80	0,00	1.500,00
C42	22,18	89,61	8.029,62	5.167,00	0,00	614,00
C43	455,00	3.614,00	13.059.383,00	106.000,00	0,00	34.000,00
C44	380.284,00	135.448,00	18.346.085.149,00	88.606.278,00	3.023,00	529.829,00
C45	8.348,00	12.151,00	147.658.798,00	1.945.000,00	0,00	65.000,00
C46	180,00	2.752,00	7.570.815,00	42.000,00	0,00	42.000,00
C47	36.670,00	17.496,00	306.127.386,00	8.544.000,00	0,00	62.000,00
C48	146,00	2.227,00	4.961.373,00	34.000,00	0,00	34.000,00
C49	10,04	29,30	858,58	2.340,00	0,00	160,00
C50	213,20	507,50	257.542,20	49.680,00	0,00	2.400,00

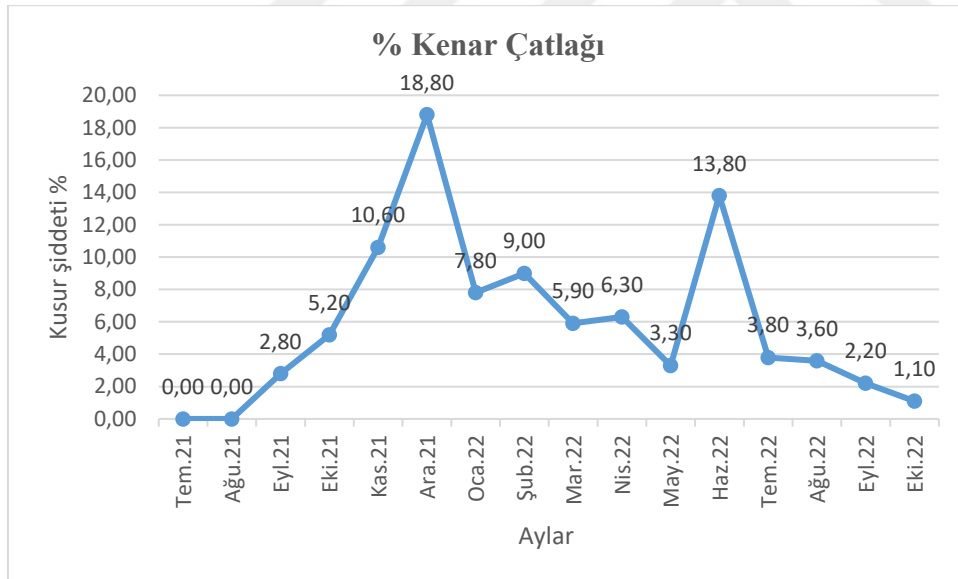
Yüksek lisans çalışmamızın ikinci aşamasındaki Çizelge 4.1’de görülen veriler incelendiğinde Belçika ülkesine ait hurda kullanımları sırasında çelikhane ark ocağı, pota ocağı ve şayet döküm vakuma alınmış ise vakumda harcanan malzemelerin tamamını içermektedir. Buradaki C2’den C50’ye kadar olan değişkenlerin tamamı girdi hammadde ve

kullanılan malzemeler ile alakalıdır. En basit hali ile elimizdeki verilerin birbiri ile kıyaslanabilmesi için bu şekilde basitten karmaşığa kadar olan düzenlemelerin yapılması gerekmektedir. Bütün bunlara ek olarak, kimyasal analizlerin değerlendirilmesi, mekanik analizlerin tespiti ve değerlendirmeleri önce ülke bazında sonrasında ise ülkeler arasında yapılmaktadır. Buradan elde ettiğimiz veriler ışığında da üretilen nihai ürünlerin akma, çekme, uzama değerlerini değerlendirmek mümkün olmaktadır. Şekil 4.3'te verilmiş olan bilgilere bakıldığında Belçika hurdasına ait mekanik ve kimyasal testlere ait sonuçlardan bir kesit görülmektedir. Burada veriler excel yardımı ile yerlerine oturtulmuş ve tanımlayıcı istatistik için Minitab programına aktarılabilir hale getirilmiştir. Burada tanımlayıcı istatistik excel de de yapılabilmektedir ancak çeşitlilik ve istatistiki programlarda ki kullanım arayüzleri açısından Minitab tercih edilmiştir. Excel ve Minitab programları bu çalışmada beraber kullanılmaktadır. Bu düzen bütün ülkeler için ayrı ayrı olmak üzere planlanmıştır.

Çizelge 4.2. Belçika hurdasına ait örnek mekanik ve kimyasal test sonuçları

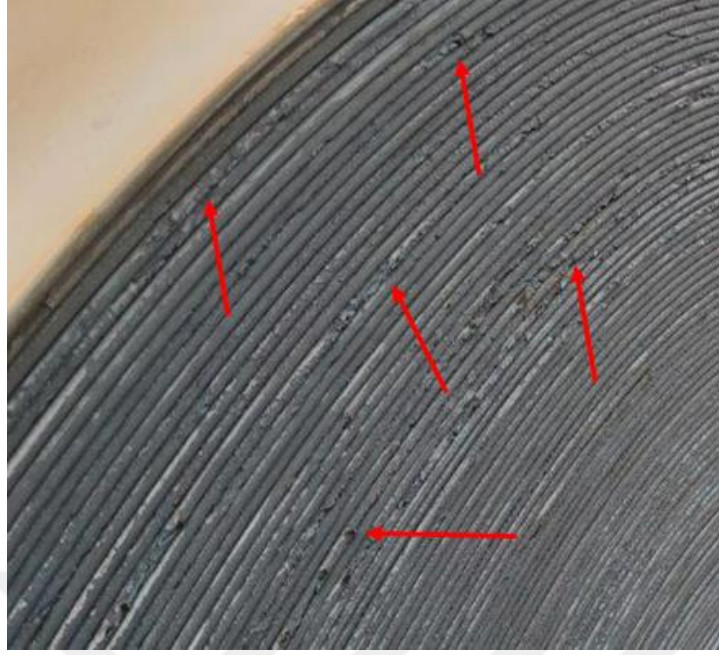
Tedarikçi Çelik Kalitesi	Döküm No	Bobin No	Çelik Kalitesi	Kalınlık (mm)	Akma Mukavemeti ReL (N/mm <sup>2</sup> )	Akma Mukavemeti Rp02 (N/mm <sup>2</sup> )	Akma Mukavemeti ReH (N/mm <sup>2</sup> )	Çekme Mukavemeti RM (N/mm <sup>2</sup> )	Uzama (%)
S235JR	1301278	301278101	S235JR	2,337	311	315	336	407	30,4
DD11	1301278	301278203	S235JR	2,081	308	328	345	409	27,3
S235JR	1301279	301279101	S235JR	5,517	296	300	320	397	33,3
DD11	1301279	301279103	S235JR	3,744	296	304	318	392	31,9
DD11	1301279	301279104	S235JR	3,234	294	307	327	391	30,6
S235JR	1301279	301279105	S235JR	2,920	301	310	339	405	33,3
S235JR	1301279	301279202	S235JR	4,548	299	308	337	395	33,5
S235JR	1301281	301281201	S235JR	2,340	315	322	350	405	33,4
S235JR	1301281	301281202	S235JR	2,338	308	323	347	403	31,0
S235JR	1301280	301280201	S235JR	2,071	317	323	343	412	30,8
S235JR	1301280	301280203	S235JR	2,857	312	319	327	415	34,4
S235JR	1301283	301283204	S235JR	2,024	303	304	326	399	30,7
S235JR	1301283	301283201	S235JR	1,982	318	320	332	403	29,4
S235JR	1301283	301283203	S235JR	2,049	315	318	334	400	30,6
S235JR	1301284	301284204	S235JR	2,284	302	306	336	399	29,9
DD11	1301285	301285201	DD11	4,049	280	280	318	385	28,2
DD11	1301285	301285205	DD11	1,964	281	288	293	373	28,0
DD11	1301286	301286103	DD11	2,092	285	289	309	376	32,4
DD11	1301287	301287203	DD11	2,054	308	315	341	380	29,8
DD11	1301288	301288201	DD11	2,334	306	311	325	393	28,9
DD11	1301288	301288206	DD11	2,564	285	287	298	373	33,1
S235JR	1301280	301280208	S235JR	2,281	314	316	342	414	32,3
DD11	1301289	301289106	DD11	2,827	318	325	356	398	28,7
DD11	1301289	301289205	DD11	2,604	288	295	346	369	31,8
DD11	1301289	301289206	DD11	3,095	304	311	355	389	34,5
DD11	1301290	301290101	DD11	3,071	300	302	343	390	29,6
DD11	1301290	301290202	DD11	2,590	302	306	366	381	31,3
DD11	1301290	301290203	DD11	2,101	299	304	328	379	27,3

İlk olarak üretilmiş olan dökümlerin hammadde girdileri kapsamında eklenen malzemelerin ayıklaması sonra dökümün kimyasal kompozisyonu, nihai ürünlerin mekanik analizleri ve mikro yapı incelemeleri olarak bir yol izlenmektedir. Otomasyon sisteminden alınan defect (hata) bilgileri ile hangi dökümlerde hangi kusurlar meydana gelmiş ve bu kusurların şiddetleri hakkında bilgi sağlanmaktadır. Buradan hareket ile ülke bazında ki bu değişimi görmemiz mümkün olacaktır. Aynı zamanda ülke bazında kullanılan hurdalar ile birlikte üretilen nihai ürünlerde görülen malzeme kusurlarının da karşılaştırılması yapılmış ve grafikler ile anlamlı hale getirilmiştir. Üretilmiş olan rulo saclara kalite kontrol yapılması esnasında tespit edilen yapı kusurları ay ay tespit edilmiş ve bir grafiğe dökülmüştür. Buradan hareket ile ülke bazlı hurda kullanımları sonucu en çok hangi ülke hurdası kullanımı sırasında hangi yapı kusurları ortaya çıkmış ve ne ağırlıkta olduğu konusunda bilgiler edinilmiştir. Şekil 4.3'te gösterilen kenar çatlağı kusurunun Haziran ile ekim ayları arasındaki dağılımı verilmiştir. Buradan hareketle aylara göre olan dağılım incelendiğinde ülke bazında yapılmış olan hurda ayırımının da incelenmesi mümkün olmaktadır.



Şekil 4.3. 2021-2022 Aylık bazda kenar çatlağı hatasının dağılımı

Üretilen bobinlere yapılan kalite kontrol çalışmaları sonucu elde edilen veriler otomasyon sistemine aktarılmaktadır. Böylece hangi bobinde hangi üretim kusuru olduğu rahatça izlenebilmektedir şekil 4.3'e ait olan malzeme kusuruna ait görsel resim 4.1'de verilmiştir.



Resim 4.1. Sıcak haddelenmiş rulo sacda meydana gelen kenar çatlağı hatası

Bunlara ek olarak üretilen nihai ürünlere uygulanan tane boyutu analizleri de yüksek lisans çalışmamızda yerini almaktadır. Tane boyutu ölçümleri malzemenin dayanımı ile alakalı olarak bize birebir bilgiler vermektedir. Her ülke için 10'ar adet yapılan tane boyutu analizlerinin kıyaslanması ASTM E112-13 standartlarına uygun şekilde yapılmıştır. Buradan elde edilen veriler Hall-Petch eşitliğine göre değerlendirilmiş ve ülkeler arasında bir kıyaslama yapılmıştır.  $\sigma_T = \sigma_0 + Kd^{-1/2}$  genel formülü ile ifade edilen eşitlik bir malzemenin tane boyutunun azalması ile akma dayanımının arttığını açıklamaya yaramaktadır. Burada  $\sigma_T$  polikristal bir malzeme için akma noktası  $d$  ise tane boyutunu simgeler.  $\sigma_0$  monokristalde kayma yer değiştirmeler sağlayacak belirli bir stresi  $K$  her malzeme için özel bir sabiti tanımlamaktadır. Malzemenin mikro yapısında tane boyutu küçüldüğünde tane sınırlarının sayısı da o bağlamda artmış olduğundan dislokasyonların ilerleyişini engelleyecek daha çok sınır olacaktır, bu sayede malzemenin dayanımı da artmış olacaktır. İkinci aşamada, kalite kontrol verileri, yapılan optik emisyon, çekme testleri, tane boyutu analizleri gibi test sonuçları değerlendirilecek ve buradan gerekli çıkarımlarda bulunulacaktır. Veri setleri yukarıda ki şekillerde gösterildiği gibi istatistik programlarında işlenecek ve anlamlı hale getirilecektir.

### 4.3. Üçüncü aşama: görüntü işleme prosesinin hurda eksperliğine adaptasyonu

Yüksek lisans tez çalışmamızın, tez önerisi bölümünde de belirtmiş olduğumuz gibi hurdaya farklı bir bakış açısı ile bakacağımızı söylemiştik. Bu bağlamda yapay zekâ, yapay sinir ağları, makine öğrenmesi, bulanık mantık gibi birçok veri işleme metodundan yararlanılmıştır. Görüntü oluşumunun üç temel bileşeni vardır bunlar; görüntülenen yüzeylerin aydınlatma, yansıtma modelleri, insan gözünün retinasında veya kameranın sensör düzleminde görüntü oluşturma sürecidir (Acharya, Ray, 2005:17). Bu çalışma da görüntü işleme prosesi diğer yöntemlere nazaran hurdaya daha uygun olduğu düşünüldüğü için tercih edilmiştir. Görüntü işleme (image processing) yönteminin birçok modülü ve kullanım alanı bulunmaktadır. Hali hazırda asitleme, kaplama ve boyama proseslerinde görüntü işleme metodu sıklıkla kullanılmaktadır. Görüntülerin işlenmesi ve analizi, verileri görselleştirmek ve görüntüden uygun bilgileri çıkarmak için gereklidir (Mahanti, Pandiselvam, Kothakota, Ishwarya, Chakraborty, Kumar, Cozzolino, 2022:425). Burada bizim kullanacağımız veriler hiç şüphesiz hurda resimleri olacaktır. Hurdaların çekilen resimleri baz alınarak yapılacak olan değerlendirme prosesi işletmeler için önemli bir kılavuz niteliği taşıyacaktır. Görüntü işleme prosesi sayesinde insan zihninin hata yapabilme kapasitesinin biraz da olsa altına inilebileceği gösterilmek istenmiştir.



Resim 4.2. Yerli hurda yığını

Resim 4.2 incelendiğinde burada ki hurda şarjında problem yaratabilecek olan malzemeleri görebilmek az çok mümkün olabilmektedir ve hurda elleçlemesi esnasında süreç daha kolay ilerleyecektir. Ancak ithal hurdalarda hurda gemiden kamyonetlere aktarıldığı için bu tespit

daha zor olmaktadır. Resim 4.3'teki görselde gemi ambarı içerisinde tahliye bekleyen HMS hurdası görülmektedir. Burada ki önemli olan nokta yukarıdan bakmak ile hurdaya çok yakın olmak arasında ki farktır. Bu nedenle gemi ile tahliye olan gemi hurdalarında ilk önce gözle gözlem yapılır daha sonra hurda tahliyesi başladığında vinç ile tahliye edilen hurdalar takip edilmektedir. Burada önemli birçok parametre bulunmaktadır. Hurda eksperliği mesleği Türkiye'de gözetim firmaları aracılığı ile yapılmaktadır. Bu durum ortaya ekonomik çıkar ilişkilerini çıkartmakta ve bazı özel durumlarda taraflar objektifliğini kaybedebilmektedir. Bu nedenle bu sistem aslında bu durumda önüne geçebilecek birtakım özellikleri içinde barındırmaktadır. Resim 4.3'teki gemi ambarı incelendiğinde oldukça heterojen bir görüntü ile karşı karşıya kalmaktayız, bu gibi karmaşık görsel bir durumu sanal ortama taşıyıp orada daha değerlendirilebilir ve mantıklı sistemler çerçevesinde anlamlandırmak gerektiğinden bu çalışmada yapay zekâ ürünlerine başvurulmuştur.



Resim 4.3. Gemi ambarında tahliye bekleyen HMS hurdası

Görüntü işleme prosesini gerçekleştirebilmek için elimizde olması gereken birkaç program bulunmaktadır. Bu proses bir den fazla seçenek dahilinde yapılabilmektedir ancak biz yüksek lisans çalışmamızda Python yazılım dilini ve Microsoft Visual Studio Code programlarını kullandık. Yazılımsal çalışmalar basitten karmaşığa olacak şekilde dizayn

edilmiş ve denemeleri yapılmıştır. Çalışmaların ilk aşamaları şekil 4.4'deki kodlar ile sağlanmıştır.

```

1  import cv2
2  import numpy as np
3
4  resim1= cv2.imread("logo.jpg")
5  resim2= cv2.imread("kus.jpg")
6
7  cv2.imshow("deneme",resim1)
8
9  print(resim1.size)
10 print(resim1.dtype)
11 print(resim1.shape)
12
13
14 cv2.waitKey(0)
15 cv2.destroyAllWindows()

```

Şekil 4.4. Görüntü işleme ilk aşama resim açma kodları

Bu kodlar bilgisayar içerisindeki tanımlanan herhangi bir resmi açabilmektedir. Amaç hurda gemisi ambarında ki hurda resimlerini çekip özel programlanan sisteme yükleyip burada görüntü işleme sayesinde hurda yüzeyinde görünen istenmeyen malzemelerin ayıklanmasında hurda eksperlerine ve işletmelere yardımcı olmaktır.

```

1  import cv2
2  import numpy as np
3
4  kurtresmi=cv2.imread("kurt.jpg")
5
6  cv2.imshow("Kurt Resmi",kurtresmi)
7
8  print(kurtresmi[[230,80]])
9
10 print("Resmin Boyutu: "+str(kurtresmi.size))
11 print("Resmin Özellikleri: "+str(kurtresmi.shape))
12 print("Resmin veri tipi "+str(kurtresmi.dtype))
13
14
15 cv2.waitKey(0)
16 cv2.destroyAllWindows()
17
18

```

Şekil 4.5. Görüntü işleme ilk aşama resim bilgileri öğrenme

Şekil 4.5'deki kodlar ile programa tanıtılan resimlerin ölçüleri öğrenilebilmektedir. Buradaki size, shape, data type gibi özellikler resmin sırası ile boyutu, şeklini (kare, daire gibi) ve veri tipini belirtmektedir.

```

efektyapma.py > ...
1  import cv2
2  import numpy as np
3
4  hurda=cv2.imread("kemalsunal.jpg")
5
6  hurda[150:200,350:650,0]=255
7  hurda[150:200,350:650,1]=200
8
9
10 cv2.imshow("Kemal Sunal Fotografi",hurda)
11
12 cv2.waitKey(0)
13 cv2.destroyAllWindows()
14

```

Şekil 4.6. Görüntü işleme rastgele resim üzerinde efektli bölgeler yapma

Şekil 4.6’da görülen kodlar sayesinde sisteme yüklenen resimlerde istenilen bölgelere bazı efektler yapılabilmektedir. Bu da bize hurda resimlerinde istediğimiz bölgelerin efekti ile oynayabileceğimiz anlamına gelmektedir.

```

1  import cv2
2  import numpy as np
3
4  resim=cv2.imread("Hurda.jpg")
5
6  kesit=resim[50:150,300:400]
7
8  resim[0:100,0:100]=kesit
9
10 resim[300:450,300:350]=(0,150,255)
11
12
13 cv2.imshow("Hurda",resim)
14
15
16
17 cv2.waitKey(0)
18 cv2.destroyAllWindows()
19

```

Şekil 4.7. Görüntü işleme resimde efektli bölgeler yapma

Kod çalışmaları esnasında çalışmaları yapılan ve en önemli bölümlerden bir tanesi olan herhangi bir resimden bir bölgeyi tanımlama işlemi en basit ile denenmiştir. Şekil 4.7’de kodları verilmiştir.





Resim 4.4. Görüntü işleme resimden bölge alma kod denemesi

Resim 4.4'te görülen bölge almaya işlemi şekil 4.9'daki kodların çalıştırılması sayesinde gerçekleştirilmiştir. Bura da amaç hurda malzemeler içerisinde ve hurdanın yüzeyinde bulunan istenmeyen malzemelerin tespit edilerek hurda yığınının uzaklaştırılması işlemlerini içermektedir. Resimde ki turuncu bölgenin boş olması ve içerisinde belirli bir hurda parçasının gözükmesi gerekmektedir. En önemli noktalardan bir tanesi de farklı ülkelerden gelen hurdaların yüzey tespitlerinin yapılarak birbiri ile kıyaslanabilecek olmasıdır. Farklı ülkelerden gelen hurdaların gemilerinin tespitleri, bu gemilere ait fotoğrafların çekilmesi işlemlerinin tamamı birer veri oluşturmaktadır.

```

1 import cv2
2 import numpy as np
3
4
5 resim=cv2.imread("hurda2.jpg")
6
7
8 cv2.rectangle(resim,(450,331),(538,238),[0,0,255],3)
9
10 cv2.imshow("hurda2",resim)
11
12 cv2.waitKey(0)
13 cv2.destroyAllWindows()
14
15

```

Şekil 4.8. Görüntü işleme resimden spesifik bölge alma



Resim 4.5. Görüntü işleme resimden spesifik bölge alma kod denemesi

Şekil 4.8 hurda gemisinden çekilmiş bir fotoğraf üzerinde araç jantı tespit etmek için yapılan denemeyi temsil etmektedir. Burada önem arz eden nokta doğru kodlar ile resim üzerinde doğru pikselleri seçmektir. Resim 4.5 incelendiğinde araç jantı özel bir kare içerisine alınıp gösterilmiştir. Görüntü işleme aslında bir makina öğrenmesi olarak da kabul edilebilir. Sisteme bu resimdeki malzemeyi tespit edebilmesi için daha önceden birden fazla araba jantı resmi tanıtılmalıdır. Daha sonra kodlar kendi kendine çalışarak sürekli bir şekilde bu ayrımı yapmaya başlayacaktır. Farklı ülkelere ait aynı tip ergitme hurdasını görüntü işleme ile yüzeysel olarak değerlendirmek bu şekilde mümkün olmaktadır. Hurda tahliyeleri takip edilerek zamanla alt katmanlarında fotoğrafları çekilebilmekte böylece daha yerinde bir gözlem yapılabilmektedir.

#### 4.4. Analizler

Yüksek lisans tez çalışmamız kapsamında yapılan araştırmalarda yaptığımız analizler için MMK Metalurji işletme bünyesinde ki akredite laboratuvarlardan yardım alınmıştır. Sıvı çeliğin kimyasal bileşim olarak incelenmesi ve alaşım elementlerinin ne kadar katılacağı ile alakalı bilgi sahibi olmak için Thermo Fisher ARL 4460 Optic Emission (optik emisyon) spektrometresi kullanılmıştır. Cihaz resim 4.6'da gösterildiği gibidir.



Resim 4.6 Thermo Fisher optik emisyon cihazı

Birçok element ile alakalı bilgi aktarımı sağlayan cihaz sayesinde sıvı çeliğin kompozisyonu her daim kontrol altında tutulmaktadır. Diğer türlü ilave edilen alaşım elementleri ve safsızlık gidericilerin çeliğe olan etkisini anlamak pek mümkün olmamaktadır. Farklı ülke hurdaları arasında ki temel kimyasal fark bu şekilde ortaya çıkmaktadır. Sırası ile Litvanya, Danimarka, Letonya, Polonya, Rusya ve Belçika olmak üzere ülke bazlı hurda kullanımlarına ait sıvı çelik analizleri yapılmıştır. Toplam 130'ar adet döküm incelenmiş olup genele bakıldığında 780 adet kimyasal spektral analiz yapılmıştır. İncelenen çelik kaliteleri S235JR ve DD11 kaliteleridir. Bu dökümlerden incelenebilirliğin önemi açısından eşit miktarda numune analizi yapılmıştır.

Element	3	2	1	AVG	SD%
C	0.0478	0.0490	0.0425	0.0484	1.78
Si	0.0024	0.0025	0.0028	0.0025	3.53
Mn	0.2419	0.2423	0.2353	0.2421	0.12
P	0.0127	0.0126	0.0117	0.0126	0.59
S	0.0122	0.0121	0.0112	0.0121	0.70
Al	0.0574	0.0575	0.0583	0.0575	0.15
Alsol	0.0573	0.0559	0.0572	0.0566	1.77
Aloxy	0.0001	0.0017	0.0012	0.0009	119.70
N	0.0016	0.0024	0.0023	0.0020	26.36
O	0.0009	0.0004	0.0022	0.0007	52.33
Ni	0.0077	0.0076	0.0075	0.0077	1.05
Cr	0.0104	0.0103	0.0099	0.0104	0.52
Mo	0.0038	0.0038	0.0037	0.0038	0.00
Cu	0.0144	0.0146	0.0135	0.0145	1.27
V	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007	0.12
Ti	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007	2.23
Tisol	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007	2.23
Tioxy	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007	2.23
Pb	0.0011	0.0010	0.0011	0.0010	9.96
B	0.0002	0.0002	0.0001	0.0002	15.43
Bsol	0.0002	0.0002	0.0001	0.0002	15.02
Boxy	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	27.26
Nb	0.0011	0.0010	0.0005	0.0010	6.98
Bi	0.0012	0.0012	0.0013	0.0012	4.56
Ca	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.00
Casol	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.00
Caoxy	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.00
W	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.00
Sn	0.0012	0.0011	0.0009	0.0011	9.86
Zn	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	2.18

Şekil 4.9. Optik emisyon cihazı analiz sonuç gösterimi

Şekil 4.9’da görüldüğü üzere elementler sıralı bir şekilde cihaz dedektörleri tarafından okunmakta ve yazılım aracılığı ile ekrana yansıtılmaktadır. Sıvı çelik ark ocağından potaya aktarıldığı anda numuneler alınmaya başlanmaktadır. Sıvı çelik sürekli dökümlere gidene kadar kontrol edilir ve gerekli alaşım elementleri ilave edilmektedir. Şekil 4.9’daki sonuçlar her element için 3 defa tekrarlanarak elde edilen analiz sonuçlarının ortalaması alınarak elde edilmektedir. Bir diğer analiz grubunu ise mekanik analizler oluşturmaktadır. Burada kullandığımız en önemli ölçütler, sertlik (Vickers), malzemenin akma, çekme, uzaması ve katlama testleri olmaktadır. Mekanik testler malzeme ile alakalı bize direkt bilgiler vermektedir. ISO 6892-1 standartlarına göre yapılan testler çekme cihazları sayesinde yapılabilmektedir. Bu çalışmada Zwick Z600 çekme cihazı kullanılmıştır. Hurda ile çelik üretimi yapan işletmelerde ana hammadde hurda olmasından dolayı sıvı çeliğe direkt olarak etkisi yüksek fırın ile üretim yapan işletmelere göre daha büyüktür. Bu nedenle hurda ayrımları ve sınıflandırmaları iyi yapılmalıdır.



