T.C.
ERCİYES ÜNİVERSİTESİ
BİLİMSEL ARAŞTIRMA PROJELERİ
KOORDİNASYON BİRİMİ

ALÜMİNYUM MAMÜL ÜRETİM SEKTÖRÜNDE ÖNCELİKLİ ATIKLARIN BELİRLENMESİ VE ENTEGRE ATIK YÖNETİM SİSTEMİNİN OLUŞTURULMASI

Proje No
FDA-2014-5531

Proje Türü
Dış Kaynaklı Projeler İçin Acil İhtiyaç Projesi

SONUÇ RAPORU

Proje Yürütücüsü
Doç.Dr. Nuray ATEŞ
Erciyes Üniversitesi Çevre Müh. Böl.

Yrd.Doç.Dr. Niğmet UZAL
Abdullah Gül Üniversitesi İnşaat Müh. Böl.

Aslı BAŞAK
Yüksek Lisans Öğrencisi

Eylül 2015

KAYSERİ

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından 111R003 proje kodu ile ve Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi (BAP) tarafından FDA-2014-5531 proje kodu ile desteklenmiştir. TÜBİTAK'a ve Erciyes Üniversitesi BAP koordinatörlüğüne teşekkür ederiz.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR iii
İÇİNDEKİLER iv
TABLO LİSTESİ vi
ŞEKİL LİSTESİ viii
ÖZET x
ABSTRACT xi
1. GİRİŞ 1
2. LİTERATÜR ÖZETİ 4
2.1 Alüminyum Üretimi 4
2.2 Alüminyumun Kullanım Alanları 7
2.3 Dünya'da ve Türkiye'de Alüminyum Ticareti 8
2.4 Alüminyum Sektöründe Enerji Kullanımı 10
2.5 Alüminyum Üretiminin Çevresel Etkileri 10
2.6 Endüstrilerde Yeşil Üretim/Temiz Üretim 12
2.7 Atık Yönetiminde Karar Destek Sistemi ve Alüminyum Sektöründe Uygulanması 13
2.8 Endüstriler için Mevcut En İyi Teknikler 17
3. GEREÇ VE YÖNTEM 21
3.1 Alüminyum Mamul Üreten İşletmelerin Türkiye ve Kayseri'deki Mevcut Durumu 21
3.2 Kayseri'de Seçilen İşletmelerde Atık/Atıksu Karakterizasyonu ve Su/Enerji Kullanımı 22
3.3 Öncelikli Atık Türlerinin Belirlenmesi 24
3.3.1 KDS'de Öncelikli Atık Türlerinin Belirlenmesinde Kullanılacak Olan Kriterlerin ve Alt Kriterlerin Belirlenmesi 24
3.3.2 KDS Modellerinin Geliştirilmesi 27
4. BULGULAR VE TARTIŞMA 41
4.1 Alüminyum Mamul Üreten İşletmelerin Türkiye ve Kayseri'deki Mevcut Durumu 41

4.2 Kayseri'de Seçilen İşletmelerde Atık/Atıksu Karakterizasyonu ve Su/Enerji Kullanımı 43
4.2.1 Firma A 43
4.2.2 FİRMA B 67
4.2.3 FİRMA C 82
4.3 KDS ile Öncelikli Atık Türlerinin Belirlenmesi 87
4.3.1 AHP-PROMETHEE Yöntemi ile Öncelikli Atığın Belirlenmesi 87
4.3.2 AHP- TOPSIS Yöntemi İle Öncelikli Atığın Belirlenmesi 87
4.3.3 AHP-VIKOR Yöntemi İle Öncelikli Atığın Belirlenmesi 93
4.3.4 Model Sonuçlarının Karşılaştırılması 97
4.4 Prosese Entegre Edilebilecek En İyi Teknikler 98
4.4.1 Firma A Tesisi İçin Mevcut En İyi Teknikler 98
4.4.2 Firma B Tesisi İçin Mevcut En İyi Teknikler 121
4.4.3 Firma C Tesisi İçin Mevcut En İyi Teknikler 128
5. SONUÇ 132
KAYNAKLAR 134
EK A AHP YÖNTEMİ AĞIRLIK HESAPLAMA TABLOLARI 140
EK B YÖNETMELİK 147

TABLO LİSTESİ

Tablo 1. Atık Yönetiminde KDS Kullanan Çalışmalar (Bani vd., 2009) 15
Tablo 2. Analiz Edilen Parametreler ve Analiz Yöntemleri 22
Tablo 3. Kriterlerin Ağırlıkları 34
Tablo 4. A Firmasının 2012 Yılına Ait Yıllık Ortalama Alüminyum Tüketimi ve Üretimi 52
Tablo 5. Tesisin Aylık Su Tüketimleri ve Birim Profil Üretimi Başına Tüketilen Su Miktarları 53
Tablo 6. Tesisin Aylık Doğalgaz Tüketimleri ve Üretim Başına Tüketilen Doğalgaz Miktarları 54
Tablo 7. Tesisin Aylık Elektrik Tüketimleri ve Üretim Başına Tüketilen Elektrik Miktarları 55
Tablo 8. Eloksal ve Elektrostatik Toz Boyama Prosesleri Atıksularının Fizikokimyasal Özellikleri 57
Tablo 9. Eloksal ve Elektrostatik Toz Boyama Prosesleri Atıksularının Ağır Metal Değerleri 58
Tablo 10. Tesiste Ortaya Çıkan Katı Atık Türü ve Aylık Miktarları 60
Tablo 11. Üretim Bacaları ve Emisyon Analiz Parametreleri 61
Tablo 12. Emisyon ölçümlerinin yapıldığı Bacalar ve Bacaların Özellikleri 62
Tablo 13. Tesis Bacalarında Ölçülen Emisyon Sonuçları 63
Tablo 14. İç Ortam Gaz Ölçüm Sonuçları 65
Tablo 15. B Firmasının 2012 Yılı Ortalama Üretim Miktarı 71
Tablo 16. B Firmasına ait 2012 Yılı Aylara Göre Su ve Enerji Tüketim Miktarları 72
Tablo 17. Statik Toz Boyama Prosesi Atıksularının Fizikokimyasal Özellikleri 73
Tablo 18. Statik Toz Boyama Prosesi Atıksularının Ağır Metal Değerleri 74
Tablo 19. Tesiste Ortaya Çıkan Katı Atık Türleri ve Aylık Miktarları 75
Tablo 20. Üretim Bacaları ve Emisyon Analiz Parametreleri 76

Tablo 21. Emisyon Ölçümlerinin Yapıldığı Bacalar ve Bacaların Özellikleri 76
Tablo 22. Tesis Bacalarında Ölçülen Emisyon Sonuçları 77
Tablo 23. Tesisin Tümü için Toplam Emisyonlar 78
Tablo 24. İç Ortam Gaz Ölçüm Sonuçları 79
Tablo 25. Tesiste Ortaya Çıkan Katı Atık Türleri ve Aylık Miktarları 84
Tablo 26. İç Ortam Gaz Ölçüm Sonuçları 84
Tablo 27. İç Ortam Toz Ölçüm Sonuçları 85
Tablo 28. İç Ortam Gürültü Sonuçları 86
Tablo 29. Firma A için Kriter Değerleri 88
Tablo 30. Firma B için Kriter Değerleri 88
Tablo 31. Firma A için AHP-Promethee Sonuçları 89
Tablo 32. Firma B için AHP-Promethee Sonuçları 89
Tablo 33. Firma A için Kriter Değerleri ve TOPSİS Hesaplama 90
Tablo 34. Firma B için Kriter Değerleri ve TOPSİS Hesaplama 91
Tablo 35. Firma A için AHP-TOPSİS Sonuçları 92
Tablo 36. Firma B için AHP-TOPSİS Sonuçları 92
Tablo 37. Firma A için Kriter Değerleri ve VIKOR Hesaplama 94
Tablo 38. Firma A için Kriter Değerleri ve VIKOR Hesaplama 95
Tablo 39. Firma A için AHP-VIKOR Sonuçları 96
Tablo 40. Firma B için AHP-VIKOR Sonuçları 96
Tablo 41. PROMETHEE, TOPSIS ve VIKOR Yöntemlerinin Karşılaştırılması 97
Tablo 42. Durulama Oranı (Durulama için gereken su fonksiyonu) 100
Tablo 43. Su Yumuşatma Ünitesinde Proseslere Giren ve Çıkan Suyun Karakterizasyonu 106
Tablo 44. Farklı Karıştırma Sistemlerinde İşlem Sıcaklıkları ve Enerji Kayıpları 110
Tablo 45. Proseslerde Atıksu Hesaplaması 120
Tablo 46. Firma B'nin 2014 yılı boyahane su, elektrik ve doğalgaz tüketim verileri 125

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1. Alüminyum Endüstrisi Akış Diagramı (Choate ve Green, 2003). 5
Şekil 2. Atık yönetimi için temel KDS yapısı (Bhargava ve Tettelbach, 1997) 16
Şekil 3. Hiyerarşik Yapı 28
Şekil 4. AHP akış diyagramı. 30
Şekil 5. Hiyerarşi tasarımı. 31
Şekil 6. Öncelikli atık türlerinin belirlenmesine yönelik oluşturulan hiyerarşik yapı. 32
Şekil 7. İdeal ve uzlaşık çözümler 38
Şekil 8. Hammadde- Alüminyum Billetler 45
Şekil 9. Ekstrüzyon İşlemi 45
Şekil 10. Germe İşlemi 46
Şekil 11. Kesme İşlemi 46
Şekil 12. Kumlama İşlemi 46
Şekil 13. Polisaj İşlemi 46
Şekil 14. A Firmasının Üretim Akım Şeması 47
Şekil 15. Elektrostatik Toz Boyama 48
Şekil 16. Pişirme İşlemi 48
Şekil 17. Elektrostatik Toz Boyama Prosesi Akım Şeması 49
Şekil 18. Eloksal Prosesi Akım Şeması 51
Şekil 19. Eloksal İşlemi 52
Şekil 20. Tesis Toz Dağılım Haritası 66
Şekil 21. Tesis içi gürültü dağılım haritası. 66
Şekil 22. B Firmasının genel üretim akış şeması. 69
Şekil 23. Statik toz boyama prosesinin genel akış şeması ve proses özellikleri. 70
Şekil 24. Üretim bölümü toz dağılım haritası. 80
Şekil 25. Montaj bölümü toz dağılım haritası. 80
Şekil 26. Üretim bölümü gürültü dağılım haritası. 81

Şekil 27. Montaj bölümü gürültü dağılım haritası. 81
Şekil 28. C Firmasının Üretim Akım Şeması 83
Şekil 29. Tesis içi toz dağılım haritası. 86
Şekil 30. Gürültü Dağılım Haritası 86
Şekil 31. Ayrı tankta sprey durulama 99
Şekil 32. Çoklu durulama teknolojisi (Kaskat Durulama) 100
Şekil 33. Üçlü durulama sistemi ile taşınan suyun geri kazanımı. 101
Şekil 34. Kısıtlı Çalışma Alanları için Kaskat Durulama Sistemi. 103
Şekil 35. Yüzey alanının kısmen kapatılması. 111
Şekil 36. Yüzey alanın tamamının kapatılması. 111
Şekil 37. CNC tezgahları işlemleri ve ebatlama gib işlemlerden çıkan alüminyum talaşı. 122
Şekil 38. Statik toz boyama ünitesi akım şeması. 123
Şekil 39. Firma B yıllık bazda üretim akış şeması. 126

ÖZET

Endüstriyel girişimciler ülke ticatine katkısı ve iş olanağı sağlaması bakımından dünya ekonomisinin büyük bir parçası olmaktadır. Türkiye'de, endüstriyel girişimciler bilgi birikimi, beceri düzeyi, yatırım miktarı ve özellikle modern bilgi ve iletişim teknolojilerinin avantajlarına ulaşma ve yararlanma açısından gelişme altındadır. Alüminyum üretimi üretim hacmi ve uygulama alanları bakımından en büyük endüstridir. Ancak, alüminyum üretimi çevre kirliliğine en çok katkıda bulunan sektörlerden birisidir, toplam endüstriyel çevresel etkilerine diğer benzer endüstrilerin nisbi katkıları bilinmemektedir. Genel olarak, çevre kirliliği nin kaynakları gaz emisyonları, katı atıklar ve atıksular olmak üzere 3 kategoriye ayrılmaktadır. Alüminyum sektöründe atıkların türü üretim hattına, hedef ürün çeşitliliğine ve üretim kapasitesine bağlı olarak değişmektedir. İşletmenin kapasitesi arttıkça, atık türü ve miktarı daha değişken olmaktadır. Bundan dolayı bu çalışmanın temel amacı, alüminyum üretim sektöründe atık türünün önceliğinin belirlenmesidir. Çalışma, Kayseri Organize Sanayi Bölgesi'nde yürütülmüştür. Üretim kapasitesi, tesis büyüklüğü ve ürün çeşitliliğine göre büyükten küçüğe üç farklı işlemte seçilmiştir. Çoklu kriter metodlarından AHP-PROMETHEE kombinasyonu ile öncelikli atık türleri belirlenmiştir. En büyük tesisin öncelikli atık türü atıksu olurken orta ve küçük ölçekli işletmelerin atık türü katı atıktır.

Anahtar Kelimeler: Alüminyum sektörü, entegre atık yönetimi, karar destek sistemi, KOBİ, yeşil üretim.

ABSTRACT

Industrial enterprises constitute of a major part of world economy, accounting for a large proportion of the country's businesses and total employment. In Turkey, industrial enterprises are underdeveloped in terms of know-how, skill level, amount of capital, and especially accessing and benefiting from advantages of modern information and communication technologies. Aluminum manufacturing has been reported as the largest industry with respect to production volumes and application fields. However, aluminum production is known as important contributors to environmental pollution, the relative contribution of other related enterprises to the total industrial environmental impact is unknown. Basically, environmental pollution sources can be classified into three categories as gaseous emission, solid wastes and wastewaters. The types of wastes in aluminum sector vary based on the process line, variety of target products and production capacity. As the capacity of the facilities get larger, the type and amount of wastes become more variable. Therefore, the main objective of this study is to determine the priority of waste type in aluminum manufacturing industries. The study was conducted in Industrial Zone of Kayseri (Turkey). Three different facilities from large to small sized based on their production volume, plant capacity and variety of production are selected. The priority of waste types was determined by combination of AHP-PROMETHEE II multi-criteria decision method. While wastewater was the highest priority in large sized facility, solid waste was the highest priority in medium and small sized facilities.

Keywords: Aluminum sector, decision support system, green production, integrated waste management, SME.

1. GİRİŞ

Alüminyum sektörü ekonomik anlamda dünyada ve ülkemizde en büyük ve en önemli sektörlerden birisidir. Alüminyum madenciliği ve alüminyum mamül üretimi sektörü, Avrupa Birliği (AB) ülkeleri içinde 200.000 çalışanı ve yıllık 25 milyar Euro'luk cirosu ile demir-dışı metal sektörünün en büyük payını oluşturmaktadır. Uluslararası Birincil Alüminyum Enstitüsü kayıtlarına göre, birincil alüminyum üretimi 2002 yılında %92 kapasite kullanım oranı ile dünyada 21,2 milyon ton olarak gerçekleşmis olup, planlanan yatırımlar gerçekleştirildiğinde 2005 yılında üretim kapasiteleri ise 25,33 milyon ton olabilecektir. EU27 ülkeleri dahilinde, alüminyum endüstrisi 200,000 çalışana ve yıllık 25 milyar Euro'luk ciroya sahiptir. Türkiye'de alüminyum sektöründe faaliyet gösteren firmaların bugün toplam üretim kapasiteleri 400-450 bin ton civarındadır. Alüminyum döküm sektöründe faaliyet gösteren yaklaşık 200 firma faaliyet gösterirken, 80 kadar firma orta boyutta işletmeler olup 30–100 kişi arasında işçi çalıştırmaktadırlar. Ayrıca, 110 civarında da küçük atölyeler şeklinde aile işletmeleri mevcuttur. Alüminyum, genel olarak, büyük kapasiteli firmalarda teknolojik üretim prosesleri ön plana çıkarken, küçük firmalar ise daha çok insan gücü ile faaliyet gösteren bir sektördür. Toplam istihdam ise 18,000 civarındadır.

Alüminyum, tüm dünyada, alüminyum boksit madeninin alümina oksite ve daha sonra alüminyum ara ürün ve son ürünlere dönüştürülmesi ile üretilmektedir. Alüminyumun iki kaynağı bulunmaktadır: (1) boksit madeninden birincil alüminyum üretimi, (2) atık alüminyum ürünleri ya da atık formuna dönüşmüş alüminyum kalıntılarından ikincil alüminyum üretimidir. Alüminyum üstün özelliklerinden dolayı, ulaşımdan, inşaata, küçük ev eşyalarından elektroniğe kadar hayatın her alanında yaygın olarak tercih edilen bir metaldir. Türkiye'de yaklaşık olarak 200 adet küçük ve orta büyüklükte alüminyum üretim işletmesi bulunmaktadır. Bu işletmeler Türkiye genelinde yaklaşık olarak 18.000 kişiye iş imkanı sağlamaktadır. Kayseri'de orta ve küçük olmak üzere yaklaşık 20 adet alüminyum işletmesi bulunmaktadır. Bu işletmelerin bir kısmı, doğrudan ETİ Alüminyum A.Ş.'den billetler şeklinde hammadde olarak alüminyum satın almakta ve bu hammaddeyi işleyerek yarı ürün (ekstrüzyon ürünü) halinde Kayseri KOSGEB bölgesinde ya da yurt içinde diğer firmalara satmaktadır. Yarı ürün halinde alüminyum temin eden işletmeler; ev gereçleri, kapı-pencere, elektronik eşya, soba, çift vidalı extruder, tek vidalı ekstruder, boru ve profil hatları için ön hat

ekipmanları, alüminyum küpeşte, korkuluk, mobilya ekipmanları, alüminyum profiller, radyatörler gibi son ürünlere dönüştürerek üretime katılmaktadırlar.

Alüminyum üretimi, diğer metal sektörlerinde de olduğu gibi pekçok ciddi çevre problemlerine yolaçmaktadır. Alüminyum üretiminden kaynaklanan atıklar atmosferik emisyonlar, sıvı atıklar ve katı atıklar olmak üzere 3 kategoriye ayrılmaktadır. Gaz emisyonları CO_2, CO, SO_x, NO_x, toz, partikül madde ve uçucu organik bileşiklerden (VOC) oluşmaktadır. Atıksular ise, üretim sırasında proseslerde kullanılan suların atık haline gelmesi ya da tesiste kullanılan soğutma sularından kaynaklanmaktadır. Üretim sırasında ortaya çıkan atıksular ağır metalleri içermesinden ve düşük pH'ya sahip olmasından dolayı çevreye önemli ölçüde zarar vermektedir. Birincil üretim sırasında ortaya çıkan katı atıklar çoğunluklu yüksek metal oksit içeren kırmızı çamur, PAH içeren siyah çamur, fırın cürufu, alumina içeren köpükten oluşmaktadır. İkincil üretimden ise plastik ve kağıt ambalaj atıkları, proses çamuru, metal curüf , kimyasal ambalajları ve evsel atıklar çıkmaktadır.

Bu proje kapsamında, Kayseri OSB ve KOSGEB Merkez Müdürlüğü'ne bağlı, alüminyum üretiminde faaliyet gösteren işletmelerde atık azaltımı ve entegre atık yönetim sisteminin oluşturulması hedeflenmiştir. Bu kapsamda, ilk olarak alüminyum sektörünün Türkiye ekonomisindeki büyüklüğünü ve önemini ortaya koymak için Kayseri OSB ve KOSGEB Bölge Müdürlükleri'nin katkıları ile sektörün mevcut durumu değerlendirilmiştir. Değerlendirme, firmalarla yapılan yüzyüze görüşmeler ya da anket doldurma şeklinde gerçekleştirilmiştir. Türkiye genelinde 51 Organize Sanayi Bölgesi'ne gönderilen anketler sonucunda, alüminyum mamul üretimi yapan tesislerde ekstrüzyon uygulamaları başta olmak üzere yüzey işlemlerin, döküm işlemlerinin ve mimari uygulamaların en çok uygulanan prosesler olduğu tespit edilmiştir.

Kayseri'de ise 4 adet büyük ölçekli ve 26 adet orta ve küçük ölçekli firma bulunmaktadır. Çalışmanın ikinci aşamasında, Kayseri Bölgesi'nde alüminyum sektöründe faaliyet gösteren işletmelerde ortaya çıkan atık türlerinin ve karakterizasyonlarının belirlenmesi planlanmıştır. Bu aşamada, üretim kapasitelerine göre 3 farklı büyüklükte (küçük, orta, büyük) firma seçilmiştir. Seçilen firmalara ait veriler gizlilik nedeni ile gelişme raporunda firma isimleri yerine kodlanarak kapasitesine göre büyükten küçüğe doğru Firma A, Firma B ve Firma C olarak verilmiştir. Bunu takip eden aşamada, seçilen işletmelerde yerinde incelemeler

yapılarak proses girdi ve çıktı analizleri değerlendirilmiş, detaylı atık analizleri gerçekleştirilmiştir. Bu aşamanın en önemli çıktısı alüminyum sektörü için öncelikli atık türlerinin ortaya konmasıdır. PROMETHEE ve AHP modellerinin kombinasyonu ile oluşturulan model kullanılarak öncelikli atık türleri Firma A için atıksu, Firma B için katı atıklar ve Firma C için ise katı atıklar olarak tespit edilmiştir. Proje sonuçları Kayseri'de faaliyet gösteren alüminyum mamül üreten işletmelerle paylaşılmış, proje kapsamında çalışılan firmalara detaylı bilgi verilmiştir.

Proje kapsamında elde edilen veriler, alüminyum mamül üretim sektöründe faaliyet gösteren ve benzer üretim prosesi ve kapasitesi olan diğer firmalar için örnek teşkil etmekte ve yol göstermektedir.

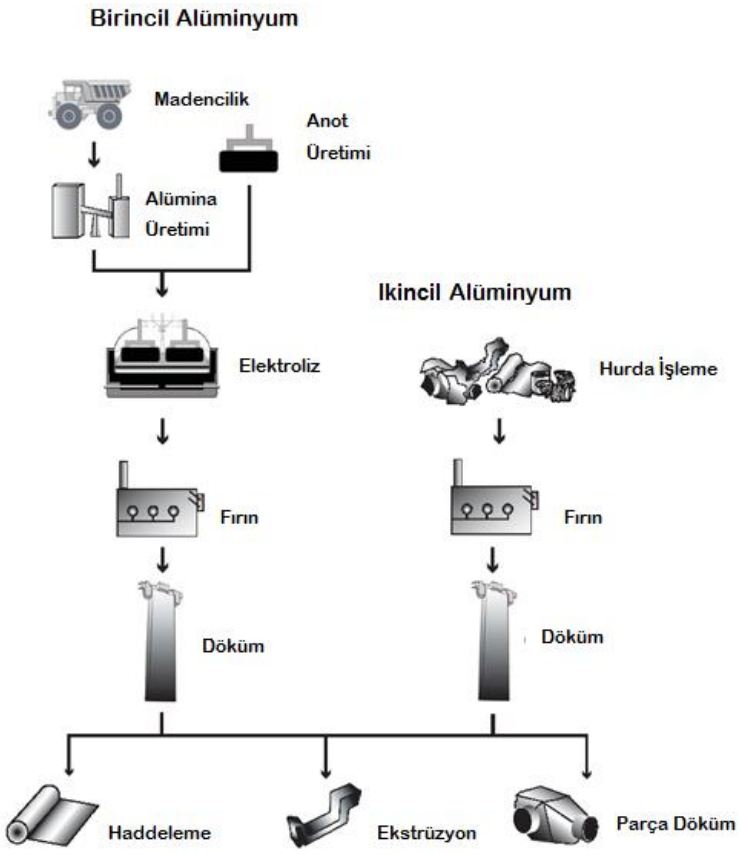
2. LİTERATÜR ÖZETİ

2.1 Alüminyum Üretimi

Alüminyum sektörü, cevherden birincil alüminyum ve hurdadan ikincil alüminyum üreten, bunları kullanım amaçlarına göre alaşımlandırarak üretilen ve ithal edilen külçe döküm ve işleme ingotlarını, dökme, haddeleme, çekme ve dövme işlemlerine tabi tutarak piyasaya son ürünlere kadar mal üreten kuruluşları kapsamaktadır.

Alüminyumun temel hammaddesi, alümina elde edilen ve boksit madeninden ekstrakt edilen boksittir. Alüminyum tesislerinde boksitten elde edilen alümina, alüminyum oksite dönüştürülmektedir. Elektrolitik prosesler ile alüminyum oksit alüminyum metal haline getirilmektedir. Alüminaya ek olarak proseste hammadde olarak karbon anotları ve alüminyum florür kullanılmaktadır. Eritme ocaklarında, alüminyum alaşımları ve döküm ile haddeleme için ingotlar, ekstrüzyon ve dökme ürün elde edilmektedir. İşlenmiş alüminyum ürünleri önce sıcak işlem ile ingotlardan (hadde veya ekstrüzyon) ve daha sonra soğuk işlem ve/veya sonlandırma işlemleri ile üretilmektedir. Alüminyum dökümleri ise eritilmiş metalin katılaştırılması ve daha sonra sonlandırma işlemleri ile elde edilmektedir. Son olarak, alüminyum döküm tesislerinde küçük boyutlu billetlere dönüştürülmektedir. Farklı alüminyum üretimi sırasında ortaya çıkan alümimyum ürün döküntüleri, tesis içinde kapalı sistem veya özel eritim tesislerinde geri kazanılmaktadır. Geri kazanılan alüminyum döküntüleri yeni alüminyum ürünlerinin elde edilmesinde kullanılmaktadır (USDEOIT, 1997; Tan ve Khoo, 2005; EAA, 2008). Şekil 1'de alüminyum üretim akış şeması verilmektedir.

Günümüzde, alüminyum yarı-ürün ve ürünlerin farklı sınıflandırılmalarına rastlanılmaktadır. Alüminyumla ilgili kuruluşların teknolojileri, kullanım alanları ile bulundukları ülkelerin gümrük, uluslararası ticaret ve endüstriyel sistemlerine göre değişen, farklı yaklaşımlardan kaynaklanan sınıflandırmalar yapılmasına rağmen, ülkemizde daha çok alüminyum üretim ve teknolojisine dayanılarak düzenlenmiş aşağıdaki sınıflandırma, alüminyumla ilgili kuruluşlarca kabul edilmiştir (Alan, 2008; TMMOB, 2009).



Şekil 1. Alüminyum Endüstrisi Akış Diagramı (Choate ve Green, 2003).

A)-Döküm Ürünleri:

a) Döküm İngotu (Alaşımlı külçe, alaşımsız külçe, elektrik iletken)

b) İşleme İngotu (Ekstrüzyon ürünlerinin üretiminde kullanılan yuvarlak ve köşeli ingot ve hadde mamulleri üretiminde kullanılan yassı ingot)

c) Sürekli Döküm Levha (filmasin) ve çubuk

d) Granüle Alüminyum

e) Toz Alüminyum

B)-Hadde Ürünleri:

a) Sıcak Hadde (levha rulo): 6 mm ve daha üst kalınlıkta

b) Soğuk Hadde (levha, rulo, şerit, disk): 0,2 mm-6 mm

c) Folyo: 7-200 mikron

C)-Ekstrüzyon Ürünleri:

a) Çeşitli Profiller

b) Alüminyum Teller

D)-Parça Döküm Ürünleri:

a) Kum Döküm Ürünleri

b) Kokil Döküm Ürünleri

c) Basınçlı Döküm Ürünleri

Kullanım alanlarına göre ise şöyle sınıflandırılmaktadır:

1. Külçe

2. Alüminyum Toz ve Pullar

3. Ekstrüzyon Ürünleri

4. Levha

5. İletkenler

6. Folyo

7. Döküm Ürünleri

Aşağıdaki tabloda, alüminyum sektörü ile ilgili terimler açıklanmıştır;

Boksit		Alüminanın elde edildiği cevherdir
Alümina (Al_2O_3)		Alüminyum oksit; alüminyumun elde edildiği hammadde
Birincil Alüminyum		Alüminanın elektroliz yöntemiyle indirgenmesi ile elde edilen alüminyum, işlenmemiş alüminyum
İkincil Alüminyum		Yeni ve/veya eski hurdadan elde edilen alüminyum
Döküm Ürünü		Sıvı metalin kalıp içine çeşitli yöntemlerle dökülmesi ve katılaşarak kalıbın şeklini alması ile elde edilen ürün
Ekstrüzyon Ürünü		Alüminyumun bir kalıp içerisinden, preslerden geçirilmesiyle elde edilen, boyu kesitine göre oldukça uzun ürün (boru, çubuk, profil)
İletken		Elektrik enerjisinin iletimi için sürekli döküm ve ekstrüzyon yöntemleri ile elde edilen filmaşinin soğuk çekilmesiyle üretilen örgülü tel halat
Yassı Ürün		Hadde tezgahlarında elde edilen ürün (levha, folyo, şerit, disk)
Yassı Ürün		Alüminyum hammaddesinin işlenmesi sonucunda elde edilen, fakat kendisi de başka bir işlemde girdi olabilen ürün (profil,levha, folyo, şerit, disk)
Hurda	Yeni Hurda	Üretim ve metal işleme kademelerinde çıkan alüminyum artıklar
	Eski Hurda	Çeşitli kullanım alanlarında ömrünü doldurmuş alüminyum parçalar

Ülkemizde birincil alüminyum üreten tek kurulus, Özelleştirme İdaresi Başkanlığına bağlanan ve üretimini sürdürmeye çalışan "Eti Alüminyum A.Ş. Genel Müdürlüğü"dür. Özel sektör kuruluşları ağırlıklı olarak ikincil alüminyum ve buna dayalı sadece yarı ürün ve/veya uç ürün üretimi alanında faaliyet göstermekte olup, bir anlamda alüminyum işleyen kuruluşlardır.

2.2 Alüminyumun Kullanım Alanları

1900'lü yıllardan bu yana, sanayileşme ve teknolojinin gelişimine paralel olarak alüminyum üretimi de artış göstermiştir. 1900 yılında dünya birincil alüminyum toplam yıllık üretimi 8.000 ton iken, 1913 yılında 65.000 tona, 1920 yılında 128.000 tona, 1938 yılında 537.000 tona, 1946 yılında 681.000 tona, 2002 yılında 22-23 milyon tona ve 2003 yılında ise 25-27 milyon tona ulaşmıştır. Alüminyumu diğer metallere göre birçok alanda avantajlı kılan en önemli ana özellikleri aşağıdaki gibi sayılmaktadır;

1. Hafifliği,
2. Hafifliğine karşın alaşımlandırıldığında yeterli mukavemeti,
3. Tekrar defalarca kullanılabilirliği,
4. Yüksek korozyon direnci,
5. Çekilebilirliği,
6. Şekillendirilebilirliği,
7. Dövülebilirliği,
8. İşlenebilirliği,
9. Yüksek ısı ve elektriksel iletkenliği,
10. Isık ve ısı yansıtıcılığı

Alüminyum, demir-çelik, bakır ve pirinç malzemelere göre üç kez daha hafif olmasına rağmen korozyona dayanıklı olması, kolay şekil alabilmesi ve yüksek dayanıma sahip olmasından dolayı birçok endüstride, özellikle hava ulaşım sektöründe, otomobillerde, içeceklerde ve elektronik sektöründe tercih edilmektedir. Avrupa'da tüketilen alüminyumun yaklaşık üçte biri ulaşım sektörü tarafından kullanılmaktadır. Otomobillerde, uçaklarda, tren ulaşım sisteminde yük taşıma ve yolcu kompartımanlarının yapımında, gemi sanayiinde gittikçe artan oranlarda alüminyum kullanılmaktadır. Alüminyumun homojen yapısı, ince folyo (alüminyum kağıt) seklinde üretilebilmesi, hava geçirmezliği ve kolay şekillenebilmesi onu ideal bir

ambalaj malzemesi yapmaktadır. Alüminyum ambalajın su, gaz, buhar, ısık ve mikroorganizma geçisini engellemesi, sıcak ve soğuğa dayanıklılığı, hava değişimlerinden ve çevreden etkilenmemesi, özellikle bu niteliklerin arandığı gıda ve ilaç sektöründe ihtiyacı karşıladığı gibi, mor ötesi ve kızılötesi ışınlara karsı da koruyucu olması yeni geliştirilen ürünlere de hitap edebilmesine olanak sağlamaktadır. Gıda endüstrisinde nispeten düşük asiditeye sahip sıvıların proses edildiği tank ve iletildiği borular korozyona dayanıklı alüminyum alaşımlarından üretilmektedir. Tahıl siloları ve tahıl nakliyatında kullanılan kamyon kasaları nakliyattaki verimliliğin arttırılabilmesi için yüksek mukavemetli alüminyum alaşımlarından üretilmektedir. Alüminyumun en yaygın kullanıldığı alanlardan birisi de içecek kutularıdır. Alüminyum son derece iletken bir metaldir. Alüminyum kullanımının Avrupa'da %10'u, ABD'de %9'u, Japonya'da %7'si elektrik ve elektronik sektörüne aittir. Hafifliği, yüksek korozyon direnci, uzun ömürlülüğü, düşük bakım maliyetleri, geri kazanma imkanı ve metalin çok yönlülüğü ve sonsuz değişik şekilde profil elde edilebilme olanağı nedenleri ile binaların çatı ve cephe kaplamalarında, kapı ve pencerelerinde, merdivenlerde, çatı ve inşaat iskelelerinde, sera yapımında da yoğun şekilde kullanılmaktadır. Ayrıca, sağlamlığının yanında eloksal kaplama sayesinde dekoratif görünümü sayesinde inşaat sektöründe de yaygın olarak kullanılmaktadır. Alüminyum, diğer sektörlerle kıyaslandığında daha küçük oranlarda olmak üzere, buzdolabı, dondurucu, havalandırma, spor ekipmanları ve mutfak aletleri yapımında da kullanılmaktadır (Young ve Eisen, 2000; Tan ve Khoo, 2005; TMMOB, 2009).

2.3 Dünya’da ve Türkiye’de Alüminyum Ticareti

Dünya boksit maden varlığı, yaklaşık 25 milyar tonunun işletilebilir rezerv niteliğinde olmak üzere 55-75 milyar ton olarak tahmin edilmektedir. Bu varlığın, %33’ü Güney Amerika, %27’si Afrika, %17’si Asya, %13’ü Okyanusya ve %10’u diğer ülkelerde bulunmaktadır. İşletilebilir rezerv açısından en önemli boksit sahaları Gine, Brezilya, Avustralya, Jamaika, Hindistan, Çin, Guyana, Surinam, Yunanistan gibi ülkelerde yer almaktadır. İşletilebilir dünya boksit rezervlerinin, %24’ü Avustralya, %24’ü Gine, %12’si Brezilya’da bulunmaktadır. EU27 ülkeleri dahilinde, alüminyum endüstrisi 200.000 çalışan ve yıllık 25 milyar Euro‘luk ciroya sahiptir. Ülkemiz ise, %95’i Toros kuşağı içinde yer alan 422 milyon tonluk rezerv potansiyeline (dünya boksit potansiyelinin %1’i) sahip olmakla birlikte bunun 57,3 milyon tonu görünür rezerv durumundadır. İşletilebilir boksit potansiyeli ise %0,2 kadardır. Dünya boksit üretimindeki ülke payımız ise %0,5 düzeyindedir. Türkiye’nin en zengin metalurjik

boksit yatakları Seydişehir-Akseki Bölgesi rezervleri olup, işletilebilir rezerv yaklaşık 36 milyon tondur. Dünyada birincil alüminyum üretimi özellikle II. Dünya Savaşı'ndan itibaren hızla artarak, demir-dışı metaller içinde en çok kullanılan metal olmuştur. Çeşitli kaynaklar alüminyum üretimi ile ilgili farklı veriler yayınlamaktadırlar. Uluslararası Birincil Alüminyum Enstitüsü kayıtlarına göre, birincil alüminyum üretimi 2002 yılında %92 kapasite kullanım oranı ile dünyada 21,2 milyon ton olarak gerçekleşmis olup, planlanan yatırımlar gerçekleştirildiğinde 2005 yılında üretim kapasiteleri ise 25,33 milyon ton olabilecektir. Gelişmis ülkelerde 30 kg civarında olan kişi başına alüminyum tüketiminin, alüminyum tüketimi ile ilgili sağlıklı veriler bulunmamasına rağmen, ülkemizde, 3-3,5 kg arasında olduğu tahmin edilmektedir. Bu tüketim değeri, ülkemizde sektörün önünün açık ve büyük bir gelişme potansiyeline sahip olduğuna işaret etmektedir (EC, 2001; Alan, 2008; TMMOB, 2009).

Alüminyum ihracat ve ithalatımız yıllar itibariyle artış göstermiştir. Türkiye'de kullanılan kapı ve pencerelerin % 40'ı PVC malzemeden, %58'ı ahşap, alüminyum ve diğer malzemelerden yapılmaktadır. 2005 yılında Türkiye'deki ekstrüzyon firmalarının 52.750 ton doğramalık ve cephelik alüminyum profil ürettiği bildirilmektedir. 2006 yılında 1.233 milyon $ olan alüminyum ihracatımız 2007 yılı itibariyle %31 artarak 1.616 milyon $ olmuştur. İthalat ise 2007 yılı itibariyle 2.353 bin $ olarak gerçekleşmiş ve bir önceki yıla göre yaklaşık %31 artmıştır. 2008 yılı İstanbul Sanayi Odasının verilerine göre, inşaat sektörü yılda ortalama Avrupa'da 1,2 milyon ton, ABD'de 1,05 milyon ton, Japonya'da 915 bin ton alüminyum kullanılmaktadır (Alan, 2008; TMMOB, 2009). Kayseri'de aylık ortalama 4.000 m^2 alüminyum kapı-pencere üretimi yapılmaktadır. Ayrıca, aylık 50 ton alüminyum ve 1.500-2.000 m^2 kompozit panel ve cephe imalatı olduğu belirtilmektedir (KOSGEB, 2009).

Ülkemizde, alüminyum ekstrüzyon, yassı ürünler, döküm ürünleri ve iletkenlerin geniş çapta üretimi, özel sektör tarafından gerçekleştirilmektedir. Türkiye'de alüminyum sektöründe faaliyet gösteren firmaların bugün toplam üretim kapasiteleri 400-450 bin ton civarındadır. Alüminyum döküm sektöründe faaliyet gösteren yaklaşık 200 firma faaliyet gösterirken, 80 kadar firma orta boyutta işletmeler olup 30–100 kişi arasında işçi çalıştırmaktadırlar. Ayrıca, 110 civarında da küçük atölyeler şeklinde aile işletmeleri mevcuttur. Alüminyum, genel olarak, büyük kapasiteli firmalarda teknolojik üretim prosesleri ön plana çıkarken, küçük

firmalar ise daha çok insan gücü ile faaliyet gösteren bir sektördür. Toplam istihdam ise 18.000 civarındadır (Alan, 2008).

2.4 Alüminyum Sektöründe Enerji Kullanımı

Birincil alüminyum üretimi sanayide en yoğun enerji kullanan sektörlerden birisidir. Bir ton alüminyum üretimi için kullanılan enerji miktarı bakır ve polietilenin iki katı, çeliğin ise 5 katı kadardır. ABD alüminyum endüstrisi yıllık doğrudan 6700 kWsa elektrik enerjisi kullanmaktadır. Bu enerji ABD'nin evlerde, ticari alanlarda ve endüstriyel sektörlerde toplam kullanılan elektrik enerjisinin %1,6'na, diğer bir ifade ile yıllık 7.023.000 hanenin elektrik kullanımına eşdeğerdir (Choate ve Green, 2003). Denizaşırı boksit bileşenlerinin temelini oluşturan alüminyum oksit üretiminde 9-12 GJ arasında enerji kullanılmaktadır. Alüminyum üretiminde yüksek miktarda elektrik enerjisi tüketildiğinden Japonya'da elektrolize alüminyum şirketlerinin %90'ını kapatılmış, Amerika'da elektrolize alüminyum üretimi %67'ye düşmüştür (Xiao-wu vd., 2008).

Birincil alüminyum üretiminde ana maliyet kalemleri enerji, hammadde, malzeme ve ekipman ile personel giderlerinden oluşmakta, bu girdilerin alüminyum üretiminde ülkemizdeki payları; elektrik enerjisi %35-45, malzeme ve hammadde %30-35 ve personel giderleri %25-30 olarak seyretmektedir. Cevher halinden kullanılır hale getirilmesine kadar bir ton birincil alüminyum üretimi için tüketilen toplam enerji 50.000-66.500 kcal/kg Al civarındadır. Kullanılan teknoloji ve üretim politikasına göre, bir birincil alüminyum tesisinde tüketilen enerjinin; %2-3'ü boksitin çıkartılması ve hazırlanmasında, %12-20'si bayer süreciyle alümina elde edilmesinde, %60-80'ni elektrolizhane hücrelerinde sıvı alüminyum üretilmesinde, geriye kalanı ise döküm ve hadde işlemlerinde tüketilmektedir. Enerjiyi çok ucuz alan modern tesislerde sıvı alüminyum üretim maliyetleri 860-1050 USD/ton iken, eski teknolojilere sahip tesislerde ise, üretim maliyetleri 1350-1650 USD/ton arasında değişmektedir (TMMOB, 2009; URL 1).

2.5 Alüminyum Üretiminin Çevresel Etkileri

Alüminyum sektöründen kaynaklanan emisyonlar ve atıklar yüksek miktarda ağır metalleri ve çözünürlüğü yüksek toksik maddeleri içermesinden dolayı önemli çevre problemlerine

yolaçmaktadır. Alüminyum üretiminden kaynaklanan atıklar atmosferik emisyonlar, atıksu ve katı atıklar olmak üzere 3 kategoriye ayrılmaktadır. Genel olarak; floritler (HF), toz, metal bileşikleri, kükürt dioksit (SO_2), COS, poliaromatik hidrokarbonlar (PAH), VOC, sera gazları (poliflorlu karbonlar ve CO_2), dioksinler (ikincil), kloritler ve HCl alüminyum üretimi sırasında çevreye verilen kirleticilerdir (EC, 2001). Atmosferik kirleticiler, anot üretimi elektorliz ve alüminyum dökümünden kaynaklanan SO_2, karbondioksit (CO_2) ve PAH ve florürlü bileşiklerdir. Atıksu, proses suyu olarak kullanılan metal dökümü ve anot üretiminde kullanılan soğutmadan ve dreanj suyundan kaynaklanmaktadır. Bu atıksular, organik madde, alüminyum, florür, toplam katı maddeler, yağ, gres ve PAH'ı içermektedir. Üretim sırasında ortaya çıkan atıksular ağır metalleri içermesinden ve düşük pH'ya sahip olmasından dolayı çevreye önemli ölçüde zarar vermektedir (Agrawal ve Sahu, 2009). Katı atıkları ise, yüksek metal oksit içeren kırmızı çamur (Hind vd., 1999), PAH içeren siyah çamur (Dhenain vd., 2006), yüksek sızabilir toksik elementleri içeren fırın cürufu, alumina içeren köpük ve evsel ve tehlikeli atıklar oluşturmaktadır (USDEOIT, 1997; EC, 2001; Bongo vd., 2009; Dhenain vd., 2009).

İkincil alüminyum üreten tesislerde, alüminyum artıkları, kırpıntıları, döküm kalıntıları ve diğer alüminyum işleme faaliyetlerinden gelen alüminyum işlenmektedir. Bu tesislerden çevreye verilen emisyonlar, dioksinleri, furanları, hidrojen klorür ve klorür gazlarını ve farklı metalleri içermektedir. Bu emisyonlar, kansere, solunum bozukluğuna ve sinir sisteminde harasa yolaçmaktadır. USEPA yayınladığı yönetmeliklerle ulusal düzeyde bu emisyonları yılda 12.420 ton azaltmayı hedeflemektedir ki bu değer mevcut durumda yayılan emisyonun %70'ine rast gelmektedir (NDEQ, 2003).

Alüminyum sektörünün yolaçtığı önemli çevre problemlerinden dolayı, birçok ülke bu sektörle ilgili olarak çevre yönetimi ve sürdürülebilir üretim konularına önem vermektedir. Örneğin, İngiltere, önemli çevre konuları içine sera gazları emisyonlarından dolayı alüminyum sektörünü almaktadır. Avrupa alüminyum endüstrisi, alüminyum prosesleri ve ürünlerinin çevresel ayak izleri ile mücadele etmeyi teşvik etmektedir. Bunun için; etkili kaynak ve enerji kullanımı, hava ve su emisyonlarının azaltılması, katı atıkların azaltılması, yüksek hayat döngüsü ve geri kazanılabilir son ürünlerin elde edilmesi konularına ağırlık vermektedir (EAA, 2008). ABD'de, alüminyum endüstrisinden kaynaklanan atıkların uzaklaştırılması için güvenliği sağlanmış düzenli depolama sahaları kullanılmaktadır. Ancak, son yıllarda depo

sahalarının doygunluğa ulaşması, sera gazları emisyonlarına karşı bilincin artması ve atıkların taşıma maliyetlerinin artmasından dolayı, alüminyum atıklarının azaltılması ve/veya arıtımına gidilmesi yolunda çabalar yürütmektedir (Bongo vd., 2009).

2.6 Endüstrilerde Yeşil Üretim/Temiz Üretim

Son yıllarda, endüstriyel faaliyetlerin sürdürülmesinde yüksek hammadde ve enerji tüketimleri ve çevreye olan zararlarından dolayı, endüstriyel atıkların minimizasyonu ve atık yönetimi faaliyetleri tüm ülkeler tarafından öncelik verilen konular içine alınmaktadır. Atık minimizasyonu ve yönetimi uygulamalarında yenilenemez kaynakların ve enerjinin korunması ve atık niteliği kazanmış olan proses kalıntılarının ve nihai ürünlerin yeniden üretime sokulması yoluna gidilmektedir. Aynı zamanda, günümüzde çevresel problemlerin farkındalığının artması nedeni ile üretim sektörünün piyasada pazar alanı bulabilmesi ve benzer alandaki ürünlerle rekabet edibilmesi için daha az hammadde ve enerji tüketimi ve minimum atık üretimi sağlayan yeşil üretim teknolojilerinin ve proseslerin uygulanması zorunluluğunu da beraberinde getirmektedir. Bu anlamda, endüstriyel faaliyetlerde çevresel sürdürülebilir işletme temelini ve yeşil üretim/temiz üretim konularını gündeme getirmektedir. Yeşil üretim, endüstriyel tesislerde, üretim proseslerinin çevresel faktörlerin gözönüne alınarak tasarlanmasını temel almaktadır. Bu anlamda, 12 mühendislik prensibi sayılmaktadır (Anastas ve Zimmerman, 2003; van Berkel, 2007).

1. Daha az tehlikeli malzeme ve enerji girdi ve çıktı için tasarım
2. Atık önlemek için tasarım
3. Atık ayırma için tasarım
4. Maksimum enerji, alan ve zaman kullanımı için tasarım
5. Çıktı-arttırmaya karşı girdi-azaltma için tasarım
6. Kompleksliliği korumaya yönelik tasarım
7. Sağlamlılık için tasarım
8. İhtiyacı karşılamak ve fazla üretimi azaltmak için tasarım
9. Minimum material dağılımı için tasarım
10. Entegre proses için tasarım
11. Ömrü tükendikten sonra ticari verimliliği için tasarım
12. Yenilenebilir materyal ve enerji girdisi için tasarım

Sayılan bu yeşil mühendislik prensiplerinden yola çıkarak yeşil üretimde, doğal kaynakların verimli kullanımı ve atıkların ve emisyonların kaynağında azaltılması amaçlanmaktadır. Bu amacı başarabilmek için, önleme pratiklerinin: ürün modifikasyonunun, girdi materyallerinin değiştirilmesinin, teknoloji modifikasyonunun, üretim ortamının iyileştirilmesinin (goodhouse keeping) ve atık geri kazanımının ve geri dönüşümün uygulanması gerekmektedir (USEPA, 1988; van Berkel, 2007). AB endüstriyel kirliliğin kontrolü için uygulamakta olduğu Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrol (Integrated Pollution Prevention and Control, IPPC) Direktifi'nde de (Directive 2008/1/EC) bu temelde düzenlemeler getirmektedir (EU, 2008). AB üyesi ülkelerde sanayi kuruluşlarının faaliyetleri ve yol açtıkları kirlenme, "entegre kirlilik yönetimi" yaklaşımı ile yönetilmekte ve sanayi kuruluşlarının sadece deşarj ya da emisyonları için limit değerler konularak yol açtıkları kirlenmenin kontrol edilmesi yerine, kirlenmenin üretim süreci ile birlikte değerlendirildiği bir ana yaklaşım benimsenmektedir. Bu çerçevede, üretim süreçlerinde atık önleyici ve/veya azaltıcı teknikler uygulanarak hava, su ve toprağa yapılan deşarjların hep birlikte göz önünde bulundurulduğu ve en aza indirgenmeye çalışıldığı bir ana yaklaşım izlenmektedir. Direktif bu yönde düzenlemeleri içermekte ve sanayi kuruluşlarını denetleyen otoritelerin, bu ana yaklaşım çerçevesinde tesislere çalısma izni vermesini ve tesislerin çevresel performanslarının bu çerçevede denetlemesini gerektirmektedir.