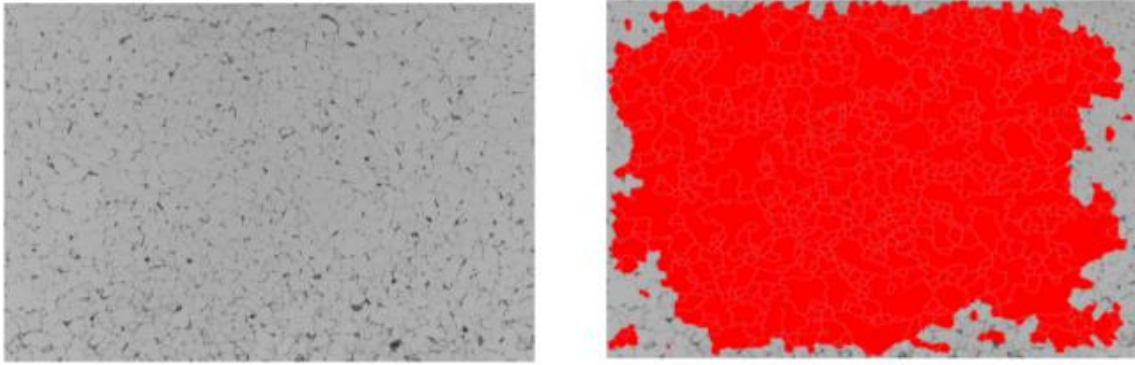
Resim 4.7. Zwick Z600 çekme cihazı

Nihai üretim sonucunda rulo saclarda meydana gelen tane yapıları malzemenin mukavemeti açısından büyük önem arz etmektedir. Pota metalurjisinden sonra sürekli dökümlerde ve soğutma rejimlerinde ki değişiklikler malzemenin tane boyutlarını birebir etkilemektedir. Her ülke bazında üretilmiş olunan aynı kalite ve kalınlıkta ki toplam 60 adet tane boyutu ölçümü yapılmıştır. Her ülke için 10 adet olacak şekilde planlanmış ve tanelerin ortalama boyutları alınarak mekanik özellikleri ile arasında bir korelasyon oluşturulmuştur. Tane boyutu ölçümleri ASTM E112-13 standartları dahilinde yapılmaktadır.

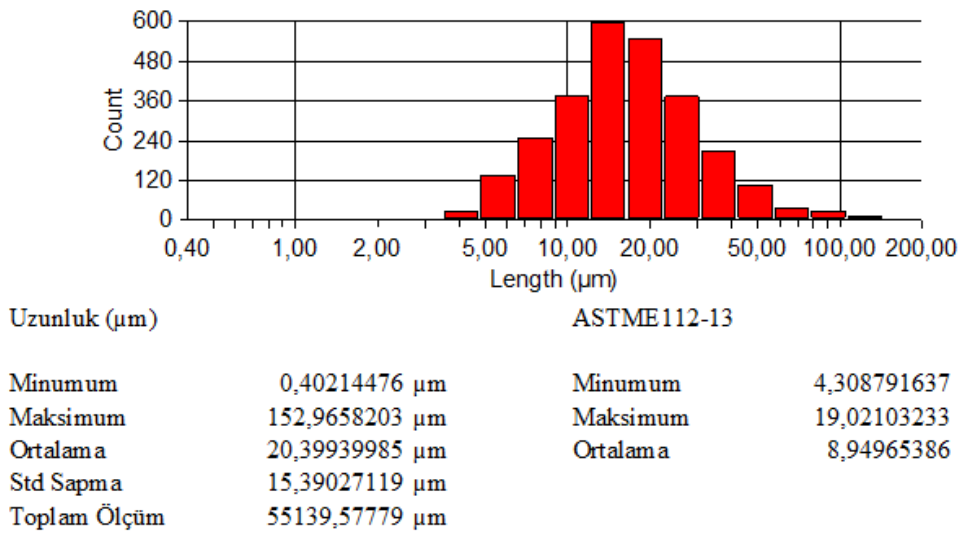


Resim 4.8. Nikon Eclipse MA200 ters metal mikroskobu

Resim 4.8'deki cihaz sayesinde tane boyutu ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Malzemenin tane boyutunun görüntülenmesi için 200x büyütme yeterli olmaktadır. Bobinlerden alınan numunelerin bakalite alınması ve gerekli metalografik proseslerden geçtikten sonra burada incelenmesi gerekmektedir aksi takdirde taneler görünmemektedir. Tanelerin açığa çıkması için zımpara, parlatma ve dağlama işlemleri sırası ile gerçekleştirilmektedir. Burada ki en önemli konulardan bir tanesi dağlamanın doğru solüsyon ile yapılmasıdır. ASTM E407-07 standardına göre düşük karbonlu çelikler nitrik asit ve etil alkol karışımı olan ve adını nital olarak bildiğimiz solüsyon ile dağlanmaktadır. Numune yüzeyinin asit ortamında bekleme süresi hakkında ASTM E407-7 standardına göre belirli bir süre yazılmış olsa da uygulamada bu süre malzemeden malzemeye farklılık göstermektedir. Burada tecrübe ve deneme yanılma yöntemleri de devreye girmektedir.



Şekil 4.10. Tane boyutu ölçümleri tane tarama sistemi



Şekil 4.11. Tarama sistemi sonucu elde edilen veriler

Şekil 4.10 ve 4.11 incelendiğinde mikroskobun dağlaması yapılmış numunenin 200x büyütmede taneleri taradığı ve bize ortalama olarak bir boyut verdiği görülmektedir. Tanelerin belirgin görünmesi bu analizde ekstra bir önem arz etmektedir aksi takdirde ölçüm sonuçları doğruyu yansıtmayacaktır. Şekil 4.11’de tane boyutu ortalama olarak 8,94 mikron olarak ölçülmüştür. Diğer analiz yöntemleri arasında görüntü işleme analizleri yer almaktadır. Bu analizler arasında hurda yığınlarına ait fotoğrafların çekilmesi makine öğrenmesi entegrasyonu ile tespit edilmek istenen malzemeleri yapay zekaya öğretmek yer alıyor. Hurda içerisinde bulunması istemediğimiz ya da tespit esnasında ayrılmasını istediğimiz malzemelerin tespitinde bu yöntemler kılavuz niteliği taşıyacaklardır.

#### 4.4.1 Yolo V8 nedir

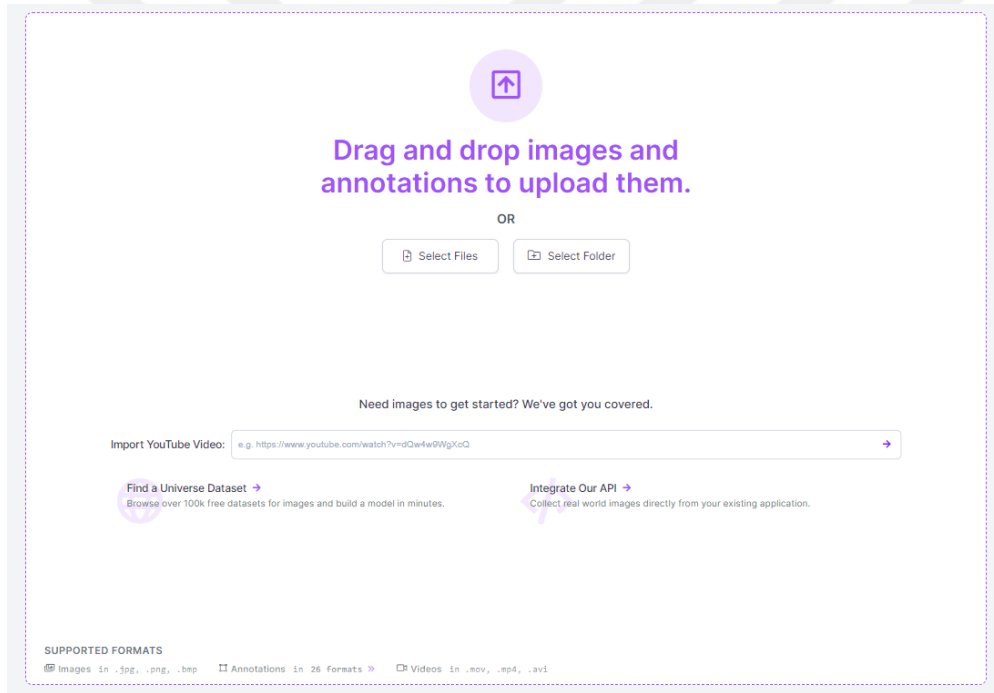
Nesne algılama, görüntülerdeki veya videolardaki nesnelerin tanımlanmasını ve konumlandırılmasını içeren bir bilgisayarla görme görevidir. Kendi kendine giden arabalar, robotik ve video gözetimi gibi birçok uygulamanın önemli bir parçasıdır. Yıllar boyunca, görüntülerdeki nesnelere ve konumlarını bulmak için birçok yöntem ve algoritma geliştirilmiştir. Bu sürecin yönetilmesindeki en iyi yöntemin, evrilebilen sinir ağlarının olduğu görülmektedir. Yolo (You Look Only Once) “sadece bir kere bak” demektir ve son zamanlarda ortaya çıkmış, nesne tespitinde kullanılan bir algoritma olup gerçek zamanlı görüntü işleme için kullanılan bir nesne algılama sistemi olarak karşımıza çıkmaktadır (Yıldırım, Çağır, 2020:33). Bu algoritmanın nesne tespiti oldukça hızlı ve tek seferde olabilmektedir. Bu nedenle görüntü işleme projelerinde sıkça kullanılmaktadır. Bu çalışmada son sürüm olan Yolo V8 kullanılmıştır. Yolo algoritmasının diğer algoritmalarından daha hızlı olmasının nedeni görselin tamamını tek seferde nöral bir ağdan geçiriyor olmasından kaynaklanmaktadır. Önceki sürümlere göre yapay sinir ağları oldukça geliştirilmiştir. Yolo algoritması görseller üzerinde tespit ettiği nesnelerin çevresini bounding box (sınırlayıcı kutu) ile çevrelemektedir bu nedenle tespit çalışmaları sonucunda görsellerin etrafında kutucuklar olmaktadır. Yolo kendisine tanımlanan görselleri ızgaralara yani matrislere bölerek kendi içinde daha incelenebilir hale getirir. Her ızgara kendi içerisinde nesne olup olmadığını ve nesne var olduğunu düşünüyorsa merkez noktasının kendi alanında olup olmadığını düşünmektedir. Nesnenin merkez noktasına sahip olduğuna karar veren ızgara o nesnenin sınıfını, yüksekliğini ve genişliğini bulup o nesnenin çevresine bounding box (sınırlayıcı kutu) çizmeleridir.

#### 4.4.2. Yapay zekâ analizleri

Görüntü işleme analizlerinde görülmek istenen husus hurdanın içerisinde bulunan ve üretimde istenmeyen malzemelerden oluşmaktadır. Bunun için öncelikle istenmeyen ya da off grade (kalite dışı) bir malzeme seçilmelidir. Bu analizde biz kalorifer peteklerini tercih ettik. Çünkü hurdalar üzerinde çoklukla oldukları tespit edilmiş ve bu tarz hurdaların içeriğindeki yüksek S ve P miktarlarından kaynaklı sıvı çeliğin kimyasal kompozisyonunu bozabileceği bilinmektedir, alüminyumdan üretilen peteklerinde aynı şekilde alüminyum miktarında bir yükselişe neden olması durumunda üretime etki edebilecek olumsuz şartları değerlendirmek gerekmektedir. Bu malzemeyi biz object detect (nesne tespiti) yöntemi ile



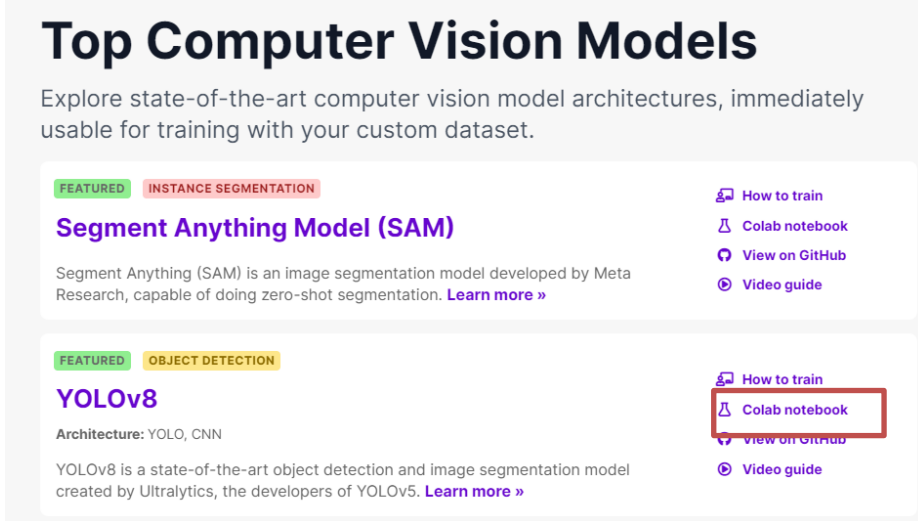
tespit etmek istiyorsak öncelikle sisteme kendisini tanıtmak zorundayız. Kalorifer peteklerini hurda üzerinde gördüğümüzde fotoğraflarını çekmeliyiz, bu işlem için en az 150 veya 200 adet fotoğraf olmalıdır. Ne kadar çok fotoğraf olur ise o kadar hassas tespitler yapabilme söz konusu olmaktadır. Bu fotoğrafları çektikten sonra roboflow da yeni bir proje başlatıp resimleri oraya yüklememiz gerekmektedir. Roboflow internet sitesinin adı olmak ile birlikte burada ki asıl mesele Detectron2 kütüphanesidir. Roboflow bu kütüphaneyi kullanarak yüklediğimiz resimleri derler ve onları çoğaltma işlemine yani data augmentation (veri çoğaltma) işlemine tabii tutar. Dikkate alınması gereken algoritma segmentasyondur. Segmentasyon, girdideki farklı nesnelere gruplamak için kullanılır (Nugraha, Erfianto, 2023:1914).



Şekil 4.12. Roboflow resim update (yükleme) ekranı

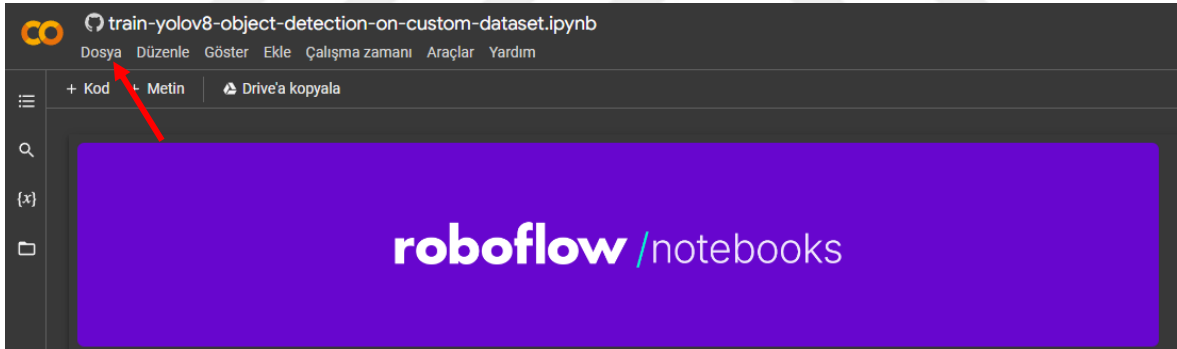
Şekil 4.12’teki gibi tespit etmek istediğimiz objelerin bulunduğu yüksek çözünürlüklü fotoğrafları sisteme yüklüyoruz.





Şekil 4.15. Roboflow models ekranında Yolov8 kütüphanesi ve colab network seçimi

Şekil 4.15’de kırmızı çerçeve içerisine alınmış colab notebook kısmına gelindiğine sayfa Google colab sayfasına açılacaktır. Burada artık resimleri eğitme işlemlerine geçilmesi gerekmektedir.



Şekil 4.16. Google colab google drive kopyası kaydetme işlemi

Açılan çalışma sayfasına dosya sekmesine tıklayıp google drive farklı kaydede tıklamak gerekmektedir bu sayede çalışmalar güvenle saklanmış olacaktır. Bu işlemden sonra kodlar çalıştırılmalı ve roboflowda aldığımız çıktı kodunu burada işleme sokmalıyız. Kodlar belirli bir sıra ile çalıştırılmalı ve kontrol edilmelidir. İşleme ilk olarak ekran kartı yani GPU’nun aktif olup sistem tarafından tanımlanmasını sağlamak gerekmektedir. Şekil 4.17’de ki kod çalıştırılarak bu işlem sağlanmaktadır ve sistem performansı için önem arz etmektedir diğer türlü işlemler daha çok vakit alacaktır.

```

Let's make sure that we have access to GPU. We can use nvidia-smi command to do that. In case of any problems navigate to Edit ->
Notebook settings -> Hardware accelerator, set it to GPU, and then click Save.

[1] !nvidia-smi

Sat Jul 29 14:57:12 2023
+-----+
| NVIDIA-SMI 525.105.17   Driver Version: 525.105.17   CUDA Version: 12.0   |
+-----+-----+
| GPU Name      Persistence-M| Bus-Id        Disp.A | Volatile Uncorr. ECC |
| Fan  Temp  Perf  Pwr:Usage/Cap|      Memory-Usage | GPU-Util  Compute M. |
|-----+-----+-----+-----+
| 0 Tesla T4      Off          | 00000000:00:04:0 Off |    0%      Default  |
| N/A   68C    P8     12W / 70W   |  0MiB / 15360MiB |          |    MIG M. |
+-----+-----+-----+-----+

Processes:
+-----+-----+-----+-----+
| GPU  GI  CI       PID  Type  Process name                        GPU Memory |
| ID   ID  ID             |                   | Usage   |
+-----+-----+-----+-----+
| No running processes found |
+-----+

```

Şekil 4.17. Ekran kartının aktifliği kontrolü

```

[3] # Pip install method (recommended)

!pip install ultralytics==8.0.20

from IPython import display
display.clear_output()

import ultralytics
ultralytics.checks()

Ultralytics YOLOv8.0.20 Python-3.10.6 torch-2.0.1+cu118 CUDA:0 (Tesla T4, 15102MiB)
Setup complete (2 CPUs, 12.7 GB RAM, 24.2/78.2 GB disk)

```

Şekil 4.18. Ultralytics yani yolo v8 kütüphanesinin yüklenmesi

Şekil 4.18'de yolo v8 kütüphanesinin yüklenme işlemi görülmektedir, bu işlem olmazsa olmazdır aksi halde görüntü işleme ve obje tespiti yapamayız. Daha sonra yüklemiş olduğumuz kütüphaneyi import (yükleme) etmeliyiz ve kullanılabilir hale getirmemiz gerekmektedir. Bir sonraki aşama exporting datasheet (veri kümelerinin aktarılması) aşamasıdır. Bu kısımda roboflowdan almış olduğumuz ve şekil 4.14'de gösterilen çıktı kodu burada kullanılmaktadır. Şekil 4.19'da çıktı kod yapılandırıldığında home belirleme işlemi yer almaktadır burada amaç export (veri transferi) ettiğimiz datayı sistemin referans almasını sağlamaktır.

```

[5] !mkdir {HOME}/datasets
    %cd {HOME}/datasets

    !pip install roboflow --quiet

    !pip install roboflow

    from roboflow import Roboflow
    rf = Roboflow(api_key="Nqdn3fxp0y3FxjjkCOMB")
    project = rf.workspace("yksek-lisans").project("hurda_hms")
    dataset = project.version(1).download("yolov8")

```

Şekil 4.19. Home belirleme işlemi

Bu aşamalardan sonra en önemli basamak olan custom training (mevcut öğrenme) işlemi gelmektedir. Bu kısımda export (veri transferi) etmiş olduğumuz dataları train yani eğitme işlemi yapılmaktadır. Kodları çalıştırma en uzun işlem bu basamakta yer almaktadır.

```

Custom Training
4 dk. %cd {HOME}
!yolo task=detect mode=train model=yolov8s.pt data={dataset.location}/data.yaml epochs=45 imgsz=800 plots=True

```

Şekil 4.20. Custom training (Mevcut öğrenme) işlemi

Bu çalışmada optimum zaman skalasını da göz önüne alarak yaptığımız ön deneme çalışmaları ile en uygun görsel eğitme işlemi 45 defa tekrarlayarak elde edileceğini tespit edildi. Program yazılımında hurda içerisindeki parçacıkların kamera tarafından daha hassas tespit edilebilmesi için bu görsel eğitme işlemi tekrarın artırılması gerekecektir. Bu durumda eğitme süresi ne kadar çok olursa işlem basamakları o kadar artacak ve eğitim işlemi hassaslaşacaktır. Eğitim tekrarı sürecinin artırılarak hurda içinde daha hassas parçacık tespitinin yapılması veya daha az tekrar ile bu sürenin kısaltılması ve nihayetinde görüntü tanımlama hassasiyetinin düşük olabilirliliği işletmenin tercihinin bırakılmıştır.

```

from n   params  module                                arguments
0       -1 1     928    ultralytics.nn.modules.Conv            [3, 32, 3, 2]
1       -1 1    18560   ultralytics.nn.modules.Conv            [32, 64, 3, 2]
2       -1 1    29056   ultralytics.nn.modules.C2f             [64, 64, 1, True]
3       -1 1    73984   ultralytics.nn.modules.Conv            [64, 128, 3, 2]
4       -1 2    197632   ultralytics.nn.modules.C2f             [128, 128, 2, True]
5       -1 1    295424   ultralytics.nn.modules.Conv            [128, 256, 3, 2]
6       -1 2    788480   ultralytics.nn.modules.C2f             [256, 256, 2, True]
7       -1 1    1180672  ultralytics.nn.modules.Conv            [256, 512, 3, 2]
8       -1 1    1838080  ultralytics.nn.modules.C2f             [512, 512, 1, True]
9       -1 1    656896   ultralytics.nn.modules.SPPF            [512, 512, 5]
10      -1 1     0      torch.nn.modules.upsampling.Upsample   [None, 2, 'nearest']
11      [-1, 6] 1     0      ultralytics.nn.modules.Concat           [1]
12      -1 1    591360   ultralytics.nn.modules.C2f             [768, 256, 1]
13      -1 1     0      torch.nn.modules.upsampling.Upsample   [None, 2, 'nearest']
14      [-1, 4] 1     0      ultralytics.nn.modules.Concat           [1]
15      -1 1    148224   ultralytics.nn.modules.C2f             [384, 128, 1]
16      -1 1    147712   ultralytics.nn.modules.Conv            [128, 128, 3, 2]
17      [-1, 12] 1     0      ultralytics.nn.modules.Concat           [1]
18      -1 1    493056   ultralytics.nn.modules.C2f             [384, 256, 1]
19      -1 1    590336   ultralytics.nn.modules.Conv            [256, 256, 3, 2]
20      [-1, 9] 1     0      ultralytics.nn.modules.Concat           [1]
21      -1 1    1969152  ultralytics.nn.modules.C2f             [768, 512, 1]
22      [15, 18, 21] 1  2116435  ultralytics.nn.modules.Detect           [1, [128, 256, 512]]
Model summary: 225 layers, 11135987 parameters, 11135971 gradients, 28.6 GFLOPS

Transferred 349/355 items from pretrained weights
optimizer: SGD(lr=0.01) with parameter groups 57 weight(decay=0.0), 64 weight(decay=0.001), 63 bias
train: Scanning /content/datasets/Hurda_HWS-1/train/labels... 42 images, 0 backgrounds, 0 corrupt: 100% 42/42 [00:00<00:00, 1775.47it/s]
train: New cache created: /content/datasets/Hurda_HWS-1/train/labels.cache
augmentations: Blur(p=0.01, blur_limit=(3, 7)), MedianBlur(p=0.01, blur_limit=(3, 7)), ToGrayscale(p=0.01), CLAHE(p=0.01, clip_limit=(1, 4.0), tile_grid_size=(8, 8))
val: Scanning /content/datasets/Hurda_HWS-1/valid/labels... 2 images, 0 backgrounds, 0 corrupt: 100% 2/2 [00:00<00:00, 1080.31it/s]
val: New cache created: /content/datasets/Hurda_HWS-1/valid/labels.cache
Image sizes 800 train, 800 val
Using 2 dataloader workers
Logging results to runs/detect/train
Starting training for 45 epochs...

```

Şekil 4.21. Custom training (mevcut öğrenme) kodu çalıştırılması ve epochs (döngü) başlangıcı

```

Epoch      GPU_mem  box_loss  cls_loss  dfl_loss  Instances  Size
1/45      5.97G    1.463     6.362     1.647      25          800: 100% 3/3 [00:11<00:00, 3.69s/it]
/usr/local/lib/python3.10/dist-packages/torch/optim/lr_scheduler.py:139: UserWarning: Detected call of `lr_scheduler.step()` before `optimizer.step()`.
warnings.warn("Detected call of `lr_scheduler.step()` before `optimizer.step()`.")
  Class    Images  Instances  Box(P
  all      2        2          0.0313  0.5      0.0548    0.0291

Epoch      GPU_mem  box_loss  cls_loss  dfl_loss  Instances  Size
2/45      5.97G    1.551     5.907     1.737      28          800: 100% 3/3 [00:05<00:00, 1.98s/it]
  Class    Images  Instances  Box(P
  all      2        2          0.027   1        0.0428    0.0287

Epoch      GPU_mem  box_loss  cls_loss  dfl_loss  Instances  Size
3/45      5.99G    1.65      6.549     1.821      19          800: 100% 3/3 [00:04<00:00, 1.56s/it]
  Class    Images  Instances  Box(P
  all      2        2          0.0216  0.5      0.0381    0.0221

Epoch      GPU_mem  box_loss  cls_loss  dfl_loss  Instances  Size
4/45      5.99G    1.571     4.789     1.732      31          800: 100% 3/3 [00:04<00:00, 1.47s/it]
  Class    Images  Instances  Box(P
  all      2        2          0.123   0.5      0.103     0.082

Epoch      GPU_mem  box_loss  cls_loss  dfl_loss  Instances  Size
5/45      5.99G    1.518     3.597     1.835      25          800: 100% 3/3 [00:05<00:00, 1.78s/it]
  Class    Images  Instances  Box(P
  all      2        2          0.444   0.5      0.501     0.351

Epoch      GPU_mem  box_loss  cls_loss  dfl_loss  Instances  Size
6/45      5.99G    1.116     2.313     1.451      27          800: 100% 3/3 [00:04<00:00, 1.52s/it]
  Class    Images  Instances  Box(P
  all      2        2          0.718   0.5      0.514     0.459

Epoch      GPU_mem  box_loss  cls_loss  dfl_loss  Instances  Size
7/45      6.01G    1.118     2.167     1.52       34          800: 100% 3/3 [00:06<00:00, 2.07s/it]
  Class    Images  Instances  Box(P
  all      2        2          0.947   0.5      0.557     0.502

Epoch      GPU_mem  box_loss  cls_loss  dfl_loss  Instances  Size
8/45      6.01G    1.052     1.786     1.352      20          800: 100% 3/3 [00:04<00:00, 1.42s/it]
  Class    Images  Instances  Box(P
  all      2        2          0.956   0.5      0.662     0.596

Epoch      GPU_mem  box_loss  cls_loss  dfl_loss  Instances  Size
9/45      6.01G    1.011     1.622     1.41       28          800: 100% 3/3 [00:06<00:00, 2.14s/it]
  Class    Images  Instances  Box(P
  all      2        2          0.942   0.5      0.662     0.596

Epoch      GPU_mem  box_loss  cls_loss  dfl_loss  Instances  Size
10/45     6.01G    1.071     1.715     1.44       18          800: 100% 3/3 [00:04<00:00, 1.60s/it]
  Class    Images  Instances  Box(P
  all      2        2          0.936   0.5      0.662     0.579

```

Şekil 4.22 Custom training epoch işlemi ve görsellerin eğitilmesi

Epoch	GPU_mem	box_loss	cls_loss	df1_loss	Instances	Size
11/45	6.01G	1.02	1.498	1.317	19	800: 100% 3/3 [00:05<00:00, 1.91s/it]
	Class	Images	Instances	Box(P	R	mAP50 mAP50-95): 100% 1/1 [00:00<00:00, 3.84it/s]
	all	2	2	0.944	0.5	0.695 0.606
Epoch	GPU_mem	box_loss	cls_loss	df1_loss	Instances	Size
12/45	6.01G	0.899	1.339	1.209	29	800: 100% 3/3 [00:04<00:00, 1.53s/it]
	Class	Images	Instances	Box(P	R	mAP50 mAP50-95): 100% 1/1 [00:00<00:00, 5.62it/s]
	all	2	2	0.919	0.5	0.695 0.606
Epoch	GPU_mem	box_loss	cls_loss	df1_loss	Instances	Size
13/45	6.01G	0.9003	1.126	1.185	35	800: 100% 3/3 [00:04<00:00, 1.60s/it]
	Class	Images	Instances	Box(P	R	mAP50 mAP50-95): 100% 1/1 [00:00<00:00, 3.56it/s]
	all	2	2	0.935	0.5	0.529 0.477
Epoch	GPU_mem	box_loss	cls_loss	df1_loss	Instances	Size
14/45	6.01G	0.9003	1.085	1.212	28	800: 100% 3/3 [00:05<00:00, 1.70s/it]
	Class	Images	Instances	Box(P	R	mAP50 mAP50-95): 100% 1/1 [00:00<00:00, 5.55it/s]
	all	2	2	0.925	0.5	0.518 0.505
Epoch	GPU_mem	box_loss	cls_loss	df1_loss	Instances	Size
15/45	6.01G	0.8387	1.084	1.138	19	800: 100% 3/3 [00:04<00:00, 1.57s/it]
	Class	Images	Instances	Box(P	R	mAP50 mAP50-95): 100% 1/1 [00:00<00:00, 5.87it/s]
	all	2	2	0.479	0.5	0.331 0.298
Epoch	GPU_mem	box_loss	cls_loss	df1_loss	Instances	Size
16/45	6.01G	0.6626	0.8114	1.099	32	800: 100% 3/3 [00:06<00:00, 2.15s/it]
	Class	Images	Instances	Box(P	R	mAP50 mAP50-95): 100% 1/1 [00:00<00:00, 5.57it/s]
	all	2	2	0.76	0.5	0.638 0.574
Epoch	GPU_mem	box_loss	cls_loss	df1_loss	Instances	Size
17/45	6.01G	0.7565	0.8401	1.11	25	800: 100% 3/3 [00:04<00:00, 1.57s/it]
	Class	Images	Instances	Box(P	R	mAP50 mAP50-95): 100% 1/1 [00:00<00:00, 5.64it/s]
	all	2	2	0.464	0.892	0.497 0.423
Epoch	GPU_mem	box_loss	cls_loss	df1_loss	Instances	Size
18/45	6.01G	0.6304	0.6702	1.14	26	800: 100% 3/3 [00:05<00:00, 1.79s/it]
	Class	Images	Instances	Box(P	R	mAP50 mAP50-95): 100% 1/1 [00:00<00:00, 3.91it/s]
	all	2	2	0.53	0.5	0.745 0.646
Epoch	GPU_mem	box_loss	cls_loss	df1_loss	Instances	Size
19/45	6.01G	0.6604	0.6968	1.052	28	800: 100% 3/3 [00:04<00:00, 1.43s/it]
	Class	Images	Instances	Box(P	R	mAP50 mAP50-95): 100% 1/1 [00:00<00:00, 5.36it/s]
	all	2	2	0.943	0.5	0.745 0.646
Epoch	GPU_mem	box_loss	cls_loss	df1_loss	Instances	Size
20/45	6.01G	0.7676	0.7942	1.172	25	800: 100% 3/3 [00:04<00:00, 1.49s/it]
	Class	Images	Instances	Box(P	R	mAP50 mAP50-95): 100% 1/1 [00:00<00:00, 3.93it/s]
	all	2	2	0.964	0.5	0.828 0.713
Epoch	GPU_mem	box_loss	cls_loss	df1_loss	Instances	Size
21/45	6.01G	0.6146	0.712	1.136	21	800: 100% 3/3 [00:05<00:00, 1.83s/it]
	Class	Images	Instances	Box(P	R	mAP50 mAP50-95): 100% 1/1 [00:00<00:00, 5.82it/s]
	all	2	2	0.966	0.5	0.745 0.697

Şekil 4.23. Custom training epoch işlemi ve görsellerin eğitilmesi devamı

Epoch	GPU_mem	box_loss	cls_loss	df1_loss	Instances	Size
22/45	6.01G	0.6657	0.5744	1.162	21	800: 100% 3/3 [00:04<00:00, 1.44s/it]
Class	Images	Instances	Box(P	R	mAP50	mAP50-95): 100% 1/1 [00:00<00:00, 5.91it/s]
all	2	2	0.62	0.859	0.828	0.73
Epoch	GPU_mem	box_loss	cls_loss	df1_loss	Instances	Size
23/45	6.01G	0.7114	0.679	1.154	24	800: 100% 3/3 [00:06<00:00, 2.07s/it]
Class	Images	Instances	Box(P	R	mAP50	mAP50-95): 100% 1/1 [00:00<00:00, 5.82it/s]
all	2	2	0.958	0.5	0.695	0.587
Epoch	GPU_mem	box_loss	cls_loss	df1_loss	Instances	Size
24/45	6.01G	0.5818	0.5751	1.069	25	800: 100% 3/3 [00:04<00:00, 1.52s/it]
Class	Images	Instances	Box(P	R	mAP50	mAP50-95): 100% 1/1 [00:00<00:00, 5.80it/s]
all	2	2	0.957	0.5	0.745	0.598
Epoch	GPU_mem	box_loss	cls_loss	df1_loss	Instances	Size
25/45	6.01G	0.5651	0.5478	1.071	22	800: 100% 3/3 [00:04<00:00, 1.61s/it]
Class	Images	Instances	Box(P	R	mAP50	mAP50-95): 100% 1/1 [00:00<00:00, 3.98it/s]
all	2	2	0.955	0.5	0.745	0.623
Epoch	GPU_mem	box_loss	cls_loss	df1_loss	Instances	Size
26/45	6.01G	0.6292	0.5538	1.041	22	800: 100% 3/3 [00:04<00:00, 1.64s/it]
Class	Images	Instances	Box(P	R	mAP50	mAP50-95): 100% 1/1 [00:00<00:00, 5.84it/s]
all	2	2	0.965	0.5	0.695	0.521
Epoch	GPU_mem	box_loss	cls_loss	df1_loss	Instances	Size
27/45	6.01G	0.537	0.4577	1.039	17	800: 100% 3/3 [00:04<00:00, 1.46s/it]
Class	Images	Instances	Box(P	R	mAP50	mAP50-95): 100% 1/1 [00:00<00:00, 6.00it/s]
all	2	2	0.965	0.5	0.745	0.674
Epoch	GPU_mem	box_loss	cls_loss	df1_loss	Instances	Size
28/45	6.01G	0.5358	0.4755	1.014	36	800: 100% 3/3 [00:06<00:00, 2.15s/it]
Class	Images	Instances	Box(P	R	mAP50	mAP50-95): 100% 1/1 [00:00<00:00, 5.85it/s]
all	2	2	0.65	1	0.828	0.732
Epoch	GPU_mem	box_loss	cls_loss	df1_loss	Instances	Size
29/45	6.01G	0.5709	0.5264	1.063	20	800: 100% 3/3 [00:04<00:00, 1.50s/it]
Class	Images	Instances	Box(P	R	mAP50	mAP50-95): 100% 1/1 [00:00<00:00, 5.48it/s]
all	2	2	0.65	1	0.828	0.732
Epoch	GPU_mem	box_loss	cls_loss	df1_loss	Instances	Size
30/45	6.01G	0.5265	0.536	1.023	14	800: 100% 3/3 [00:05<00:00, 1.95s/it]
Class	Images	Instances	Box(P	R	mAP50	mAP50-95): 100% 1/1 [00:00<00:00, 4.63it/s]
all	2	2	0.657	0.972	0.828	0.681
Epoch	GPU_mem	box_loss	cls_loss	df1_loss	Instances	Size
31/45	6.01G	0.5467	0.4388	1.015	24	800: 100% 3/3 [00:04<00:00, 1.60s/it]
Class	Images	Instances	Box(P	R	mAP50	mAP50-95): 100% 1/1 [00:00<00:00, 5.77it/s]
all	2	2	1	0.985	0.995	0.798
Epoch	GPU_mem	box_loss	cls_loss	df1_loss	Instances	Size
32/45	6.01G	0.5777	0.4992	1.055	22	800: 100% 3/3 [00:04<00:00, 1.57s/it]
Class	Images	Instances	Box(P	R	mAP50	mAP50-95): 100% 1/1 [00:00<00:00, 4.05it/s]
all	2	2	1	0.986	0.995	0.798

Şekil 4.24. Custom training epoch işlemi ve görsellerin eğitilmesi devamı



```

Epoch GPU_mem box_loss cls_loss dfl_loss Instances Size
32/45 6.01G 0.5777 0.4992 1.055 22 800: 100% 3/3 [00:04<00:00, 1.57s/it]
Class Images Instances Box(P R mAP50 mAP50-95): 100% 1/1 [00:00<00:00, 4.05it/s]
all 2 2 1 0.986 0.995 0.798

Epoch GPU_mem box_loss cls_loss dfl_loss Instances Size
33/45 6.01G 0.511 0.4511 0.9961 27 800: 100% 3/3 [00:04<00:00, 1.61s/it]
Class Images Instances Box(P R mAP50 mAP50-95): 100% 1/1 [00:00<00:00, 5.57it/s]
all 2 2 1 0.986 0.995 0.798

Epoch GPU_mem box_loss cls_loss dfl_loss Instances Size
34/45 6.01G 0.5354 0.4818 1.027 21 800: 100% 3/3 [00:04<00:00, 1.49s/it]
Class Images Instances Box(P R mAP50 mAP50-95): 100% 1/1 [00:00<00:00, 5.80it/s]
all 2 2 1 0.996 0.995 0.747

Epoch GPU_mem box_loss cls_loss dfl_loss Instances Size
35/45 6.01G 0.4885 0.4572 1.043 19 800: 100% 3/3 [00:06<00:00, 2.04s/it]
Class Images Instances Box(P R mAP50 mAP50-95): 100% 1/1 [00:00<00:00, 5.34it/s]
all 2 2 1 0.992 0.995 0.798

Closing dataloader mosaic
albumentations: Blur(p=0.01, blur_limit=(3, 7)), MedianBlur(p=0.01, blur_limit=(3, 7)), ToGray(p=0.01), CLAHE(p=0.01, clip_limit=(1, 4.0), tile_grid_size=(8, 8))

Epoch GPU_mem box_loss cls_loss dfl_loss Instances Size
36/45 6.01G 0.6333 0.5919 1.012 11 800: 100% 3/3 [00:04<00:00, 1.46s/it]
Class Images Instances Box(P R mAP50 mAP50-95): 100% 1/1 [00:00<00:00, 2.21it/s]
all 2 2 0.992 0.995 0.798

Epoch GPU_mem box_loss cls_loss dfl_loss Instances Size
37/45 6.01G 0.558 0.5566 1.022 14 800: 100% 3/3 [00:03<00:00, 1.20s/it]
Class Images Instances Box(P R mAP50 mAP50-95): 100% 1/1 [00:00<00:00, 4.21it/s]
all 2 2 0.992 0.995 0.798

Epoch GPU_mem box_loss cls_loss dfl_loss Instances Size
38/45 6.01G 0.5461 0.5672 1.098 12 800: 100% 3/3 [00:02<00:00, 1.05it/s]
Class Images Instances Box(P R mAP50 mAP50-95): 100% 1/1 [00:00<00:00, 6.24it/s]
all 2 2 0.966 0.995 0.747

Epoch GPU_mem box_loss cls_loss dfl_loss Instances Size
39/45 6.01G 0.5024 0.4644 0.9646 13 800: 100% 3/3 [00:02<00:00, 1.17it/s]
Class Images Instances Box(P R mAP50 mAP50-95): 100% 1/1 [00:00<00:00, 6.19it/s]
all 2 2 0.985 0.995 0.798

Epoch GPU_mem box_loss cls_loss dfl_loss Instances Size
40/45 6.01G 0.5601 0.4478 1.001 12 800: 100% 3/3 [00:02<00:00, 1.03it/s]
Class Images Instances Box(P R mAP50 mAP50-95): 100% 1/1 [00:00<00:00, 3.93it/s]
all 2 2 0.992 0.995 0.798

Epoch GPU_mem box_loss cls_loss dfl_loss Instances Size
41/45 6.01G 0.4895 0.4643 0.9773 13 800: 100% 3/3 [00:03<00:00, 1.13s/it]
Class Images Instances Box(P R mAP50 mAP50-95): 100% 1/1 [00:00<00:00, 6.13it/s]
all 2 2 0.992 0.995 0.798

Epoch GPU_mem box_loss cls_loss dfl_loss Instances Size
42/45 6.01G 0.5779 0.4447 1.023 13 800: 100% 3/3 [00:03<00:00, 1.05s/it]
Class Images Instances Box(P R mAP50 mAP50-95): 100% 1/1 [00:00<00:00, 6.13it/s]
all 2 2 0.994 0.995 0.847

```

Şekil 4.25. Custom training epoch işlemi ve görsellerin eğitilmesi devamı

```

Epoch GPU_mem box_loss cls_loss dfl_loss Instances Size
43/45 6.01G 0.5191 0.3732 0.9837 11 800: 100% 3/3 [00:03<00:00, 1.03s/it]
Class Images Instances Box(P R mAP50 mAP50-95): 100% 1/1 [00:00<00:00, 5.93it/s]
all 2 2 0.997 0.995 0.847

Epoch GPU_mem box_loss cls_loss dfl_loss Instances Size
44/45 6.01G 0.4969 0.3776 0.9814 13 800: 100% 3/3 [00:04<00:00, 1.63s/it]
Class Images Instances Box(P R mAP50 mAP50-95): 100% 1/1 [00:00<00:00, 5.63it/s]
all 2 2 1 0.998 0.995 0.848

Epoch GPU_mem box_loss cls_loss dfl_loss Instances Size
45/45 6.01G 0.5261 0.4989 0.9302 14 800: 100% 3/3 [00:02<00:00, 1.01it/s]
Class Images Instances Box(P R mAP50 mAP50-95): 100% 1/1 [00:00<00:00, 4.09it/s]
all 2 2 1 0.998 0.995 0.848

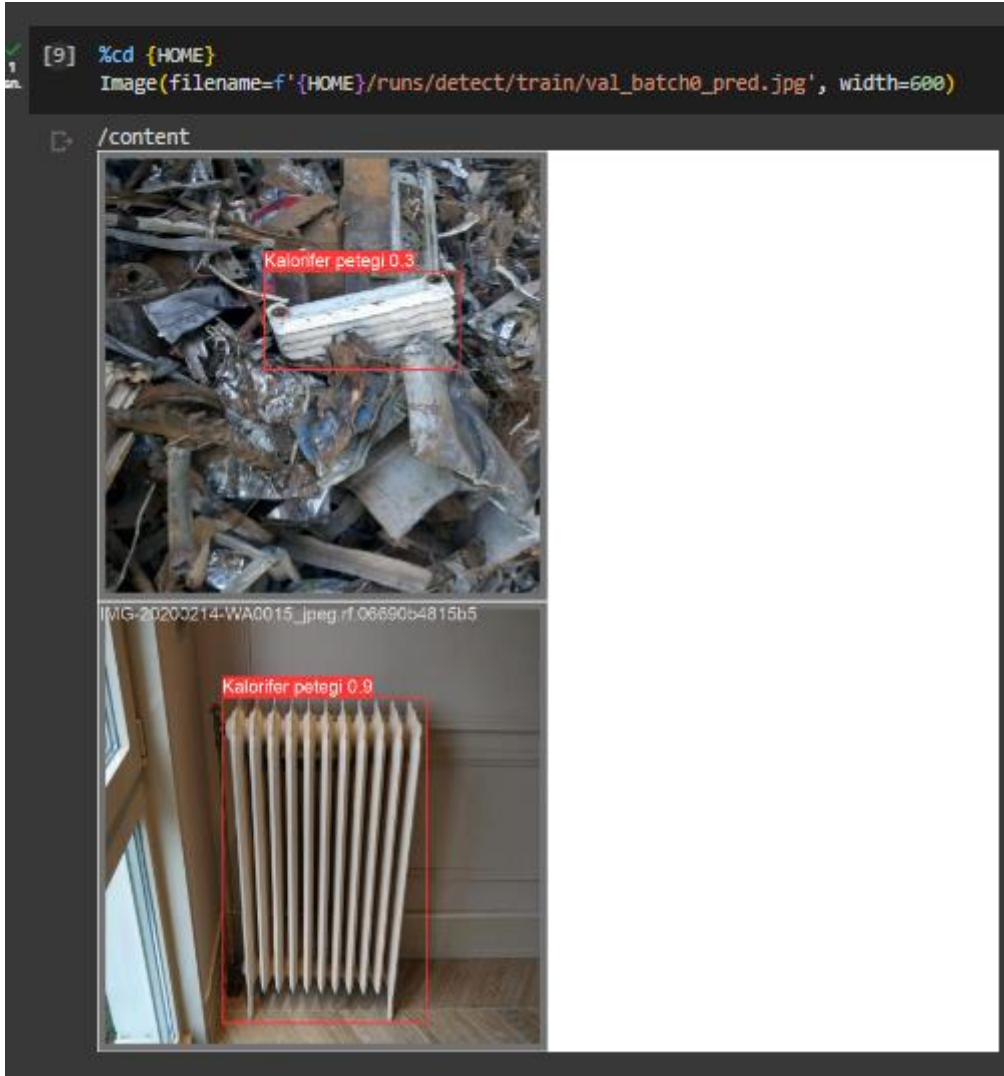
45 epochs completed in 0.075 hours.
Optimizer stripped from runs/detect/train/weights/last.pt, 22.5MB
Optimizer stripped from runs/detect/train/weights/best.pt, 22.5MB

Validating runs/detect/train/weights/best.pt...
Ultralytics YOLOv8.0.20 Python-3.10.6 torch-2.0.1+cu118 CUDA:0 (Tesla T4, 15102MiB)
Model summary (fused): 168 layers, 11125971 parameters, 0 gradients, 28.4 GFLOPs
Class Images Instances Box(P R mAP50 mAP50-95): 100% 1/1 [00:00<00:00, 3.45it/s]
all 2 2 1 0.998 0.995 0.897
Speed: 0.6ms pre-process, 12.4ms inference, 0.0ms loss, 1.9ms post-process per image
Results saved to runs/detect/train

```

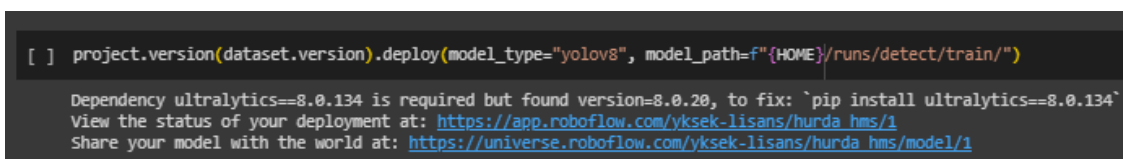
Şekil 4.26. Custom training epoch işlemi ve görsellerin eğitilmesi sonuçların kaydı

Epoch işlemi şekil 4.21'den 4.26'ye kadar olan kısımlarda ayrıntılı şekilde verilmiştir ek olarak 4.26'da işlemin son bulması ve sonuçların runs dosyası içindeki detect ve train klasörlerine aktarıldığı gösterilmiştir. Burada aktarılan dosya bir ağırlık dosyası olmakla beraber eğitilmiş verileri içermektedir.



Şekil 4.27. Eğitim işlemi sonrası rastgele görseller ile örneklendirme

Şekil 4.27’de görsellerin eğitimi sonrasında içlerinden seçilerek örnek olarak görsel tanımlama işlemleri yapılmaktadır. Burada ki görselleri algoritma rastgele olarak seçmekte ve kendisi tanımlamaktadır. Kodlarımız ve görsellerimiz uygun olmadığı takdirde bu sonuca varmamız mümkün olmamaktadır buradan hareketle görsel tanımlama analizleri tamamlanmış olmaktadır bundan sonra sistemin oluşturmuş olduğu ağırlık dosyası kullanılarak yüklenen hurda resimlerinde otomatik olarak kalorifer petekleri tespit edilebilecektir.



Şekil 4.28. Eğitim işlemi sonrasında oluşturulan deploy roboflow linki

Şekil 4.28'deki linki direkt olarak google üzerinden çalıştırdığımızda bizi roboflow sayfasındaki model&API kısmına yönlendirecektir ve buradan da elde ettiğimiz kod sayesinde Python üzerinden görüntü işlemlerimizi eğitmiş olduğumuz kodlar ile yapabileceğimiz bu kodlar şekil 4.29'da verilmiştir.

```

from roboflow import Roboflow
rf = Roboflow(api_key="NQdN3fxp0y3FxjkkCOMB")
project = rf.workspace().project("hurda_hms")
model = project.version(1).model

# infer on a local image
print(model.predict("your_image.jpg", confidence=40, overlap=30).json())

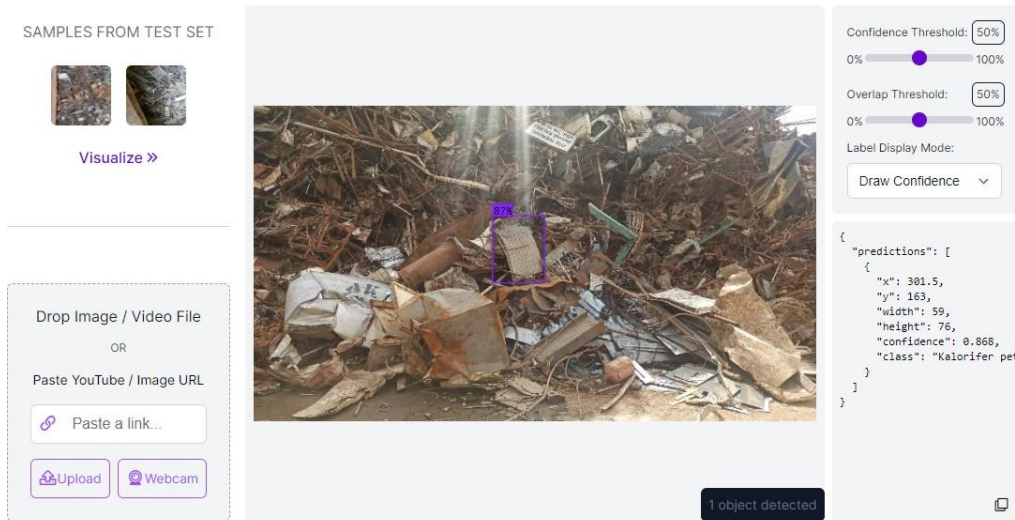
# visualize your prediction
# model.predict("your_image.jpg", confidence=40, overlap=30).save("prediction.jpg")

# infer on an image hosted elsewhere
# print(model.predict("URL_OF_YOUR_IMAGE", hosted=True, confidence=40, overlap=30).json())

```

Şekil 4.29. Google colabda eğitilen resimlerin hazırlanmış çıktı kodları

Şekil 4.30, 4.31'de roboflow üzerinde yapılan denemeler gösterilmiştir buradan da anlaşılacağı üzere işlem başarı ile tamamlanmıştır, gerekli optimizasyonlar için resim sayıları arttırılabilir ve resim kaliteleri yüksek çözünürlüklü kameralar ile çekilebilmelidir.



Şekil 4.30. Görüntü işleme training işlemi roboflow eğitim sonrası

Şekil 4.30'da ki görsel Litvanya hurdası yığınının bir kesiti içermektedir. Burada ki kalorifer peteklerinin çokluğu göze çarpan kısım olmaktadır. Kalorifer peteklerinin alüminyum ve pik döküm malzeme olan çeşitleri bulunmaktadır. Bu görselde ki malzeme pik döküm malzemedен oluşmaktadır. Malzeme mor bir çerçeve içerisinde kodlama işlemi sayesinde alınmıştır.