AB uyum sürecinde olan ülkemizde, IPPC Direktifi ile uyum çalışmaları hızla ilerlemektedir. Bu kapsamda; geçtigimiz aylarda entegre izin yönetmeliği yayımlanmış (IPPC Direktifi'nin temel prensiplerinden birisi sanayi kurulusları için "tek izin"dir) ve Çevre ve Orman Bakanlığı yetkililerinden öğrenildiğine göre, 2012 yılında Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrol Yönetmeliği'nin yayınlanması aşamasına gelinmiştir. Bu çerçevede, çeşitli sektörler için IPPC uyum çalışmaları yapılması çok büyük önem taşır hale gelmiştir.

2.7 Atık Yönetiminde Karar Destek Sistemi ve Alüminyum Sektöründe Uygulanması

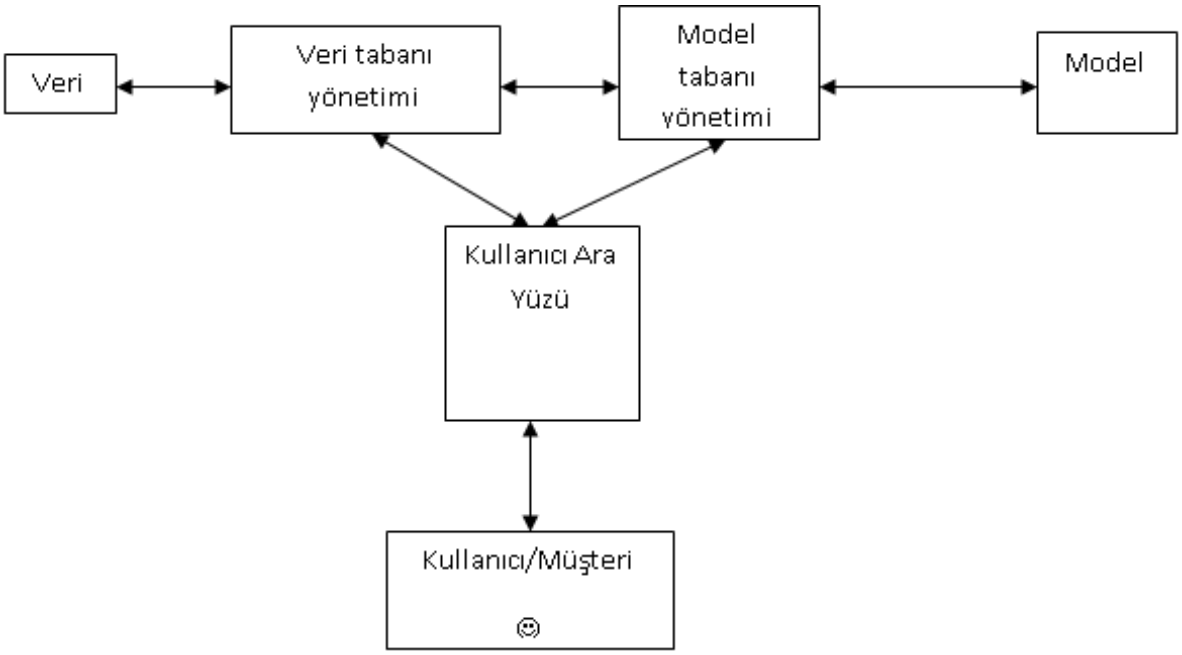
Karar destek sistemleri (KDS), karar vermeyi kolaylaştırmak ve daha etkili hale getirmek için tasarlanan değişik model, simülasyon ve uygulamaları kapsamı içinde bulunduran sistemlerdir. Bu sistemler ticari kuruluşun veri tabanından elde edilen bilgileri, veriler arasındaki ilişkileri gösteren, farklı faaliyet ortamlarının benzerini oluşturan, belirsizlik

durumları ile “ise ne olur” analizini birleştiren ve algoritma ile sezgisel metotlardan yararlanarak analitik çerçeveye dahil eden uygulamalardır. Model odaklı ve veri odaklı olarak iki tip KDS vardır. Model odaklı KDS’ler çeşitli modeller kullanılarak uygun karar alternatiflerini ortaya çıkarmaya yarayan KDS’lerdir. Veri odaklı KDS’ler ise büyük veri havuzlarını analiz ederek yöneticilerin karar vermelerini kolaylaştırabilecek faydalı bilgileri ortaya çıkarmaya yarayan KDS’lerdir (Gökçen, 2002).

Atık yönetiminde KDS sistemi mimarisi ilk olarak Sprague ve Watson tarafından 1996 yılında önerilmiştir. Atık yönetimi için bu önerilen yapı Chang ve Wang (1996), MacDonald (1996), Bhargava ve Tettelbach (1997), Hasstrup vd. (1998), Boyle ve Baetz (1998), Adenso-Diaz vd. (2005), Simonetto ve Brenstein (2007) tarafından da kullanılmıştır. Atık yönetimi için Şekil 2’de gösterilen veri tabanı yönetimi, model tabanı yönetimi, kullanıcı ara yüzü veya diyalog yönetimi şeklinde 3 temel birleşenden oluşan örnek bir KDS mimarisi verilmiştir. Literatürde KDS en çok katı atık yönetimi, tehlikeli atık yönetimi, endüstriyel ve şehir atık yönetimi üzerine uygulanmıştır. Atık yönetimiyle ilgili literatürde yapılan bu çalışmalar Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Atık Yönetiminde KDS Kullanan Çalışmalar (Bani vd., 2009)

Kullanılan Sistem	Geri Dönüşüm	Yakma	Gömme	Toplama	GIS	CKKV	Uygulama	Kaynak
KDS	Var	Var	Yok	Var	Yok	Yok	Belediye Katı Atık Yönetimi	Chang ve Wang (1996)
Mekansal KDS	Var	Yok	Var	Var	Var	Var	Katı Atık Yönetimi	MacDonald (1996)
Web-KDS	Var	Yok	Yok	Yok	Var	Yok	Atık Bertaraf & Geri Dönüşüm	Bhargava ve Tettelbach (1997)
KDS	Var	Var	Var	Yok	Yok	Yok	Tehlikeli Atık Yönetimi	Amouzegar ve Jacobsen (1998)
KDS	Var	Var	Var	Yok	Yok	Yok	Endüstriyel Atık Yönetimi	Boyle ve Baetz (1998)
KDS	Var	Var	Var	Var	Var	Var	Şehir Atık Yönetimi	Haastrup vd. (1998)
TP/CKKV	Yok	Yok	Var	Yok	Var	Var	Katı Atık Yönetimi	Cheng vd. (2003)
KDS	Var	Var	Var	Var	Yok	Yok	Katı Atık Yönetimi	Fiorucci vd. (2003)
KDS	Var	Var	Var	Yok	Yok	Yok	Katı Atık Yönetimi	Costi vd. (2004)
KDS	Var	Yok	Yok	Var	Var	Var	Katı Atık Yönetimi	Eugenio ve Denis (2007)
Web- KDS	Var	Yok	Yok	Var	Var	Yok	Madeni Yağ Atığı Toplama ve Geri Dönüşümü	Repousis vd. (2009)
Mekansal KDS	Yok	Yok	Var	Yok	Var	Var	Şehir Atık Yönetimi	Chang vd. (2008)
KDS	Var	Yok	Yok	Var	Yok	Var	Atık Geri Dönüşümü	Gomes vd. (2008)
Akıllı KDS	Yok	Yok	Yok	Yok	Yok	Yok	Tehlikeli Atık Sınıflandırması	Musee vd. (2008)



Şekil 2. Atık yönetimi için temel KDS yapısı (Bhargava ve Tettelbach, 1997)

Literatürde, karar destek sistemleri genellikle belediye katı atık tesislerinin yer seçimin ve optiumum evsel katı atık yönetim stratejilerinin geliştirilmesinde uygulanmaktadır (Erkut ve Moran 1991; Siddiqui vd., 1996; Charnpratheep vd., 1997; Su vd., 2007; Rousis vd., 2008; Vego 2008; Wang vd., 2009; De Feo ve De Gisi, 2010; Nas vd., 2010; Tavares vd., 2011; Liu vd., 2014). PROMETHEE metodu Walther vd. (2008) ve Achillas vd. (2010) tarafından atık arıtım tesislerinin geliştirimesinde yer seçiminin değerlendirilmesi için kullanılmıştır. Katı atık yönetiminin yanında, çok-kriterli karar verme metotları su kaynaklarının yönetiminde de kullanılmaktadır (Refsgaard, 2006; Aragones-Beltran vd., 2009). Hatta, Ürdün'de Su Politikası Çerçevesinin hazırlanmasında da bu sistemlerden yararlanışmıştır (Al-Rashdan vd., 1999). Yenilenebilir enerji kaynaklarının sıralanması (Salminen vd., 1998; Hokkanen ve Salminen, 1997; Lahdelma vd., 2000) veya enerji planlanması (Georgopoulou vd., 1998; Haralambopoulos ve Polatidis, 2003; Pohekar ve Ramachandran, 2004) PROMETHEE tekniği tarafından çözülmektedir. Bunlardan başka, PROMETHEE atıksu deşarjı için yer seçimi (Bellehumeur vd., 1997; Khalil vd., 2004),nükleer atık sahaları için optimum lokasyon belirlenmesi (Bowen, 1995; Merkhofer ve Keeney, 1987; Petras, 1997; Taji vd., 2005) ve hastane atıkları için optiumum uzaklaştırma ve streilizasyon sistemlerinin değerlendirilmesi (Brent vd., 2007; Karamouz vd., 2007; Karagiannidis, 2010) için kullanılmaktadır.

Literatürde yapılan çalışmalar incelendiğinde KDS ile öncelikli atık türlerinin belirlenmesine yönelik yapılan bir çalışmaya rastlanmamıştır. Alüminyum sektöründe yapılan çalışmalar incelendiğinde ise daha ziyade çevresel açıdan aluminyumun geri dönüşümüyle ve ayrıştırılmasıyla ilgili olduğu görülmüştür.

2.8 Endüstriler için Mevcut En İyi Teknikler

Çevrenin en etkin ve geniş kapsamda korunması amacıyla imalat sanayi ve diğer aktivitelerden kaynaklanan hava emisyonları, atıksu deşarjları ve katı atık yolu ile kirlenmenin önlenmesi ve kontrol edilmesinin, entegre bir yaklaşımla sağlanması ihtiyacı doğmuştur. Bu nedenle Avrupa Komisyonu tarafından 1996 yılında, endüstriyel tesislerin izin ve kontrol işlemlerini, entegre bir yaklaşımla düzenlemek amacına yönelik olarak, genel bir takım kuralları içeren Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrolü (Integrated Pollution Prevention and Control –IPPC; 96/61/EC) (EC, 1996) Direktifi hazırlanmış ve yayınlanmıştır (Erengüç, 2007).

Daha sonra, IPPC Direktifi revize edilmiş ve 15 Ocak 2008 tarihinde 2008/1/EC numaralı direktif (EC, 2008) 96/61/EC direktifinin yerine geçmiştir. Son olarak, 24 Kasım 2010 tarihinde 2010/75/EU "Endüstriyel Emisyonlar" (Industrial Emissions-IE) direktifi (EC, 2010) yayımlanmış ve 07.01.2014 tarihinden itibaren IPPC Direktifi'nin yerini alarak yürürlüğe girmiştir.

IE direktifi, yüksek seviyede bir çevre korumanın sağlanabilmesi amacıyla, havaya, suya ve toprağa olan etkilerin azaltılması, atıkların minimize edilmesi, hammadde ve enerjinin etkin kullanımı vb. olmak üzere bir tesisin tüm çevresel performansının bir bütün olarak değerlendirilmesini sağlamaktadır (Erengüç, 2007). Direktifin hükümleri, Ek 1'de sıralanan endüstriyel faaliyetler için zorunluluk olarak tanımlanmaktadır. Direktifin Ek 1'i kapsamında elliden fazla tesis tipini içeren altı büyük endüstriyel faaliyet yer almaktadır. Bunlar; enerji sektörü, metallerin üretimi ve işlenmesi, mineral endüstrisi, kimya endüstrisi, atık yönetimi, ve diğer aktiviteler olarak sıralanmaktadır.

IE Direktifi'nin 3. Maddesinde "mevcut en iyi teknikler-MET" (best available techniques, BAT) den bahsedilmektedir. Söz konusu teknikler "çevrenin bir bütün olarak korunmasını en

etkili şekilde sağlayacak, yerel olarak elde edilebilecek ve ekonomik olarak da uygulanabilecek teknolojiler ve bunların uygulanış biçimleri" olarak tanımlanmaktadır (Yücekutlu vd., 2009). Direktifin 3. Madde'sinde, ayrıca "mevcut en iyi tekniklerin kullanılması yoluyla kirliliğin önlenmesine yönelik olarak tüm önlemler alınması gerektiği" vurgulanmaktadır. Dolayısıyla, Direktif'te mevcut en iyi tekniklere doğrudan atıf yapılmakta ve AB tarafından hazırlanmış olan sektörel mevcut en iyi teknikler referans dökümalarının (BREF) uygulanması gereği işaret edilmektedir.

Mevcut en iyi tekniklerin belirlenmesinde dikkate alınacak hususlar ya da özellikler ise Direktif'in Ek 3'ünde şöyle sıralanmaktadır;

- Az atık üreten teknolojilerin uygulanması,
- Tehlikeli maddelerin kullanımının azaltılması (mümkün olan hallerde tehlikesiz ya da daha az tehlikeli olanlarla ikame edilmesi),
- Mümkün olan yerlerde, üretilen ve kullanılan maddeler ve atıklar için yeniden kullanım ve geri dönüşüm uygulamalarının geliştirilmesi,
- Daha önce denenmiş ve başarısı kanıtlanmış benzer proses, tesis veya metodlar,
- Teknolojide ve bilimde meydana gelen ilerlemeler,
- Kirleticilerin özellikleri, etkileri ve miktarı,
- Yeni ve mevcut tesislerin sahip olduğu zaman,
- Mevcut en iyi tekniklerin uygulanması için gereken süre,
- Proseste kullanılan hammaddelerin özellikleri ve kullanım miktarları ve sağlanan enerji tasarrufu,
- Kirleticinin çevre üzerinde sahip olduğu etkilerin ve yarattığı risklerin önlenmesi ya da minimuma indirilmesi,
- Kazaların önlenmesi ve çevreye olabilecek etkilerinin en aza indirilmesini sağlayacak tedbirler,
- Komisyon ya da uluslararası organizasyonlar tarafından yayınlanan dokümanlarda yer alan teknikler.

Avrupa Komisyonu, çeşitli sektörler için, 32 adet sektörel "mevcut en iyi teknikler" referans dökümanı (BREF) hazırlamış ve yayımlamıştır. Bahsi geçen dökümanlarda sektöre ait proses bilgisi, sektörün dünyadaki durumu ve emisyonları ve sektörde uygulanabilecek mevcut en iyi tekniklerle ilgili bilgiler bulunmaktadır. Teknolojik gelişmelere paralel olarak "mevcut en iyi

teknikler" de değişeceğinden, BREF dökumanlarının da zaman içerisinde güncellenmesi gerektiği ifade edilmektedir (Doğan, 2008).

96/61/EC ve 2008/1/EC IPPC Direktiflerinden farklı olmak üzere, 2010/75/EC nolu IE Direktifi içerisinde doğrudan BREF dökümanlarından bahsedilmekte, bu dökümanlarda verilen mevcut en iyi tekniklere atıf yapılmaktadır. IE Direktifi'nin 27. maddesinde, üye ülkelerin uygun olduğu koşullarda özellikle mevcut en iyi teknikler referans dökümanlarında yer alan teknikler olmak üzere, yeni tekniklerin geliştirilmesini ve uygulanmasını desteklemeleri gerektiği belirtilmektedir (EC, 2010).

Ülkemizde IE Direktifi'nin ulusal mevzuata aktarımı henüz gerçekleşmemiş olsa da, önümüzdeki yıllarda gerçekleşmesi planlanmaktadır. Bu beklenti ile uyumlu olmak üzere, IE'nin ulusal mevzuata aktarımı gerçekleşmeden "TEKSTİL SEKTÖRÜNDE ENTEGRE KİRLİLİK ÖNLEME VE KONTROL TEBLİĞİ" tebliği 2011 yılında yayımlanmış ve bu sektör için kısmi de olsa mevcut en iyi tekniklerin uygulanmasına geçilmiştir (TSEKÖKT, 2011).

Proje kapsamında yürütülen mevcut en iyi teknikler uygulanması/belirlenmesi çalışmaları sırasında, mevcut en iyi tekniklerin aşağıdaki gibi gruplandırılmasına karar verilmiştir:

1. ***Tesis içi;***
   - Prosese entegre edilebilecek mevcut en iyi teknikler
   - Boru sonu arıtma amacıyla uygulanabilecek mevcut en iyi teknikler
2. ***Tesis dışı***

Aşağıda bu gruplandırmaya ilişkin açıklamalar sunulmaktadır.

Tesis içi: Bu teknikler, herhangi bir sanayi kuruluşunun bünyesinde söz konusu üretim süreci ya da diğer faaliyet/ler (atık yönetimi vb) sırasında uygulayabileceği ya da alabileceği tedbirlerdir.

Prosese entegre edilmiş: Üretim prosesini doğrudan değiştiren tedbirlerdir. Bu tedbirler iki şekilde tanımlanabilirler. Birinci grup tedbirler; doğrudan proses değişikliği yapılarak tehlikeli atık üretimini azaltan (örn. proseste tehlikeli bir maddeyi kullanmak yerine

tehlikesiz bir maddeyi kullanmak) tedbirlerdir. İkinci grup tedbirler ise, uygulanan proses/ler sonunda ortaya çıkan atıkları proses içine geri çevirerek yeniden kullanılmasını sağlayan tedbirlerdir.

Boru sonu: Üretim prosesinin sonuna eklenecek ünitelerle sağlanacak olan tedbirlerdir (örneğin; bir tesisin kendi atığını kendi arıtma tesisinde arıtıyor ya da bertaraf ediyorsa)

Tesis dışı: Atığın tesis dışında başka bir tesiste işlem göreceği tedbirlerdir (örneğin; cürufun çimento fabrikalarında hammadde olarak kullanılmak üzere satılması).

Bunların yanı sıra yapılan çalışmalarda sektörel MET'in tesiste yapılacak değişiklikler ya da eklemeler ile mevcut tesise uygulanabileceği ve/veya yeni tesislerde uygunalabileceği belirlenmiştir.

3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1 Alüminyum Mamul Üreten İşletmelerin Türkiye ve Kayseri'deki Mevcut Durumu

Kayseri'deki ve Türkiye'deki alüminyum mamul üreten işletmelerin mevcut durumu yapılan anket çalışmaları ile incelenmiştir. Sektör hakkında yapılan literatür çalışmaları ve sektör temsilcileri ile yapılan görüşmeler sonucunda sektörün durumunu ortaya koyacak nitelikte bir anket hazırlanmıştır. Anket temel olarak dört bölümden ve 34 sorudan oluşmakta olup alüminyum mamul üretim sektöründe öncelikli atıkların belirlenmesi ve entegre atık yönetim sisteminin oluşturulmasına yönelik olarak hazırlanmıştır. Alüminyum mamul üretim sektörüne uygulanan anket firmalardan genel bilgiler (personel, iletişim bilgileri, vb) başta olmak üzere özellikle üretim (ham maddeler, ürün miktarı, v.b) ve proses bilgilerini (hangi prosesler uygulanmakta, atık miktarı, v.b) içeren bir temelde hazırlanmıştır.

Anket çalışmaları kapsamında Kayseri Organize Sanayi Bölge Müdürlüğü (KOSB) aracılığı ile Türkiye genelinde 51 Organize Sanayi Bölgesine anketler gönderilmiştir. Organize Sanayi Bölgelerinin bir kısmından anketler için geri dönüş alınamazken, Denizli, Zonguldak, Polatlı, Aksaray, Uşak, Malatya, Afyonkarahisar, Aydın, Isparta ve Bolu Organize sanayi bölgelerinde alüminyum mamül üretim sektöründe faaliyet gösteren firma bulunmadığı şeklinde geri dönüşler alınmıştır. Sac Ankara Organize sanayi Bölgesinde faaliyet gösteren üç, Antalya ilinde faaliyet gösteren iki ve Bursa, Kütahya ve Eskişehir illerinde faaliyet gösteren birer firmadan anketlere geri dönüş alınmıştır.

Bunların yanı sıra, KOSB ve Kayseri KOSGEB Müdürlüğü aracılığı ile aynı anketler Kayseri Organize Sanayi Bölgesi'ne de faaliyet gösteren farklı büyüklüklerde 29 firmaya yönlendirilmiştir. Kayseri'deki anketler gelen geri dönüşlere bağlı olarak birebir görüşmeler ve telefonda görüşmeler ile uygulanmış ve 12 firmanın anket bilgilerini tamamlanması sağlanabilmiştir. Anket çalışmaları gerçekleştirilen tesislerin bir kısmı bilgilerini paylaşmaktan çekinirken, bir kısmı ise anketi dolduracak teknik personelin tesislerinde istihdam edilmediği bilgisini vermiş ve anket çalışmaları sırasında yeterli ve gerekli bilgilerin sağlanmasında bu tür bazı sıkıntılı durumlar ile karşılaşılmıştır. Aynı zamanda alüminyum

mamül üretiminde önde gelen İstanbul ili ve bölgesi Organize Sanayi Bölgelerinden bilgi akışı sağlanamamıştır.

3.2 Kayseri'de Seçilen İşletmelerde Atık/Atıksu Karakterizasyonu ve Su/Enerji Kullanımı

Anket sonuçları ve değerlendirmeleri neticesinde projede sektöre yönelik öncelikli atık türünün belirlenmesi ve entegre atık yönetimi çalışmaları yapmak üzere üretim kapasiteleri gözönünde bulundurularak büyük orta ve küçük ölçekte Kayseri'de faaliyet gösteren üç firma seçilmiştir. Seçilen firmalarda atık türleri ve karakterizasyonları yapılmıştır. Belirlenen firmalara ait veriler gizlilik nedeni ile gelişme ve final raporunda firma isimleri yerine kodlanarak kapasitesine göre büyükten küçüğe doğru Firma A, Firma B ve Firma C olarak verilmiştir. Atık türleri ve karakterizasyonlarının belirlenmesinde, atıksu için proseslerden örnekler alınmış ve Erciyes Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü'nün laboratuvarlarında analiz edilmiştir. Katı atıklarla ilgili tür ve miktar konusunda firma yetkilerinden bilgiler sağlanmıştır. Hava kirletici emisyonların belirlenmesinde ise hizmet alımı yapılmıştır. Gaz örneklemesi ve gazların analizleri Sera Ölçüm analiz Çevre Laboratuvarı ve Sağlık Hizmetleri Müh.Müş.Dan.San.Tic.ltd.Şti firması tarafından gerçekleştirilmiştir. Bütün analizler ulusal ve uluslararası standartlara göre gerçekleştirilmiştir. Tablo 2'de analiz edilen parametreler ve analiz yöntemleri yeralmaktadır.