Şekil 4.31. Kalorifer peteği tespit çalışması sonucu roboflow eğitim sonrası

```

Kalorifer_petek.py x
1 from roboflow import Roboflow
2 rf = Roboflow(api_key="NqdN3fxp0y3FxjjkC0MB")
3 project = rf.workspace().project("hurda_hms")
4 model = project.version(1).model
5
6 # infer on a local image
7 print(model.predict("your_image.jpg", confidence=40, overlap=30).json())
8
9 # visualize your prediction
10 # model.predict("your_image.jpg", confidence=40, overlap=30).save("prediction.jpg")
11
12 # infer on an image hosted elsewhere
13 # print(model.predict("URL_OF_YOUR_IMAGE", hosted=True, confidence=40, overlap=30).json())

```

Şekil 4.32. Pycharm üzerinde otomatik olarak görsel işleme kodları

Şekil 4.32 şekil 4.29'daki kodların pycharm üzerine entegrasyonu ile oluşturulmuştur. Buradan hareket ile yüklemiş olduğumuz görselleri otomatik olarak tespit edecek ve resim olarak kaydedecektir resim 4.9 buna örnek olarak gösterilmektedir.



Resim 4.9. Hurda yığını içerisinde pycharm ile kalorifer peteklerinin tespiti

License information
PyCharm 2023.1.4 (Professional Edition)
Build #PY-231.9225.15, built on July 12, 2023
Licensed to Efe ARIYOL
Subscription is active until August 20, 2023.
Evaluation purpose only.

Resim 4.9 Litvanya hurdası içerisinde bulunan peteklerin otomatik olarak pycharm üzerinden tespit edildiği görseli temsil etmektedir. Burada havuzun yukarisından 64 megapiksellik bir kamera ile çekilen resim yapay zekâ ortamına aktarılmış ve burada otomatik olarak peteklerin tespitleri yapılmıştır. Resimde sağ tarafta görülen ikinci bir petek olduğu görülmektedir ancak burada kesit alanı darlığı dolayısı ile yapay zekâ bu kısmı tolere etmiştir. Resimlerin daha iyi eğitilebilmesi için kamera çözünürlüğünün kalitesi daha da yüksek olmalıdır. Hurda sektörü görsellik ile çalışan ve yürütülen bir sektördür. Bu çalışmada ki amaçlardan bir tanesi de bu görselliği sanal ortama aktararak burada insan inisiyatifinden uzakta objektif bir karar verme merci oluşturmaktır.

## 5. ARAŞTIRMA BULGULARI

### 5.1. Hurdalara Ait Deneysel Bulgular

Her bir ülke için ayrı ayrı yapılmış olan analiz sonuçlarından Litvanya hurdası ile alakalı veri setleri çelikhanede döküm başına kullanılmış olan girdi hammaddeleri, pota ocağında atılan flux malzemeleri ve ferro malzemelerin tamamı incelenmiştir. Litvanya hurdalarına ait toplamda 130 döküm incelenmiştir. Her bir döküm için ayrı ayrı veri setleri hazırlanmış ve değerlendirmeye alınmıştır.

#### 5.1.1. Kimyasal bulgular

Altı farklı ülkeye ait 130'ar dökümün en önemli elementler için değerleri çizelge 5.1'de verilmiştir. Döküm başına alınan kimyasal kompozisyonlar optik emisyon cihazı ile ölçülmüştür. Yüksek lisans çalışmamız kapsamındaki incelenen bütün ülkelerin hurdalarından üretilen bobinlere ait testler gerçekleştirilmiştir. Çelik kaliteleri EN 10025-2 standartlarına göre üretilmiştir.

Çizelge 5.1 Litvanya hurdası döküm bazlı kimyasal kompozisyonlar

Döküm No	C	Si	Mn	P	S	Al	Cu
1300114	0,0303	0,0271	0,3705	0,0032	0,0014	0,0202	0,1314
1300115	0,0298	0,0365	0,3705	0,0028	0,0023	0,0215	0,1431
1300116	0,0315	0,0523	0,3493	0,0017	0,0027	0,0263	0,1566
1300117	0,0337	0,0447	0,3455	0,0017	0,0038	0,0193	0,1606
1300118	0,0337	0,0277	0,3353	0,0029	0,0030	0,0168	0,1518
1300119	0,0433	0,0249	0,3517	0,0033	0,0011	0,0182	0,1324
1300120	0,0398	0,0289	0,3620	0,0035	0,0013	0,0179	0,1685
1300121	0,0330	0,0402	0,3488	0,0022	0,0018	0,0155	0,1748
1300122	0,0362	0,0433	0,3265	0,0030	0,0030	0,0176	0,1811
1300123	0,0401	0,0448	0,3313	0,0030	0,0030	0,0183	0,1842
1300124	0,0511	0,0341	0,3532	0,0025	0,0040	0,0175	0,2010
1300125	0,0361	0,0228	0,3527	0,0030	0,0031	0,0195	0,2081
1300126	0,0375	0,0217	0,3545	0,0031	0,0013	0,0201	0,1906
1300127	0,0366	0,0209	0,3369	0,0024	0,0012	0,0180	0,2302
1300128	0,0433	0,0149	0,3477	0,0025	0,0039	0,0164	0,2560
1300129	0,0488	0,0157	0,3598	0,0023	0,0025	0,0182	0,2147
1300130	0,0464	0,0068	0,4869	0,0030	0,0015	0,0197	0,1916
1300131	0,0413	0,0072	0,6109	0,0027	0,0022	0,0186	0,2006
1300132	0,0779	0,0110	0,3791	0,0029	0,0031	0,0142	0,1910
1300133	0,0609	0,0060	0,3949	0,0026	0,0053	0,0070	0,2448
1300134	0,0767	0,0105	0,3660	0,0023	0,0017	0,0159	0,2315
1300135	0,0479	0,0274	0,3570	0,0023	0,0005	0,0201	0,2013
1300136	0,0377	0,0091	0,3522	0,0019	0,0049	0,0165	0,1995
1300137	0,0416	0,0165	0,3620	0,0022	0,0022	0,0145	0,2040
1300138	0,0456	0,0164	0,3588	0,0022	0,0047	0,0218	0,2070
1300139	0,0489	0,0168	0,3474	0,0031	0,0018	0,0227	0,2149
1300140	0,0466	0,0101	0,3162	0,0021	0,0025	0,0189	0,2139
1300141	0,0537	0,0162	0,3581	0,0030	0,0040	0,0226	0,2412

Çizelge 5.1. Devamı Litvanya hurdası döküm bazlı kimyasal kompozisyonlar

1300142	0,0444	0,0223	0,3267	0,0019	0,0021	0,0288	0,2157
1300143	0,0413	0,0157	0,3213	0,0019	0,0039	0,0167	0,2148
1300144	0,0461	0,0199	0,2933	0,0027	0,0022	0,0301	0,2163
1300145	0,0497	0,0115	0,3283	0,0021	0,0028	0,0124	0,2443
1300146	0,0501	0,0108	0,3541	0,0025	0,0018	0,0238	0,2274
1300147	0,0703	0,0149	0,3702	0,0031	0,0027	0,0214	0,2487
1300148	0,0547	0,011	0,364	0,0032	0,0017	0,0213	0,2435
1300149	0,0647	0,0079	0,3647	0,0032	0,0016	0,0217	0,2453
1300150	0,04	0,0085	0,3226	0,0031	0,0053	0,0201	0,2576
1300151	0,0546	0,023	0,3307	0,0036	0,0017	0,0242	0,2703
1300152	0,0458	0,0264	0,3156	0,0035	0,0029	0,0268	0,2627
1300153	0,0468	0,0136	0,3342	0,0037	0,0031	0,0171	0,2512
1300154	0,0442	0,0131	0,3849	0,0044	0,0017	0,0216	0,2933
1300155	0,0448	0,0135	0,3821	0,0032	0,002	0,0245	0,2785
1300156	0,0465	0,016	0,3448	0,0041	0,0022	0,02	0,2933
1300157	0,044	0,0217	0,3363	0,0043	0,0021	0,0241	0,3004
1300158	0,0445	0,0155	0,3066	0,0039	0,0013	0,0214	0,2765
1300159	0,0394	0,0089	0,3125	0,0037	0,005	0,019	0,2956
1300160	0,049	0,0173	0,3314	0,0059	0,0028	0,0255	0,3062
1300161	0,0559	0,0135	0,3375	0,0061	0,0038	0,0212	0,2878
1300162	0,0487	0,0125	0,3108	0,0058	0,002	0,023	0,2709
1300163	0,0532	0,0143	0,3124	0,0039	0,0015	0,0222	0,2728
1300164	0,0453	0,0098	0,333	0,0048	0,0032	0,0185	0,2707
1300165	0,0593	0,0124	0,3501	0,0052	0,0031	0,019	0,2848
1300166	0,0421	0,0083	0,3295	0,0057	0,0065	0,0194	0,3017
1300167	0,0451	0,0137	0,2956	0,0042	0,002	0,0182	0,2591
1300168	0,0361	0,0156	0,2915	0,0034	0,0011	0,0218	0,2482
1300169	0,0491	0,0135	0,2986	0,0038	0,0021	0,0192	0,2685
1300170	0,0432	0,0095	0,3146	0,0038	0,0046	0,0156	0,2591
1300172	0,0409	0,0124	0,3103	0,0029	0,0033	0,0237	0,2666
1300173	0,0425	0,0114	0,2863	0,0027	0,0017	0,0259	0,2673
1300174	0,0561	0,0574	0,3458	0,0053	0,0027	0,0999	0,2616
1300175	0,0453	0,0289	0,3659	0,0041	0,0014	0,0213	0,2153
1300176	0,049	0,0153	0,3278	0,0058	0,0015	0,0245	0,2661
1300177	0,0489	0,0217	0,3264	0,0051	0,0012	0,0221	0,2662
1300178	0,0346	0,0097	0,3251	0,0035	0,0049	0,017	0,2835
1300179	0,0455	0,0143	0,347	0,0045	0,0047	0,021	0,2736
1300180	0,0441	0,0083	0,3373	0,0044	0,0089	0,0222	0,2496
1300181	0,0507	0,0167	0,3238	0,005	0,0051	0,0175	0,2300
1300182	0,044	0,0221	0,3279	0,0044	0,0017	0,0213	0,2356
1300183	0,0293	0,0183	0,3753	0,0039	0,0019	0,0181	0,2292
1300184	0,0431	0,0278	0,3489	0,006	0,0018	0,0219	0,2966
1300185	0,0527	0,028	0,3435	0,0052	0,0034	0,0249	0,3147
1300186	0,0396	0,0133	0,3101	0,0037	0,0052	0,0211	0,3052
1300187	0,0131	0,0091	0,2191	0,0044	0,003	0,0165	0,2730
1300188	0,0456	0,0113	0,3081	0,0047	0,0025	0,0215	0,2851
1300189	0,0555	0,0171	0,3022	0,0033	0,0017	0,0214	0,2795
1300190	0,0268	0,0107	0,3248	0,0029	0,0009	0,027	0,2662
1300191	0,0525	0,0158	0,3233	0,0045	0,0012	0,0161	0,2669
1300192	0,0617	0,0319	0,3767	0,0051	0,0001	0,0176	0,2728
1300193	0,0573	0,0125	0,3104	0,0035	0,0001	0,0232	0,2722
1300194	0,0695	0,014	0,3088	0,0044	0,0006	0,0239	0,2853
1300195	0,0507	0,0379	0,3262	0,0036	0,0001	0,028	0,2915
1300196	0,0407	0,0276	0,322	0,0044	0,0002	0,02	0,2783
1300197	0,0429	0,0265	0,322	0,0053	0,0002	0,0215	0,3011
1300198	0,0491	0,0147	0,325	0,0031	0,0014	0,0238	0,2694
1300199	0,1009	0,0317	0,3998	0,0034	0,002	0,0218	0,3372
1300200	0,0425	0,0135	0,3179	0,0031	0,0009	0,0283	0,2392
1300201	0,037	0,0244	0,3887	0,0056	0,0019	0,0178	0,2810
1300202	0,0364	0,0287	0,3521	0,0052	0,001	0,0338	0,2785

Çizelge 5.1. Devamı Litvanya hurdası döküm bazlı kimyasal kompozisyonlar

1300203	0,0445	0,0177	0,3517	0,0025	0,003	0,0233	0,2339
1300204	0,0461	0,0315	0,3485	0,0031	0,0005	0,0275	0,2316
1300205	0,038	0,0407	0,3611	0,0025	0,0002	0,0308	0,2474
1300206	0,0466	0,0376	0,3555	0,0028	0,0004	0,0273	0,2310
1300207	0,0365	0,0389	0,348	0,0034	0,0009	0,0239	0,2696
1300208	0,047	0,0336	0,2859	0,0037	0,0013	0,0202	0,2473
1300209	0,0574	0,0328	0,2829	0,0034	0,0021	0,0188	0,2424
1300211	0,0555	0,0138	0,372	0,0036	0,0016	0,0202	0,2186
1300212	0,0567	0,0211	0,342	0,0034	0,0019	0,0213	0,2188
1300213	0,067	0,0144	0,3304	0,0043	0,003	0,0216	0,2410
1300214	0,0528	0,0162	0,3401	0,0031	0,0015	0,0186	0,2751
1300215	0,0398	0,0425	0,3043	0,0043	0,0008	0,0225	0,3043
1300216	0,0465	0,0276	0,2989	0,0038	0,0035	0,017	0,2805
1300217	0,0425	0,0237	0,3288	0,0041	0,0018	0,0189	0,2973
1300218	0,0424	0,0293	0,3269	0,003	0,002	0,0183	0,2833
1300219	0,0416	0,0338	0,3311	0,0034	0,0019	0,0319	0,2826
1300220	0,0488	0,0127	0,3126	0,003	0,0041	0,0223	0,3124
1300221	0,0555	0,0164	0,3373	0,0043	0,0043	0,0171	0,2988
1300222	0,0488	0,0248	0,3057	0,0037	0,0004	0,029	0,2963
1300223	0,0448	0,0131	0,3309	0,0033	0,005	0,0236	0,2595
1300224	0,0325	0,0136	0,3175	0,004	0,0026	0,0239	0,2699
1300225	0,0628	0,0234	0,8496	0,0039	0,0026	0,0236	0,2668
1300226	0,0632	0,0186	0,5652	0,0042	0,0012	0,0164	0,2895
1300227	0,0483	0,0112	0,314	0,0028	0,0019	0,0187	0,2778
1300228	0,0595	0,0093	0,3212	0,0041	0,0060	0,0189	0,2798
1300229	0,0411	0,0216	0,3171	0,004	0,0030	0,0202	0,2920
1300230	0,0456	0,0177	0,3193	0,0055	0,0030	0,0187	0,2922
1300231	0,0365	0,014	0,3057	0,0054	0,0029	0,0213	0,2718
1300232	0,0508	0,0113	0,3211	0,0036	0,0015	0,0229	0,2478
1300233	0,0447	0,0317	0,3213	0,0029	0,0001	0,0283	0,2592
1300234	0,0421	0,0211	0,334	0,0032	0,0017	0,0223	0,2648
1300235	0,0335	0,0137	0,3508	0,0033	0,0007	0,0171	0,2587
1300236	0,0531	0,0142	0,3404	0,0031	0,0023	0,0196	0,2681
1300237	0,0446	0,0169	0,3423	0,0033	0,0013	0,0217	0,2439
1300238	0,0431	0,0143	0,3401	0,0033	0,0028	0,0250	0,2324
1300239	0,0486	0,0163	0,3435	0,0031	0,0029	0,0238	0,2673
1300240	0,0358	0,0144	0,3019	0,0031	0,0003	0,0219	0,2261
1300241	0,0445	0,0166	0,3207	0,0028	0,0019	0,0275	0,2691
1300242	0,0435	0,0177	0,3373	0,0029	0,0016	0,0202	0,2369
1300243	0,0399	0,0250	0,3185	0,0025	0,0017	0,0199	0,2569
1300244	0,0450	0,0239	0,3288	0,0030	0,0015	0,0255	0,2699
1300245	0,0339	0,0250	0,3199	0,0035	0,0012	0,0235	0,2788
1300246	0,0350	0,0247	0,3285	0,0029	0,0011	0,0217	0,3000

Hurda bazlı değerlendirmelerde sıvı çeliğe olumsuz etki oluşturabilecek malzemelere de dikkat edilmesi gerekmektedir. Burada ki en önemli etkenlerden bir tanesi de bakır elementidir. Bakır çeliğin çekme ve akma direncini bir noktaya kadar yükseltmektedir. Ağırlıkça %0,1'in üzerindeki bakır konsantrasyonları, sıcak haddeleme ve şekillendirmede yüzey çatlamasına yol açarak yırtılmaya neden olur (Bölükbaşı, Arıyol, 2022:252). Bu nedenle bakır miktarı kontrol altında tutulmalıdır. Çelikhanede yüksek bakırlı dökümlere müdahale yöntemleri sınırlı olmakla birlikte iş süresini de uzatmaktadır. Litvanya hurdasında ortalama bakır miktarı 0,2510 olarak hesaplanmıştır. Çelik içerisinde bakır olması ithal hurdalara göre yerli hurdalarda daha az görülmektedir. Tonaj bazlı düşünüldüğünde yerli hurda üreticileri kar getirisi için bakırlı malzemeleri elleçleme metodu ile ayırmaktadırlar. Tabi ki bu durum ithal hurda içinde geçerli olmaktadır ancak tonajların



yüksek olduğu ve ambar şartları düşünüldüğünde ithal hurda da daha çok miktarda bakırlı malzeme bulunmaktadır. Çizelge 5.2’de de Danimarka hurdalarından üretilen dökümlere ait kimyasal kompozisyonlar görülmektedir. Kimyasal kompozisyonlar ark ocağında ve pota ocağında gerçekleştirildiği için farklı miktarlarda olabilmektedirler. Burada ki en önemli noktalardan bir tanesi de istenilen kaliteye ulaşmada ki elementlerden sapma miktarı olmaktadır. Çizelge 5.1, 5.2, 5.3, 5.4, 5.5, 5.6’daki elementler çizelge 5.7 ve 5.8’deki limitlere göre üretilmesi hedeflenmiş ve bu çalışmada da DD11 ve S235JR kalitesindeki hurdalar incelenmiştir.

Çizelge 5.2. Danimarka hurdası döküm bazlı kimyasal kompozisyonlar

Döküm No	C	Si	Mn	P	S	Al	Cu
1301365	0,0225	0,0181	0,1534	0,0057	0,0014	0,0160	0,2392
1301366	0,0298	0,0188	0,1562	0,0085	0,0029	0,0207	0,2900
1301367	0,0398	0,0220	0,1563	0,0064	0,0012	0,0187	0,3239
1301368	0,0359	0,0403	0,1617	0,0061	0,0010	0,0252	0,3060
1301369	0,0511	0,0267	0,1566	0,0076	0,0001	0,0244	0,3402
1301370	0,0476	0,0102	0,1394	0,0070	0,0023	0,0168	0,3289
1301371	0,0428	0,0053	0,1510	0,0078	0,0076	0,0210	0,3507
1301372	0,0304	0,0093	0,1567	0,0061	0,0027	0,0208	0,3056
1301373	0,0290	0,0105	0,1543	0,0059	0,0037	0,0174	0,3012
1301374	0,0276	0,0112	0,1528	0,0050	0,0047	0,0177	0,3001
1301375	0,0320	0,0305	0,1445	0,0057	0,0015	0,0233	0,2878
1301376	0,0300	0,0116	0,1425	0,0072	0,0039	0,0189	0,2855
1301377	0,0370	0,0108	0,1395	0,0097	0,0042	0,0225	0,3063
1301378	0,0339	0,0174	0,1565	0,0105	0,0039	0,0221	0,3213
1301379	0,0415	0,0150	0,1636	0,0097	0,0056	0,0229	0,3226
1301380	0,0332	0,0197	0,1582	0,0092	0,0047	0,0183	0,3479
1301381	0,0388	0,0179	0,1649	0,0117	0,0032	0,0222	0,3561
1301382	0,0325	0,0142	0,1594	0,0155	0,0028	0,0203	0,3769
1301383	0,0316	0,0148	0,1621	0,0085	0,0031	0,0181	0,3531
1301384	0,0335	0,0152	0,1842	0,0082	0,0047	0,0181	0,3341
1301385	0,0362	0,0125	0,1503	0,0055	0,0027	0,0160	0,3804
1301386	0,0386	0,0142	0,1546	0,0069	0,0039	0,0178	0,3907
1301387	0,0421	0,0164	0,1692	0,0076	0,0064	0,0207	0,3937
1301388	0,0338	0,0201	0,1718	0,0075	0,0033	0,0210	0,3487
1301389	0,0230	0,009	0,1503	0,0051	0,0052	0,0164	0,3149
1301390	0,0287	0,0122	0,1552	0,0081	0,0051	0,0165	0,3333
1301391	0,0373	0,0257	0,1552	0,0072	0,0031	0,0151	0,3654
1301392	0,0299	0,0177	0,1461	0,0062	0,0041	0,0168	0,3612
1301393	0,0280	0,0133	0,1481	0,0061	0,0069	0,0191	0,3307
1301394	0,0314	0,0145	0,1489	0,008	0,0029	0,0201	0,379
1301395	0,033	0,017	0,1943	0,0103	0,0036	0,0165	0,3639
1301396	0,0388	0,0153	0,1617	0,012	0,0037	0,0247	0,3627
1301397	0,0322	0,0093	0,157	0,0133	0,006	0,0194	0,3757
1301398	0,0406	0,0161	0,1652	0,0096	0,0046	0,0194	0,3569
1301399	0,0358	0,0178	0,1509	0,0103	0,0033	0,0208	0,3581
1301400	0,0328	0,017	0,1886	0,0073	0,003	0,0161	0,3222
1301401	0,0399	0,0253	0,1602	0,007	0,0014	0,0162	0,3454
1301402	0,0385	0,0176	0,1501	0,0065	0,0039	0,0169	0,381
1301403	0,0300	0,0135	0,1433	0,0089	0,0046	0,0173	0,3786
1301404	0,0320	0,0153	0,1543	0,0078	0,005	0,0171	0,3555
1301405	0,0213	0,0127	0,1655	0,0069	0,0068	0,0169	0,3155
1301406	0,028	0,0155	0,1647	0,0071	0,0073	0,0166	0,3251
1301407	0,0247	0,0127	0,1724	0,0077	0,0086	0,0177	0,3203
1301408	0,0299	0,0142	0,1663	0,0077	0,0064	0,0169	0,3269
1301409	0,0268	0,0142	0,1459	0,0065	0,0058	0,0171	0,3246

Çizelge 5.2. Devamı Danimarka hurdası döküm bazlı kimyasal kompozisyonlar

1301410	0,032	0,0262	0,1858	0,0096	0,0055	0,0225	0,2864
1301411	0,0275	0,0252	0,1539	0,0104	0,0013	0,0185	0,3047
1301412	0,0331	0,0194	0,1574	0,0112	0,0028	0,0167	0,3314
1301413	0,0329	0,0266	0,1615	0,0113	0,0011	0,0216	0,3951
1301414	0,0339	0,0377	0,1503	0,0082	0,0012	0,0224	0,3611
1301415	0,0304	0,0133	0,1614	0,0093	0,0052	0,0167	0,3427
1301416	0,0465	0,0178	0,1495	0,0078	0,0032	0,0187	0,3296
1301417	0,0318	0,0164	0,1458	0,0073	0,0023	0,0226	0,3575
1301418	0,0405	0,0248	0,1708	0,0082	0,0031	0,0204	0,3258
1301419	0,0339	0,0292	0,166	0,0098	0,0024	0,0197	0,3221
1301420	0,0324	0,0252	0,1484	0,0099	0,0016	0,0159	0,3255
1301421	0,0366	0,0291	0,1708	0,0087	0,0015	0,0196	0,3396
1301422	0,0355	0,0228	0,1520	0,0106	0,0028	0,0215	0,3434
1301423	0,0296	0,024	0,1526	0,008	0,0023	0,0213	0,3385
1301424	0,0513	0,0325	0,1631	0,0079	0,0026	0,025	0,3546
1301426	0,0291	0,0227	0,1553	0,0105	0,0029	0,0202	0,3145
1301427	0,0278	0,0113	0,1469	0,0077	0,0061	0,0156	0,292
1301428	0,0266	0,0107	0,1831	0,0056	0,0064	0,0164	0,3156
1301429	0,0268	0,0117	0,1649	0,0077	0,0027	0,0157	0,3369
1301430	0,0292	0,0118	0,1489	0,0065	0,0041	0,0159	0,3299
1301431	0,0334	0,0135	0,1464	0,0051	0,0046	0,0194	0,3280
1301432	0,0393	0,0148	0,1536	0,0041	0,0021	0,0176	0,3317
1301433	0,032	0,0126	0,1406	0,0054	0,0018	0,0139	0,3323
1301434	0,0362	0,0297	0,1428	0,0055	0,0013	0,0236	0,368
1301435	0,0343	0,0191	0,1461	0,0053	0,0032	0,022	0,3392
1301436	0,027	0,0074	0,1492	0,0051	0,0056	0,0213	0,3118
1301437	0,0375	0,0082	0,1617	0,0061	0,0045	0,0213	0,3257
1301438	0,0363	0,0193	0,1581	0,0075	0,0026	0,0208	0,3226
1301439	0,0366	0,0132	0,1635	0,0084	0,0018	0,0175	0,3447
1301440	0,0215	0,0139	0,1446	0,0063	0,0041	0,0173	0,3469
1301441	0,0296	0,0167	0,1411	0,005	0,0024	0,0186	0,3364
1301442	0,0258	0,0242	0,1869	0,0061	0,0026	0,0192	0,3328
1301443	0,0312	0,0098	0,1613	0,0079	0,0042	0,0136	0,3241
1301444	0,0279	0,0155	0,1589	0,0066	0,0065	0,0125	0,3443
1301445	0,0376	0,0259	0,1834	0,0047	0,0053	0,0278	0,3177
1301446	0,0364	0,0167	0,1829	0,0058	0,0063	0,0152	0,3327
1301447	0,0375	0,0313	0,2116	0,006	0,0172	0,0044	0,3553
1301448	0,0449	0,0267	0,1759	0,0062	0,0003	0,0226	0,3379
1301449	0,0274	0,0293	0,1609	0,0086	0,0004	0,0207	0,3234
1301450	0,0384	0,0303	0,15	0,0062	0,0007	0,027	0,3309
1301451	0,0425	0,0144	0,1551	0,0085	0,0021	0,0188	0,3763
1301452	0,0262	0,0169	0,1418	0,0081	0,0022	0,0207	0,3230
1301453	0,0359	0,0144	0,1649	0,0074	0,0033	0,017	0,3389
1301454	0,0353	0,0165	0,1314	0,0093	0,0003	0,0169	0,3597
1301455	0,031	0,016	0,1789	0,0144	0,0013	0,0146	0,342
1301456	0,0259	0,0192	0,1481	0,0098	0,0014	0,0184	0,3461
1301457	0,0302	0,0271	0,1728	0,0077	0,0025	0,0203	0,3980
1301458	0,0324	0,0123	0,3611	0,0068	0,0025	0,0148	0,3273
1301459	0,0224	0,0141	0,1503	0,0057	0,0035	0,0180	0,3641
1301460	0,0266	0,0112	0,1516	0,0058	0,0077	0,0177	0,3495
1301461	0,0336	0,0092	0,1395	0,007	0,0066	0,0182	0,3258
1301462	0,0288	0,0133	0,1456	0,0065	0,0074	0,0147	0,3263
1301463	0,0216	0,0093	0,1799	0,0076	0,0064	0,0177	0,3196
1301464	0,0258	0,0229	0,1550	0,008	0,0078	0,0061	0,3007
1301465	0,0182	0,0247	0,1953	0,0107	0,0013	0,0199	0,3155
1301466	0,0246	0,0300	0,1522	0,0076	0,0029	0,0325	0,324
1301467	0,0295	0,0111	0,152	0,0054	0,0026	0,0175	0,3254
1301468	0,0271	0,0105	0,1553	0,0077	0,004	0,0173	0,3211
1301469	0,0275	0,0379	0,163	0,0099	0,0015	0,0192	0,3454
1301470	0,0276	0,0175	0,1461	0,0087	0,0033	0,0192	0,3307
1301471	0,0265	0,0152	0,158	0,0099	0,0052	0,0212	0,3353
1301472	0,0321	0,0295	0,1558	0,0079	0,0021	0,0222	0,3442
1301473	0,034	0,016	0,1558	0,0086	0,0036	0,0129	0,3411
1301474	0,0432	0,0192	0,1590	0,0062	0,0041	0,0186	0,3721
1301475	0,0277	0,0208	0,1452	0,0107	0,0028	0,0174	0,3828
1301476	0,0308	0,0206	0,1686	0,0092	0,0023	0,0161	0,3631
1301477	0,0355	0,0256	0,158	0,0092	0,0030	0,0192	0,3644
1301478	0,0295	0,0139	0,1626	0,0071	0,0039	0,0181	0,3172
1301479	0,0245	0,0175	0,3609	0,0072	0,0029	0,0199	0,3432
1301480	0,0265	0,0232	0,1622	0,0061	0,0037	0,0204	0,3265

Çizelge 5.2. Devamı Danimarka hurdası döküm bazlı kimyasal kompozisyonlar

1301481	0,0233	0,0228	0,1732	0,0055	0,0042	0,0163	0,3647
1301482	0,0265	0,0215	0,1655	0,007	0,0044	0,0203	0,3371
1301483	0,0349	0,0143	0,1602	0,0081	0,0079	0,0143	0,3406
1301484	0,0316	0,0129	0,1641	0,0080	0,0093	0,0176	0,349
1301485	0,0319	0,0282	0,1514	0,0102	0,0013	0,0236	0,3346
1301486	0,0318	0,0218	0,1988	0,0103	0,0036	0,0199	0,3423
1301487	0,0274	0,0108	0,1550	0,0077	0,0052	0,0202	0,3467
1301488	0,0321	0,0245	0,1632	0,0045	0,0017	0,0209	0,3003
1301489	0,0313	0,0118	0,1624	0,0070	0,0046	0,0176	0,3297
1301490	0,0313	0,0118	0,1624	0,0070	0,0046	0,0176	0,3297
1301491	0,0319	0,0206	0,1491	0,0069	0,0054	0,0180	0,2638
1301492	0,0295	0,0164	0,1595	0,0134	0,0037	0,0176	0,2959
1301493	0,0280	0,0335	0,1834	0,0187	0,0022	0,0241	0,2816
1301494	0,0428	0,0189	0,1542	0,0055	0,0051	0,0120	0,2408
1301495	0,0396	0,0149	0,3945	0,0094	0,0020	0,0148	0,2038

Çizelge 5.3. Letonya hurdası döküm bazlı kimyasal kompozisyonlar

Döküm No	C	Si	Mn	P	S	Al	Cu
1300904	0.0270	0.0253	0.1638	0.0050	0.0030	0.0201	0.3556
1300905	0.0288	0.0179	0.1629	0.0050	0.0047	0.0197	0.3554
1300906	0.0260	0.0183	0.1695	0.0044	0.0058	0.0173	0.3447
1300907	0.0369	0.0212	0.1780	0.0042	0.0082	0.0268	0.3585
1300908	0.0314	0.0187	0.1702	0.0041	0.0017	0.0167	0.3132
1300909	0.0329	0.0218	0.1572	0.0039	0.0020	0.0217	0.3348
1300910	0.0254	0.0225	0.1637	0.0046	0.0022	0.0193	0.3284
1300911	0.0304	0.0152	0.1510	0.0047	0.0047	0.0181	0.3059
1300912	0.0318	0.0180	0.1660	0.0043	0.0041	0.0168	0.3234
1300913	0.0328	0.0096	0.1646	0.0046	0.0067	0.0156	0.3193
1300914	0.0377	0.0130	0.1538	0.0049	0.0032	0.0204	0.3674
1300915	0.0343	0.0110	0.1442	0.0051	0.0045	0.0207	0.3492
1300916	0.0289	0.0095	0.1349	0.0065	0.0055	0.0182	0.3545
1300917	0.0380	0.0240	0.1757	0.0063	0.0032	0.0170	0.3245
1300918	0.0432	0.0250	0.1554	0.0046	0.0015	0.0222	0.2941
1300920	0.0308	0.0219	0.1390	0.0074	0.0024	0.0190	0.3617
1300920	0.0308	0.0219	0.1390	0.0074	0.0024	0.0190	0.3617
1300921	0.0300	0.0205	0.1712	0.0060	0.0033	0.0184	0.3671
1300922	0.0333	0.0121	0.1608	0.0052	0.0057	0.0171	0.3460
1300923	0.0414	0.0137	0.1724	0.0053	0.0069	0.0164	0.3687
1300924	0.0314	0.0141	0.1552	0.0054	0.0064	0.0182	0.3414
1300925	0.0364	0.0171	0.1628	0.0042	0.0048	0.0198	0.3388
1300926	0.0526	0.0266	0.3609	0.0054	0.0017	0.0188	0.2892
1300927	0.0441	0.0168	0.3693	0.0054	0.0037	0.0168	0.3188
1300928	0.0389	0.0127	0.3842	0.0057	0.0040	0.0202	0.3170
1300929	0.0493	0.0156	0.3870	0.0055	0.0043	0.0188	0.3282
1300930	0.0552	0.0133	0.4019	0.0048	0.0057	0.0144	0.2615
1300931	0.0563	0.0245	0.3776	0.0046	0.0042	0.0114	0.2665
1300932	0.0537	0.0294	0.3905	0.0057	0.0053	0.0074	0.2360
1300933	0.0476	0.0174	0.3834	0.0054	0.0061	0.0123	0.2422
1300934	0.0442	0.0246	0.1623	0.0158	0.0045	0.0193	0.2383
1300935	0.0321	0.0170	0.1501	0.0066	0.0030	0.0198	0.2316
1300936	0.0327	0.0128	0.1511	0.0048	0.0040	0.0194	0.2369
1300937	0.0390	0.0178	0.1551	0.0044	0.0040	0.0204	0.2553
1300938	0.0379	0.0215	0.1584	0.0049	0.0044	0.0214	0.2769
1300939	0.0274	0.0155	0.1574	0.0038	0.0045	0.0203	0.2798
1300940	0.0357	0.0196	0.1588	0.0051	0.0044	0.0227	0.2922
1300941	0.0366	0.0168	0.1584	0.0100	0.0050	0.0229	0.2772
1300942	0.0403	0.0163	0.1706	0.0040	0.0031	0.0205	0.2717
1300943	0.0347	0.0244	0.1613	0.0055	0.0022	0.0203	0.2581
1300944	0.0551	0.0188	0.1821	0.0044	0.0053	0.0119	0.2781
1300945	0.0469	0.0195	0.1722	0.0045	0.0050	0.0153	0.2589
1300946	0.0374	0.0188	0.1546	0.0041	0.0041	0.0125	0.2562
1300947	0.0438	0.0170	0.1714	0.0042	0.0034	0.0160	0.2597
1300948	0.0382	0.0148	0.1720	0.0043	0.0045	0.0183	0.2750

Çizelge 5.3. Devamı Letonya hurdası döküm bazlı kimyasal kompozisyonlar

1300949	0.0331	0.0147	0.1795	0.0043	0.0038	0.0200	0.2752
1300950	0.0369	0.0196	0.1458	0.0059	0.0030	0.0231	0.2638
1300951	0.0349	0.0254	0.1553	0.0057	0.0027	0.0290	0.2720
1300952	0.0300	0.0170	0.1691	0.0040	0.0017	0.0229	0.2374
1300953	0.0349	0.0137	0.1741	0.0042	0.0056	0.0200	0.2442
1300954	0.0306	0.0210	0.1419	0.0055	0.0009	0.0240	0.2588
1300955	0.0364	0.0281	0.1709	0.0027	0.0008	0.0231	0.2535
1300956	0.0270	0.0188	0.1358	0.0030	0.0011	0.0212	0.2567
1300957	0.0344	0.0223	0.1823	0.0040	0.0020	0.0249	0.2377
1300958	0.0291	0.0222	0.1539	0.0036	0.0019	0.0221	0.2410
1300959	0.0279	0.0209	0.1648	0.0035	0.0050	0.0214	0.2436
1300960	0.0331	0.0251	0.1743	0.0048	0.0022	0.0222	0.2355
1300961	0.0285	0.0250	0.1632	0.0046	0.0028	0.0245	0.2745
1300962	0.0307	0.0237	0.1670	0.0038	0.0037	0.0224	0.2736
1300963	0.0303	0.0175	0.1586	0.0048	0.0053	0.0199	0.2335
1300964	0.0289	0.0235	0.1576	0.0032	0.0014	0.0221	0.2684
1300965	0.0302	0.0167	0.1522	0.0033	0.0015	0.0179	0.2699
1300966	0.0301	0.0200	0.1598	0.0030	0.0031	0.0211	0.2537
1300967	0.0282	0.0160	0.1420	0.0027	0.0024	0.0205	0.2497
1300968	0.0257	0.0149	0.1684	0.0032	0.0052	0.0189	0.2681
1300969	0.0314	0.0161	0.1660	0.0034	0.0040	0.0183	0.2773
1300970	0.0321	0.0111	0.1731	0.0040	0.0054	0.0193	0.2580
1300971	0.0337	0.0153	0.1867	0.0044	0.0031	0.0182	0.2757
1300972	0.0272	0.0244	0.1908	0.0040	0.0042	0.0239	0.2485
1300973	0.0330	0.0335	0.1742	0.0043	0.0025	0.0208	0.2615
1300974	0.0375	0.0199	0.1629	0.0043	0.0033	0.0188	0.2743
1300975	0.0311	0.0289	0.1672	0.0058	0.0042	0.0215	0.2686
1300976	0.0409	0.0290	0.1589	0.0057	0.0005	0.0193	0.2422
1300977	0.0324	0.0122	0.1580	0.0043	0.0018	0.0219	0.2632
1300978	0.0273	0.0168	0.1545	0.0041	0.0029	0.0172	0.2598
1300979	0.0289	0.0176	0.3946	0.0041	0.0053	0.0185	0.2800
1300980	0.0459	0.0265	0.4338	0.0040	0.0065	0.0291	0.2513
1300981	0.0572	0.0205	0.4176	0.0054	0.0048	0.0180	0.2602
1300982	0.0573	0.0200	0.3880	0.0060	0.0040	0.0167	0.2724
1300983	0.0489	0.0174	0.3601	0.0057	0.0014	0.0143	0.2502
1300984	0.0612	0.0151	0.4126	0.0044	0.0021	0.0190	0.2534
1300985	0.0307	0.0144	0.2012	0.0046	0.0040	0.0191	0.2695
1300986	0.0366	0.0196	0.3808	0.0042	0.0044	0.0216	0.2562
1300987	0.0443	0.0293	0.3790	0.0040	0.0014	0.0196	0.2465
1300988	0.0410	0.0225	0.3898	0.0038	0.0017	0.0197	0.2438
1300989	0.0413	0.0151	0.3759	0.0053	0.0027	0.0149	0.2443
1300990	0.0478	0.0141	0.3869	0.0049	0.0074	0.0170	0.2543
1300991	0.0378	0.0193	0.3843	0.0034	0.0019	0.0183	0.2342
1300992	0.0443	0.0200	0.4374	0.0054	0.0044	0.0098	0.2548
1300993	0.0333	0.0326	0.1979	0.0060	0.0022	0.0192	0.2446
1300994	0.0334	0.0318	0.3766	0.0039	0.0015	0.0202	0.2762
1300995	0.0386	0.0162	0.3533	0.0049	0.0060	0.0188	0.2499
1300996	0.0421	0.0209	0.3913	0.0096	0.0012	0.0158	0.2617
1300997	0.0395	0.0113	0.1753	0.0044	0.0036	0.0138	0.2705
1300998	0.0322	0.0168	0.1767	0.0039	0.0061	0.0154	0.2448
1300999	0.0283	0.0255	0.1711	0.0044	0.0017	0.0171	0.2614
1301000	0.0395	0.0201	0.1728	0.0048	0.0026	0.0176	0.2457
1301001	0.0370	0.0238	0.1711	0.0039	0.0022	0.0195	0.2504
1301003	0.0317	0.0137	0.1728	0.0036	0.0041	0.0196	0.2615
1301004	0.0338	0.0223	0.1681	0.0036	0.0034	0.0199	0.2626
1301005	0.0459	0.0143	0.1729	0.0046	0.0045	0.0184	0.2472
1301006	0.0418	0.0246	0.1695	0.0033	0.0033	0.0180	0.2779
1301007	0.0346	0.0266	0.1751	0.0044	0.0038	0.0176	0.2811
1301008	0.0344	0.0258	0.1708	0.0042	0.0036	0.0190	0.2602
1301009	0.0335	0.0308	0.1568	0.0116	0.0020	0.0216	0.2653
1301010	0.0297	0.0126	0.1672	0.0065	0.0037	0.0184	0.2461
1301011	0.0388	0.0200	0.3381	0.0060	0.0039	0.0189	0.2526
1301012	0.0344	0.0206	0.1956	0.0084	0.0028	0.0238	0.2678
1301013	0.0293	0.0188	0.1600	0.0060	0.0044	0.0194	0.2425
1301014	0.0336	0.0146	0.1740	0.0046	0.0048	0.0163	0.2574
1301015	0.0300	0.0136	0.2132	0.0058	0.0075	0.0145	0.2673
1301016	0.0316	0.0158	0.2152	0.0080	0.0066	0.0147	0.2536

Çizelge 5.3. Devamı Letonya hurdası döküm bazlı kimyasal kompozisyonlar

1301017	0.0337	0.0351	0.1781	0.0054	0.0031	0.0180	0.2656
1301018	0.0425	0.0196	0.1692	0.0035	0.0079	0.0279	0.2755
1301019	0.0395	0.0255	0.3569	0.0040	0.0018	0.0223	0.2419
1301020	0.0422	0.0426	0.3743	0.0053	0.0014	0.0196	0.2399
1301021	0.0416	0.0150	0.3900	0.0040	0.0057	0.0202	0.2449
1301022	0.0377	0.0133	0.3741	0.0036	0.0038	0.0139	0.2758
1301023	0.0372	0.0114	0.3797	0.0035	0.0055	0.0184	0.2624
1301024	0.0402	0.0161	0.3909	0.0039	0.0045	0.0202	0.2800
1301025	0.0444	0.0403	0.3823	0.0050	0.0015	0.0248	0.2761
1301026	0.0477	0.0224	0.3923	0.0057	0.0049	0.0232	0.2606
1301027	0.0485	0.0202	0.4117	0.0048	0.0044	0.0190	0.2622
1301028	0.0504	0.0331	0.4008	0.0060	0.0035	0.0261	0.2574
1301029	0.0367	0.0265	0.3717	0.0061	0.0034	0.0215	0.2499
1301030	0.0477	0.0224	0.3923	0.0057	0.0049	0.0232	0.2606
1301031	0.0485	0.0202	0.4117	0.0048	0.0044	0.0190	0.2622
1301032	0.0504	0.0331	0.4008	0.0060	0.0035	0.0261	0.2574
1301033	0.0367	0.0265	0.3717	0.0061	0.0034	0.0215	0.2499
1301034	0.0312	0.0429	0.3851	0.0047	0.0028	0.0240	0.2953

Çizelge 5.4. Polonya hurdası döküm bazlı kimyasal kompozisyonlar

Döküm No	C	Si	Mn	P	S	Al	Cu
1303244	0.0333	0.0204	0.1463	0.0041	0.0023	0.0172	0.2263
1303245	0.0333	0.0204	0.1463	0.0041	0.0023	0.0172	0.2263
1303246	0.0248	0.0192	0.1610	0.0040	0.0018	0.0220	0.2398
1303247	0.0458	0.0153	0.3835	0.0093	0.0060	0.0233	0.2428
1303248	0.0458	0.0153	0.3835	0.0093	0.0060	0.0233	0.2428
1303249	0.0434	0.0195	0.4141	0.0076	0.0030	0.0192	0.2268
1303250	0.0434	0.0195	0.4141	0.0076	0.0030	0.0192	0.2268
1303251	0.0434	0.0195	0.4141	0.0076	0.0030	0.0192	0.2268
1303252	0.0319	0.0221	0.3938	0.0045	0.0039	0.0243	0.2558
1303253	0.0319	0.0221	0.3938	0.0045	0.0039	0.0243	0.2558
1303254	0.0319	0.0221	0.3938	0.0045	0.0039	0.0243	0.2558
1303255	0.0353	0.0143	0.3988	0.0057	0.0054	0.0153	0.2524
1303256	0.0262	0.0347	0.4047	0.0093	0.0015	0.0176	0.2769
1303257	0.0262	0.0347	0.4047	0.0093	0.0015	0.0176	0.2769
1303258	0.0556	0.0194	0.8402	0.0056	0.0038	0.0226	0.2637
1303259	0.0556	0.0194	0.8402	0.0056	0.0038	0.0226	0.2637
1303260	0.0556	0.0194	0.8402	0.0056	0.0038	0.0226	0.2637
1303261	0.0537	0.0115	0.8741	0.0060	0.0056	0.0177	0.3059
1303262	0.0537	0.0115	0.8741	0.0060	0.0056	0.0177	0.3059
1303263	0.0427	0.0225	0.4959	0.0072	0.0012	0.0185	0.2556
1303264	0.0427	0.0225	0.4959	0.0072	0.0012	0.0185	0.2556
1303265	0.0427	0.0225	0.4959	0.0072	0.0012	0.0185	0.2556
1303266	0.0251	0.0175	0.1508	0.0056	0.0015	0.0191	0.2474
1303267	0.0251	0.0175	0.1508	0.0056	0.0015	0.0191	0.2474
1303268	0.0335	0.0136	0.3530	0.0056	0.0029	0.0194	0.2504
1303269	0.0335	0.0136	0.3530	0.0056	0.0029	0.0194	0.2504
1303270	0.0214	0.0108	0.1485	0.0054	0.0024	0.0184	0.2456
1303271	0.0301	0.0136	0.3528	0.0054	0.0033	0.0213	0.2773
1303272	0.0350	0.0197	0.3550	0.0069	0.0040	0.0163	0.2515
1303273	0.0350	0.0197	0.3550	0.0069	0.0040	0.0163	0.2515
1303274	0.0350	0.0197	0.3550	0.0069	0.0040	0.0163	0.2515
1303275	0.0193	0.0121	0.1588	0.0069	0.0073	0.0171	0.2664
1303276	0.0193	0.0121	0.1588	0.0069	0.0073	0.0171	0.2664
1303277	0.0193	0.0121	0.1588	0.0069	0.0073	0.0171	0.2664
1303278	0.0345	0.0115	0.3611	0.0062	0.0080	0.0142	0.2364
1303279	0.0347	0.0175	0.3484	0.0048	0.0069	0.0155	0.2285
1303280	0.0288	0.0154	0.3697	0.0055	0.0114	0.0175	0.2525
1303281	0.0445	0.0281	0.3844	0.0087	0.0006	0.0186	0.2503
1303282	0.0445	0.0281	0.3844	0.0087	0.0006	0.0186	0.2503
1303283	0.0445	0.0281	0.3844	0.0087	0.0006	0.0186	0.2503
1303284	0.0292	0.0134	0.1626	0.0055	0.0022	0.0231	0.2402
1303285	0.0394	0.0145	0.3378	0.0071	0.0031	0.0215	0.2696
1303286	0.0424	0.0169	0.3568	0.0060	0.0032	0.0205	0.2500
1303287	0.0309	0.0113	0.3429	0.0068	0.0039	0.0229	0.2602

Çizelge 5.4. Devamı Polonya hurdası döküm bazlı kimyasal kompozisyonlar

1303288	0.0458	0.0144	0.8055	0.0062	0.0018	0.0226	0.2442
1303289	0.0458	0.0144	0.8055	0.0062	0.0018	0.0226	0.2442
1303290	0.0581	0.0136	0.8277	0.0078	0.0025	0.0169	0.2471
1303291	0.0581	0.0136	0.8277	0.0078	0.0025	0.0169	0.2471
1303292	0.0372	0.0238	0.3642	0.0057	0.0002	0.0213	0.2425
1303293	0.0372	0.0238	0.3642	0.0057	0.0002	0.0213	0.2425
1303294	0.0372	0.0238	0.3642	0.0057	0.0002	0.0213	0.2425
1303295	0.0337	0.0149	0.1649	0.0043	0.0018	0.0180	0.2635
1303296	0.0337	0.0149	0.1649	0.0043	0.0018	0.0180	0.2635
1303297	0.0253	0.0139	0.1530	0.0056	0.0022	0.0165	0.2239
1303298	0.0253	0.0139	0.1530	0.0056	0.0022	0.0165	0.2239
1303299	0.0092	0.0098	0.2112	0.0033	0.0087	0.0150	0.2177
1303300	0.0092	0.0098	0.2112	0.0033	0.0087	0.0150	0.2177
1303301	0.0092	0.0098	0.2112	0.0033	0.0087	0.0150	0.2177
1303302	0.0261	0.0135	0.3529	0.0032	0.0032	0.0201	0.2852
1303303	0.0261	0.0135	0.3529	0.0032	0.0032	0.0201	0.2852
1303304	0.0261	0.0135	0.3529	0.0032	0.0032	0.0201	0.2852
1303305	0.0299	0.0097	0.3620	0.0049	0.0026	0.0203	0.2583
1303306	0.0299	0.0097	0.3620	0.0049	0.0026	0.0203	0.2583
1303307	0.0529	0.0270	0.7159	0.0048	0.0005	0.0208	0.2577
1303308	0.0529	0.0270	0.7159	0.0048	0.0005	0.0208	0.2577
1303309	0.0262	0.0101	0.1462	0.0055	0.0021	0.0161	0.2797
1303310	0.0262	0.0101	0.1462	0.0055	0.0021	0.0161	0.2797
1303311	0.0212	0.0137	0.1388	0.0043	0.0017	0.0190	0.2562
1303312	0.0366	0.0115	0.3680	0.0061	0.0031	0.0167	0.2714
1303313	0.0366	0.0115	0.3680	0.0061	0.0031	0.0167	0.2714
1303315	0.0310	0.0135	0.3562	0.0042	0.0033	0.0182	0.2728
1303316	0.0302	0.0115	0.3703	0.0044	0.0036	0.0188	0.2348
1303317	0.0302	0.0115	0.3703	0.0044	0.0036	0.0188	0.2348
1303318	0.0302	0.0115	0.3703	0.0044	0.0036	0.0188	0.2348
1303319	0.0227	0.0094	0.1577	0.0052	0.0049	0.0223	0.2452
1303320	0.0227	0.0094	0.1577	0.0052	0.0049	0.0223	0.2452
1303321	0.0339	0.0130	0.3660	0.0053	0.0054	0.0148	0.2707
1303322	0.0339	0.0130	0.3660	0.0053	0.0054	0.0148	0.2707
1303323	0.0398	0.0176	0.3951	0.0043	0.0057	0.0171	0.2559
1303324	0.0361	0.0116	0.4519	0.0034	0.0044	0.0138	0.2808
1303325	0.0194	0.0195	0.1484	0.0054	0.0013	0.0179	0.2305
1303326	0.0194	0.0195	0.1484	0.0054	0.0013	0.0179	0.2305
1303327	0.0261	0.0217	0.1441	0.0050	0.0016	0.0195	0.2100
1303328	0.0261	0.0217	0.1441	0.0050	0.0016	0.0195	0.2100
1303329	0.0261	0.0217	0.1441	0.0050	0.0016	0.0195	0.2100
1303330	0.0198	0.0248	0.1489	0.0075	0.0011	0.0177	0.2080
1303331	0.0192	0.0244	0.1628	0.0048	0.0014	0.0197	0.2092
1303332	0.0175	0.0146	0.1378	0.0050	0.0053	0.0184	0.2322
1303333	0.0175	0.0146	0.1378	0.0050	0.0053	0.0184	0.2322
1303334	0.0381	0.0105	0.1512	0.0054	0.0065	0.0196	0.2436
1303335	0.0245	0.0177	0.1418	0.0069	0.0053	0.0183	0.2481
1303336	0.0283	0.0091	0.1439	0.0060	0.0057	0.0159	0.2575
1303337	0.0283	0.0091	0.1439	0.0060	0.0057	0.0159	0.2575
1303338	0.0295	0.0147	0.1494	0.0060	0.0048	0.0220	0.2759
1303339	0.0374	0.0168	0.1440	0.0057	0.0095	0.0161	0.2615
1303340	0.1622	0.0213	1.0022	0.0069	0.0003	0.0203	0.2233
1303341	0.1622	0.0213	1.0022	0.0069	0.0003	0.0203	0.2233
1303342	0.1705	0.0126	1.0079	0.0085	0.0013	0.0165	0.2539
1303343	0.1705	0.0126	1.0079	0.0085	0.0013	0.0165	0.2539
1303344	0.1682	0.0211	1.0068	0.0069	0.0005	0.0211	0.2642
1303345	0.0263	0.0155	0.1615	0.0040	0.0023	0.0219	0.2432
1303346	0.0263	0.0155	0.1615	0.0040	0.0023	0.0219	0.2432
1303347	0.0313	0.0218	0.1802	0.0055	0.0040	0.0241	0.2449
1303348	0.0296	0.0197	0.3459	0.0057	0.0047	0.0182	0.2379
1303349	0.0296	0.0197	0.3459	0.0057	0.0047	0.0182	0.2379
1303350	0.0296	0.0197	0.3459	0.0057	0.0047	0.0182	0.2379
1303351	0.0561	0.0239	0.9427	0.0060	0.0037	0.0214	0.2074
1303352	0.0561	0.0239	0.9427	0.0060	0.0037	0.0214	0.2074
1303353	0.0426	0.0184	0.1655	0.0037	0.0046	0.0191	0.2185
1303354	0.0426	0.0184	0.1655	0.0037	0.0046	0.0191	0.2185
1303358	0.0201	0.0176	0.1802	0.0048	0.0039	0.0214	0.2312
1303359	0.0353	0.0096	0.1606	0.0046	0.0076	0.0140	0.2533