Tablo 2. Analiz Edilen Parametreler ve Analiz Yöntemleri

Parametre	**Ölçüm Yöntemi**	**Kullanılan Cihaz**
pH	SM 4500-H^+	HACH Sension 378 pH/Conductivity/DO meter
İletkenlik (µS/cm)	SM 2510 B	HACH Sension 378 pH/Conductivity/DO meter
AKM (mg/L)	SM 2540 D	-
KOİ (mg/L)	SM 5220 C	HACH ODYSSEY spectrofotometre
TOK (mg/L)	SM 5310B High Temperature Combustion	Shimadzu TOC-VCPN TOK Cihazı

Yağ-Gres (mg/L)	EPA Metot 1664	Wilksir InfraCal TOG/TPH Cihazı HATR-T2 Model
Alüminyum (mg/L)	SM 3111 B	Shimadzu Atomik Absorpsiyon Spektrofotometre AA7000
Nikel (mg/L)		
T.Krom (mg/L)		
Çinko (mg/L)		
Demir (mg/L)		
Bakır (mg/L)		
Kadmiyum (mg/L)		
Kurşun (mg/L)		
CO, CO_2, O_2	TS ISO 12039:2005	MADUR GA-21 PLUS
SO_2	TS ISO 7935:1999	MADUR GA-21 PLUS
NO, NO_2	EPA CTM-022:1998	MADUR GA-21 PLUS
Toz	TS ISO 9096:2004 EPA Metot 17:2000 EPA Metot 5 TS EN 13284-1	TECORA ISOSTACK G4
Uçucu Organik Bileşikler (VOC)	TS EN 13649:2003	TECORA DDS
HFL, HCL	EPA Metot 26A	TECORA ISOSTACK G4
İç Ortam Toz	TS 2361:1976	TECORA ISOSTACK G4
Gürültü	TS 2673:1977	OCTOVA ECOPHYSİCA
İç Ortam Gaz Emisyonlar	TS EN 1231:2000 ve TS 16200-1	RAE POMPA VE DDS ÖRNEKLEME CİHAZI
Aydınlatma	ISO/CIE 8995:2002	DİJİTAL LUXMETRE (78653)

3.3 Öncelikli Atık Türlerinin Belirlenmesi

3.3.1 KDS'de Öncelikli Atık Türlerinin Belirlenmesinde Kullanılacak Olan Kriterlerin ve Alt Kriterlerin Belirlenmesi

Literatürde yapılan çalışmalar incelendiğinde görülmüştür ki çalışmaların birçoğu çıkan atıkları yalnızca çevreye olan etkileri yönünden değerlendirmiş ve sadece bu yönde önlem alma yollarını sunmuşlardır. Bu iş paketinde Kayseri KOSGEB Merkez Müdürlüğü ve Kayseri OSB Müdürlüğü'nün destekleri ile Kayseri'de seçilen büyük, orta ve küçük ölçekte alüminyum mamül üreten 3 firmada incelemeler yapılmış, çıkan atık türleri katı, sıvı ve emisyon gazları olmak üzere üç genel başlık altında belirlenmiş ve bu atık türlerinden hangisinin öncelikli olarak önlenmesi gerektiğini belirlemek için ele alınması gereken kriterler ve alt kriterler, literatür ve saha araştırması sonucunda uzman görüşleriyle de birleştirilerek aşağıdaki şekilde oluşturulmuş ve açıklamalarıyla birlikte verilmiştir.

Bu kapsamda belirlenen ana- alt kriterler ve açıklamaları raporun ilerleyen kısımlarında detayları ile verilmiştir:

A. EKONOMİ

Atık bertaraf maliyeti: Üretimde çıkan atıkların bertarafı sırasında malzeme, elektrik, işletme, bakım ve işçilik için harcanacak yıllık maliyetlerle ilişkilidir (TL/yıl).

Geri dönüşümden elde edilen gelir: Firmaların üretim sırasında prosesten çıkan atıklardan (proses atıkları, hurda atıkları, ambalaj atıkları vb.) geriye dönüştürülebilenlerin satılmasından veya düzenli depolama alanına gidecek atık miktarını önlemekle sağlanan yarar ile ilişkilendirilen miktardır (TL/ yıl).

B. ÇEVREYE OLAN ETKİLER, YÖNETMELİKLER VE STANDARTLAR

Atıkların çevreye olan etkileri; atıklardan ve atıkların ortaya çıkması sırasında kullanılan elektrik ve doğalgazdan kaynaklanan emisyonların küresel ısınma, asitlenme ve insan toksisitesi bazında değerlendirilmesidir. Ayrıca, atıkların, atıksuların ve gaz emisyonlarının ilgili yönetmeliklere göre uygunluğunun değerlendirilmesini de içerir.

B1. Atık deşarjının uygunluğu: Atıksular, 31 Aralık 2004 tarih ve 25687 sayılı Resmi Gazete'de yayınlanan "Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nin (SKKY) Endüstriyel Atıksuların Alıcı Ortam Deşarj Standartları'na" göre uygunluğu değerlendirilmektedir (SKKY, 2004). Değerler yüzde olarak verilmiştir.

B2. Gürültü: "İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Tüzüğü'ne" göre iç ortam gürültü derecesinin tüzüğe uygunluğu açısından değerlendirilmesidir. Ortamın gürültü seviyesi desibel (dBA) cinsinden değerlendirilmiştir.

B3. İnsan toksitesi: Emisyonların insan sağlığı üzerindeki etkilerini belirtmektedir. CO_2 eşdeğeri cinsinden CO_2, CH_4 ve SO_2'in toplamları alınarak girdi seti oluşturulmuştur.

B4. Küresel ısınma potansiyeli: Atmosferin radyoaktif olarak güçlenmesinde iklim değişikliğini de tetikleyen sera gazı emisyonlarının etkisini göstermektedir. Üretim sırasında kullanılan elektrik ve doğalgazdan kaynaklanan sera gazlarının potansiyel etkisini belirlemek için CO_2 ve CH_4 değerleri toplam kg CO_2 eşdeğeri olarak girdi seti oluşturulmuştur.

B5. Asidite: Üretim sırasında kullanılan yakıtlardan atmosfere salınan emisyonlardan SO_2'in asit yağmurlarına katkısı olarak değerlendirilmektedir. Kullanılan elektrik ve doğalgazdan kaynaklanan SO_2 değerleri kg SO_2 olarak girdi seti oluşturulmuştur.

C. TEKNİK

C1. Vasıflı işgücüne olan ihtiyaç: Alüminyum mamul üretimi sırasında farklı proseslerde çalışacak elemanların niteliklerine duyulan ihtiyacı belirtmektedir.

C2. İş kazaları görülme sıklığı: Üretim sırasında insan ve ürün bazında maddi ve manevi kayıplara sebep olan kazaların oluşma sıklığıdır.

C3. İşletmeye ait geri dönüşüm sisteminde değerlendirilen atık miktar yüzdesi (%): Üretim sırasında çıkan toplam atık miktarının hangi oranda tesis içinde geri kazanıldığını ve geri dönüştürüldüğünü belirtir.

C4. Firmanın teknolojik alt yapısının atık oluşumuna etkisi: Firmanın üretim proseslerinde mevcut olarak kullanılan makine/teçhizat ve ekipman teknolojisinin atık oluşumuna etkisidir.

D. SOSYAL

D1. Ekonomik etkinlik (pazar payı/ekonomi): Atık türlerinin azaltılmasının pazar payındaki etkisini yüzde olarak göstermektedir.

D2. Sosyal kabuledilebilirlik: Alüminyum sektöründe faaliyet gösteren proje kapsamındaki firmaların ürün kaliteleri ve üretim sırasında atık kontrolü ve bertarafı konusunda çevreye olan duyarlılıklarının atık türlerine göre incelenmektedir.

E. PROSES GİRDİLERİ

E1. Kullanılan hammadde alüminyum: Tesiste çıkan atık türüne göre alüminyum tüketiminin yüzdesidir.

E2. Enerji ve miktarı elektrik kw, doğalgaz m^3: Tesiste çıkan atık türüne göre elektrik ve doğalgaz tüketiminin yüzdesidir.

E3. Kullanılan yardımcı maddeler kimyasallar: Tesiste çıkan atık türüne göre yardımcı maddeler ve kimyasal tüketiminin yüzdesidir.

E4. Birim üretim başına su tüketim miktarları m^3: Tesiste çıkan atık türüne göre su tüketiminin yüzdesidir.

DİĞER

F1. Sürdürülebilir kalkınma hedefleri ile tutarlılığı: Doğal kaynakların sürdürülebilir olarak kullanılması, gelir dağılımını düzelterek ve istihdam yaratarak yoksullukla mücadele edilmesi, atıkların minimuma indirilmesi ve çevreye uygun şekilde atıkların bertaraf edilmesinde firmanın etkinliği olarak değerlendirilmektedir.

F2. Ulusal ekonomi programları ile tutarlılık: Alüminyum sektörünün "Devlet Planlama Teşkilatı'nın 5 Yıllık Kalkınma Programı" ve "Avrupa Birliği Müktesebatının Üstlenilmesine

İlişkin Türkiye Ulusal Programı" gibi ulusal kalkınma programlarındaki yeri ve önceliğini göstermektedir.

F3. Ulusal çevre programlarına uyumluluğu: Ulusal Çevre programlarında, Çevre Bakanlığı'nın atıksuların alıcı ortamlara deşarjı, atıkların geri dönüşümü, yeniden kullanılması, geri kazanılması, toplanması, taşınması ve bertarafı, gaz atıkların kontrolü konularında getirmiş olduğu yönetmelik ve standartlara uyumunu içerir.

3.3.2 KDS Modellerinin Geliştirilmesi

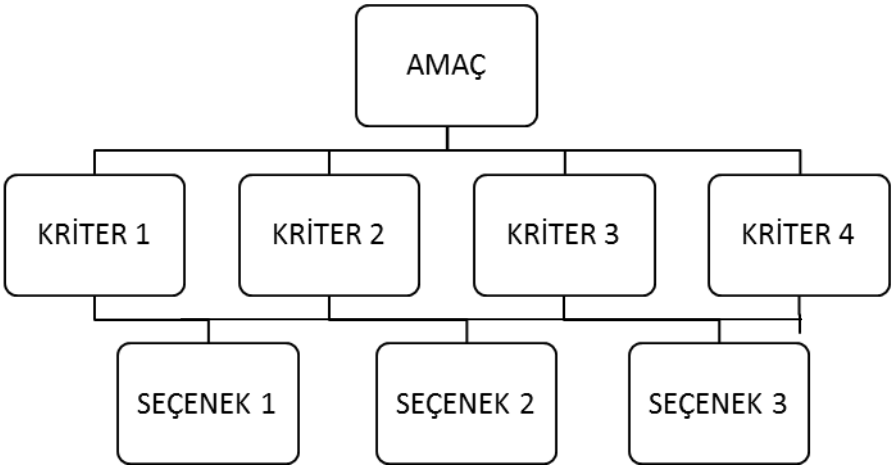
Öncelikli atık türlerinin belirlenmesine etki eden kriterler ve alt kriterler belirlendikten sonra bu kriterler arasındaki bağlantıların oluşturulması, birbirlerine göre önceliklerinin ve öncelik ilişkilerinin değerlendirilmesi için çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemlerinden toplanan verinin ve sistemin yapısına uygun olarak AHP-PROMETHEE, AHP-TOPSIS, AHP VİKOR yöntemleri uygulanmıştır.

3.3.2.1 Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP)

Doğrusal programlama modelleri gibi pek çok karar verme yönteminde, seçeneklere ilişkin sayısal verilerle ifade edilen kriterler kullanılarak son karar verilmeye çalışılır. Oysa ki karar problemlerinde sayısal verilerle ifade edilemeyen nitel kriterler de mevcuttur. Sağlıklı ve doğru bir karar verilebilmesi için karar verme sürecine nicel kriterlerle birlikte nitel kriterlerin de dahil edilmesi gereklidir. Hem nitel hem de nicel kriterleri sürece dahil edip tek bir çatı altında birleştiren karar verme yöntemlerden biri "Çok Değişkenli Fayda Modelleri" sınıfında yer alan "Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP)" 1970'lerde Thomas L. Saaty tarafından geliştirilmiştir (Saaty, 1980). Proje kapsamında belirlemiş olduğumuz kriterlerimiz de hem nitel hem de nicel değerler içermektedir.

AHP, insanın doğasında var olan ikili karşılaştırmalara dayanmaktadır. Bu ikili karşılaştırmalar ile seçeneklerin ve kriterlerin birbirlerine göre ne kadar önemli, tercih edilir veya baskın olduğunun değerlendirilmesi yapılır. En iyi seçeneğin belirlenmesine yönelik olan bu yöntem, hem nicel hem de nitel faktörleri dikkate alması, kullanımın kolay ve basit olması nedeniyle karmaşık karar problemlerinin çözümünde sıkça kullanılmaktadır. AHP, karmaşık

problemleri, hiyerarşik bir yapıda ele alarak daha basit problem parçalarına indirger. Hiyerarşinin en tepesinde, ele alınan problemin ana amacı yer alır. Alt seviyelerde amacın değerlendirilmesinde kullanılan kriterler ve bu kriterlerle ilgili alt kriterler bulunur. Hiyerarşinin en altında ise amacın gerçekleştirilmesi için tespit edilmiş seçenekler yer alır. Örnek bir hiyerarşi, Şekil 3'de görülmektedir. Hiyerarşinin her seviyesindeki kriterlerin önem dereceleri, bir üst seviyede bulunan kritere göre ikişerli karşılaştırmalar sonucunda elde edilir. Problemin karmaşıklığına bağlı olarak hiyerarşideki seviye sayısı arttırılabilir.



Şekil 3. Hiyerarşik Yapı

Karışık, anlaşılması güç veya yapılandırılmamış problemler için genel bir yöntem olan AHP üç temel prensip üzerine kurulmuştur:

1. Hiyerarşilerin oluşturulması prensibi,
2. Üstünlüklerin belirlenmesi prensibi,
3. Mantıksal ve sayısal tutarlılık prensibi

Hiyerarşi içinde bulunan tüm parçalar birbirleri ile ilgilidir ve hiyerarşiler sayesinde bir faktördeki değişimin diğer faktörleri nasıl etkilediği kolayca görülebilir. AHP' nin hiyerarşik yapısındaki bu esneklik ve etkinlik karar vericiye, karar sürecinde yardımcı olmaktadır. Kararları bu yapıda kurarak; birçok veri türü bir araya getirilebilir, performans seviyelerindeki farklılıklar birbirine uygun hale getirilebilir ve farklı gözüken nesneler arasında karşılaştırma yapılabilir.

Çok kriterli karar vermede esas problem, karar probleminde yeralan seçenekler için birden fazla değerlendirme kriterinin bulunması ve bu kriterlerin önem veya üstünlüklerinin nasıl belirlenmesi gerektiğidir. AHP'de hiyerarşik bir model kurulduktan sonra hiyerarşiyi oluşturan elemanların önem veya üstünlüklerinin belirlenebilmesi için elemanlar arasında ikili karşılaştırmalar yapılır.

Karar verici, hiyerarşiyi kurduktan ve hiyerarşide yer alan elemanların birbirlerine olan önemlerini veya üstünlüklerini ikili karşılaştırmalar sayesinde belirledikten sonra yaptığı değerlendirmelerin tutarlı olup olmadıklarını kontrol etmelidir. AHP ile ikili karşılaştırmaların tutarlılıklarını ölçen bir oran kullanılmakta ve yapılan ikili karşılaştırmalarda tutarsızlık olması halinde karşılaştırmalar yeniden gözden geçirilmektedir. Böylece etkin ve doğru bir karar verilmesi sağlanmaktadır.

3.3.2.2 AHP ile Karar Problemlerinin Çözüm Adımları

AHP ile karar problemlerinin çözüm adımları; hiyerarşinin oluşturulması, karar elemanlarının öncelik değerlerinin belirlenmesi, elde edilen öncelik değerlerinin sentezi ve ikili karşılaştırmaların tutarlılık açısından kontrol edilmesi şeklinde özetlenebilir. AHP yönteminin akış diyagramı Şekil 4'de verilmiştir.

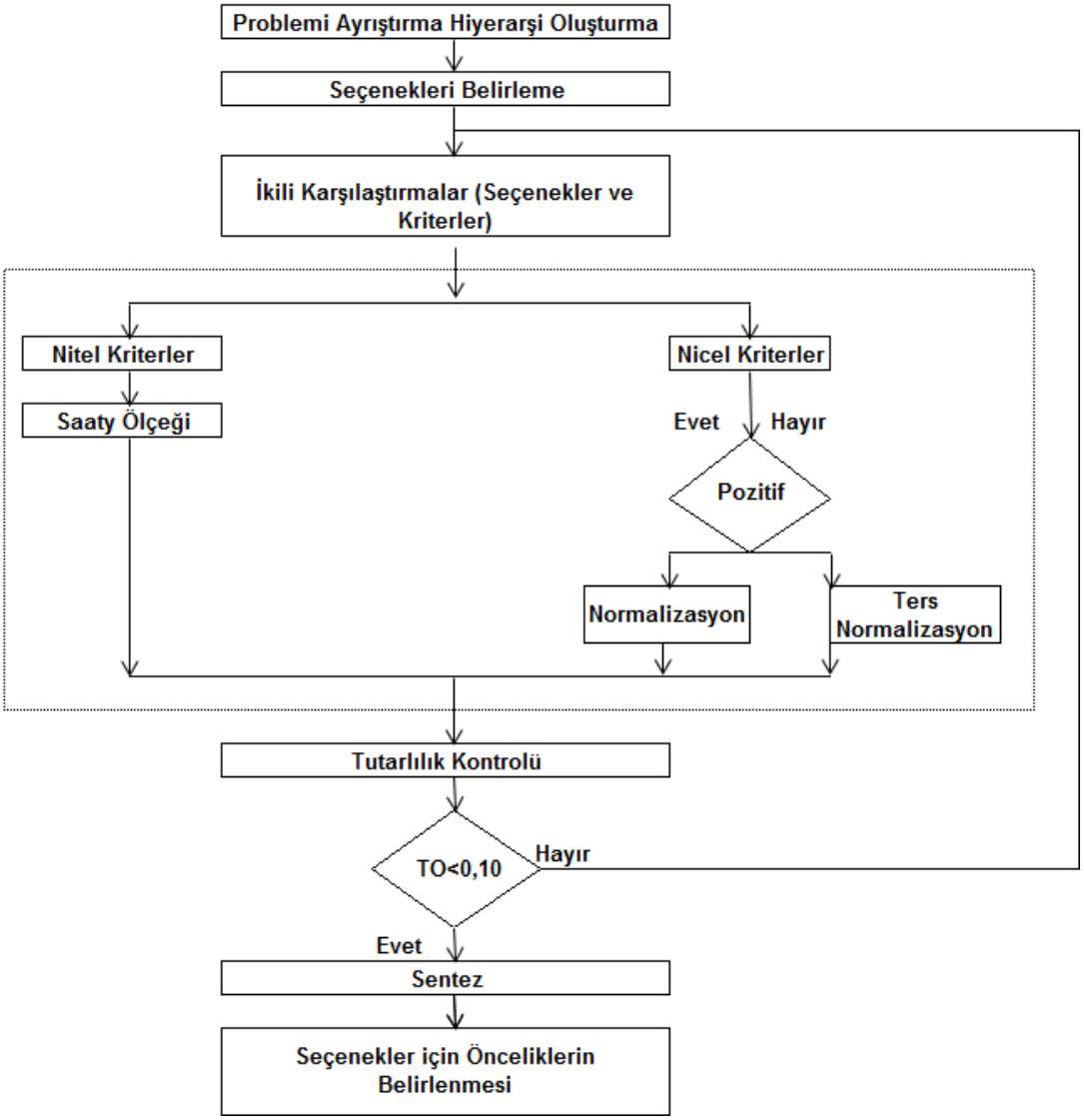
3.3.2.3 Karar Problemine İlişkin Hiyerarşinin Oluşturulması

AHP'nin ilk aşamasında problemin anlamlı şekilde ayrıştırılarak hiyerarşik yapının oluşturulması gereklidir. Karar problemlerini hiyerarşik yapıda değerlendirmek aşağıdaki avantajları sağlamaktadır.

1. Bir sistemin hiyerarşik gösterimi sayesinde hiyerarşinin üst seviyelerinde yer alan elemanlarda olacak değişikliklerin alt seviye elemanlarını nasıl etkilediği kolayca görülebilir,
2. Hiyerarşik olarak düzenlenmiş sistemleri değerlendirmek bir bütün olarak bu sistemleri değerlendirmekten daha kolay ve etkilidir,
3. Küçük değişiklikler, hiyerarşiyi küçük oranlarda etkilemektedir. Bu nedenle hiyerarşiler hem kararlı hem de esnektirler,

4. Hiyerarşiler bir sistem hakkında detaylı bilgi verir ve problemin, sistem yaklaşımı ile ele alınmasını sağlar.

Probleme ilişkin hiyerarşik yapı oluşturulurken problem ile ilgili bilgi ve deneyim gereklidir. Hiyerarşiler yapılandırılırken, aşağıda listelenen hususlar dikkate alınmalıdır.

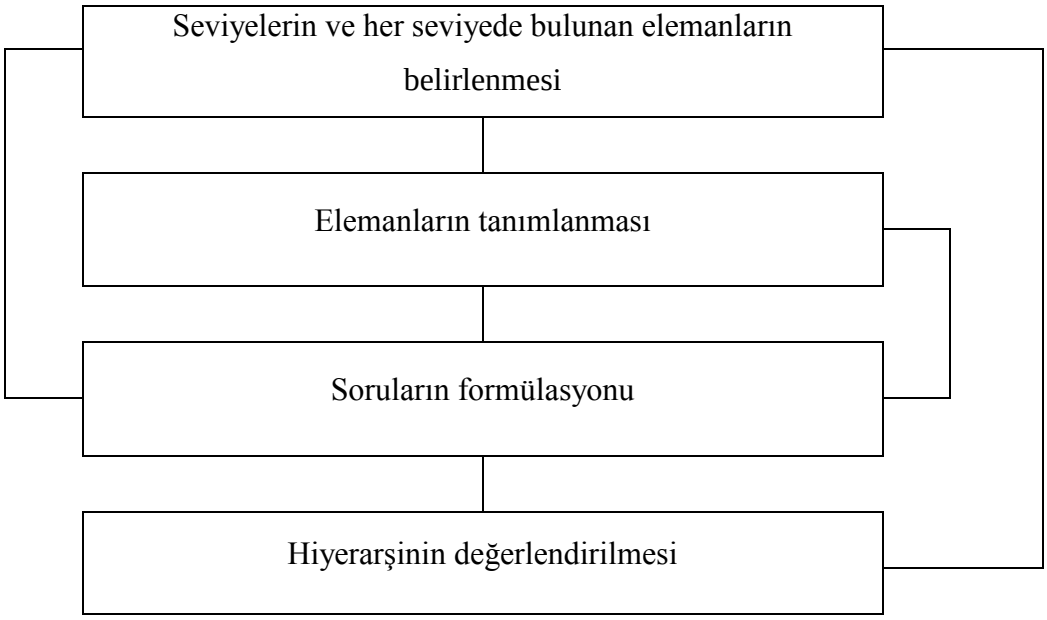


Şekil 4. AHP akış diyagramı.

- Hiyerarşik yapı, problemi en iyi şekilde ifade etmeli,
- Problemi etkileyen tüm faktörler dikkate alınmalı,
- Problemle ilişkili katılımcılar belirlenmelidir.

Hiyerarşi tasarımı, birbiriyle ilişkili fakat birbirini izleyen üç süreçten oluşur. Bunlar; hiyerarşinin seviyelerinin ve hiyerarşide bulunan elemanların belirlenmesi, kavramların tanımlanması ve hiyerarşinin yapılandırılmasıyla ilgili soruların formüle edilmesidir. Birinci adımda tanımlanan seviye ve elemanlar soru aşamasında kullanılır. Eğer karar verici sorulara cevap vermede bir sorun yaşarsa seviye ve eleman tanımlanması revize edilir. Hiyerarşi tasarımında bu şekilde tüm sorular cevaplanabilir nitelikte ve mevcut bilgilerle tutarlı olmalıdır. Şekil 5'de hiyerarşi tasarımı süreci verilmektedir.

Hiyerarşide yer alan kriterler ve alt kriterlerin belirlenmesi için, karar vericinin konuyu çok iyi bilmesi ve seçeneklerin birbirlerine karşı üstünlüklerini belirleyebilecek nitelikte uzmanlık derecesine sahip olması gerekmektedir. Kriterler belirlenirken, karar verici kendi bilgi ve deneyimini kullanabileceği gibi uzman görüşlerine de başvurabilir. Bu amaçla değişik sorgulama yöntemleri kullanarak kriterler hakkında gerekli bilgileri toplayabilir. Kriterler ve alt kriterler belirlendikten sonra potansiyel seçenekler belirlenir. Böylece karar için hiyerarşik yapı oluşturulmuş olur.



Şekil 5. Hiyerarşi tasarımı.