Çizelge 5.5. Devamı Polonya hurdası döküm bazlı kimyasal kompozisyonlar

1303360	0.0353	0.0096	0.1606	0.0046	0.0076	0.0140	0.2533
1303361	0.0276	0.0139	0.1755	0.0039	0.0066	0.0200	0.2186
1303362	0.0215	0.0167	0.1730	0.0070	0.0052	0.0172	0.2114
1303363	0.0286	0.0272	0.1685	0.0061	0.0043	0.0050	0.1874
1303364	0.0363	0.0199	0.4328	0.0056	0.0009	0.0183	0.2014
1303365	0.0363	0.0199	0.4328	0.0056	0.0009	0.0183	0.2014
1303366	0.0283	0.0142	0.3459	0.0049	0.0025	0.0162	0.1979
1303367	0.0283	0.0142	0.3459	0.0049	0.0025	0.0162	0.1979
1303368	0.0283	0.0142	0.3459	0.0049	0.0025	0.0162	0.1979
1303369	0.0301	0.0185	0.3960	0.0043	0.0029	0.0189	0.2053
1303370	0.0301	0.0185	0.3960	0.0043	0.0029	0.0189	0.2053
1303371	0.0301	0.0185	0.3960	0.0043	0.0029	0.0189	0.2053
1303372	0.0429	0.0213	0.4036	0.0045	0.0018	0.0164	0.2123
1303373	0.0283	0.0184	0.1443	0.0050	0.0019	0.0207	0.1930
1303374	0.0101	0.0135	0.2090	0.0043	0.0062	0.0261	0.1978
1303375	0.0235	0.0195	0.2012	0.0062	0.0042	0.0215	0.3071
1303376	0.0333	0.0146	0.4082	0.0065	0.0056	0.0192	0.3603
1303377	0.0348	0.0170	0.4008	0.0056	0.0047	0.0177	0.3048

Çizelge 5.5. Rusya hurdası döküm bazlı kimyasal kompozisyonlar

Döküm No	C	Si	Mn	P	S	Al	Cu
1301465	0.0182	0.0247	0.1953	0.0107	0.0013	0.0199	0.3155
1301466	0.0246	0.0300	0.1522	0.0076	0.0029	0.0325	0.3240
1301467	0.0295	0.0111	0.1520	0.0054	0.0026	0.0175	0.3254
1301468	0.0271	0.0105	0.1553	0.0077	0.0040	0.0173	0.3211
1301469	0.0275	0.0379	0.1630	0.0099	0.0015	0.0192	0.3454
1301470	0.0276	0.0175	0.1461	0.0087	0.0033	0.0192	0.3307
1301471	0.0265	0.0152	0.1580	0.0099	0.0052	0.0212	0.3353
1301472	0.0321	0.0295	0.1558	0.0079	0.0021	0.0222	0.3442
1301473	0.0340	0.0160	0.1558	0.0086	0.0036	0.0129	0.3411
1301474	0.0432	0.0192	0.1590	0.0062	0.0041	0.0186	0.3721
1301475	0.0277	0.0208	0.1452	0.0107	0.0028	0.0174	0.3828
1301476	0.0308	0.0206	0.1686	0.0092	0.0023	0.0161	0.3631
1301477	0.0355	0.0256	0.1580	0.0092	0.0030	0.0192	0.3644
1301478	0.0295	0.0139	0.1626	0.0071	0.0039	0.0181	0.3172
1301479	0.0245	0.0175	0.3609	0.0072	0.0029	0.0199	0.3432
1301480	0.0265	0.0232	0.1622	0.0061	0.0037	0.0204	0.3265
1301481	0.0233	0.0228	0.1732	0.0055	0.0042	0.0163	0.3647
1301482	0.0265	0.0215	0.1655	0.0070	0.0044	0.0203	0.3371
1301483	0.0349	0.0143	0.1602	0.0081	0.0079	0.0143	0.3406
1301484	0.0316	0.0129	0.1641	0.0080	0.0093	0.0176	0.3490
1301485	0.0319	0.0282	0.1514	0.0102	0.0013	0.0236	0.3346
1301486	0.0318	0.0218	0.1988	0.0103	0.0036	0.0199	0.3423
1301487	0.0274	0.0108	0.1550	0.0077	0.0052	0.0202	0.3467
1301488	0.0321	0.0245	0.1632	0.0045	0.0017	0.0209	0.3003
1301489	0.0313	0.0118	0.1624	0.0070	0.0046	0.0176	0.3297
1301490	0.0319	0.0206	0.1491	0.0069	0.0054	0.0180	0.2638
1301491	0.0295	0.0164	0.1595	0.0134	0.0037	0.0176	0.2959
1301492	0.0242	0.0113	0.1695	0.0062	0.0044	0.0173	0.3252
1301493	0.0280	0.0335	0.1834	0.0187	0.0022	0.0241	0.2816
1301494	0.0428	0.0189	0.1542	0.0055	0.0051	0.0120	0.2408
1301495	0.0396	0.0149	0.3945	0.0094	0.0020	0.0148	0.2038
1301496	0.0257	0.0203	0.3700	0.0070	0.0029	0.0157	0.2294
1301497	0.0398	0.0166	0.3686	0.0072	0.0017	0.0171	0.2076
1301498	0.0374	0.0153	0.3602	0.0065	0.0027	0.0191	0.2387
1301499	0.0440	0.0134	0.4007	0.0045	0.0022	0.0164	0.2403
1301500	0.0349	0.0167	0.3554	0.0094	0.0027	0.0159	0.2306
1301501	0.0318	0.0156	0.3609	0.0099	0.0038	0.0185	0.2333
1301502	0.0331	0.0276	0.3759	0.0091	0.0044	0.0221	0.2478
1301503	0.0320	0.0181	0.3558	0.0072	0.0102	0.0263	0.2061
1301504	0.0434	0.0105	0.3580	0.0073	0.0035	0.0202	0.2321

Çizelge 5.5. Devamı Rusya hurdası döküm bazlı kimyasal kompozisyonlar

1301505	0.0362	0.0220	0.3754	0.0086	0.0025	0.0228	0.2133
1301506	0.0576	0.0125	0.3832	0.0122	0.0052	0.0177	0.2227
1301507	0.0564	0.0218	0.3555	0.0088	0.0005	0.0212	0.2228
1301508	0.0377	0.0195	0.3635	0.0075	0.0043	0.0134	0.2088
1301509	0.0412	0.0206	0.3533	0.0070	0.0019	0.0202	0.2386
1301510	0.0414	0.0098	0.3681	0.0077	0.0037	0.0165	0.2114
1301511	0.0355	0.0127	0.3566	0.0061	0.0035	0.0165	0.2289
1301512	0.0267	0.0261	0.1480	0.0086	0.0003	0.0209	0.2800
1301513	0.0437	0.0120	0.3775	0.0103	0.0035	0.0161	0.1638
1301514	0.0495	0.0258	0.3757	0.0123	0.0016	0.0173	0.1724
1301515	0.0358	0.0154	0.1521	0.0054	0.0017	0.0197	0.1816
1301516	0.0438	0.0220	0.1536	0.0071	0.0012	0.0234	0.1821
1301517	0.0114	0.0139	0.2042	0.0087	0.0035	0.0216	0.2235
1301518	0.0397	0.0314	0.3804	0.0068	0.0010	0.0200	0.2136
1301519	0.0479	0.0166	0.3890	0.0106	0.0036	0.0169	0.1839
1301520	0.0461	0.0108	0.3779	0.0137	0.0030	0.0158	0.2006
1301521	0.0316	0.0196	0.1653	0.0102	0.0038	0.0175	0.1834
1301522	0.0346	0.0181	0.3920	0.0094	0.0032	0.0206	0.1870
1301523	0.0283	0.0226	0.1411	0.0058	0.0013	0.0184	0.1806
1301524	0.0135	0.0125	0.1364	0.0054	0.0028	0.0180	0.2163
1301525	0.0340	0.0151	0.3429	0.0071	0.0045	0.0218	0.2077
1301526	0.0333	0.0218	0.3578	0.0068	0.0016	0.0202	0.2050
1301527	0.0355	0.0203	0.3725	0.0076	0.0022	0.0208	0.1914
1301528	0.0281	0.0326	0.3792	0.0088	0.0014	0.0249	0.1839
1301529	0.0380	0.0243	0.3738	0.0084	0.0032	0.0260	0.1726
1301530	0.0388	0.0199	0.3488	0.0043	0.0009	0.0215	0.1952
1301531	0.0322	0.0206	0.1677	0.0051	0.0006	0.0221	0.1763
1301532	0.0383	0.0234	0.3660	0.0077	0.0013	0.0192	0.1800
1301533	0.0454	0.0298	0.3512	0.0090	0.0001	0.0239	0.1885
1301534	0.0435	0.0234	0.3920	0.0084	0.0004	0.0223	0.1874
1301535	0.0347	0.0122	0.3817	0.0115	0.0039	0.0194	0.1781
1301536	0.0340	0.0149	0.3586	0.0142	0.0040	0.0223	0.2092
1301537	0.0361	0.0165	0.3712	0.0092	0.0032	0.0192	0.1736
1301538	0.0473	0.0135	0.3613	0.0111	0.0059	0.0186	0.2659
1301539	0.0570	0.0130	0.3478	0.0079	0.0067	0.0153	0.2987
1301540	0.0388	0.0137	0.3569	0.0049	0.0067	0.0184	0.2378
1301541	0.0326	0.0180	0.3825	0.0056	0.0040	0.0156	0.2003
1301542	0.0419	0.0107	0.3682	0.0066	0.0048	0.0169	0.2032
1301543	0.0327	0.0137	0.3812	0.0106	0.0048	0.0120	0.1937
1301544	0.0307	0.0234	0.3771	0.0061	0.0009	0.0187	0.1837
1301545	0.0526	0.0094	0.3513	0.0050	0.0038	0.0153	0.1647
1301546	0.0418	0.0141	0.3516	0.0055	0.0044	0.0195	0.1865
1301547	0.0300	0.0088	0.3677	0.0066	0.0026	0.0173	0.2072
1301548	0.0412	0.0175	0.3940	0.0129	0.0045	0.0148	0.1854
1301549	0.0416	0.0114	0.3974	0.0091	0.0058	0.0166	0.2220
1301550	0.0415	0.0177	0.3729	0.0122	0.0067	0.0075	0.1887
1301551	0.0479	0.0097	0.3693	0.0109	0.0082	0.0129	0.2059
1301552	0.0364	0.0140	0.3529	0.0091	0.0064	0.0156	0.1980
1301553	0.0304	0.0155	0.1510	0.0065	0.0034	0.0211	0.1915
1301554	0.0352	0.0125	0.3503	0.0091	0.0069	0.0169	0.1820
1301555	0.0358	0.0165	0.3692	0.0087	0.0043	0.0196	0.2134
1301556	0.0265	0.0179	0.1565	0.0078	0.0041	0.0179	0.1949
1301557	0.0402	0.0115	0.3653	0.0065	0.0055	0.0183	0.1792
1301558	0.0453	0.0180	0.3608	0.0066	0.0058	0.0165	0.1905
1301559	0.0325	0.0125	0.3806	0.0070	0.0050	0.0174	0.2039
1301560	0.0283	0.0149	0.1489	0.0065	0.0055	0.0148	0.1843
1301561	0.0328	0.0158	0.3558	0.0053	0.0078	0.0162	0.1906
1301562	0.0462	0.0192	0.3835	0.0096	0.0054	0.0155	0.1808
1301563	0.0310	0.0159	0.1419	0.0081	0.0023	0.0151	0.1681
1301564	0.0108	0.0228	0.1880	0.0079	0.0029	0.0158	0.1926
1301565	0.0147	0.0151	0.2032	0.0087	0.0029	0.0159	0.1961
1301566	0.0423	0.0241	0.3693	0.0098	0.0025	0.0170	0.1810
1301567	0.0395	0.0271	0.1825	0.0104	0.0010	0.0204	0.1696
1301568	0.0287	0.0259	0.1613	0.0056	0.0006	0.0220	0.1870
1301569	0.0313	0.0292	0.1604	0.0057	0.0008	0.0181	0.1726
1301570	0.0302	0.0167	0.1671	0.0057	0.0020	0.0185	0.2084
1301571	0.0339	0.0283	0.1599	0.0071	0.0020	0.0237	0.2329
1301572	0.0425	0.0302	0.3832	0.0080	0.0019	0.0142	0.2306
1301573	0.0312	0.0123	0.1470	0.0056	0.0045	0.0162	0.2345



Çizelge 5.5. Devamı Rusya hurdası döküm bazlı kimyasal kompozisyonlar

1301576	0.0459	0.0333	0.4370	0.0057	0.0002	0.0327	0.2382
1301577	0.0405	0.0250	0.3509	0.0051	0.0026	0.0215	0.2281
1301578	0.0450	0.0063	0.3527	0.0051	0.0015	0.0182	0.2365
1301579	0.0357	0.0082	0.3568	0.0063	0.0047	0.0177	0.1630
1301580	0.0406	0.0076	0.3630	0.0053	0.0042	0.0186	0.1643
1301581	0.0400	0.0144	0.3654	0.0067	0.0039	0.0200	0.1834
1301582	0.0396	0.0183	0.3718	0.0061	0.0027	0.0197	0.1882
1301583	0.0400	0.0184	0.3691	0.0081	0.0021	0.0187	0.1987
1301584	0.0457	0.0266	0.3750	0.0052	0.0006	0.0236	0.1866
1301585	0.0363	0.0222	0.3350	0.0055	0.0017	0.0208	0.1726
1301586	0.0419	0.0170	0.3495	0.0052	0.0021	0.0177	0.1796
1301587	0.0459	0.0157	0.3653	0.0044	0.0024	0.0171	0.1757
1301588	0.0435	0.0188	0.3689	0.0042	0.0024	0.0117	0.1643
1301589	0.0355	0.0231	0.3880	0.0043	0.0022	0.0085	0.1805
1301590	0.0370	0.0161	0.3572	0.0066	0.0030	0.0200	0.2028
1301591	0.0584	0.0146	0.3524	0.0055	0.0052	0.0143	0.2179
1301592	0.0363	0.0322	0.3816	0.0074	0.0058	0.0105	0.1958
1301593	0.0412	0.0196	0.3876	0.0080	0.0062	0.0074	0.1804
1501594	0.0472	0.0158	0.3546	0.0072	0.0024	0.0170	0.2012

Çizelge 5.6 Belçika hurdası döküm bazlı kimyasal kompozisyonlar

Döküm No	C	Si	Mn	P	S	Al	Cu
1000001	0.0500	0.0208	0.3631	0.0051	0.0011	0.0177	0.2199
1000002	0.0586	0.0247	0.3669	0.0054	0.0006	0.0134	0.2183
1000003	0.0473	0.0827	0.3565	0.0063	0.0019	0.0148	0.2172
1000004	0.0487	0.1214	0.3648	0.0052	0.0013	0.0191	0.2190
1000005	0.0487	0.0255	0.3704	0.0039	0.0039	0.0159	0.2258
1000006	0.0439	0.0113	0.3577	0.0039	0.0028	0.0171	0.2337
1000007	0.0447	0.0209	0.3543	0.0045	0.0006	0.0198	0.1875
1000008	0.0313	0.0142	0.1774	0.0037	0.0035	0.0311	0.3121
1000009	0.0290	0.0122	0.1569	0.0035	0.0028	0.0248	0.2546
1000010	0.0339	0.0143	0.1535	0.0045	0.0032	0.0223	0.1838
1000011	0.0277	0.0238	0.1371	0.0036	0.0019	0.0231	0.1808
1000012	0.0409	0.0331	0.1435	0.0038	0.0022	0.0224	0.1935
1000013	0.0434	0.0158	0.1600	0.0044	0.0059	0.0225	0.2251
1000014	0.0406	0.0233	0.1379	0.0062	0.0059	0.0226	0.2130
1000015	0.0369	0.0173	0.3833	0.0066	0.0008	0.0183	0.2281
1000016	0.0497	0.0220	0.3776	0.0085	0.0020	0.0188	0.2427
1000017	0.0416	0.0126	0.3818	0.0062	0.0045	0.0176	0.2559
1000018	0.0442	0.0135	0.3934	0.0051	0.0030	0.0186	0.2595
1000019	0.0334	0.0128	0.4077	0.0054	0.0036	0.0199	0.2446
1000020	0.0393	0.0302	0.3698	0.0046	0.0033	0.0165	0.2098
1000021	0.0457	0.0141	0.4346	0.0056	0.0027	0.0172	0.2483
1000022	0.0435	0.0327	0.4324	0.0064	0.0012	0.0156	0.2343
1000023	0.0319	0.0133	0.1916	0.0047	0.0013	0.0186	0.2163
1000024	0.0268	0.0190	0.1847	0.0051	0.0011	0.0181	0.2533
1000025	0.0290	0.0166	0.1907	0.0091	0.0028	0.0175	0.4599
1000026	0.0331	0.0312	0.1489	0.0074	0.0016	0.0255	0.3714
1000027	0.0317	0.0159	0.1432	0.0084	0.0064	0.0237	0.3079
1000028	0.0347	0.0296	0.1511	0.0069	0.0024	0.0210	0.3048
1000029	0.0389	0.0273	0.2014	0.0086	0.0030	0.0172	0.3252
1000030	0.0349	0.0171	0.1449	0.0048	0.0042	0.0200	0.3476
1000031	0.0395	0.0208	0.1437	0.0055	0.0024	0.0184	0.2781
1000032	0.0333	0.0163	0.1437	0.0054	0.0028	0.0178	0.2397
1000033	0.0356	0.0112	0.1661	0.0055	0.0058	0.0177	0.2756
1000034	0.0318	0.0128	0.1567	0.0064	0.0056	0.0113	0.2510
1000035	0.0370	0.0178	0.1471	0.0068	0.0041	0.0200	0.2536
1000036	0.0414	0.0203	0.1609	0.0070	0.0038	0.0194	0.2755
1000037	0.0362	0.0150	0.1609	0.0071	0.0064	0.0178	0.2475
1000038	0.0249	0.0244	0.1499	0.0078	0.0062	0.0156	0.2752
1000039	0.0266	0.0279	0.1489	0.0072	0.0049	0.0184	0.2901
1000040	0.0326	0.0144	0.1434	0.0047	0.0090	0.0145	0.2508
1000041	0.0409	0.0237	0.1523	0.0064	0.0007	0.0187	0.2650
1000042	0.0128	0.0159	0.2038	0.0054	0.0026	0.0208	0.1862
1000043	0.0132	0.0104	0.2017	0.0049	0.0044	0.0169	0.1654

Çizelge 5.6. Devamı Belçika hurdası döküm bazlı kompozisyonlar

1000044	0.0308	0.0218	0.1584	0.0040	0.0030	0.0200	0.2919
1000045	0.0279	0.0138	0.1360	0.0062	0.0036	0.0174	0.3508
1000046	0.0350	0.0277	0.1509	0.0048	0.0021	0.0209	0.3579
1000047	0.0360	0.0163	0.1438	0.0060	0.0091	0.0207	0.3061
1000048	0.0357	0.0131	0.1463	0.0051	0.0069	0.0176	0.3470
1000049	0.0488	0.0241	0.1503	0.0066	0.0026	0.0169	0.3256
1000050	0.0156	0.0108	0.1640	0.0058	0.0045	0.0182	0.2510
1000051	0.0094	0.0225	0.1441	0.0055	0.0046	0.0180	0.2468
1000052	0.0216	0.0184	0.1411	0.0060	0.0029	0.0196	0.2798
1000053	0.0258	0.0119	0.1377	0.0068	0.0035	0.0151	0.3348
1000054	0.0326	0.0122	0.1446	0.0061	0.0050	0.0123	0.3292
1000055	0.0345	0.0103	0.1490	0.0059	0.0038	0.0210	0.3899
1000056	0.0340	0.0110	0.1613	0.0051	0.0062	0.0153	0.3771
1000057	0.0348	0.0118	0.4058	0.0053	0.0047	0.0137	0.3293
1000058	0.0487	0.0234	0.3683	0.0058	0.0021	0.0139	0.2825
1000059	0.0376	0.0158	0.1647	0.0046	0.0023	0.0134	0.2779
1000060	0.0367	0.0103	0.3892	0.0050	0.0077	0.0176	0.2095
1000061	0.0536	0.0174	0.1600	0.0068	0.0007	0.0163	0.2903
1000062	0.0459	0.0189	0.1533	0.0071	0.0010	0.0150	0.2988
1000063	0.0265	0.0142	0.1467	0.0070	0.0013	0.0136	0.2973
1000064	0.0310	0.0197	0.1424	0.0063	0.0099	0.0184	0.3433
1000065	0.0291	0.0164	0.1485	0.0047	0.0006	0.0187	0.2834
1000066	0.0381	0.0276	0.1534	0.0058	0.0009	0.0225	0.2772
1000067	0.0351	0.0150	0.1470	0.0096	0.0026	0.0194	0.2642
1000068	0.0300	0.0160	0.1473	0.0061	0.0018	0.0206	0.2763
1000069	0.0293	0.0170	0.1620	0.0061	0.0028	0.0186	0.2507
1000070	0.0378	0.0107	0.1831	0.0090	0.0035	0.0242	0.2871
1000071	0.0317	0.0158	0.1806	0.0131	0.0039	0.0215	0.2845
1000072	0.0394	0.0199	0.2183	0.0074	0.0031	0.0216	0.2834
1000073	0.0524	0.0164	0.1541	0.0101	0.0039	0.0199	0.2931
1000074	0.0358	0.0126	0.1375	0.0104	0.0051	0.0174	0.2524
1000075	0.0468	0.0258	0.3459	0.0102	0.0015	0.0153	0.2762
1000076	0.0610	0.0141	0.3655	0.0103	0.0070	0.0183	0.2937
1000077	0.0604	0.0232	0.3464	0.0108	0.0007	0.0190	0.2939
1000078	0.0430	0.0091	0.4135	0.0087	0.0011	0.0163	0.3006
1000079	0.0396	0.0271	0.3597	0.0092	0.0009	0.0184	0.2853
1000080	0.0313	0.0078	0.3428	0.0080	0.0127	0.0163	0.3131
1000081	0.0605	0.0224	0.3390	0.0118	0.0008	0.0221	0.2480
1000082	0.0487	0.0496	0.3897	0.0121	0.0001	0.0208	0.2806
1000083	0.0374	0.0269	0.3555	0.0115	0.0006	0.0205	0.2846
1000084	0.0444	0.0123	0.3630	0.0126	0.0034	0.0161	0.2391
1000085	0.0352	0.0068	0.4073	0.0092	0.0066	0.0141	0.2399
1000086	0.0379	0.0138	0.3602	0.0092	0.0036	0.0176	0.3001
1000087	0.0310	0.0123	0.1719	0.0101	0.0043	0.0170	0.2841
1000088	0.0210	0.0124	0.1575	0.0079	0.0034	0.0156	0.2768
1000089	0.0225	0.0181	0.1534	0.0057	0.0014	0.0160	0.2392
1000090	0.0298	0.0188	0.1562	0.0085	0.0029	0.0207	0.2900
1000091	0.0398	0.0220	0.1563	0.0064	0.0012	0.0187	0.3239
1000092	0.0359	0.0403	0.1617	0.0061	0.0010	0.0252	0.3060
1000093	0.0511	0.0267	0.1566	0.0076	0.0001	0.0244	0.3402
1000094	0.0476	0.0102	0.1394	0.0070	0.0023	0.0168	0.3289
1000095	0.0428	0.0053	0.1510	0.0078	0.0076	0.0210	0.3507
1000096	0.0304	0.0093	0.1567	0.0061	0.0027	0.0208	0.3056
1000097	0.0290	0.0105	0.1543	0.0059	0.0037	0.0174	0.3012
1000098	0.0276	0.0112	0.1528	0.0050	0.0047	0.0177	0.3001
1000099	0.0320	0.0305	0.1445	0.0057	0.0015	0.0233	0.2878
1000100	0.0300	0.0116	0.1425	0.0072	0.0039	0.0189	0.2855
1000101	0.0370	0.0108	0.1395	0.0097	0.0042	0.0225	0.3063
1000102	0.0339	0.0174	0.1565	0.0105	0.0039	0.0221	0.3213
1000103	0.0415	0.0150	0.1636	0.0097	0.0056	0.0229	0.3226
1000104	0.0332	0.0197	0.1582	0.0092	0.0047	0.0183	0.3479
1000105	0.0388	0.0179	0.1649	0.0117	0.0032	0.0222	0.3561
1000106	0.0325	0.0142	0.1594	0.0155	0.0028	0.0203	0.3769
1000099	0.0316	0.0148	0.1621	0.0085	0.0031	0.0181	0.3531
1000100	0.0335	0.0152	0.1842	0.0082	0.0047	0.0181	0.3341
1000101	0.0362	0.0125	0.1503	0.0055	0.0027	0.0160	0.3804
1000102	0.0386	0.0142	0.1546	0.0069	0.0039	0.0178	0.3907

Çizelge 5.6. Devamı Belçika hurdası döküm bazlı kompozisyonlar

1000103	0.0421	0.0164	0.1692	0.0076	0.0064	0.0207	0.3937
1000104	0.0338	0.0201	0.1718	0.0075	0.0033	0.021	0.3487
1000105	0.0230	0.009	0.1503	0.0051	0.0052	0.0164	0.3149
1000106	0.0287	0.0122	0.1552	0.0081	0.0051	0.0165	0.3333
1000107	0.0373	0.0257	0.1552	0.0072	0.0031	0.0151	0.3654
1000108	0.0299	0.0177	0.1461	0.0062	0.0041	0.0168	0.3612
1000109	0.0280	0.0133	0.1481	0.0061	0.0069	0.0191	0.3307
1000110	0.0314	0.0145	0.1489	0.008	0.0029	0.0201	0.379
1000111	0.0330	0.0170	0.1943	0.0103	0.0036	0.0165	0.3639
1000112	0.0388	0.0153	0.1617	0.0120	0.0037	0.0247	0.3627
1000113	0.0322	0.0093	0.1570	0.0133	0.0060	0.0194	0.3757
1000111	0.0406	0.0161	0.1652	0.0096	0.0046	0.0194	0.3569
1000115	0.0358	0.0178	0.1509	0.0103	0.0033	0.0208	0.3581
1000116	0.0328	0.0170	0.1886	0.0073	0.0030	0.0161	0.3222
1000117	0.0399	0.0253	0.1602	0.0070	0.0014	0.0162	0.3454
1000118	0.0354	0.0158	0.1599	0.0075	0.0015	0.0159	0.3255
1000119	0.0259	0.0165	0.1655	0.0085	0.0019	0.0153	0.3165
1000120	0.0322	0.0160	0.1585	0.0072	0.0025	0.0162	0.3053
1000121	0.0315	0.0159	0.1465	0.0065	0.0021	0.0147	0.2489
1000122	0.0300	0.0240	0.1785	0.0150	0.0018	0.0158	0.2589