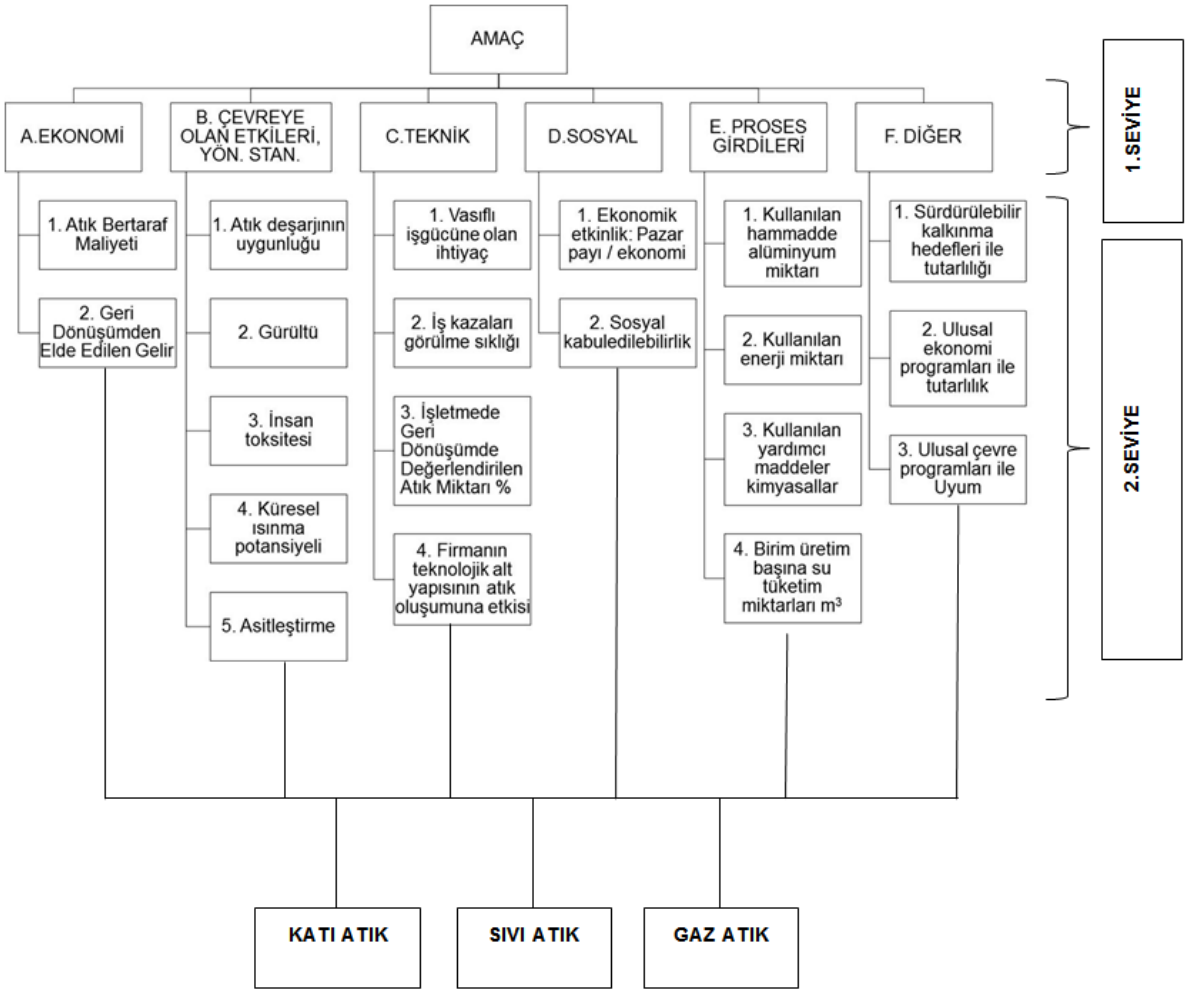
İyi bir hiyerarşi tasarımı için belirlenmesi gereken noktalar aşağıda özetlenmiştir:

1. Genel amacın belirlenmesi,
2. Kriterlerin belirlenmesi,
3. Kriterlerin alt kriterlerinin belirlenmesi,

4. Konuyla ilgili kişilerin belirlenmesi,
5. Seçeneklerin belirlenmesi.

3.3.2.4 AHP ile Kriter Ağırlıklarının Belirlenmesi

Öncelikli atık türlerini belirlemek amacı doğrultusunda projenin 1. Gelişme Raporu döneminde oluşturulan kriterler, alt kriterler ve seçenekler proje kapsamına göre fabrikalarda yapılan incelemeler çerçevesinde tekrar güncellenmiş ve son olarak Şekil 6'da gösterilen hiyerarşik yapı oluşturulmuştur.



Şekil 6. Öncelikli atık türlerinin belirlenmesine yönelik oluşturulan hiyerarşik yapı.

Çalışmanın ikinci 6 aylık döneminde, öncelikli atık türlerinin belirlenmesi için belirlediğimiz kriterlerin birbirlerine olan önem derecelerini belirlemek için proje kapsamında seçilen firma temsilcileri tarafından cevaplanmak üzere kriterlere yönelik soruların bulunduğu bilgi formları hazırlanmış ve temsilcilerden elde edilen cevaplar değerlendirilmiştir. Firma temsilcilerinin

verdikleri bilgiler çerçevesinde ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulmuş, üstünlükler ve özvektör değerleri belirlenmiştir, özvektörün tutarlılığının hesaplanması, hiyerarşik yapının genel sonucunun elde edilmesi işlemleri yapılıp AHP sıralaması bulunmuştur. Bu ikili karşılaştırma matrislerinden elde ettiğimiz sonuçlarda Tablo 3‘de özetlenmiştir. Ayrıntılı analiz tabloları EK A’de verilmiştir (Tablo A1-A7).

Ana ve alt kriterlerin her birisi için ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulmuş ve tutarlılık indeksleri kontrol edilmiştir. Sonuçlar göstermektedir ki yapılan bütün ikili karşılaştırmaların tutarlılık indeksi %10’un altında kabul edilebilir sınırlar içerisindedir yani tutarlıdır.

Tablo 3. Kriterlerin Ağırlıkları

AMAÇ= ÖNCELİKLİ ATIK BELİRLEMEK																				
Ana Kriter Ağırlıkları	0,087		0,397					0,185				0,070		0,218				0,048		
ALTERNATİFLER / KRİTERLER	A- EKONOMİ		B - ÇEVREYE OLAN ETKİLERİ, YÖNETMELİKLER VE STANDARTLAR					C - TEKNİK				D - SOSYAL		E - PROSES GİRDİLERİ				F- DİĞER		
	A1 - Atık Bertaraf ve Geri Dönüşüm Maliyeti (Tl/Ay):	A2 - Geri Dönüşümden Elde Edilen Gelir (Tl/Ay):	B1 - Atık Deşarjının Uygunluğu	B2 - Gürültü (dB)	B3 - İnsan Toksisitesi	B4 - Küresel Isınma Potansiyeli	B5 -Asitleştirme	C1 - Vasıflı İşgücüne olan İhtiyaç	C2 - İş Kazaları Görülme Sıklığı	C3 - İşletmeye Ait Geri Dönüşüm Sisteminde Değerlendirilen Atık Miktar Yüzdesi (%):	C4. Firmanın Teknolojik Alt Yapısının Atık Oluşumuna Etkisi	D1 - Ekonomik Etkinlik Pazar payı / Ekonomi	D2 - Sosyal Kabuledilebilirlik	E1 - Kullanılan Hammadde Aliminyum	E2 - Enerji ve Miktarı Elektrik kw, Doğalgaz m^3	E3 - Kullanılan Yardımcı Maddeler Kimyasallar	E4 - Birim Üretim Başına Su Tüketim Miktarları m^3	F1 - Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri ile Tutarlılığı	F2 -Ulusal Ekonomi Programları ile Tutarlılık	F3-Ulusal Çevre Programlarına Uyumluluğu
KRİTERİN AMACI	MAX	MIN	MIN	MAX	MAX	MAX	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MIN	MAX	MAX	MAX	MAX	MIN	MIN	MIN
Alt Kriter Ağırlıklar	0,500	0,500	0,240	0,050	0,240	0,240	0,220	0,450	0,150	0,170	0,230	0,170	0,830	0,250	0,250	0,250	0,250	0,350	0,170	0,480
Kriterin Genel Ağırlığı	0,044	0,044	0,095	0,020	0,095	0,095	0,087	0,083	0,028	0,031	0,043	0,012	0,058	0,055	0,055	0,055	0,055	0,017	0,008	0,023
KATI ATIK	3797,15	78600	1	86	0,0528	153832	2,28	0,60	0,005	0,85	0,20	0,08	5	0,45	50993	0,13	0,13	0,15	0,20	0,20
ATIKSU	3585,26	0	0,62	83	0,0369	95275	1,59	0,30	0,001	0	0,70	0,08	1	0,36	31395	0,84	0,84	0,30	0,40	0,70
GAZ EMİSYON	417,05	0	0,96	89	0,0531	95105	2,29	0,10	0,000	0	0,10	0,04	3	0,19	30619	0,03	0,03	0,02	0,015	0,10

3.3.2.5 PROMETHEE Yöntemi

PROMETHEE (zenginleştirme değerlendirme için tercih sıralama metodu) 1982 yılında Brans tarafından geliştirilmiş çok kriterli bir öncelik belirleme yöntemidir. PROMETHEE yöntemi, literatürde yer alan mevcut önceliklendirme yöntemlerinin uygulama aşamasındaki zorluklardan yola çıkılarak geliştirilmiş ve günümüze kadar birçok çalışmada kullanılmıştır.

Bu teknik diğer ÇKKV yöntemlerine oranla kavraması ve uygulaması daha kolay olan bir sıralama yöntemdir. Diğer karar analizi yöntemlerinde olduğu gibi PROMETHEE tekniğinde de alternatiflerin çeşitli kriterler açısından değerlendirilerek sıralanması söz konusudur. Alternatifler, kriterler açısından değerlendirilirken her kriterin yapısına uygun olarak seçilen tercih fonksiyonlarından yararlanılır.

PROMETHEE tekniği bankacılık, işgücü planlaması, yatırım kararları, sağlık, ilaç ve kimya endüstrileri gibi birçok alana uygulanmıştır. ELECTRE yönteminde olduğu gibi çeşitli ihtiyaçlara göre PROMETHEE yönteminin de yeni türleri geliştirilmiştir. Literatürde en yaygın kullanılan türleri, bir kısmi sıralama yöntemi olan PROMETHEE I ve bir tam sıralama yöntemi olan PROMETHEE II türleridir.

PROMETHEE tekniğinin uygulanmasında ilk aşama, m tane alternatif ve n tane kriter için, alternatiflerin kriterlere göre performanslarını gösteren $m \times n$ boyutundaki değerlendirme matrisinin oluşturulmasıdır. Alternatiflerin kriter değerleri belirlendikten sonra, her bir kriterin değerlendirme sürecindeki önemini belirten ağırlıkları (w_1, w_2, ...,w_n) belirlenir. Alternatiflerin kriter değerleri ve kriterlerin ağırlıkları belirlendikten sonra PROMETHEE tekniği ile alternatiflerin sıralanması aşağıdaki aşamalardan oluşmaktadır:

- Kriterlerin fonksiyon tiplerinin ve parametrelerinin belirlenmesi,
- Alternatiflerin belirlenen tercih fonksiyonuna göre ikili olarak karşılaştırılması,
- Tercih indekslerinin hesaplanması,
- Pozitif ve negatif üstünlüklerin hesaplanması.

3.3.2.6 TOPSIS Yöntemi

ÇKKV yöntemlerinden biri olan TOPSIS (ideal Çözüme Benzerlik Yaklaşımıyla Tercih Sıralama Tekniği) ilk olarak Hwang ve Yoon (1981) tarafından kullanılmıştır. Bu yaklaşımın temeli, seçilen alternatifin, pozitif ideal çözüme (PIS) en yakın, negatif ideal çözüme (NIS) en uzak mesafede olması esasına dayanır.

TOPSIS metodu ile karar probleminin çözümünde izlenecek adımlar aşağıdaki şekildedir:

1. Adım: Karar matrisinin normalize edilmesi: TOPSIS yönteminde, karar matrisinin normalizasyonunda vektör normalizasyonu kullanılır. Vektör normalizasyonu aşağıdaki eşitlik yardımıyla yapılır:

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{m} x_{ij}^2}} \qquad i = 1,...,m \qquad j = 1,...,n$$

2. Adım: Ağırlıklı karar matrisinin oluşturulması: Alternatifin her kriterden aldığı değer, o kriterin ağırlığı ile çarpılır.

$$v_{ij} = w_{ij}.r_{ij} \qquad i = 1,...,m \qquad j = 1,...,n$$

3. Adım: Pozitif ve negatif ideal çözümlerin bulunması: A* ve A^- ağırlıklı normalize matrisin elemanları arasından seçilir. J_1 fayda kriterleri kümesini, J_2 ise maliyet kriterleri kümesini göstermek üzere, pozitif ideal çözüm ve negatif ideal çözüm aşağıdaki gibi bulunur:

$$A^* = \{v_1^*, v_2^*, ...v_j^*, ...v_n^*\} \quad .. = \left\{\left(\max_i v_{ij} \middle| j \in J_1\right), \left(\min_i v_{ij} \middle| j \in J_2\right) \middle| i \in 1,...,m\right\}$$

$$A^- = \{v_1^-, v_2^-, ...v_j^-, ...v_n^-\} \quad = \left\{\left(\min_i v_{ij} \middle| j \in J_1\right), \left(\max_i v_{ij} \middle| j \in J_2\right) \middle| i \in 1,...,m\right\}$$

4. Adım: Ayrım ölçümlerinin hesaplanması: Ayrım ölçüsü, pozitif ideal çözüme ya da negatif ideal çözüme olan uzaklığı ifade eder. Alternatifler arasındaki uzaklık Öklit bağıntısı ile hesaplanabilir:

Pozitif ideal çözüme uzaklık:

$$S_i^* = \sqrt{\sum_{j=1}^{n} (v_{ij} - v_j^*)^2} \quad i = 1,...,m$$

Negatif ideal çözüme uzaklık:

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^{n} (v_{ij} - v_j^-)^2} \quad i = 1,...,m$$

5. Adım: İdeal çözüme göreli yakınlıkların hesaplanması:

$$C_i^* = \frac{S_i^-}{S_i^* + S_i^-} \quad i = 1,...m$$

6. Adım: Tercih sıralamasının belirlenmesi: En yüksek C_i* değerine sahip alternatif seçilir. Ya da C_i* değerinin büyüklüğüne göre alternatifler arasında sıralama yapılır.

Tüm alternatifler için bu aşamalar yerine getirildiğinde tatmin edici sonuçlara ulaşmak mümkün olmaktadır. Sonuçta elde edilecek puanlar alternatifler arasında farklılığı ve sıralamayı göstermektedir.

3.3.2.7 VIKOR Yöntemi

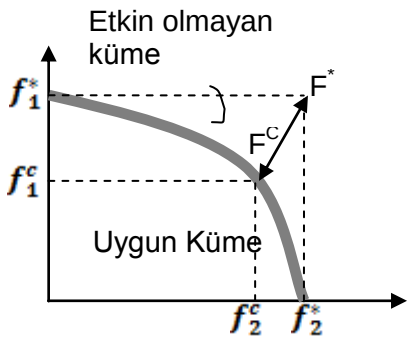
VIKOR (Vise Kriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje); anlamı çok kriterli optimizasyon ve uzlaşık çözüm olan kelimelerin kısaltmasıdır. VIKOR ÇKKV optimizasyonu için geliştirilen bir yöntem olarak, Serafim Opricovic tarafından ilk olarak ortaya atılmıştır. Bu yöntem, 2004 yılında Opricovic ve Tzeng tarafından yapılan çalışma ile literatüre girmiştir. Uygulamalarda belirlenen çözümün tüm kriterleri aynı anda tatmin edememesi durumunda VIKOR karar vericiye "uzlaşık çözüm" ü yani ideale en yakın çözümü sunar. Uzlaşık kavramı ilk olarak Yu (1973) ve Zeleny (1982) ortaya çıkarılan bir kavramdır.

VIKOR aşağıdaki problemi çözmek için geliştirilmiştir:

$$^{mco}_{j}\{(f_{ij}(A_j), j = 1, \ldots, J), i = 1, \ldots, n\}$$

J uygun alternatifin x değişkenlerinden elde edilen j. alternatifinin değeri $A_j = \{x_1, x_2 \ldots\ldots\ldots.\}$, iken $A_j$alternatifinin i. kriter değeri f_{ij} 'dir. n kriter sayısını, mco ise çok kriterli karar verme prosedüründeki uzlaşık alternatifi seçme operatörünü gösterir. Bu yöntem ile uzlaşık sıralama listesi, uzlaşık çözüm ve verilen ağırlıklarla uzlaşık çözümün tercih kararı için ağırlıklandırılmış karar aralıkları elde edilir. Uzlaşık çözüm ideal çözüme olan yakınlık ile belirlenir. Lp-ölçütünün kullanıldığı uzlaşık programlama metodu ile çok kriterli için uzlaşık çözüm elde edilir.

Uzlaşık çözüm F^c, ideal çözüme F^*'a en yakın uygun çözümdür. Uzlaşık terimi, anlaşmanın karşılıklı kabulü anlamına gelmektedir ve Şekil 7'de $\Delta f_1 = f_1^* - f_1^c$ and $\Delta f_2 = f_2^* - f_2^c$ ile gösterilmiştir.



Şekil 7. İdeal ve uzlaşık çözümler

VIKOR yönteminin adımları:

Adım 1: Her bir kriter için en iyi f_i^* ve en kötü f_i^- değerler belirlenir.

$f_i^* = max f_{ij}, f_i^- = min f_{ij},$ eğer i^{th} foksiyon fayda fonksiyonu ise;

$$i = 1,2, \ldots, n$$

$f_i^* = minf_{ij}, f_i^- = maxf_{ij}$ eğer i^{th} foksiyon maliyet fonksiyonu ise;

$$i = 1,2, \dots, n$$

Adım 2: Her bir alternatif için S_j ve R_j değerleri $j = 1,2,\dots,J$ için hesaplanır. w_i kriterlerin ağırlıklarıdır.

$S_j = \sum_{i=1}^{n} w_i (f_i^* - f_{ij}) / (f_i^* - f_i^-)$,

$R_j = max[(f_i^* - f_i^-)/(f_i^* - f_i^-)]$,

Adım 3: Her bir alternatifin, $j = 1,2,\dots,J$, için Q_j değerleri aşağıdaki ilişkiler kullanılarak hesaplanır.

$Q_j = v(S_j - S^*)/(S^- - S^*) + (1 - v)(R_j - R^*)/(R^- - R^*)$,

$S^* = min_j S_j,\ S^- = max_j S_j,\ R^* = min_j R_j,\ R^- = max_j R_j$ ve $0 \le v \le 1$,

v değeri, maksimum grup faydasını sağlayan strateji için ağırlığı ifade ederken, $1-v$ değeri karşıt görüştekilerin minimum pişmanlığının ağırlığını ifade etmektedir. v>0,5 çoğunluğun oyu kuralı; v = 0,5 oybirliği ve v<0,5 veto ile anlamına gelir ve genellikle 0,5 kullanılır.

Adım 4: Elde edilen $S, R\ ve\ Q$ değerleri azalan sıra ile sıralanır. Üç sıralama elde edilir.

Adım 5: en iyi sıralama Q (minimum) değerine sahip olan $(A^{(1)})$ in uzlaşık çözüm olarak önerilebilmesi için aşağıdaki iki koşulu sağlaması gerekir. Bu koşullar, şu şekilde ifade edilebilir.

Koşul 1 (C1) - Kabul edilebilir avantaj: En iyi ve en iyiye en yakın seçenek arasında belirgin bir fark olduğunun kanıtlanmasını içeren koşuldur.

$$Q(A^{(2)}) - Q(A^{(1)}) \ge DQ$$

$A^{(2)}$ Q sıralamasında ikinci olan alternatif, J alternatif sayısı; $DQ = 1/(J-1)$.

Koşul 2 (C2) - Kabul edilebilir istikrar: Elde edilen uzlaşık çözümün istikrarlı olduğunun kanıtlanması açısından şu koşulun sağlanması gerekir: En iyi Q değerine sahip $A^{(1)}$ alternatifi, $S\ ve/veya\ R$ değerlerinden en az bir tanesinde en iyi skoru elde etmiş olmalıdır.

Belirtilen iki koşuldan bir tanesi sağlanamazsa uzlaşık çözüm kümesi şu şekilde önerilir:

- Eğer Koşul 2 sağlanmıyorsa $A^{(1)}$ve $A^{(2)}$ alternatifleri,
- Eğer Koşul 1 sağlanmıyorsa $A^{(1)}$, $A^{(2)}$, ……, $A^{(M)}$alternatifleri. $\mathrm{A}^{(\mathrm{M})}$ maksimum M değeri için aşağıdaki eşitsizlikle ifade edilir:

$$\mathrm{Q}\left(\mathrm{A}^{(\mathrm{M})}\right) - \mathrm{Q}(\mathrm{A}^{(1)}) < \mathrm{DQ}$$

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1 Alüminyum Mamul Üreten İşletmelerin Türkiye ve Kayseri'deki Mevcut Durumu

Kayseri'deki ve Türkiye'deki alüminyum mamul üreten işletmelerin mevcut durumu yapılan anket çalışmaları ile incelenmiştir. Sektör hakkında yapılan literatür çalışmaları ve sektör temsilcileri ile yapılan görüşmeler sonucunda sektörün durumunu ortaya koyacak nitelikte bir anket hazırlanmıştır. Anket temel olarak dört bölümden ve 34 sorudan oluşmakta olup alüminyum mamul üretim sektöründe öncelikli atıkların belirlenmesi ve entegre atık yönetim sisteminin oluşturulmasına yönelik olarak hazırlanmıştır. Alüminyum mamul üretim sektörüne uygulanan anket firmalardan genel bilgiler (personel, iletişim bilgileri, vb) başta olmak üzere özellikle üretim (ham maddeler, ürün miktarı, v.b) ve proses bilgilerini (hangi prosesler uygulanmakta, atık miktarı, v.b) içeren bir temelde hazırlanmıştır.

Anket çalışmaları kapsamında Kayseri Organize Sanayi Bölge Müdürlüğü (KOSB) aracılığı ile Türkiye genelinde 51 Organize Sanayi Bölgesine anketler gönderilmiştir. Organize Sanayi Bölgelerinin bir kısmından anketler için geri dönüş alınamazken, Denizli, Zonguldak, Polatlı, Aksaray, Uşak, Malatya, Afyonkarahisar, Aydın, Isparta ve Bolu Organize sanayi bölgelerinde alüminyum mamül üretim sektöründe faaliyet gösteren firma bulunmadığı şeklinde geri dönüşler alınmıştır. Sac Ankara Organize sanayi Bölgesinde faaliyet gösteren üç, Antalya ilinde faaliyet gösteren iki ve Bursa, Kütahya ve Eskişehir illerinde faaliyet gösteren birer firmadan anketlere geri dönüş alınmıştır.

Bunların yanı sıra, KOSB ve Kayseri KOSGEB Müdürlüğü aracılığı ile aynı anketler Kayseri Organize Sanayi Bölgesi'ne de faaliyet gösteren farklı büyüklüklerde 29 firmaya yönlendirilmiştir. Kayseri'deki anketler gelen geri dönüşlere bağlı olarak birebir görüşmeler ve telefonda görüşmeler ile uygulanmış ve 12 firmanın anket bilgilerini tamamlanması sağlanabilmiştir. Anket çalışmaları gerçekleştirilen tesislerin bir kısmı bilgilerini paylaşmaktan çekinirken, bir kısmı ise anketi dolduracak teknik personelin tesislerinde istihdam edilmediği bilgisini vermiş ve anket çalışmaları sırasında yeterli ve gerekli bilgilerin sağlanmasında bu tür bazı sıkıntılı durumlar ile karşılaşılmıştır. Aynı zamanda alüminyum mamül üretiminde önde gelen İstanbul ili ve bölgesi Organize Sanayi Bölgelerinden bilgi akışı sağlanamamıştır.

Genel olarak anket değerlendirmelerine bakıldığında, alüminyum mamul üretimi yapan tesislerde ekstrüzyon uygulamaları başta olmak üzere yüzey işlemlerin, döküm işlemlerinin ve mimari uygulamaların en çok uygulanan prosesler olduğu tespit edilmiştir. İşletmelerde hammadde olarak ağırlıklı olarak ham alüminyum (%80) kullanıldığı az da olsa atık hurda alüminyum (%20) kullanan firmalarında olduğu belirlenmiştir. İşletme büyüklüklerinin değerlendirildiği anket sorularına alınan yanıtlara göre de ülkemizde, özellikle Kayseri'de sektörün ağırlıklı olarak %70'lik bir kısmının yıllık 1000-50000 ton üretim kapasitesine sahip olan tesislerden oluştuğu görülmektedir. Bu da tesislerin genellikle küçük ve orta büyüklükte olduğunu göstermektedir.

İşletmelerde uygulanan üretim prosesleri detaylı olarak incelendiğinde ise; genelleme yapmak çok doğru olmayıp, tüm alüminyum mamül üretim temel işlem proseslerinin (kromatlama, boyama, presleme, sertleştirme, tavlama, eritme, asit-baz uygulaması) tesislerde farklı kombinasyonlarla uygulama yaptıkları tespit edilmiştir. Bu noktada işletmelerde uygulanan temel proseslere bakılarak ortaya çıkabilecek atıkların niteliği ve niceliği konusunda bir değerlendirme yapmak da mümkün görünmemektedir.

İşletmelerdeki su ve enerjinin hangi yollardan sağlandığına yönelik olarak yapılan anket değerlendirmelerinde de işletmelerin %50'sinin proses sularını doğrudan temin ettikleri sudan sağladıkları ve geri kalan kısmının bir yumuşatma prosesi uygulaması sonrası kullandığı belirlenmiştir. Bu durum tesislerde uygulanan alüminyum işleme prosesleri ile doğrudan ilişkilidir. İşletmelerde kullanılan aylık su miktarlarına bakıldığında küçük ve orta büyüklükte işletmelerin ağırlıklı olduğu değerlendirildiğinde sektörün %94'lük bir kısmının 5000 tonun altında su tükettiği bilgisine ulaşılmıştır. Anket yapılan işletmelerde enerji ihtiyacının büyük bir çoğunluğunun doğal gaz ve elektrikten sağlandığı tespit edilmiştir.

Atık değerlendirmeleri başlığı altında anketlerde sorulan sorularda ilk olarak sektörde atıksuyun yönetim şekli değerlendirilmiştir. Buradan elde edilen sonuçlar çevresel açıdan çok uygulanabilir nitelikte olmadığı tespit edilmiştir. Anket yapılan tesislerden % 70'inin oluşan atıksuyunu direkt olarak kanalizasyona deşarj ettiği, %5 lik bir kısmının bir ön arıtım uygulaması yaptığı ve %25'inin bir atıksu arıtma tesisinin var olduğu verilerine ulaşılmıştır.

4.2 Kayseri'de Seçilen İşletmelerde Atık/Atıksu Karakterizasyonu ve Su/Enerji Kullanımı

Anket sonuçları ve değerlendirmeleri neticesinde projede sektöre yönelik öncelikli atık türünün belirlenmesi ve entegre atık yönetimi çalışmaları yapmak üzere üretim kapasiteleri gözönünde bulundurularak büyük orta ve küçük ölçekte Kayseri'de faaliyet gösteren üç firma seçilmiştir. Seçilen firmalarda atık türleri ve karakterizasyonları yapılmıştır. Belirlenen firmalara ait veriler gizlilik nedeni ile gelişme raporunda firma isimleri yerine kodlanarak kapasitesine göre büyükten küçüğe doğru Firma A, Firma B ve Firma C olarak verilmiştir.

4.2.1 Firma A

4.2.1.1 Tesis Tanıtımı

Firma A, KOSB içinde yeralan üretim kapasitesi ve çeşitliliği bakımından 4 büyük firmadan birisidir. Firma 2003 yılında KOSB'de faaliyetlerine başlamış olup, yıllık 11.520 ton alüminyum profil üretim hacmi bulunmaktadır. Tesis bünyesinde mevcut olan kalıphane ünitesinde özel profil kalıpları üretilmekte, standart ebatlarda profiller sunmanın yanı sıra, özellikle sanayici müşterilerinin talep ve toleransları doğrultusunda, ürün şekillendirme proseslerini gerçekleştirerek (CNC Ortamında) mamul ve yarı mamul ürünleri üretmektedir. Standart ve işlenmiş profillerin yüzeyleri için, tesiste mevcut olan yıllık 7500 ton kapasiteli eloksal ve yıllık 3000 ton kapasiteli elektrostatik toz boya tesislerinde renkli ürünler temel ürün portfoyünü oluşturmaktadır. Ayrıca, polisaj, satinaj ve kumlama üniteleri ile alüminyum ürünlerin yüzeyleri de işlenmektedir. Seri üretimde de doğrama, sürme ve cephe profilleri ile hizmet vermektedir. Tesiste temel olarak 5 bölüm bulunmaktadır:

- Kalıp Yapım Ünitesi
- Ekstrüzyon
- Eloksal Kaplama Ünitesi
- Profil İşleme Ünitesi
- Elektrostatik Boya Ünitesi

Firma oldukça geniş ürün yelpazesine sahip olup, ürünler arasında;

- Standart profiller
- Mobilya, Kulp, Menteşe ve Aksesuar Profilleri
- Radyatör, Havlupan ve İnfrared Isıtıcı Profilleri
- Reklam ve Aydınlatma Profilleri
- Beyaz Eşya Profilleri
- Raf Sanayi Profilleri
- Makina Sanayi Profilleri
- Sigma Profiller
- Soğutma Sanayi Profilleri
- Güneş Enerjisi Profilleri
- Küpeşte Profilleri
- Otomotiv Sanayi Profilleri
- Klima ve Menfez Sanayi Profilleri
- Cam Balkon Profilleri
- Bölme Duvar ve Panjur Profilleri
- Duş Kabini Profilleri
- Perde Sistemleri ve Diğer Sektörlerde Kullanılan Profiller
- Doğrama Profilleri
- Otomatik Kapı Profilleri
- Sineklik Profilleri

yer almaktadır.

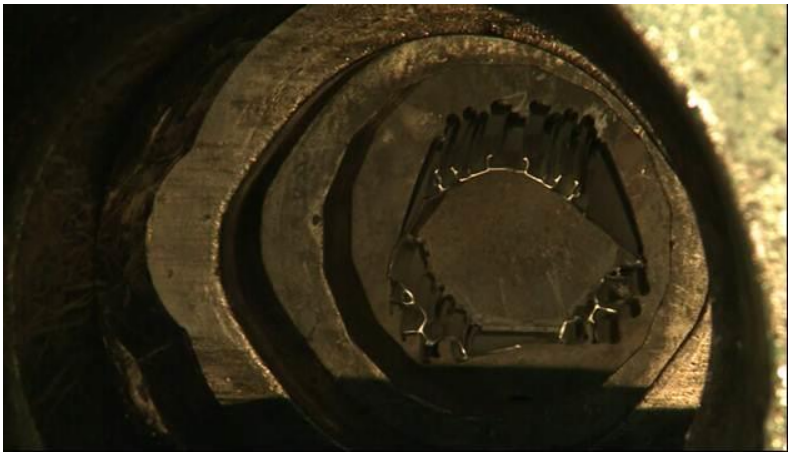
4.2.1.2 Üretim Bilgileri

Firma imalat hammaddesi olan alüminyumu yurtiçi ve yurtdışından temin etmektedir. Alüminyum hammaddesi tedarikçilerden billetler halinde tesise gelmektedir (Şekil 8). Billetler halindeki alüminyum tavlama ünitesinde 430-450 0C'ye kadar ısıtılır, daha sonra ekstrüzyon presten kalıba basılarak 25'ye kadar alüminyum profil elde edilir (Şekil 9). Ekstrüzyon işleminin devamında soğutma, germe ve kesme gibi şekil verme işlemleri yapılmaktadır (Şekil 10). Kesme işleminden sonra (Şekil 11), müşterinin talebine göre yarı mamul halinde olan alüminyum ürünler direk sevk edilebilirler ya da termikleme ve mekanik işlemlerden sonra sevk edilebilirler. Tam mamul haline getirilmek istenen ürünler termiklemeden sonra toz boyama veya eloksal kaplama proseslerine tabi tutulmaktadır.

Alüminyum profiller termikleme ünitesinde 180 ^{0}C'de 8 saat tutularak yaşlandırma işlemi gerçekleştirilir. Yaşlandırılan profiller mekanik işlem, toz boyama veya eloksal proseslerine gönderilmektedir. Eloksal prosesinden önce müşterinin isteğine göre kumlamadan sonra (Şekil 12), parlıklık için polisaj (Şekil 13) veya mat görünüm için satinaj işlemleri yapılmaktadır. Toz boyama ve eloksal proseslerinde beyaz, kahverengi, yeşil, sarı ve siyah renklerde ürünler elde edilmektedir.

Firmanın genel üretim akım şeması Şekil 14'de verilmektedir.

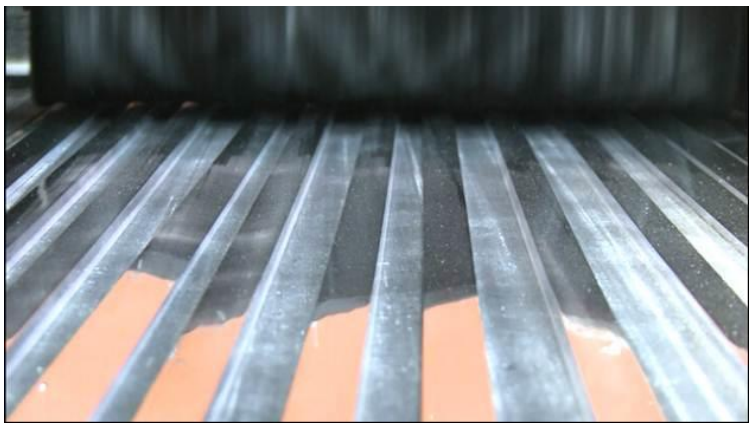
Şekil 8. Hammadde- Alüminyum Billetler



Şekil 9. Ekstrüzyon İşlemi

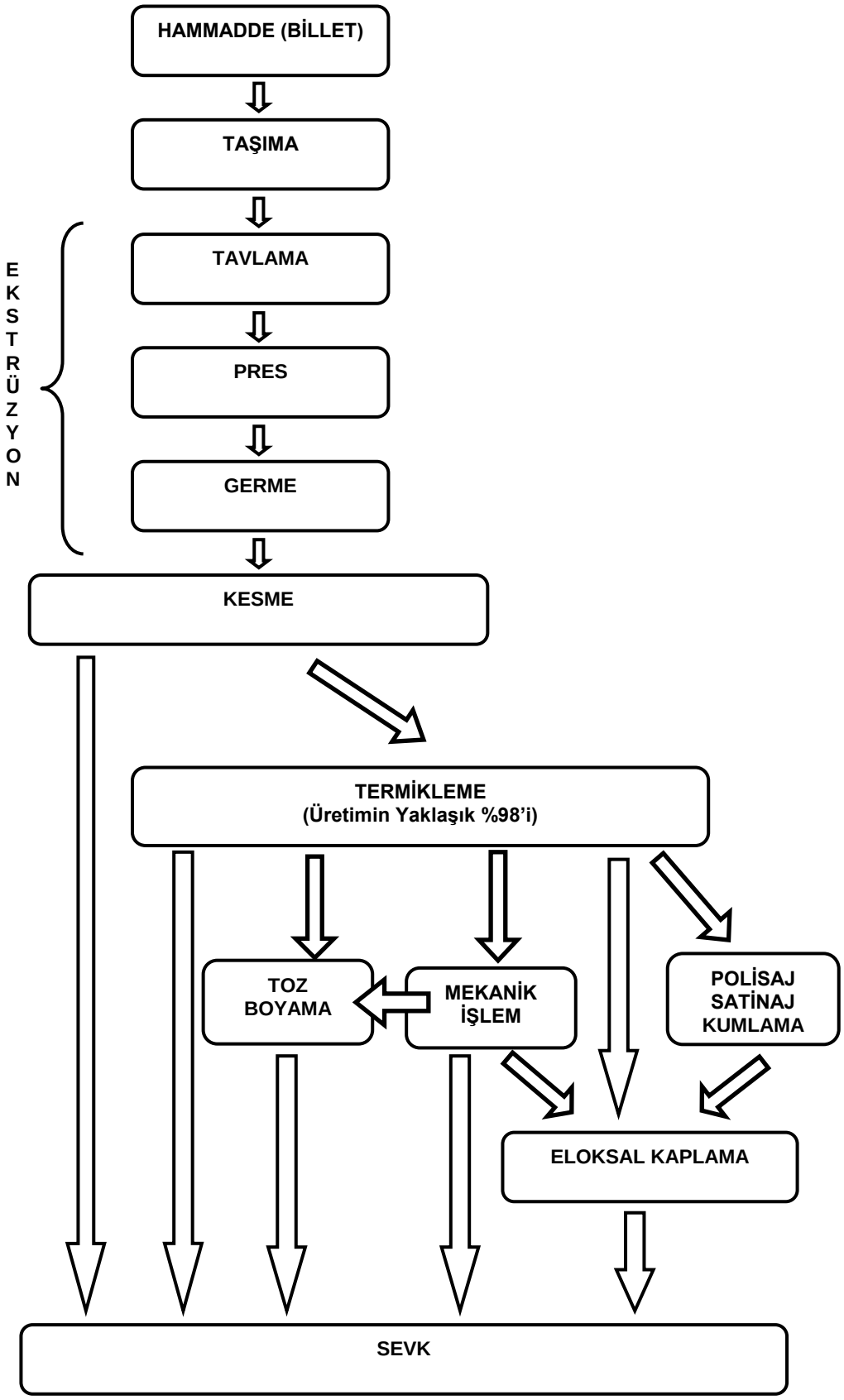
Şekil 10. Germe İşlemi

Şekil 11. Kesme İşlemi



Şekil 12. Kumlama İşlemi

Şekil 13. Polisaj İşlemi



Şekil 14. A Firmasının Üretim Akım Şeması

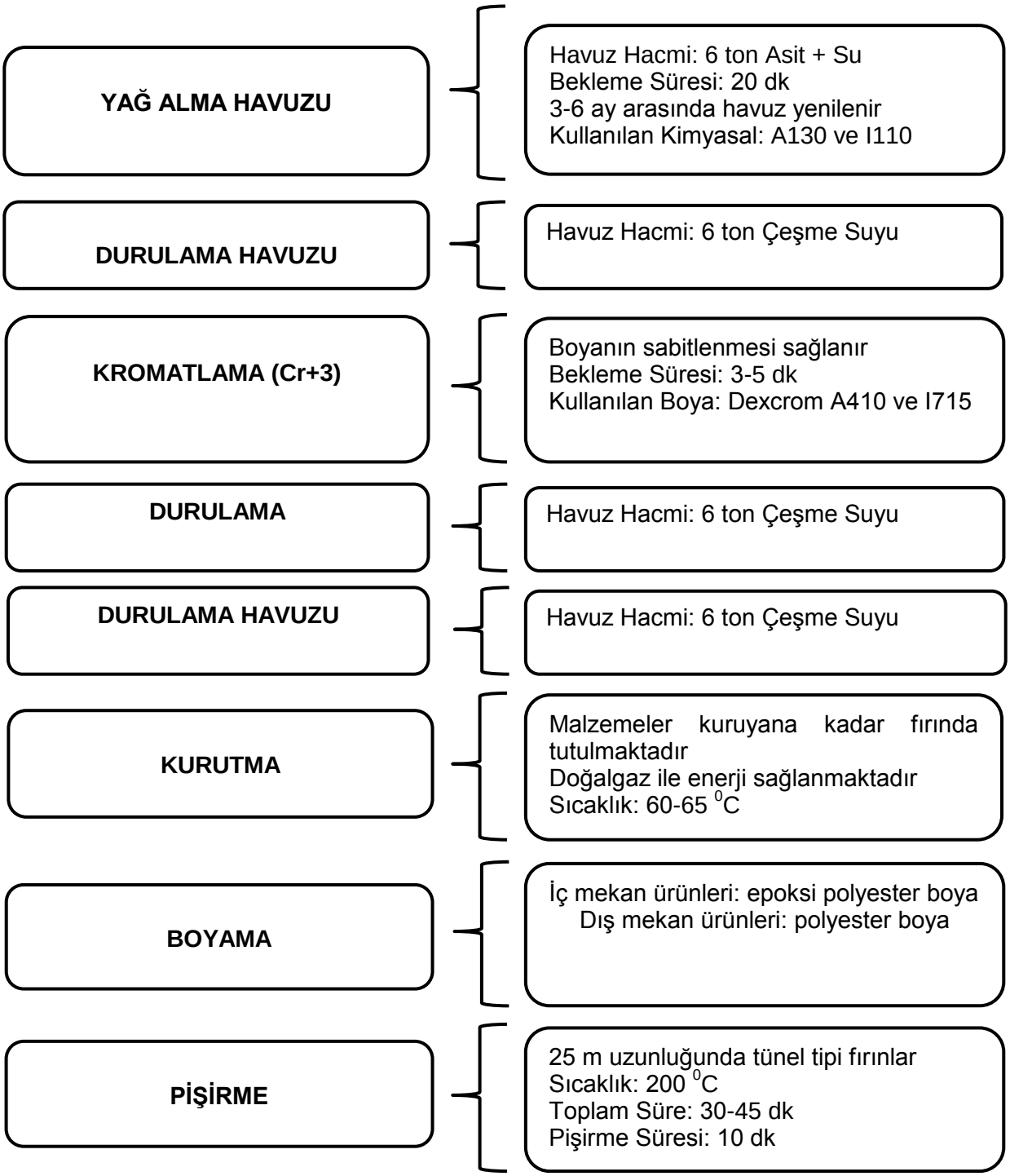
Elektrostatik Toz Boyama Prosesi

A Firması, elektrostatik toz boya tesisinde RAL renklerinde tribo ve corona sistemli, özel robotik boya tabancaları kullanılarak hem kendi ürettiği hem de fason profillerin kaplamalarını yapmaktadır. Tünel tipi fırınlar 25 metre uzunluğundadır. Hassas filtreler kullanılarak boyanan ürünler üzerinde toz partiküllerinin oluşması engellenmektedir.

Alüminyum yüzeyine boya tatbikinden önce, yüzeyin temizlenmesi ve boyanın yüzeye sabitlenmesi için ön işlemlerden geçirilmektedir. Ön işlem sırasında, yüzeye korozyonu önleyici bir özellik de kazandırılır. Ön işlemler, yağ alma, durulama, kromatlama ve kurutma işlemlerinden oluşmaktadır. Bu işlemlerden sonra elekrostatik toz boya ile değişik renklerde boyama işlemi yapılır (Şekil 15). Boyama bölümüne gelen profiller ön işlemler için öncelikle statik olarak yüklenirler. Daha sonra alüminyum parçaları yüklenmek üzere askıya dizilirler. Burada sırasıyla boya (-) yükle yüklenirken askıdaki alüminyum parçalar (+) yükle yüklenmektedir. Burada bulunan değişik boya tüplerine bağlı kablolar içerisinden boya tabancaları ile boya iletilir ve boyama işlemi gerçekleştirilmektedir. Sonrasında 200°C'ye ısıtılmış kurutma (tünel) fırında 10 dk süreyle pişirilerek ürün haline getirilmektedir (Şekil 16). Müşterinin isteğine göre bu malzemeler sevkiyat bölümüne gönderilir ya da montaj vb. işlemler için tesisteki diğer ünitelere gönderilir. Prosesin şeması ve işlemler ile ilgili detaylı bilgiler Şekil 17'de gösterilmektedir.

Şekil 15. Elektrostatik Toz Boyama

Şekil 16. Pişirme İşlemi



Şekil 17. Elektrostatik Toz Boyama Prosesi Akım Şeması

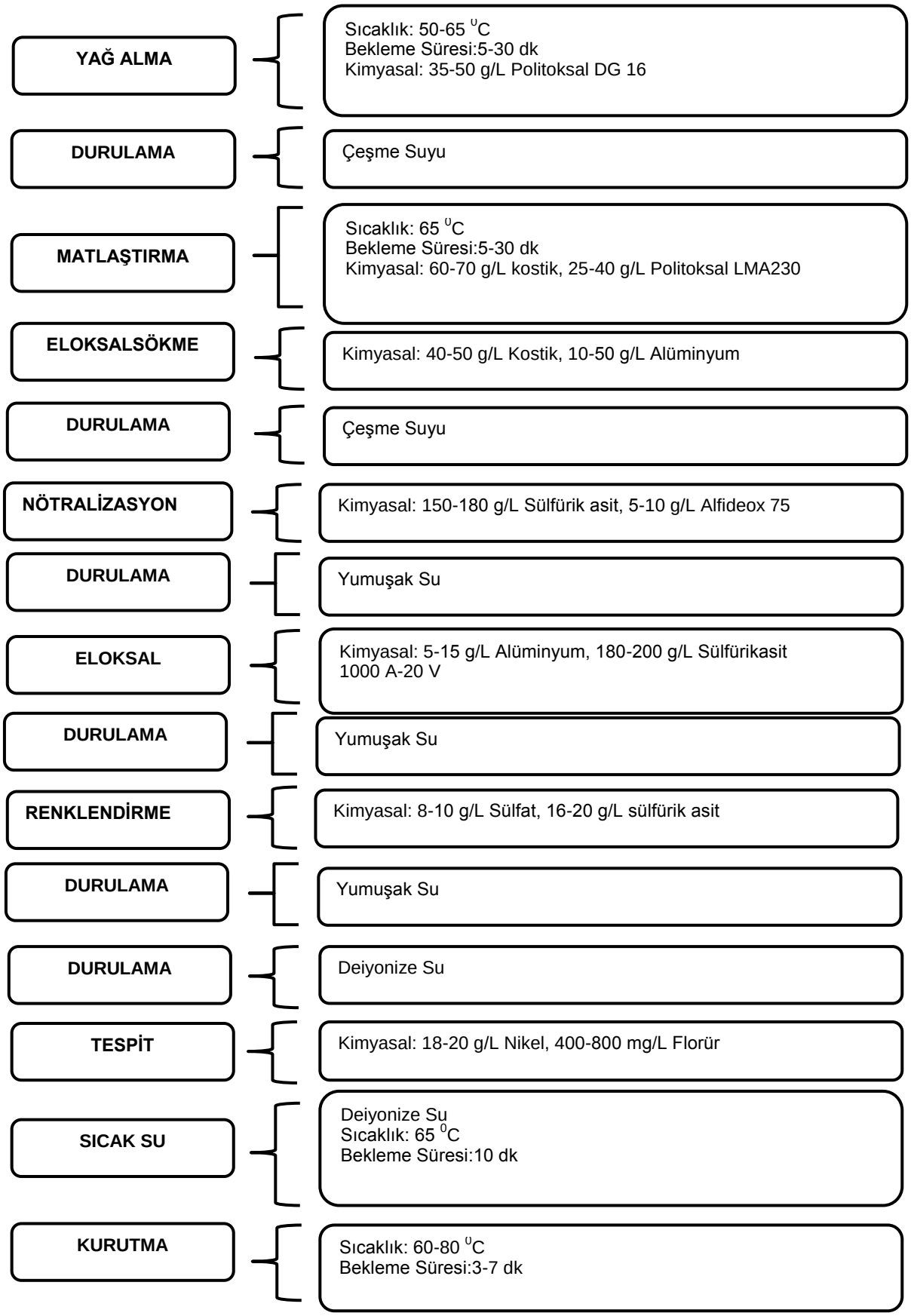
Eloksal (Anodik Oksidasyon) Prosesi

Mimari amaçla üretilen alüminyum profillerin görünüş bakımından estetik olmaları tercih edilir ve uzun yıllar kullanım sonrasında görünüm ve renginin bozulmaması istenir. Gerçekte,

alüminyum kendi tabiatı icabı var olan tabii oksit tabakası, alüminyumu ona hiçbir işleme gerek kalmadan yıllarca korozyona karşı korusa da, bu tabakanın (1-2 mikron kalınlığında) kalınlığının daha da artırılarak (10-25 mikron) görünüşünün korunması garantiye alınır. Bu işlem, ingilizce kökenli "anodik oksidasyon" (anodizing, anodic, oxidation) veya almanca kökenli "eloksal" (eloxal) olarak bilinmektedir. Anodik oksidasyon elektrolitik bir işlemdir ve birçok metotları vardır. Prensipte, alüminyum profiller, asitli bir elektrolit çözünmeye uğrar ve profilin yüzeyinde bir oksit tabakası oluşur. Bu tabaka cam gibi saydamdır. Alüminyumu korozyondan koruyan bu tabakadır.

Tesiste eloksal prosesi, alüminyum profillerin çeşitli kimyasalların kullanıldığı kaplama, tespit, renklendirme ve durulama işleminin gerçekleştirildiği toplamda 27 havuzdan oluşmaktadır. Şekil 18'de eloksal prosesinin akım şeması verilmektedir. Tesiste, durulama havuzları ve eloksal havuzları aynı özelliklerde ardışık olarak tekrar ettiğinden dolayı akım şemasında hepsi gösterilmemiştir. Şekil 19'da eloksal prosesinden bir görünüş yeralmaktadır.