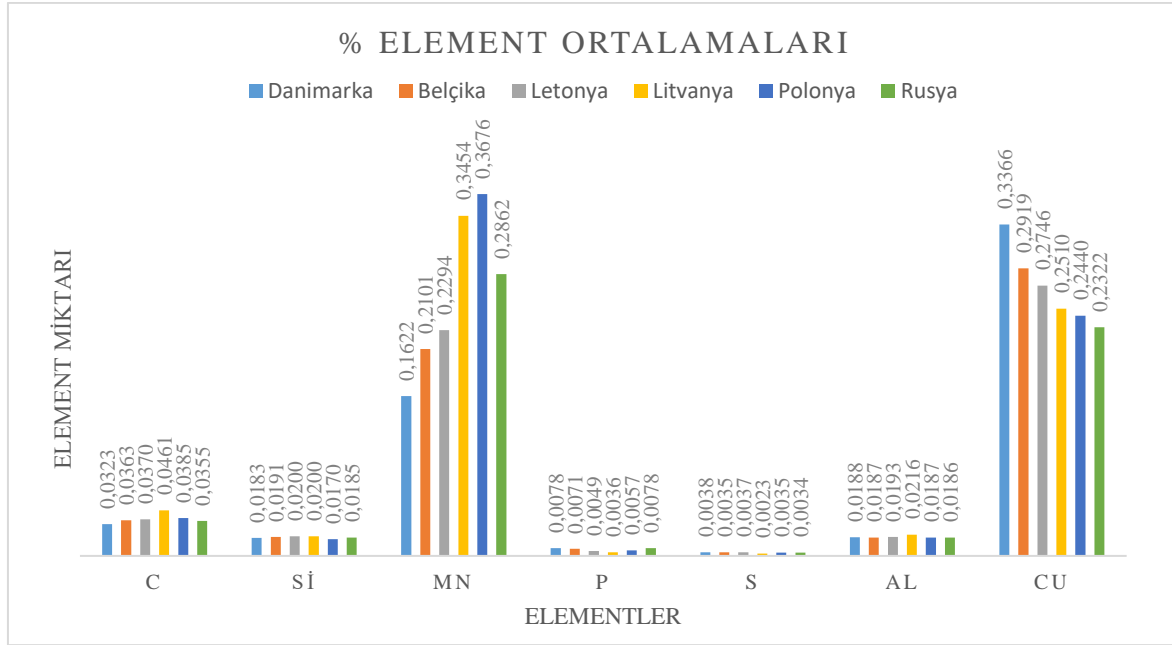
Çizelge 5.7. S235JR çelik kalitesi kimyasal kompozisyon limitleri  
(European steel and alloy grades, 2023)

C	Mn	P	S	N	Cu
Mak. 0.20	Mak. 1.40	Mak. 0.04	Mak. 0.04	Max. 0.012	Mak. 0.55

Çizelge 5.8. DD11 çelik kalitesi kimyasal kompozisyon limitleri  
(European steel and alloy grades, 2023)

C	Mn	P	S
Mak. 0.12	Mak. 0.60	Mak. 0.045	Mak. 0.045

Çizelge 5.1, 5.2, 5.3, 5.4, 5.5, 5.6, ile gösterilmiş veri setlerinde sırası ile Litvanya, Danimarka, Letonya, Polonya, Rusya ve Belçika olmak üzere ülke bazlı hurda kullanımlarına ait sıvı çelik analizleri yer almaktadır. Toplam 130'ar adet döküm incelenmiş olup genele bakıldığında 780 adet kimyasal spektral analiz incelenmiştir. Çizelge 5.7 ve 5.8'de analizleri yapılan numunelerin çelik kimyasal kompozisyon limitleri gösterilmiştir. Buradan hareketle elde ettiğimiz bulgulara bakacak olursak ilk önce bakır oranlarının ortalamaları ile başlamak gerekmektedir. Bakır hem mekanik etkileri hem de çeliğin sağlıklı bir şekilde dökülmesi ve katılaşması için oldukça büyük bir önem arz etmektedir.



Şekil 5.1. Farklı menşeli hurdaların ortalama element miktarları

Şekil 5.1’de optik emisyon analizleri sonucu bütün ülkeler için elde edilen elementlerin ortalama % miktarları verilmiştir. Buradan hareketle bakır miktarında ülke bazında doğrusal bir artış gözlemlenmektedir. En düşük bakır miktarının Rusya en yüksek bakır miktarının ise Danimarka hurdasında olduğu tespit edilmiştir. Üretimler sonrasında en yüksek mangan miktarı Polonya hurdasından üretilen ürünlerde görülmüştür. Kükürt oranlarına baktığımızda en yüksek kükürt oranı Danimarka hurdalarından üretilen ürünlerde görülmüştür. Silisyum da ise durum Letonya ve Litvanya hurdalarına ile başa baş bir şekilde gelmektedir.

Çizelge 5.7. Farklı ülke hurda şarjlarına ek olarak ilave edilen hammadde miktarları (kg) (EAF)

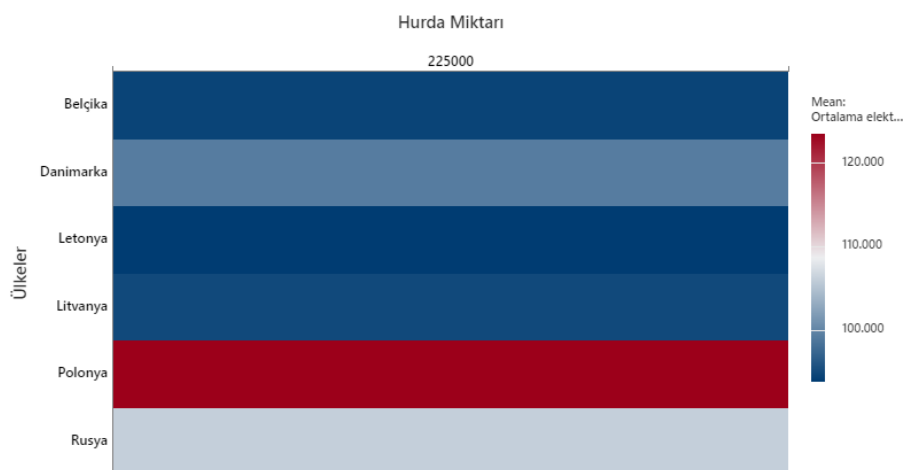
Ülkeler	Hurda Miktarı	Al	CaO	Karbon	Fe-Mn	Fe-Si-Mn	Flux CaF <sub>2</sub>	Manyezit
Litvanya	225.000	355	10.122	1910	780	4	0	265
Danimarka	225.000	484	12.277	519	516	0	55	215
Letonya	225.000	504	12.387	104	553	0	40	171
Polonya	225.000	0	10.688	3439	605	0	36	207
Rusya	225.000	461	12.198	1075	658	0	68	126
Belçika	225.000	508	12.063	43	358	4	12	240

Çizelge 5.7’de farklı ülkelere ait girdi hurda miktarları ve ark ocağında ilavesi yapılan hammaddeler görülmektedir, bu tonajlar işletmenin seviye 3 üretim otomasyon sisteminden

birebir olarak alınmıştır. Burada ki 225 tonluk hurdaya karşılık ülkelerin ilave ettikleri hammaddelerin dökümlerinin tamamının ortalamaları alınarak hesaplanmıştır. Buradan hareketle ilave edilmiş olan karbon miktarlarına baktığımızda en yüksek miktar Polonya hurdası kullanımını esnasında verildiği gözlemlenmiştir. Elektrik ark ocaklarında karbon enjeksiyonu büyük bir önem arz etmektedir. Bunların en başında ark yansımalarının önlenmesi nedeni ile refrakter tüketiminin ve enerji kayıplarının azaltılması, ton başına daha düşük elektriksel tüketim değerlerinin sağlanması gelmektedir (Bilgiç, 2002:3). Daha iyi üretkenlik ve döküm devirme sürelerinin oluşturulması için vazgeçilmez bir malzeme olmaktadır. Daha düşük akım ve daha yüksek voltaj değerleri ile çalışabilme imkânı nedeni ile elektrod tüketiminde düşüşlerin sağlanmasını da sağlamaktadır.

Çizelge 5.8. Ülke bazlı EAO'da sarf edilen elektrik ve oksijen miktarı

Ülkeler	Hurda Miktarı (Ton)	Ortalama elektrik kullanımı (GJ)	Ortalama oksijen kullanımı (m3)
Litvanya	225	94824	7274
Danimarka	225	99127	8465
Letonya	225	93744	7786
Polonya	225	123458	9628
Rusya	225	106023	8938
Belçika	225	94384	7581



Şekil 5.2. Ülke bazlı EAO'da sarf edilen elektrik miktarı (GJ) minitab heatmap gösterimi



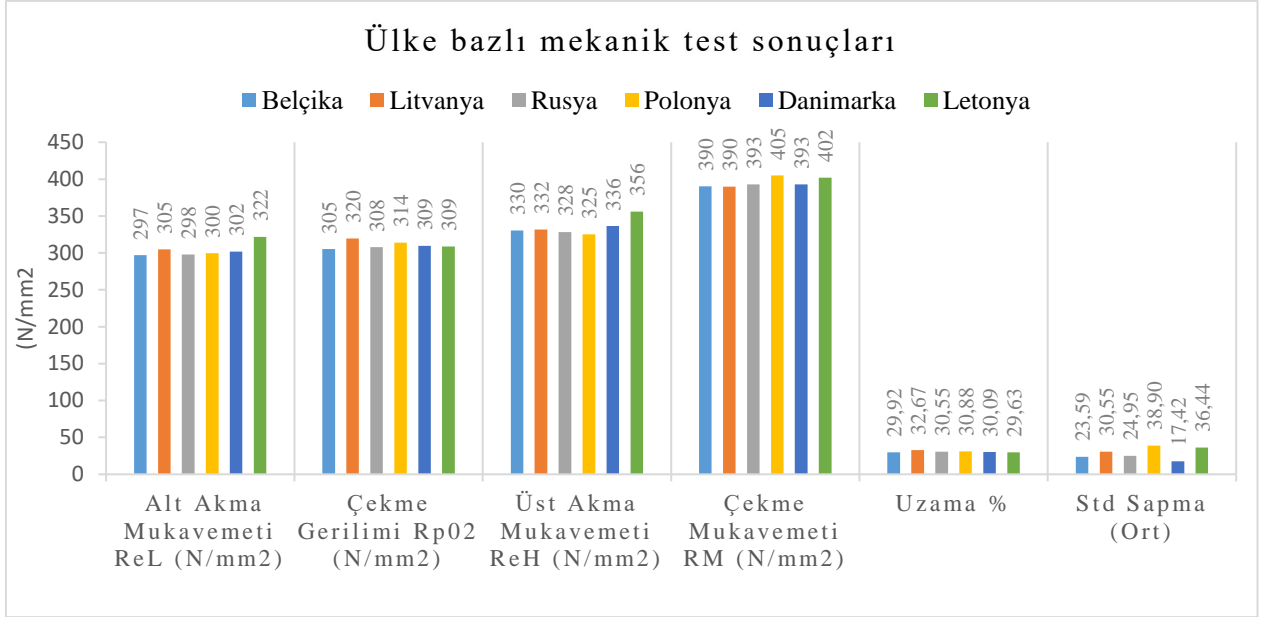
Şekil 5.3. Ülke bazlı EAO'da sarf edilen oksijen miktarı (m3) minitab heatmap gösterimi

Şekil 5.2 ve 5.3'deki minitab 21.4.1'de oluşturulan grafikler incelendiğinde elektrik sarfiyatı ve oksijen kullanımlarının en çok Polonya hurdası ergitilmesi sırasında sarf edildiği görülmüştür. Buradan hareketle Polonya hurdasını ergitmek için gerekli olan birim maliyetin diğer ülkelere kıyasla daha yüksek olduğu söylenebilmektedir.

License Account: eariyol@mmkturkey.com.tr
Expiration Date: 25.12.2023
The license does not support borrowing.
Change License Type
Product version: Minitab® 21.4.1 (64-bit)

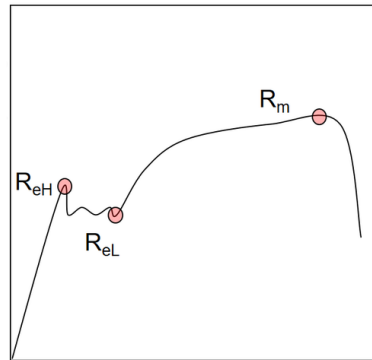
### 5.1.2. Mekanik bulgular

Kimyasal bulgularda sıvı çeliğe uygulanan analizlerden bahsedildi, şimdi sıvı çelikte ki bu durumun nihai ürünlerde ki yansımalarına bir bakalım. Zwick Z600 cihazında mekanik analizleri yapılan malzemelerin analiz sonuçları şekil 5.4'te verilmiştir. Şekil 5.4 incelendiğinde çekme ( $405 \text{ N/mm}^2$ ) ve uzama (% 30,88) değerlerinin en yüksek ve standart sapmanın (38,90) en fazla olduğu ülke Polonya olarak tespit edilmiştir. Burada çizelge 5.7 ve 5.8'den de hareketle elde edilen bulgularda Polonya hurdasının diğer ülkelere kıyasla daha çok hammadde ve elektrik tükettiği ve buna ek olarak elektrik sarfiyatının da diğer hurdalara göre daha maliyetli olduğu görülmüştür.



Şekil 5.4. Ülke bazlı alt, üst akma, çekme, uzama ortalama analiz sonuçları

260'şar adet olmak üzere toplamda 1560 numuneye mekanik çekme testi uygulanmıştır. Şekil 5.4'te verilen değerler ortalama değerlerdir. Üst akma noktası, çekme gerilimi altında olan malzemede ki kalıcı plastik deformasyonun henüz gerçekleşmediği gerilimi gösterir. Malzeme deforme olur, ancak çekme gerilimini bıraktıktan sonra orijinal şekline geri döner yani elastik şekil değiştirmiş olur. Üst akma noktası eşiği geçildiğinde plastik şekil değişikliği başlamaktadır. Çekme testi numunesi eski haline geri çevrilemez şekilde uzamaktadır. Soğuk haddelenmiş veya soğuk şekillendirilmiş malzemelerin belirgin bir akma noktası bulunmamaktadır. Bu malzemeler için genellikle %0,2 kalıcı gerilme (Rp0,2) belirlenir ve belirtilir. Bu %0,2 verim noktası, her zaman gerilim-gerinim diyagramından açıkça hesaplanabilmektedir. Şekil 5.5'te alt ve üst akma açık bir şekilde gösterilmiştir.



Şekil 5.5. Gerilme-gerinim diyagramı

Malzemelerin en önemli özelliklerinden bir tanesi de tanelerinin boyutudur. Buradan hareket ile tane boyutu ölçüm analizleri yapılmış ve farklı ülkelerden gelen hurda hammaddeleri ile nihai ürünler arasında bir ilişki aranmıştır. Tane boyutu manuel veya otomatik olarak ölçülebilmektedir. Bu çalışmada resim 4.8'deki Nikon eclipse MA200 ters metal mikroskobu kullanılarak bu işlem otomatik olarak yapılmıştır. Yöntem bakımından tane boyutu üç farklı şekilde hesaplanabilmektedir. Bunlar;

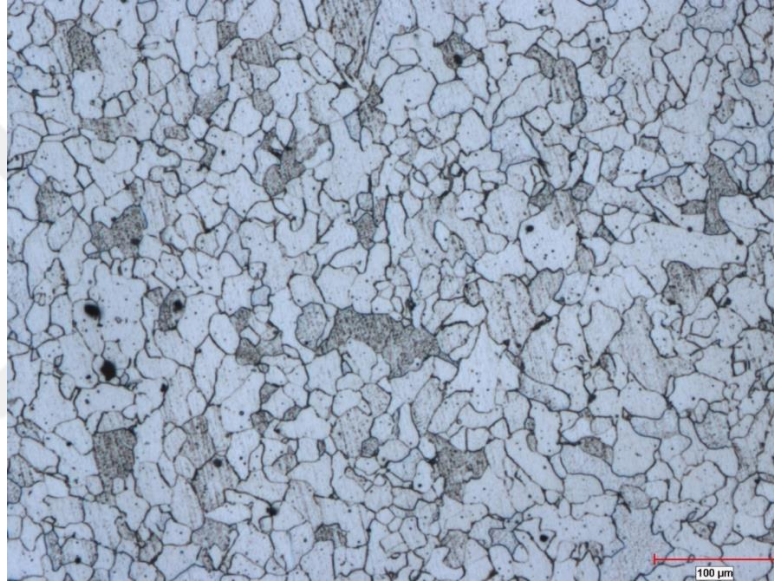
- Karşılaştırma metodu
- Heyn metodu
- Planimetric veya Jeffries metotları olmaktadır.

Bu çalışmada karşılaştırma usulü denilen yöntem bilgisayar ve mikroskop tarafından otomatik olarak gerçekleştirilmektedir. Burada bakalite alınmış, dağlanmış ve tane yapılarının düzgünce seçilebildiği malzeme yüzeyi mikroskopta 200x büyütme altında en az üç farklı bölge olacak şekilde taranarak ASTM E112-13 standartlarına göre olan ölçümler ile otomatik olarak karşılaştırma yapılmaktadır. Bu metoda göre ASTM tane büyüklüğü şu formüle göre hesaplanmaktadır,  $n = 2^{G-1}$ . Bu formüle göre n x200 büyütmede inç karedeki tane sayısı, G ASTM tane büyüklüğü numarasıdır. Yazılım, kontrast ve renkten kaynaklanan farklılıkları piksel bazında tespit eder. Tane sınırlarını ve taneleri farklı renkte boyar. Bu boyama işlemi ile her bir farklı tondaki kamera pikselinin istenen renge boyanması sağlanır. Bu şekilde taneler piksel grupları olarak ayrılır. Bu boyanmış piksel gruplarının tek tek ölçümlerinin mikron cinsinden yapılması ve bu ölçümlerin ortalamalarının standartlardaki karşılık gelen değerlere otomatik veya farklı şekillerde dönüştürülmesini içermektedir. Otomatik yöntem çok sayıda taneyi çok hızlı bir şekilde ölçebilmesi dolayısıyla en doğru sonuca ulaşmak için en doğru yöntem iken yanlış tanelerin hesaptan çıkartılmaması gibi durumlar sebebiyle çok hatalı sonuçlara gebe olması açısından da risklidir.

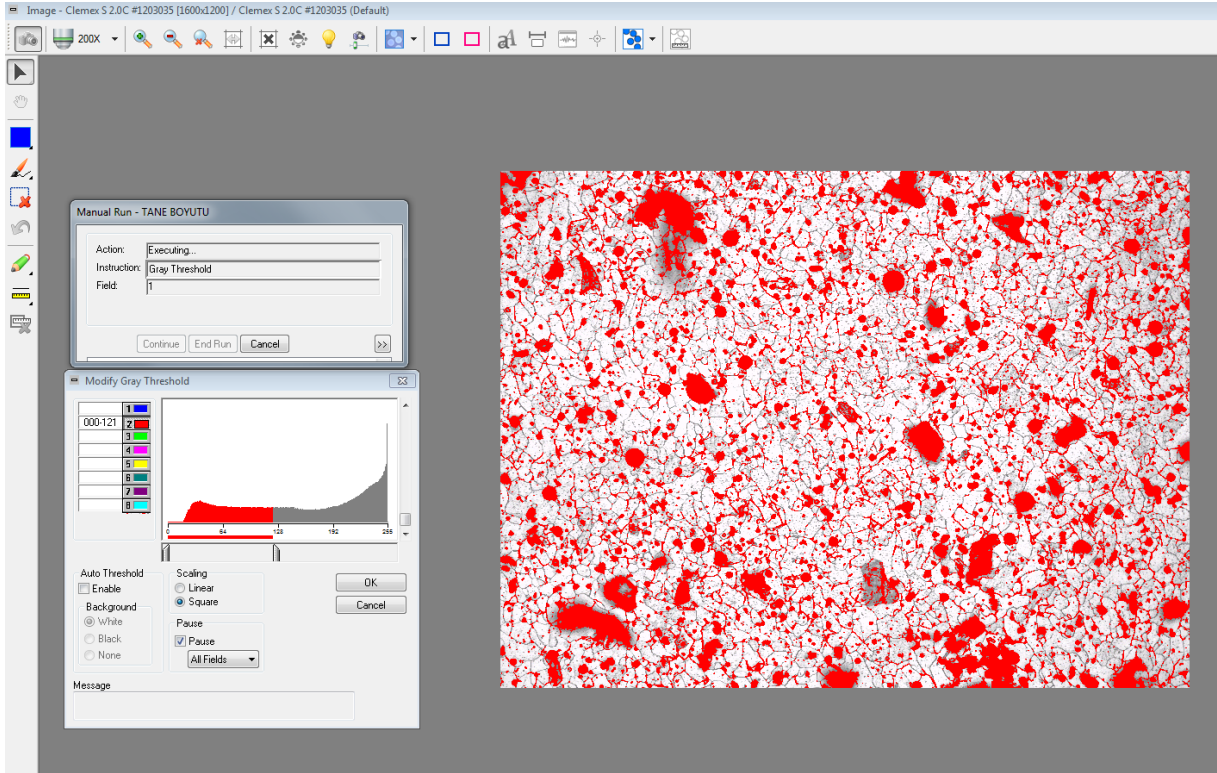


Çizelge 5.9. Farklı menşeli hurdalardan üretilen bobinlerin tane boyutları ve standart sapma ölçümleri

Ülkeler	ASTM tane boyutu ( $\mu\text{m}$ )	Standart sapma
Belçika	9,88960	0,619091
Danimarka	9,68206	0,308368
Letonya	9,08795	0,503066
Litvanya	9,70231	0,140482
Polonya	8,84334	0,797607
Rusya	9,75184	0,436321



Şekil 5.6. Tane boyutu ölçmeye uygun 200X mikro yapı tane görünümü (Litvanya hurdası)

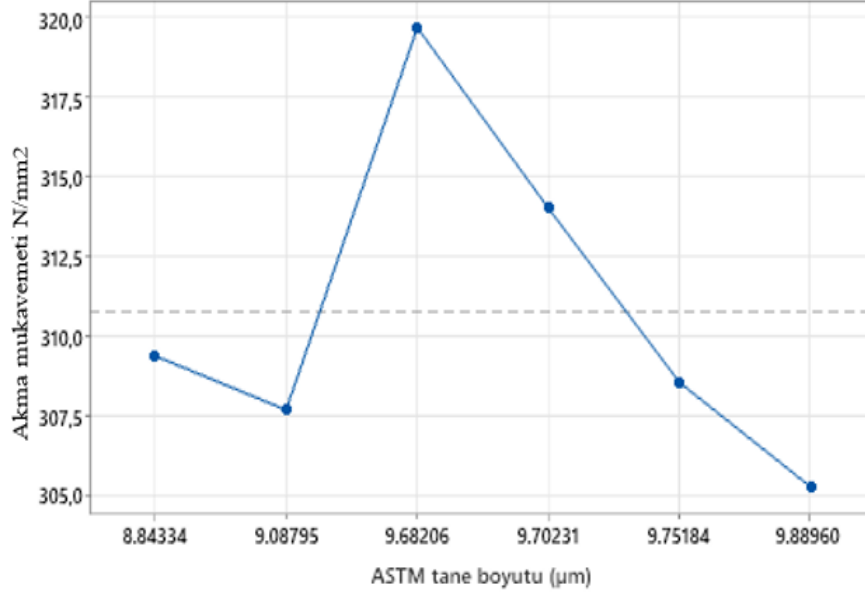


Şekil 5.7. Tanelerin taranması ve tane sınırlarının çizilmesi

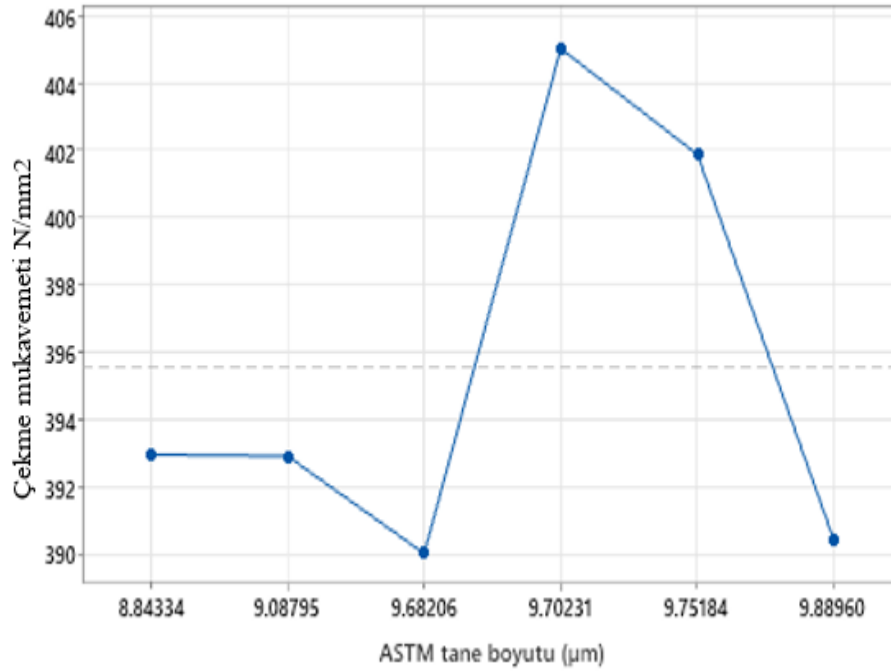
License Account: meklabmikroskop@mmkturkey.com.tr
Name: Mikroskop
Organization: MMK

Tane boyutu ölçümleri Clemex vision lite yazılımı ile gerçekleştirilmiştir. Yazılımın kurulu olduğu bilgisayar direkt olarak mikroskoba bağlı olduğu için canlı görüntü alınma imkânı bulunmaktadır. Şekil 5.6 ve 5.7 tane boyutu ölçüm aşamalarını göstermektedir. İlk aşamada temiz yüzeyli dağlanan bakalite alınmış numunenin yüzeyi ikinci aşamada ise mikroskop tarafından özel oküler ile yüzey taramasının nasıl yapıldığı gösterilmiştir. Burada önemli olan nokta tane sayısı ile tane boyutunu ilişkilendirmek ve o bağlamda malzemenin dayanımının nasıl değiştiğini tespit etmektir. Kaba taneli malzemeler sektörde tercih edilen bir malzeme yapısı olmamakla birlikte ek maliyetli işlemlerde gerektirebilir. Bu nedenle müşteri malzemeyi satın aldıktan sonra gerekli kontrollerini yaptığında kendine uygun standartları tercih etmektedir. Çizelge 5.9 incelendiğinde ülke bazlı hurdalardan yapılan üretimlerdeki toplamda 60 adet incelenen numunenin tane boyutlarında farklılıklar olduğu görülmüştür. Yapılan üretimlerdeki stabilite incelendiğinde en stabil hurdanın Litvanya hurdasından üretilen ürünlere ait olduğu tespit edilmiştir. Danimarka, Litvanya ve Rus hurdalarından elde edilen malzemelerde ki tane boyutlarının birbirine yakın olduğu tespit edilmiştir. Çizelge 5.9'daki standart sapma hesaplamalarından da açık bir şekilde görülmektedir. Yapılan analizlere göre en ince taneye Polonya hurdasından üretilen

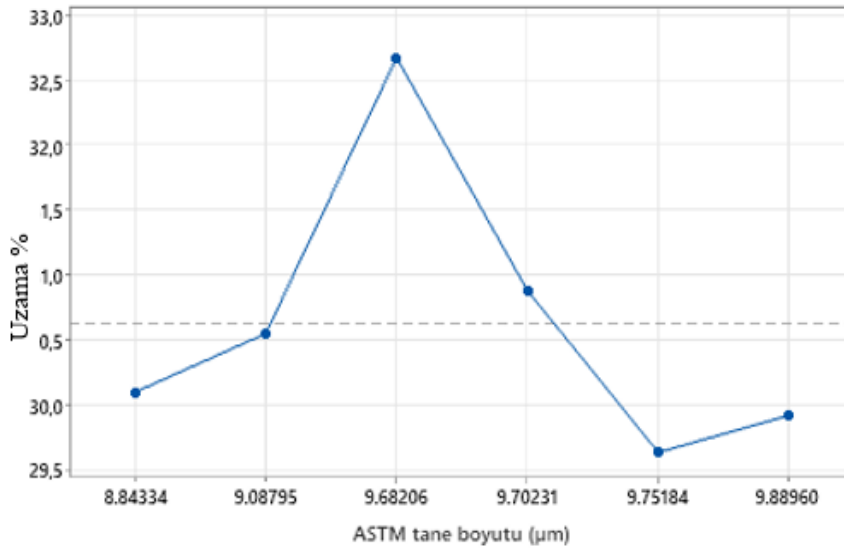
ürünlerde rastlanmıştır. En kaba tane ise Belçika hurdasından üretilen ürünlerde görülmüştür.



Şekil 5.8. Minitab üzerinde main effects plot çalışması akma mukavemeti tane boyutu ilişkisi



Şekil 5.9. Minitab üzerinde main effects plot çalışması çekme mukavemeti tane boyutu ilişkisi



Şekil 5.10. Minitab üzerinde main effects plot çalışması yüzde uzama tane boyutu ilişkisi

Şekil 5.8, 5.9, 5.10’da yapılan minitab çalışmalarında Danimarka hurdasının akma, uzama parametrelerinde optimum seviyeleri gösterdiği görülmüştür, buna karşılık çekme mukavemetinde Danimarka hurdası en düşük çekme mukavemeti değerini göstermiştir. En ince tane yapısına sahip olan Polonya hurdasından üretilen ürünlerde gözlemlenen veriler incelendiğinde grafikte sabit lokasyonlarda kaldığı görülmüştür ve hiçbir grafikte minimum seviyelerinde olmamıştır.

### 5.1.3. Kalite kontrol bulguları

Tez çalışmasında farklı menşeli hurdalar kullanılarak yapılan deneme üretimlerinden elde edilen nihai ürünlerin yüzey kalite incelemeleri yüzey muayene cihazları ve tahribatsız ölçüm yapan cihazlar yardımı ile yapılmıştır. Yüzeylerinde herhangi bir proses kusuru olup olmadığı araştırılmış ve bulunan kusurlar yorumlanmıştır.

Çizelge 5.10. Farklı menşeli hurdaların nihai ürün üretimlerinde tespit edilen kusurlar

Ülkeler	İncelenen bobin sayısı	Üretim kusuru sayısı (adet)	Tespit edilen kusurlar (Cinsi)
Belçika	260	6	Kenar çatlağı
Danimarka	260	0	-
Letonya	260	2	Kenar çatlağı
Litvanya	260	14	Rulo kırığı, yüzey çatlağı, kenar çatlağı
Polonya	260	53	Boyuna yüzey çatlağı, kenar çatlağı
Rusya	260	10	Kenar çatlağı

Çizelge 5.10 incelendiğinde farklı menşeli hurdaların arasında incelenen bobinlerde Danimarka hurdasından üretilen bobinlerde kusur görülmezken Polonya hurdasında 53 adet malzeme kusuru tespit edilmiştir. Aynı şekilde Belçika, Letonya hurdalarından üretilen malzemelerde ortalama 4 kusur görülürken bu Litvanya ve Rusya için ortalama 12 kusur olarak tespit edilmiştir.



## 6.SONUÇ VE ÖNERİLER

Tez çalışmasında farklı menşeli metal hurdalardan üretilen sıcak haddelenmiş ürünlerde hurdanın yapısından kaynaklı olarak mekanik ve kimyasal özelliklerinde farklılıklar olabileceği tespit edilmiştir. Ark ocağında ve pota ocağında her döküm belirli bir standartta üretilmeye çalışılsa da bu malzemelerin ergitilmesinden nihai ürüne kadar olan üretim sürecinde kullanılan hurda cinsine bağlı olarak farklı uygulamalar ile proses yönetilmektedir. Yüksek tonajlar ile satın alınan ve büyük maliyetler içeren hurda yüklerinin analizleri için öncelikle deneme dökümleri takip edilmiş ve gelen hurda gemileri tek tek ziyaret edilip hurdaların kargo planına uygun olup olmadığı kontrol edilmiştir. Süreç esnasında fotoğraflar çekilmiş ve hurda kaliteleri değerlendirme açısından uluslararası standartlara göre sınıflandırılmış ve en uygun hurdanın HMS1/2 olduğu kararlaştırılmıştır. Hurdaların çelikhanede ki kullanımları otomasyon sistemlerinden takip edilmiş ve kullanılan farklı ülke hurda kullanımları kayıt altına alınmıştır.

Gerçekleştirilen analizler sonucu,

1. Tez kapsamında kullandığımız her cins ülke hurdasından 130 adet döküm alınmış ve bunların her birinin kimyasal analizleri yapılmıştır. Ayrıca bu dökümler üzerinde 780 adet optik emisyon analizi (OES) gerçekleştirilmiştir. Bakır (Cu) miktarında ülke bazında doğrusal bir artış gözlemlenmiş ve bakırın (Cu) demir çelik üretimlerine olan etkileri hakkında bilgiler verilmiştir. En düşük bakır (Cu) miktarının Rusya en yüksek bakır (Cu) miktarının ise Danimarka hurdasında olduğu tespit edilmiştir. En yüksek mangan (Mn) miktarının Polonya hurdasından üretilen ürünlerde görülmüştür. Kükürt (S) oranlarına baktığımızda en yüksek kükürt (S) oranı Danimarka hurdalarından üretilen ürünlerde görülmüştür. Silisyum (Si) analizleri incelendiğinde ise durum Letonya ve Litvanya hurdalarının birbirlerine yakın değerlerde oldukları tespit edilmiştir (Çizelge 5.1).

2. Mekanik analizler için Zwick Z600 cihazı kullanılarak her bir ülke hurdasından üretilen nihai ürün için 260 adet olmak üzere toplamda 1560 numunenin çekme testleri ISO 6892-1 standartlarına uygun şekilde yapılmıştır. Kimyasal içeriklerin ve mekanik analizlerin birbirleri ile arasında ki ilişki araştırılmıştır. Akma (yield), çekme (tensile), uzama (elongation) ve tane boyutu (grain size) analizleri ASTM 112-13 standartlarına uygun olarak ölçümler yapılmıştır. Nihai ürünlere ait testler incelendiğinde en iri tane yapısına Belçika,

en ince tane yapısına da Polonya hurdasından üretilen sıcak haddelenmiş ürünlerin sahip olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 5.9). Elde edilen veriler ışığında üretilmiş olan nihai ürünlerde en yüksek uzama (%) Litvanya hurdasında ve en iyi çekme mukavemeti ( $N/mm^2$ ) Polonya hurdası kullanılarak elde edilmiştir. Danimarka hurdasından üretim yapıldığında nihai ürünün bakır (Cu) oranlarında maksimum seviyeleri gördüğü tespit edilmiş ve bakır (Cu) oranının yüksek olmasından kaynaklı belli bir limit dahilinde mekanik özelliklerinde ki yükselmeler açık bir şekilde görülmüştür. Ayrıca Danimarka hurdası kullanımında mangan (Mn) değerinde ki düşüşe bağlı olarak de alt akma (Rel,  $N/mm^2$ ) değerinde azalma görülmüştür (Şekil 5.4).

3. Hurda dışında kullanılan hammadde miktarları işletmenin seviye 3 otomasyon sisteminden birebir olarak alınmış, hurda hazırlama kompozisyonundaki miktarlar kullanılarak testler gerçekleştirilmiştir. En çok elektrik enerjisinin Polonya hurdası ergitilirken kullanıldığı tespit edilmiştir. En az elektrik kullanımı Belçika hurdası kullanımlarında görülmüştür (Çizelge 5.8). EAO'daki kimyasal reaksiyonlar büyük önem teşkil eden oksijen (O) kullanımında Polonya hurdasının en yüksek, Litvanya hurdasının ise son sırada olduğu tespit edilmiştir. Çizelge 5.7 ve 5.8'e göre EAO'da en çok karbon tüketilen hurdalar Polonya ülkesine ait olarak tespit edilmiş olup bu bağlamda EAF'da en çok kullanılan elektrikte aynı şekilde Polonya hurdasına aittir.

4. ASTM tane boyutu ve mekanik özelliklerin minitab üzerinde yapılan main effect plot modülünde hurdalar arası dengelerde sıvı çelikten son mamule gelene kadar birçok parametrenin çeliğin kalitesinde etkili rol oynadığı görülmüştür. Birden fazla etken her zaman daha fazla maliyet, zaman yönetimi gerektirmektedir. Yapılan deneyler sonucunda farklı ülkelere ait hurdaların farklı üretim sonuçları doğurduğu açık bir şekilde bu çalışma ile ortaya konulmuştur. Bu çalışma hem çalışmanın yapıldığı işletme hem de bölgede ki diğer işletmeler için şüphesiz bir kılavuz görevi görecektir.

5. Bu tez kapsamında 6 farklı menşeli hurda kullanılarak nihai ürün üzerinde yapılan mekanik ve kimyasal analiz gibi kalite incelemeleri sonuçlarının demir çelik endüstrisinin istediği standartlar içerisinde olduğu görülmüştür (ISO 6892-1). Polonya hurdasının kimyasal ve mekanik sonuçları, tane boyutu gibi analiz sonuçları incelendiğinde en fazla kusurun bu hurdadan üretilen bobinlerde olduğu görülmüştür (Çizelge 5.10). Danimarka hurdası nihai ürün incelemelerinde herhangi bir üretim kusuruna rastlanmamıştır.

6. Yurt dışından ithal edilen hurdaların istenen miktar ve kalitede olmaması, yurt içinden alınan hurdaların belirsiz olması içerisinde tüp, off grade (kalite dışı), oversize (limit dışı uzunluk) malzemeleri bulundurması işletmelerin proses ve üretim süreçlerinin kontrolünü olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Demir çelik tesisleri bu gibi problemleri daha kısa sürede ve üretim süreçlerini etkilemeden çözebilme noktasında yapay sinir ağları ve görüntü işleme süreçlerinden yararlanabilecek ve daha objektif bir otokontrol sistemi kurmuş olacaktır. Demir çelik üretim fabrikalarının çelikhane ve özellikle hurda hazırlama ve hurda satın alma birimleri bu tez kapsamında yaptığımız çalışmalardan yararlanarak işletmelerinde ki özellikle hurda kullanımına bağlı problemleri daha kontrollü olarak çözebilecek ve üretim süreçlerini etkileyen parametrelerin tam takibini yapabileceklerdir. Daha hassas bir hurda kontrolünün gerçekleştirilmesi için yoğun şekilde hurda kullanan demir çelik tesisleri hurda sahalarına yüksek çözünürlüklü kameralar entegre ederek görüntü işleme ile burada tahliye edilen hurdaları anlık takip edip, fotoğraf çekip daha sonrada hurda içerisinde istenmeyen parçaların tespiti ve ayıklanarak üretilecek çelik kalitesine yapacakları negatif etkilerin azaltılması sağlanabilir.

7. Bu çalışmanın devamında hem yapay zekâ, yapay sinir ağları ve drone teknolojisinden de yararlanarak hurda içerisinde bulunan kalite dışı malzemelerin tespitleri, radyasyon ölçümleri ve otomatik olarak ilgili kumanda merkezleri ile iletişim sağlama ve raporlama gibi çalışmalar yapılabilir. Bu çalışmalar neticesinde hurda kullanıcısı olan işletmeler kendi hurdaları içerisinde ki istenmeyen ve üretimi olumsuz etki yapabilecek olan hurda parçaları ile ilgili hızlı bir şekilde aksiyon alabilecekler ve üretimlerinin olumsuz koşullardan minimum seviyede etkilenmesi sağlanacaktır. Makine haberleşmesi ve yine yapay zekâ sayesinde hurda sahalarında tespit edilen malzemelerin mevcut konumları ve durumunu ilgili birimlere otomatik olarak ileten ve gerekirse otomatik şekilde kontrol edilen vinç veya benzer ekipmanlar ile hurda sahasından istenmeyen parçaların uzaklaştırılması sağlanacaktır.



Çizelge 6.1. Kullanılan hurda cinslerine göre üretilen nihai ürünlerin test sonuçları

Öçüler/Ülkeler	LİTVANYA	LETONYA	BELÇİKA	DANİMARKA	POLONYA	RUSYA
Alt Akma Mukavemeti ReL (N/mm2)		↑	↓			
Çekme Gerilimi Rp02 (N/mm2)	↑		↓			
Üst Akma Mukavemeti ReH (N/mm2)		↑			↓	
Çekme Mukavemeti RM (N/mm2)	↓				↑	
Uzama %	↑	↓				
C	↑			↓		
Si		↑			↓	
Mn				↓	↑	
P	↓					↑
S	↓			↑		
Al	↑					↓
Cu				↑		↓
	Ohamsuz etki	↓ Azalış				
	Ohanlı etki	↑ Artış				

Çizelge 6.1’de tez çalışmasında kullanılan altı adet farklı ülke hurdalarının nihai ürüne olan mekanik ve kimyasal etkileri özetlenmiştir. Bu tabloda her bir hurdadan elde edilen nihai ürün üzerinde yapılan mekanik ve kimyasal analizler irdelenmiş ve bu analizlere maksimum ve minimum düzeyde etki eden hurda cinsleri seçilmiştir. Nihai ürüne olumlu etki eden çizelgede yeşile boyandı, olumsuz etki eden kırmızıya boyandı ve ilgili analiz değerini artıracak yönde etki eden yukarı ok ile işaretlendi, azaltıcı yönde etki eden ise aşağı ok ile gösterildi. Kullanılan hurda cinslerinin nihai ürüne olan etkileri aşağıda açıklanmıştır;

**Litvanya hurdası:** Litvanya Hurdasından üretilen nihai ürünler incelendiğinde elde edilen veriler ışığında çekme geriliminin (Rp02) diğer ülkelere kıyasla daha yüksek olduğu aynı şekilde % uzama miktarının da daha fazla olduğu görülmüştür. Bir diğer parametre olan kimyasal kompozisyonlar incelendiğinde Litvanya hurdasından üretilen nihai ürünlerde çelik içerisinde istenmeyen kükürt ve fosforunda en az miktarda bulunduğu görülmüştür.

**Letonya hurdası:** Letonya hurdasına bakıldığında en yüksek alt akma (ReL) ve üst akma (ReH) mukavemet değerlerine sahip olduğu görülmüştür. Aynı zamanda % uzama miktarı olarak en düşük değerler yine Letonya hurdasından üretilen nihai ürünlerde tespit edilmiştir. En yüksek silisyum miktarı Letonya hurdasından üretilen nihai ürünlerde karşımıza çıkmıştır buradan hareketle uzama miktarında ki düşüşle silisyum miktarı birbiri ile ilişkilendirilmiştir.

**Belçika hurdası:** Belçika hurdası araştırıldığında en düşük alt akma (ReL) ve çekme gerilimine (Rp02) sahip olduğu anlaşılmıştır. Bu durumda Belçika hurdasının prosesteki yoğun kullanımları sonucu buna benzer bir sonuç ile karşılaşmak beklenildik bir durumdur.

Danimarka hurdası: Danimarka hurdasından üretilen nihai ürünler incelendiğinde karbon değerinin diğer ülkelere kıyasla en düşük miktarda olduğu ve incelenen dökümler ve yapılan üretim kalitelerine (S235JR ve DD11) göre değerlendirildiğine karbon değerinin düşük olması olumlu bir etki olarak değerlendirilmiştir zira mevcut karbon değerleri standartlar dahilinde bulunmaktadır. Kükürt, bakır miktarlarına bakıldığında bu elementlerin miktarı en çok Danimarka hurdasından üretilen nihai ürünlerde tespit edilmiştir. Mangan değerinin de düşük olması Danimarka hurdası kullanımlarındaki etkiyi daha iyi anlamamıza yardımcı olmuştur.

Polonya hurdası: Elde edilen veriler ışığında üst akma (ReH) değerinin en düşük ve çekme mukavemetinin (RM) en yüksek tespit edildiği nihai ürünler Polonya hurdasından üretilmiştir. Silis ve mangan değerlerine bakıldığında silis değerinin en düşük ve mangan değerinin de en yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu da demir çelik üretimleri için istenen bir durum olduğu için olumlu bir yaklaşım görülmüştür.

Rusya hurdası: Rusya hurdasından üretilen nihai ürünler incelendiğinde fosfor miktarının diğer ülkelere göre daha fazla olduğu görüldü. Alüminyum ve bakır oranlarında ise diğer ülkelere kıyasla en düşük miktarlara sahip olduğu tespit edildi. Bu iki elementin düşük miktarlarda bulunması demir çelik üretimleri için istenen bir durumdur ve olumlu yönde etki gerçekleşmiştir.

## KAYNAKLAR

- İnternet: Çelik İhracatçıları Birliği, *Cipec*.URL: <https://www.cib.org.tr/tr/istatistikler.html>  
Son erişim tarihi: 04.05.2022
- İnternet: Türkiye Çelik Üreticileri Derneği, *Cipec*.URL: <https://celik.org.tr/harita/>  
Son erişim tarihi: 05.01.2023
- Roudier, S., Delgado. L., (2010). Demir çelik üretimi için mevcut en uygun teknikler referans belgesi endüstriyel emisyon direktifi.
- Melo, M. T. (1999). Statistical analysis of metal scrap generation: the case of aluminum in Germany. *Resources, Conservation and Recycling*, 26(2), 91-113.
- Spoerl, J. S. (2004). A brief history of iron and steel production, 2004.
- İnternet: Facts and Details,  
*Cipec*.URL: <https://factsanddetails.com/world/cat51/sub325/item1548.html>  
Son erişim tarihi: 13.12.2022
- Tewari, R. (2003). The origins of iron working in India: new evidence from the Central Ganga Plain and the Eastern Vindhya. *Antiquity*, 77(297), 536-544, 2003.
- Ghosh, A., Chatterjee, A. (2008). Iron making and steelmaking: theory and practice PHI Learning Pvt. Ltd, 2008.
- Wiklund, C. Optimization of a steel plant utilizing converted biomass, *Åbo Academy University*, 2016.
- Ruth, M. (2004). Steel production and energy, 695-706.
- İlker, M., Karakuş, C., Gençoğlu, A. (2020). Yüksek fırınlarda ıslak tip tepe basınç geri kazanım türbini ile elektrik üretimi. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 26(4), 700-708.
- Yildirim, I. Z., Prezzi, M. (2009). Use of steel slag in subgrade applications, 2009.
- Meijer, K., Zeilstra, C., Teerhuis, C., Ouwehand, M., Van Der Stel, J. (2013). Developments in alternative ironmaking. *Transactions of the Indian Institute of Metals*, 66(5-6), 475-481.
- Madias, J. (2014). Electric furnace steelmaking. In *Treatise on process metallurgy* (pp. 271-300). Elsevier, 2014.
- Ataş, M. (2021). Doğrudan indirgenmiş demirin elektrik ark ocaklı tesislerde hurdaya alternatif hammadde kaynağı olarak kullanılması (Master's thesis, *İskenderun Teknik Üniversitesi/Lisansüstü Eğitim Enstitüsü/Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı*).

İnternet: Makine Eğitimi,

*Cipec*.URL:<https://www.makinaegitimi.com/celik-uretim-yontemleri>

Son erişim tarihi: 15.12.2022

Klinkenberg, C., Kitschier, B., Hoen, K., Reifferscheid, M. (2017). More than 25 years of experience in thin slab casting and rolling current state of the art and future developments, *Steel Research International*, 88(10), 1700272, 2017.

Çamdali, Ü. (1998). Elektrik Ark Fırını Yöntemi ile Çelik Üretin Bir Tesiste Termodinamiğin İkinci Kanununun Analizi. *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Doktora Tezi, 1998

Bölükbaşı, Ö., Arıyol, E., (2022), OHS applications and recommendations in metal scrap discharge, *International Korkut Ata Scientific Researches Conference*.

Turner, R. (2006). Scrap metals industry perspective on radioactive materials. *Health physics*, 91(5), 489-493.

İzmir, M. (2011: 72). Demir çelik hurda kalitesi & eksperliği. *Türkiye Demir Çelik Üreticileri Derneği*.

ISRI Scrap Specifications Circular, 2022.

T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2021, Demir-çelik sektör raporu, 2021.

İnternet: Çelik İhracatçıları Birliği, *Cipec*.URL:<https://www.cib.org.tr/tr/istatistikler.html>

Son erişim tarihi: 04.06.2023

İnternet: Türkiye Çelik Üreticileri Derneği *Cipec*.URL:<https://celik.org.tr/turkiye-celik-ureticileri-dernegi-basin-bulteni-62/>

Son erişim tarihi: 10.04.2023

İnternet: World Steel Figures,

*Cipec*.URL:<https://worldsteel.org/steel-topics/statistics/world-steel-in-figures-2023/>

Son erişim tarihi: 13.06.2023

Acharya, T., Ray, A. K. (2005). *Image processing: principles and applications*. John Wiley, Sons.

Mahanti, N. K., Pandiselvam, R., Kothakota, A., Chakraborty, S. K., Kumar, M., Cozzolino, D. (2022). Emerging non-destructive imaging techniques for fruit damage detection: Image processing and analysis. *Trends in Food Science Technology*, 120, 418-438.

Yıldırım, B., Çağıl, G., (2020). Bir montaj parçasının derin öğrenme ve görüntü işleme ile tespiti. *Journal of Intelligent Systems: Theory and Applications*, 3(2), 31-37.

Nugraha, S. J. A., & Erfianto, B. (2023). White Blood Cell Detection Using Yolov8 Integration with DETR to Improve Accuracy. *Sinkron: jurnal dan penelitian teknik informatika*, 8(3), 1908-1916.

Bölükbaşı, Ö., Arıyol, E., (2022), The problems caused by copper containing materials in iron and steel production, *Latin American international conference on natural and applied sciences*.

İnternet: European Steel and Alloy Grades/Numbers

Cipec.URL:[http://www.steelnumber.com/en/steel\\_composition\\_eu.php?name\\_id=218](http://www.steelnumber.com/en/steel_composition_eu.php?name_id=218)

Son erişim tarihi: 10.04.2023

İnternet: European Steel and Alloy Grades/Numbers

Cipec.URL:[http://www.steelnumber.com/en/steel\\_composition\\_eu.php?name\\_id=218](http://www.steelnumber.com/en/steel_composition_eu.php?name_id=218)

Son erişim tarihi: 10.04.2023

Bilgiç, M. (2002). Elektrik ark ocaklarında karbon enjeksiyonu, cüruf ve refrakter ilişkileri.

## DİZİN

**A**

AB · 29  
 Al · 14, 1, 2, 57, 29, 27, 29  
 alüminyum · 2  
 ASTM · 30, 39, 40, 33, 34, 39, 40  
 Ausiron · 7

**B**

BOF · 17  
 Bonus · 1  
 BORU · 3

**C**

CaO · 9  
 CAO · 29

**E**

EAF · 17  
 EAO · 7, 10, 1, 30, 31, 40  
 Elektrik Ark Ocağı · 17  
 epoch · 48, 49, 50, 51  
 Excel · 34

**F**

fosfor · 2

**G**

GOST · 1, 2

**H**

HBI · 6, 1  
 HMS · 1, 34, 31, 32  
 Hurda · 1, 8, 9, 1, 4, 5, 1, 33, 30,  
 32, 36, 38, 41, 55, 56, 28, 29,  
 30, 40

**I**

ISO 6892-1 · 38, 39  
 ISRI · 5, 1, 2, 34, 43

**i**

image processing · 32, 31

**K**

Karbon · 14

Kükürt · 14, 29, 39

**M**

Manezit · 29  
 Minitab · 34, 28, 31, 36, 37  
 MMK · 7, 32, 35

**N**

N/mm<sup>2</sup> · 40

**P**

Pycharm · 55

**R**

Roboflow · 43, 44, 45

**T**

TSC · 1

**Y**

Yolo · 42  
 Yolov8 · 45



# TEKNOVERSITE



teknoversite **AYRICALIĞINDASINIZ**

**İSTE**