Eloksal kaplama ünitesinde öncelikle yağ alma banyosuna giren alüminyum, sonrasında durulama banyosuna girer. Müşterinin isteğine göre matlaştırma isteniyorsa alüminyum matlaştırma banyosuna girer. Hatalı işlemlerin geri dönüşünü sağlamak amacıyla sökme banyosu bulunmaktadır. Yağ alma ve matlaştırmadan sonra durulama banyosu, yıkama, nötralizasyon banyosu yer almaktadır. Üniteye adını veren eloksal havuzları bu işlemlerden sonra gelmektedir. Artı eksi akım kolları bulunan havuzlar 9000 amper gücünde akımla alüminyumun yapay oksitlenmesi sağlanır. Bu işlemlerden sonra renklendirme yıkamaları gelmektedir. Bu banyolarda da alternatif akım kullanılmaktadır. Sonrasında deiyonize saf su banyosuna giren alüminyum, arkasından sert suya batırılır, ara durulamayı izleyen işlemden sonra tespit banyoları yer almaktadır. Tespit banyolarından çıkan alüminyum sıcak su banyolarında yaşlandırma yapılarak sertleştirme sağlanır. Tespit banyoları ikiye ayrılır. Sıcak tespit safsu ile yapılırken, soğuk tespit kimyasallarla yapılır. Nötralizasyon banyolarında yükü sabitlemek için H_2SO_4 ve su (185 ^{0}C'de) kullanılmaktadır. Aynı zamanda banyo içinde Mg, Si, Fe, Cu elementlerinin yüzeyi siyahlaştırması sebebiyle, bu maddelerin nötralizasyon banyolarında uzaklaştırılmarı gerekmektedir.



Şekil 18. Eloksal Prosesi Akım Şeması

Şekil 19. Eloksal İşlemi

4.2.1.3 Üretim Verileri

A Firmasına ait yıllık ortalama alüminyum hammadde tüketimi ve üretim miktarları Tablo 4'te verilmektedir.

Tablo 4. A Firmasının 2012 Yılına Ait Yıllık Ortalama Alüminyum Tüketimi ve Üretimi

Proses Üretim Ve Hurdalar	**Açıklama**	**Yıllık Ortalama (Kg)**
Profil Üretim (PR-1800)	Kullanılan Takoz	34.46013
	Profil Üretimi	2.903.204
	Hurda	542.808,7
	Fire Oranı	0,16
Profil Üretim (PR-1460)	Kullanılan Takoz	2.121.086
	Profil Üretimi	1.806.614
	Hurda	314.472
	Fire Oranı	0,15
Profil Üretim (PR-800)	Kullanılan Takoz	640.289
	Profil Üretimi	531.990,9
	Hurda	108.298,1
	Fire Oranı	0,17
Genel	Kullanılan Takoz	6.207.388
	Profil Üretimi	5.241.809
	Hurda	965.578,8
	Fire Oranı	0,16
Eloksal Üretim		
Eloksal Hurdasi		3.095.754
Eloksal Bölümü Fire Oranı		2.4776,53
İşlenmiş		0,01
İşlenmiş (Kesim Fireleri+Diğer)		2.974.743

İşlenmiş Ürünler Fire Oranı		113.660,2
Boyahane Bölümü		0,04
Boyahane Bölümü Hurda		727.099,2
Boyahane Bölümü Hurda Oranı		5.170,3
Kalite	Müşteri İadeleri (Gelen Toplam Miktar)	0,01
	Hurdaya Ayrılan Miktar	33.997
Aylık Sevkiyatlar		13.563,61
İade Oranı		4.873.141
Paketlemenin Ayırdığı Hurdalar		0,01
Kalite	Diğer Üretim Hurdaları	20.908,4
Tüm Birimler	Genel Hurda	34.854,51
Genel Fire Oranı		1.178.079
Çıkan Talaş Miktarı		0,19
Talaş + Genel Hurda		28.988
Fabrika Genel Hurdası		120.7067
Satılan Talaş Miktarı		0,19
Ara İşe Giden Hurda		
Satın Alınan Hurda		1.546.766
Satın Alınan Talaş Hurdası		243.412,8

4.2.1.4 Su ve Enerji Tüketim Verileri

Tesiste 2012 yılında ait aylık su, doğalgaz ve elektrik tüketimleri ve birim üretim başına tüketilen su ve enerji miktarları Tablo 5, 6 ve 7'de görülmektedir. Tablolardan görüldüğü üzere, birim kg alüminyum profil üretimi başına sırası ile 0,02 m^3 su, 0,14 m^3 doğalgaz ve 0,97 kWh elektrik tüketilmektedir. Literatürde, alüminyum mamul üretimi için su ve enerji tüketim miktarları bildirilmediğinden benzer tesisler için karşılaştırma olanağı bulunamamıştır.

Tablo 5. Tesisin Aylık Su Tüketimleri ve Birim Profil Üretimi Başına Tüketilen Su Miktarları

Aylar	**Tüketim miktarı (m^3)**	**Profil Üretim (kg)**	**Birim Profil Üretim Başına Tüketilen Su (m^3/kg)**
Ocak	5.417,00	391.987,00	0,01
Şubat	5.436,00	393.097,00	0,01
Mart	5.678,00	454.012,00	0,01
Nisan	6.983,00	472.479,00	0,01

Mayıs	7.300,00	459.303,20	0,02
Haziran	7.862,00	440.131,00	0,02
Temmuz	9.929,00	443.864,00	0,02
Ağustos	7.609,00	394.870,00	0,02
Eylül	8.001,00	367.398,00	0,02
Ekim	6.215,00	422.430,00	0,01
Kasım	8.508,00	526.208,00	0,02
Aralık	8.684,00	476.030,00	0,02
Ortalama	7.301,83	436.817,43	0,02

Tablo 6. Tesisin Aylık Doğalgaz Tüketimleri ve Üretim Başına Tüketilen Doğalgaz Miktarları

Aylar	**Tüketim miktarı (m^3)**	**Profil Üretim (kg)**	**Birim Profil Üretim Başına Tüketilen Doğalgaz (m^3/kg)**
Ocak	61.252,26	391.987,00	0,16
Şubat	62.721,12	393.097,00	0,16
Mart	63.548,74	454.012,00	0,14
Nisan	69.563,94	472.479,00	0,15
Mayıs	56.714,44	459.303,20	0,12
Haziran	57.004,87	440.131,00	0,13
Temmuz	54.772,44	443.864,00	0,12
Ağustos	51.655,33	394.870,00	0,13
Eylül	52.548,42	367.398,00	0,14
Ekim	59.173,89	422.430,00	0,14
Kasım	71.467,95	526.208,00	0,14
Aralık	78.864,41	476.030,00	0,17
Ortalama	61.607,32	436.817,43	0,14

Tablo 7. Tesisin Aylık Elektrik Tüketimleri ve Üretim Başına Tüketilen Elektrik Miktarları

Aylar	**Toplam Tüketim miktarı (kW)**	**Profil Üretim (kg)**	**Profil Üretim Miktarı Başına Harcanan Elektrik (kWh/kg)**
Ocak	366.432,00	391.987,00	0,93
Şubat	405.064,80	393.097,00	1,03
Mart	406.274,40	454.012,00	0,89
Nisan	457.115,40	472.479,00	0,97
Mayıs	438.555,60	459.303,20	0,95
Haziran	429.332,40	440.131,00	0,98
Temmuz	413.645,40	443.864,00	0,93
Ağustos	380.079,00	394.870,00	0,96
Eylül	391.267,80	367.398,00	1,06
Ekim	410.621,40	422.430,00	0,97
Kasım	518.578,20	526.208,00	0,99
Aralık	467.132,40	476.030,00	0,98
Ortalama	423.674,90	436.817,43	0,97

4.2.1.5 Atık Türleri ve Karakteristikleri

Tesis içinde atık türleri genel olarak atıksu, katı, ve gaz atıklar olmak üzere 3 ana başlık altında incelenmiştir.

Atıksu

Tesis içinde atıksu kaynakları; elektrostatik toz boyama öncesi alüminyum profillerin temizlenmesi için kullanılan banyolardan ve eloksal prosesindeki banyolardır. Her iki proseste de durulama banyoları dışındaki kimyasal banyoları genel olarak 3-6 ay arasında tamamen boşaltılmaktadır. Elektrostatik toz boyamada 2 adet eloksal kaplamada 7 (6 adet kaskat şeklinde birbirleri ile bağlantılı) adet olmak üzere süreki akış olan toplam 9 adet durulama banyosu bulunmaktadır. A Firması, Kayseri OSB'de bulunan diğer tesisler gibi önceki yıllarda atıksularını belediyeye ait kanalizasyona deşarj etmekteydiler. Ancak, KOSB'ye ait son

zamanlarda inşası tamamlanan atıksu arıtma tesisinin içinde bulunduğumuz yıl işletmeye alınmasının planlanması nedeni ile Firma geçtiğimiz yıl tesis içinde atıksularını ön arıtma amacı ile koagülasyon, flokülasyon ve çökeltme proseslerini içeren bir atıksu arıtma tesisi (AAT) kurmuştur. AAT'ne eloksal kaplama prosesi ve elektrostatik toz boyama atıksuları verilmektedir. Tesise durulama havuzlarından sürekli akış olmaktadır. Tesise ait atıksuların incelenmesi ve değerlendirilmesinde AAT giriş atıksuyu da diğer atıksularla birlikte proje kapsamında ele alınmıştır.

Elektrostatik toz boyama ve eloksal proseslerinde bulunan her bir banyodan ve durulama banyolarından gelen atıksu karışımdan atıksu örnekleri alınmış ve fiziko-kimyasal karakterizasyonları yapılmıştır. Laboratuvar analizleri sonucunda elde edilen sonuçlar Tablo 8 ve Tablo 9'da verilmektedir. Tablo 8'de atıksuların genel fizikokimyasal özellikleri, Tablo 9'da ise ağır metal değerleri bulunmaktadır. Her iki prosesinin atıksuları 31 Aralık 2004 tarih ve 25687 sayılı Resmi Gazete'de yayınlanan "Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nin (SKKY) Endüstriyel Atıksuların Alıcı Ortam Deşarj Standartları'na göre değerlendirilmiştir. Alüminyum döküm, şekillendirme ve elektrolit kaplama faaliyetlerini göstermesi nedeni ile A Firması atıksularının değerlendirilmesinde, yönetmeliğin 15.5 ve 15.17 tabloları (EK-B) dikkate alınmıştır. Tesisteki mevcut durulama havuzları haricinde diğer havuzlardan sürekli deşarj olmamaktadır. Bundan dolayı, atıksu değerlerinin deşarj standartları ile karşılaştırılmasında tesise ait konvansiyonel atıksu arıtma tesisine (AAT) verilen atıksu değerleri daha belirleyici olacaktır. Diğer taraftan belli zamanlarda (3-6 ay) her bir havuzun temizlenmesi nedeni ile bu havuzlardan da deşarj yapılacaktır. Dolayısı ile bu havuzların atıksu özellikleri de uzun vadeli atık değerlendirme sürecinde önemlidir.

Tablo 8'den görüldüğü üzere eloksal prosesi ve elektrostatik toz boyama proseslerinin havuzlarından alınan numunelerde pH 0 ile 13,5 arasında değişmektedir. Havuzlarda pH çok yüksek ve çok düşük değerlerdedir. Analiz sonuçlarına göre, her iki tabloda belirtilen pH değerlerine göre, tespit-3 ve sıcak su havuzları dışında tesisteki havuzların hiç birinde pH değerleri sağlanmamaktadır. Her iki tabloda da iletkenlik ile ilgili bir sınırlama bulunmasa da, havuzlarda iletkenlik değerleri de oldukça yüksektir. Askıda katı madde (AKM) sonuçlarına göre, yağ alma, matlaştırma, eloksal sökme, eloksal sonrası ön durulama ve AAT atıksuları standartları sağlamamaktadır. KOİ açısından, yağ alma, durulama, nötralizasyon, renk, renk durulama ve toz boyama prosesinde kromat ve yağ alma atıksuları SKKY-Tablo 15.17'ne

sınır değerleri aşmaktadır. Diğer taraftan, SKKY-Tablo 15.5 göre ise bu havuzlara ek olarak matlaştırma havuzlarının KOİ değerleri de sınır değerlerinin üstündedir. Tüm havuzların yağ-gres değerleri standartları sağlamamaktadır. Tespit havuzlarının florür değerleri de sınırın üstündedir.

Tablo 8. Eloksal ve Elektrostatik Toz Boyama Prosesleri Atıksularının Fizikokimyasal Özellikleri

Havuz Adı	**pH**	**İletkenlik (µS/cm)**	**AKM (mg/L)**	**KOİ (mg/L)**	**TOK (mg/L)**	**Yağ-Gres (mg/L)**	**Florür (mg/L)**
ELOKSAL PROSESİ							
Yağ Alma	10,8	16350	280	2691	5,2	5536	-
Yağ Alma Durulama	8,8	279	94	0	1,9	1300	-
Matlaştıma - 1	13,2	25900	1011	126	583	2518	-
Matlaştırma - 2	13,4	26600	1146	130	736,7	916	-
Eloksal Sökme	13,5	93100	334	75	365,1	542	-
Ön Durulama	11,7	2270	212,5	0	24,2	1592	-
Durulama	9,9	298	30,5	321	2,9	2434	-
Nötralizasyon	0,8	_	118	597	0,5	1164	-
Nötralizasyon Durulama	1,1	19010	26	32	2,4	3656	-
Eloksal -1	0,6	_	23	0	4,9	1398	-
Eloksal - 2	0,6	_	92,5	0	4,8	1412	-
Eloksal Durulama	1,2	21750	16	0	1,1	1908	-
Eloksal - 3	0,6	_	52	0	3,3	1298	-
Eloksal Durulama	1,1	22500	103,5	0	0,6	2014	-
Durulama	1,3	22100	22	0	0,9	184	-
Renk Havuzu	1,2	93900	46,5	3521	8,8	346	-
Renk Durulama	1,4	37200	110	916	0,1	1474	-
Eloksal - 4	0,7	_	49	0	5,4	1076	-
Durulama	1,6	10880	46	0	6,9	300	-
Durulama	2,4	1309	14	0	2,7	296	-
Durulama	3,0	921	18	0	0,8	262	-
Deiyonize	2,5	3420	15	0	0,9	370	-
Tespit - 1	4,8	19550	29,5	0	10,1	826	545
Tespit - 2	5,0	19220	26,5	0	7,2	788	549
Tespit - 3	7,5	815	18	0	0,9	726	582
Tespit Durulama	5,3	18760	35,5	0	3,3	1366	-
Sıcak Su Banyosu	6,0	1180	7,5	0	1,5	1034	-
Atıksu Arıtma Tesisi Girişi (AAT)	10,6	1359	386	0	8,6	1936	-
ELEKTROSTATIK TOZ BOYAMA PROSESI							
Kromatlama	1,9	14220	58	422	0,9	14125	-
Yağ Alma	2,1	31500	32	427	3,0	940	-

Tablo 9. Eloksal ve Elektrostatik Toz Boyama Prosesleri Atıksularının Ağır Metal Değerleri

Havuz Adı	Alüminyum (mg/L)	Nikel (mg/L)	T.Krom (mg/L)	Çinko (mg/L)	Demir (mg/L)	Bakır (mg/L)	Kadmiyum (mg/L)	Kurşun (mg/L)
ELOKSAL PROSESİ								
Yağ Alma	833	1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Yağ Alma Durulama	647	<1	<1	72	<1	<1	<1	<1
Matlaştıma - 1	172403	<1	<1	<1	<1	<1	6	<1
Matlaştırma - 2	131301	<1	<1	<1	<1	<1	5	<1
Eloksal Sökme	92058	<1	<1	69	<1	<1	5	<1
Ön Durulama	1484	<1	<1	35	8	<1	6	<1
Durulama	89	<1	<1	30	<1	<1	<1	<1
Nötralizasyon	3529	49	12	6801	17	<1	<1	2
Nötralizasyon Durulama	<1	<1	<1	10	<1	<1	<1	<1
Eloksal -1	15990	7	2	1386	46	<1	<1	1
Eloksal - 2	21570	7	2	853	<1	<1	<1	1
Eloksal Durulama	<1	<1	<1	48	<1	<1	<1	<1
Eloksal - 3	4924	7	4	506	<1	<1	<1	1
Eloksal Durulama	10039	<1	<1	21	<1	<1	<1	<1
Durulama	<1	<1	<1	39	<1	<1	<1	<1
Renk Havuzu	<1	54	61	3053	18	<1	<1	<1
Renk Durulama	<1	<1	<1	32	<1	<1	<1	<1
Eloksal - 4	7993	6	2	654	31	<1	<1	<1
Durulama	<1	<1	1	50	<1	<1	<1	<1
Durulama	<1	<1	<1	12	<1	<1	<1	<1
Durulama	<1	<1	1	24	<1	<1	<1	<1
Deiyonize	<1	<1	1	79	<1	<1	<1	<1
Tespit – 1	<1	187	2	181	2	<1	<1	<1
Tespit - 2	<1	132	1	225	<1	<1	<1	<1
Tespit - 3	<1	<1	1	96	<1	<1	<1	<1
Tespit Durulama	<1	66	2	229	<1	<1	<1	<1
Sıcak Su Banyosu	<1	22	2	6	<1	<1	<1	<1
Atıksu Arıtma Tesisi Girişi (AAT)	<1	<1	2	3	<1	<1	<1	<1
ELEKTROSTATIK TOZ BOYAMA PROSESI								
Kromatlama	<1	25	327	18508	<1	<1	<1	79
Yağ Alma	6598	13	52	2469	59	<1	<1	<1

Ağır metal değerleri açısından incelendiğinde (Tablo 9), nötralizasyon durulama, eloksal durulama havuzlarında, renk havuzunda ve durulamasında, tespit havuzlarında ve sıcak su banyosunda alüminyum tespit edilmemiştir. Diğer havuzlarda ise standartların çok çok üstündedir. AAT atıksuyunda alüminyumun tespit edilememiş olması ise şaşırtıcıdır. Bunun

sebebinin, suyun pH değeri olması ve bu pH değerinde mevcut alüminyumun çökeldiği tahmin edilmektedir. Bu durumla ilgili detaylı çalışmalar projenin ilerleyen süreçlerinde yapılacaktır. Nötralizasyon, eloksal, renk, tespit, kromatlama ve yağ alma havuzları nikel sınırlarını aşmaktadır.

Toplam krom değerleri, nötralizasyon, renk, kromatlama ve yağ alma havuzlarında standartları sağlamamaktadır. Matlaştırma havuzu dışında, diğer havuzlarda çinko değerleri yüksektir. Demir değerleri nitralizasyon, eloksal ve renk havuzlarında sınır değerlerin üstündedir. Her iki prosesin atıksularında bakır metaline rastlanmamıştır. Kadmiyum metali sadece matlaştırma ve eloksal sükme havuzunda sınırları aşmaktadır. Kurşun standartını aşan tek havuz elektrostatik toz boyama prosesenin yağ alma havuzudur.

Genel olarak, tüm parametreler birarada değerlendirildiğinde, eloksal prosesinde nötralizasyon, matlaştırma ve eloksal işlemleri deşarj standartlarının üstünde atıksu üretmektedir. Diğer taraftan, toz boyama prosesinin hem yağ alma hem de kromatlama işlemlerinden çıkan atıksu nerdeyse hiç bir deşarj standartını sağlamamaktadır.

Katı Atıklar

Tesis içinde ortaya çıkan katı atıklar; toz birikintileri, proses hurdası, talaş, plastik maddeler, plastik ambalajlar ve evsel katı atıklardır (Tablo 10).

Polisaj ünitesinde yapılan cila ve fırça işlemlerinden dolayı ortaya çıkan toz miktarı yaklaşık olarak aylık 60 kg'dır. Profillerin mekanik işleme ünitesinde yapılan kesme, delme gibi işlemlerden çıkan alüminyum talaş ve hurda ve müşteriden geri dönen iade edilen alüminyum atıklar ortaya çıkmaktadır. Tesiste çıkan aylık alüminyum talaş miktarı 2,42 ton ve hurda miktarı 98,2 tondur. Atık olarak çıkan alüminyum hurda tesis içinde hammade olarak değerlendirimekte, alüminyum talaşın bir miktarı OSB içinde bulunan diğer alüminyum firmalarına satılırken, geri kalan kısmı yine tesis içinde değerlendirilmektedir. Tesiste kullanılan kimyasal maddelerin plastik ambalajlarının miktarı 75 adet/ay'dır. Kimyasal maddeler 35 L ve 70 L'lik bidonlarda satın alınmakta, aylık 21 adet 70 L'lik plastik bidon ve 54 adet 35 L'lik plastik bidon ortaya çıkmaktadır. Kullanılan kimyasalların bidonları depozitolu olmasından dolayı belli bir ücret karşılığı firmalara geri verilmektedir. Tesisteki

eloksal kaplama ünitesinde, alüminyum parçaları havuzlara yerleştirmek için bağlama aparatı kullanılmaktadır. Bunların yanında, ambalajlardan naylon atıklar oluşmaktadır. Tesiste oluşan plastik atıkların toplamı 872,4 kg/ay'dır. Kağıt, karton, naylon gibi atıklar lisanslı bir geri dönüşüm merkezine gönderilmektedir. Tesiste yaklaşık olarak aylık 611 kg kağıt ve karton atıkları oluşmaktadır. Bu atıklar, boya ve ambalaj kutuları, profillerin üst üste yerleştirilirken zarar görmemesi için arasına konulan kağıtlar ve ambalaj naylonlarının sarıldığı kağıt bobinlerdir. Tesis içindeki belirli yerlerde depolanmaktadır. Tesiste 195 personel çalışmakta ve personelin yaşam ihtiyaçlarından dolayı oluşan evsel katı atık miktarı aylık 600 kg'dır. Mutfak bölümünden çıkan evsel atık yağların kaydı tutulmamakla birlikte, çıkan atık yağlar lisanlı bir geri dönüşüm merkezi tarafından alınmaktadır. Bunların dışında, elektrostatik toz boyama sırasında, boya kalıntıları filtrelenerek biriktirilmektedir. Bu boya kalıntıları KOSB içinde çelik kapı üreticilerine satılmaktadır. Filtreler, belli zamanlarda basınçlı hava ile temizlenmekte, herhangi bir deformasyon olmadığı sürece tekrar kullanılmaktadır. Deformasyona uğraya filtreler ise evsel katı atıklarla birlikte atılmaktadır.

Tablo 10. Tesiste Ortaya Çıkan Katı Atık Türü ve Aylık Miktarları

Katı Atık Türü	**Atık Miktarı**
Toz Birikintileri	60 kg
Proses Hurdası	98,2 ton
AlüminyumTalaş	2,4 ton
Plastikve Naylon Atıklar	872,4 kg
Plastik Ambalajlar	75 adet
Kağıt-Karton	611 kg
Evsel Atıklar	600 kg

Gaz Atıklar

Tesiste üretimden kaynaklanan gaz atıklar, billet ısıtma, termikleme, polisaj filtre, boya kurutma, eloksal kurutma bacalarından kaynaklanmaktadır. Tesis içinde 16 adet proses bacası ve 1 adet sıcak su kazanı bacası bulunmaktadır. Bu bacalardan bazıları paralel fırınların çıkş bacalarıdır. Bacalarda "Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği (SKHKKY)"ne göre emisyon, tesis içinde belirlenen noktalarda "İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği

Tüzüğü" gereğince iç ortam toz ölçümleri ve "Parlayıcı Patlayıcı Zehirli ve Tehlikeli Maddelerle Çalışılan İşlerde ve İşyerlerinde Alınması gereken Tedbirler Hakkında Tüzük" gereğince iç ortam gaz ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Bunların yanında, "İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Tüzüğü"ne göre iç ortam gürültü ve aydınlatma ölçümleri yapılmış ve ölçüm sonuçları tesis içinde haritalandırılmıştır. Tablo 11'de tesiste bulunan bacaların listesi ve analiz edilecek parametreler verilmektedir. Tablodan görüldüğü üzere bu bacalar bazıları paralel sistemlerin bacaları olmasından dolayı, tesisi temsil etmesi açısından benzer bacalardan bir tanesinde emisyon ölçümleri yapılmıştır. Emisyon ölçümleri Kayseri İli içinde faaliyet gösteren akredite laboratuvarı olan "SERA ÖLÇÜM ANALİZ ÇEVRE LABORATUVARI VE SAĞLIK HİZMETLERİ MÜH. MÜŞ. DAN. SAN. TİC. LTD. ŞTİ." tarafından yapılmıştır.

Tablo 11. Üretim Bacaları ve Emisyon Analiz Parametreleri

Baca No	Baca Adı	Analiz Parametreleri
1	Büyük Termik Fırını Çıkış Bacası -1	Yanma Gazları (NO, NO_2, SO_2 ,CO) Toz, F-,Cl- VOC (uçucu organik buhar ve bileşikler)
2	Büyük Termik Fırını Çıkış Bacası -2	Yanma Gazları (NO, NO_2, SO_2 ,CO) Toz, F-,Cl- VOC (uçucu organik buhar ve bileşikler)
3	Büyük Termik Fırını Çıkış Bacası -3	Yanma Gazları (NO, NO_2, SO_2 ,CO) Toz, F-,Cl- VOC (uçucu organik buhar ve bileşikler)
4	Büyük Termik Fırını Çıkış Bacası -4	Yanma Gazları (NO, NO_2, SO_2 ,CO) Toz, F-,Cl- VOC (uçucu organik buhar ve bileşikler)
5	Biyet Isıtma Fırın Çıkış Bacası -1	Yanma Gazları (NO, NO_2, SO_2 ,CO) Toz, F-,Cl- VOC (uçucu organik buhar ve bileşikler)
6	Biyet Isıtma Fırın Çıkış Bacası -2	Yanma Gazları (NO, NO_2, SO_2 ,CO) Toz, F-,Cl- VOC (uçucu organik buhar ve bilesikler)
7	Biyet Isıtma Fırın Çıkış Bacası -3	Yanma Gazları (NO, NO_2, SO_2 ,CO) Toz, F-,Cl- VOC (uçucu organik buhar ve bilesikler)
8	Boyama Hattı Giriş Davlumbaz Bacası	Toz, VOC (uçucu organik buhar ve bilesikler)

9	Boyama Hattı Çıkış Davlumbaz Bacası	Yanma Gazları (NO, NO_2, SO_2 ,CO), Toz VOC (uçucu organik buhar ve bilesikler)
10	Boyama Hattı Çıkış Davlumbaz Bacası	Toz, VOC (uçucu organik buhar ve bilesikler)
11	Boya Kurutma Fırını Çıkış Bacası	Yanma Gazları (NO, NO_2, SO_2 ,CO), Toz VOC (uçucu organik buhar ve bilesikler)
12	Eloksal Kurutma Fırını Çıkış Bacası	Yanma Gazları (NO, NO_2, SO_2 ,CO), Toz VOC (uçucu organik buhar ve bilesikler)
13	Eloksal Banyo Çıkış Bacası-1	Toz, VOC (uçucu organik buhar ve bilesikler)
14	Eloksal Banyo Çıkış Bacası-2	Toz, VOC (uçucu organik buhar ve bilesikler)
15	Polisaj Filtre Çıkış Bacası-1	Toz, VOC (uçucu organik buhar ve bilesikler)
16	Polisaj Filtre Çıkış Bacası-2	Toz, VOC (uçucu organik buhar ve bilesikler)
17	Sıcak Su Kazanı Bacası	Yanma Gazları (NO, NO_2, SO_2 ,CO), Toz

Tablo 12'de ölçüm yapılan bacalar ve bacaların özellikleri verilmiştir.

Tablo 12. Emisyon ölçümlerinin yapıldığı Bacalar ve Bacaların Özellikleri

Baca No	Emisyon Kaynağı	Anma Isıl Gücü Kw	Alt Sınır Değer (m/s)	Gaz Hızı (m/s)
1	Büyük Termik Fırını Çıkış Bacası -1	550	4	5,0
2	Biyet Isıtma Fırın Çıkış Bacası -1	154	< 2	5,0
3	Boyama Hattı Fırın Çıkış Bacası	349	4	5,9
4	Boyahane Profil Kurutma Fırın Çıkış Bacası	169	< 2	4,9
5	Eloksal Kurutma Fırın Çıkış Bacası	169	< 2	5,8
6	Eloksal Banyo Çıkış Bacası-1	-	4	22,0
7	Polisaj Filtre Çıkış Bacası-1	-	4	15,2

Tablo 13'de bacalarda yapılan emisyon ölçüm sonuçları görülmektedir.

Tablo 13. Tesis Bacalarında Ölçülen Emisyon Sonuçları

Baca No	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**SD**
Yakıt Tipi	Doğalgaz	Doğalgaz	Doğalgaz	Doğalgaz	Doğalgaz	-	-	
Yakıt Tüketimi (m^3/h)	57,42	16,07	36,42	17,64	17,64	-	-	
Yakma Isıl Gücü (KW)	550	154	349	169	169	-	-	
Gaz Sıcaklığı (^oC)	228	178	94	101	148	31	28	
% Nem	5,3	7	8	9,20	7	7	12	
Basınç Değeri (kpa)	89,8	89,8	89,8	89,2	89,2	89,6	89,6	
Gaz Hızı (m/sn)	5,0	5,0	5,9	4,9	5,8	22,0	15,2	2
Baca Kesiti (m^2)	0,038	0,312	0,096	0,031	0,049	0,049	0,237	
Gaz Debisi (m^3/sa) (İşletme Şartlarda)	684	5616	2039	546,84	1023	3881	12969	
Gaz Debisi (Nm^3/sa) (Normal Şartlarda)	314,0	2812,4	1235,6	320,8	540,6	2870,8	9223,1	
Toz Kons. (mg/Nm^3)	20,1	36,1	15,4	14,6	23,8	23,8	6,8	125
Toz Emisyonu (kg/sa)	0,0063	0,1014	0,0191	0,0047	0,0128	0,0681	0,0616	10
CO Kons. (mg/Nm^3)	2,5	190,4	7,1	12,9	18,8	-	-	-
CO Emisyonu (kg/sa)	0,001	0,535	0,009	0,004	0,010	-	-	50
SO_2 Kons. (mg/Nm3)	2,9	11,4	1,0	1,0	1,9	-	-	-
SO2 Kons. (mg/Nm3 %3 ref.O2)	3,9	104,6	-	-	-	-	-	100
SO_2 Emisyonu (kg/saat)	0,00	0,03	14,7	0,00	0,00	-	-	60
NO Kons. (mg/Nm^3)	26,3	10,7	14,7	6,3	6,7	-	-	20
NO Emisyonu (kg/sa)	0,008	0,030	0,018	0,002	0,004	-	-	
NO_2 Kons. (mg/Nm^3)	42,5	17,3	23,8	10,1	10,8	-	-	20
NO_2 Emisyonu (kg/sa)	0,013	0,049	0,029	0,003	0,006	-	-	
O_2 Kons. (%)	7,93	19,03	19,21	19,27	18,79	-	-	
CO_2 Kons. (%)	7,27	1,07	0,97	1,10	1,21	-	-	
HCl Kons. (mg/Nm^3)	9,34	9,3489	0,0000020	-	-	-	-	30
HCl Emisyonu (kg/sa)	0,0029	0,02628	-	-	-	-	-	0,3
HF Kons. (mg/Nm^3)	0,0705	0,07153	-	-	-	-	-	5
HF Emisyonu (kg/sa)	0,000021	0,00020	-	-	-	-	-	0,15
Toluene Kons. (mg/Nm^3)	0,00005	0,0000648	0,0016111	0,00003097	0,00002105	0,00002	0,00003	100
Toluene Emisyonu(kg/sa)	0,00000001	0,0000002	0,0000020	0,00000001	0,00000001	0,0000000	0,0000003	
Benzene Kons. (mg/Nm^3)	-	0,0000545	0,2049138	0,00014172	0,00008985	0,0002	0,0001	100
Benzene Emisyonu (kg/sa)	-	0,0000002	0,0002529	0,00000005	0,00000005	0,0000006	0,0000009	
p+m xylene Kons. (mg/Nm^3)	0,00003016	0,0000317	0,0005995	0,00001734	-	-	-	100
p+m xylene Emisyonu(kg/sa)	0,00000001	0,0000001	0,0000007	0,00000001	-	-	-	
1,3 dichlorobenzene Kons. (mg/Nm^3)	0,00013307	0,0001223	0,0042375	0,00006248	0,00003450	-	-	

1,3 dichlorobenzene Emisyonu(kg/sa)	0,00000004	0,0000004	0,0000052	0,00000002	0,00000002	-	-	
1,4 dichlorobenzene Kons. (mg/Nm^3)	0,00007271	0,0001598	0,0042078	0,00007006	0,00002779	-	-	100
1,4 dichlorobenzene Emisyonu(kg/sa)	0,00000002	0,0000005	0,0000052	0,00000002	0,00000001	-	-	
Karbon Cinsinden Organik Bileşikler Emisyonu (kg/sa)	0,00000004	0,0000007	0,0002399	0,0000001	0,0000001	0,0000006	0,0000011	10

SD: Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği Standart Değeri

Analiz sonuçlarına göre:

- ✓ Tesisteki emisyon kaynaklarının toplam emisyon kütlesel debileri, S.K.H.K.K.Y. Ek.2, Tablo. 2.1 gereğince tesisin tümünden atmosfere atılan toplam kütlesel debiler için verilen sınır değerleri aşmamakta olup yönetmelikte istenilen şartlar sağlanmıştır.
- ✓ Büyük Termik Fırın Bacası-1, Biyet Isıtma Fırın Bacası-1 de yapılan HFL ve HCl ölçümleri sonucunda sınır değerlerin sağlandığı görülmüştür.
- ✓ Eloksal Banyo Çıkış Bacası-1, Eloksal Kurutma Fırın Bacası, boyahane bölümü profil kurutma fırın bacası, Biyet Isıtma Fırın Bacası-1, Büyük Termik Fırın Çıkış Bacası-1, ve Boyama Hattı Fırın Çıkış Bacası isimli emisyon kaynaklarında yapılan organik buhar ve gaz ölçüm sonuçları istenilen sınır değerleri aşmamış olup, yönetmelikte istenilen şartlar sağlanmıştır.
- ✓ Tesiste bulunan emisyon bacalarının atık gazlarındaki toz kirletici emisyonları yönetmelikte belirtilen sınır değerleri aşmamakta olup, yönetmelikte istenilen şartlar sağlanmıştır. Yönetmeliğe göre, tesiste toz emisyonlarının sürekli ölçümüne gerek yoktur.
- ✓ Büyük Termik Fırın Çıkış Bacası-1 ve Biyet Isıtma Fırın Bacası-1 de emisyon kaynaklarında yapılan kükürt dioksit ölçümlerinde yönetmelikte verilen sınır değerlerin Büyük Termik Fırın Çıkış Bacası-1 de sınır değerleri sağladığı, Biyet Isıtma Fırın Bacası-1 yönetmelikte istenilen şartları sağlamadığı görülmüştür.

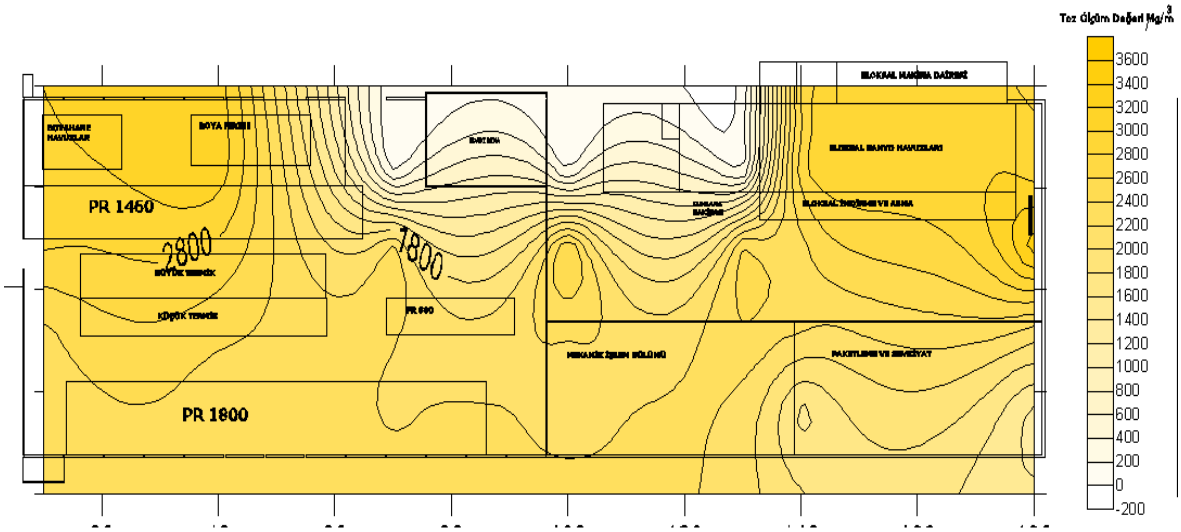
Sonuç olarak; emisyon bacalarının atık gazlarındaki gaz kirletici emisyonlarından hiç biri yönetmelikte belirtilen sınır değerleri aşmamakta olup, yönetmelikte istenilen şartlar sağlanmıştır. Emisyon bacalarının atık gazlarındaki toz kirletici emisyonları yönetmelikte belirtilen sınır değerleri aşmamakta olup, yönetmelikte istenilen şartlar sağlanmıştır. Yönetmeliğe göre, tesiste baca gazı emisyonlarının ve toz emisyonlarının sürekli ölçümüne gerek yoktur.

Tesis içinde yapılan iç ortam gaz ölçümleri yapılmış ve ölçüm sonuçları Tablo 14'de verilmiştir. Bu ölçüm sonuçlarına göre, Parlayıcı, Patlayıcı, Tehlikeli ve Zararlı Maddelerle Çalışılan İşyerlerinde ve İşlerde Alınacak Tedbirler Hakkındaki Tüzüğü'nde müsaade edilen azami konsantrasyon değerleri ile işyeri ortamında tespit edilen değerler karşılaştırıldığında ölçüm sonuçları mak. değerlerin altında kalmaktadır. Ölçüm yapılan günün şartlarında yapılan ölçümlerde; sınır değerlerin aşılmamasına rağmen zamanla iş akışı ve ortam şartları değişebileceğinden gaz yayılımını önlemek için gaz emici sistemler çalıştırılmalı, yetersiz ise iyileştirilmeli ve mevcut iklim şartlarına göre doğal havalandırma yapılmalıdır.

Tablo 14. İç Ortam Gaz Ölçüm Sonuçları

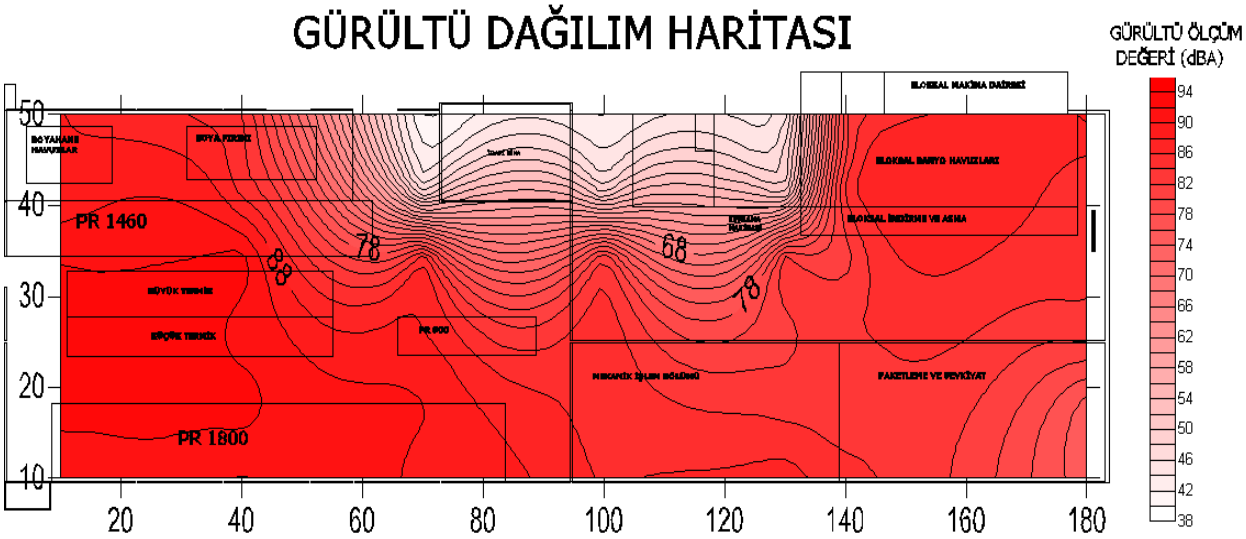
No	Ölçüm Yapılan Bölüm	Ölçüm Yapılan Gaz	Ölçülen Değer (ppm)	Mak. Değer (ppm)
1	Boyahane	Toluene	0,012	0,750
		p+m xylene	0,015	0,435
		o-xylene	0,003	0,435
		bromodichloromethane	0,008	*
		Tetrachloromethane	0,018	*
2	Eloksal Banyolar Karşısı	Toluene	0,017	0,750
		Ethylbenzene	0,003	0,435
		p+m xylene	0,016	0,435
		o-xylene	0,003	0,435
		Trichloroethene	0,001	*
		n- butylbenzene	0,007	*
		Tetrachloromethane	0,019	*
3	Eloksal Bölümü	Toluene	0,014	0,750
		Ethylbenzene	0,002	0,435
		p+m xylene	0,015	0,435
		o-xylene	0,003	0,435
		Tetrachloromethane	0,019	*
		4- isopropyltoluene	0,005	*

Tesis içinde yapılan toz ölçüm sonuçlarına göre tesisin iç ortam toz dağılım haritası çizilmiştir (Şekil 20). Toz dağılım haritasına göre tesis içinde eloksal havuzlarının ve elektrostatik boyahanenin bulunduğu kısımlarda tozun yoğunlaştığı görülmektedir. En düşük toz yoğunluğu beklenildiği üzere çalışma ofislerinin olduğu bölümde gözlenmiştir.



Şekil 20. Tesis Toz Dağılım Haritası

İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Tüzüğünün 22. Maddesinde "Ağır ve Tehlikeli İşlerin yapılmadığı yerlerde, gürültü derecesi 80 dBA geçmeyecektir. Daha çok gürültülü yerlerde çalışma gerektiren yerlerde, gürültü derecesi en çok 95 dBA olabilir." Tesis içinde yapılan gürültü ölçümleri sonucunda elde edilen gürültü dağılım haritası Şekil 21'de görülmektedir. Tesis içinde 36 noktada yapılan gürültü ölçüm sonuçlarına göre, sadece paketleme ve sevkiyat bölümünde 80 dBA'in altında çıkmıştır. Diğer bölgelerde 80dBA'in üstündedir. Gürültü düzeyi etkin değerinin üzerinde olan bölümlerde gerekli önlemler alınmalıdır. Çalışma ofislerinin olduğu kısımda ise gürültü seviyesi 60 dBA'in altındadır.



Şekil 21. Tesis içi gürültü dağılım haritası.

4.2.2 FİRMA B

4.2.2.1 Tesis Tanıtımı

Proje kapsamında seçilen B Firması, Kayseri 1. OSB'de 28000 m^2 açık ve 10000 m^2 kapalı alanda faaliyet göstermektedir. Firma genel olarak kent mobilyası imalatı yapmaktadır. Ürün portfoyünde banklar, çöp sepetleri, sokak aydınlatma lambaları, yol bariyerleri, kameriyeler, bilbordlar, afiş değiştiricili ve sabit reklam panosu, mega light, silindir kule, otobüs durakları, led tv mega boardlar ve alışveriş merkezleri işe hava alanları reklam panoları ile çelik ve özel idzayn edilen alüminyum profiller ile konstrüksiyon imalatı bulunmaktadır. Tesiste makina ekipmanlarını talaş kaldırma tezgahları (tornalar, freze,planya,değişik güçte matkaplar), NC kontrollü 76 mm boruyu bükebilen tijli boru bükme, 81mm boruyu bükebilen 3 toplu boru bükme tezgahı,150 tonluk hidrolik pres, degişik güçlerde 11 adet kaynak makinası ve özel olarak imal edilmiş kaynak robotları oluşturmaktadır. Firma ürünleri ile yurt içinde ve yurt dışında pazar payına sahiptir.

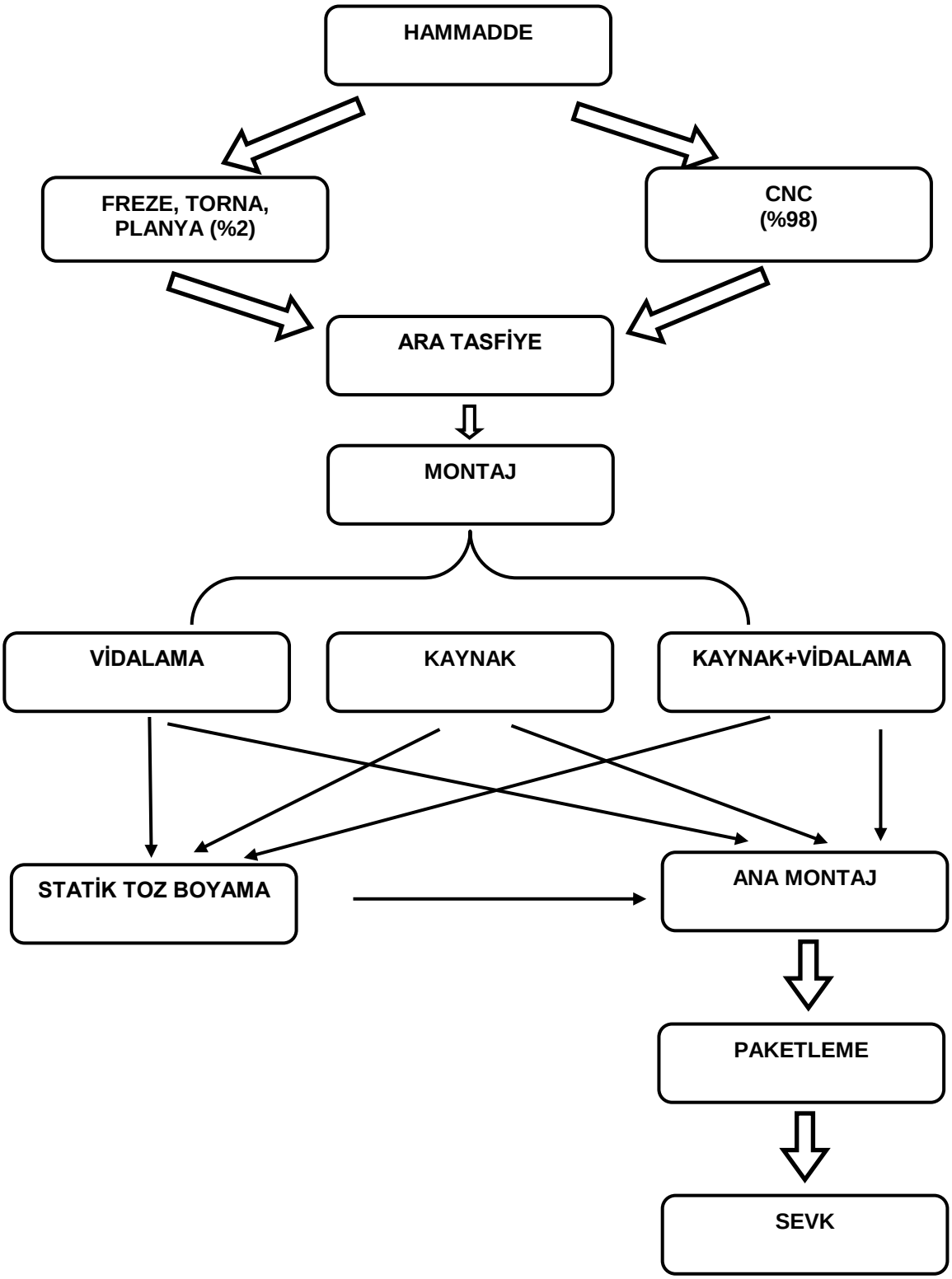
4.2.2.2 Üretim Bilgileri

Firma hammaddeyi KOSB içinde yeralan firmalardan ekstrüze edilmiş halinde profil olarak temin etmektedir. Ayrıca, müşterinin talebine bağlı olarak kromatlı veya eloksallı ürünler de temin edilip mamul haline getirilmektedir. Hammaddenin %2'lik kısmı freze, torna ve planya tezgahlarında mekanik işleme tabi tutulmaktadır. CNC tezgahlarında ise profillerin ebatlama, delme, kesme ve talaşlı imalat yapılmaktadır. Ara tasfiye bölümünde, profillere diş çekme, çapak alma, havşa açma ve klavuz çekme, vidalama, kaynak ve montaj işlemleri yapılmaktadır. Ürünlerin %10'unun direk ana montajı yapılırken, geri kalan %90'nu statik boyama işleminden sonra montaj hattına gönderilmektedir. Ayrıca, cam yapştırma, köşe birleştirme, çelik konstrüksiyon ile montajlama da yapılmaktadır. Şekil 22'de B Firma'sının üretim akış şeması verilmektedir.

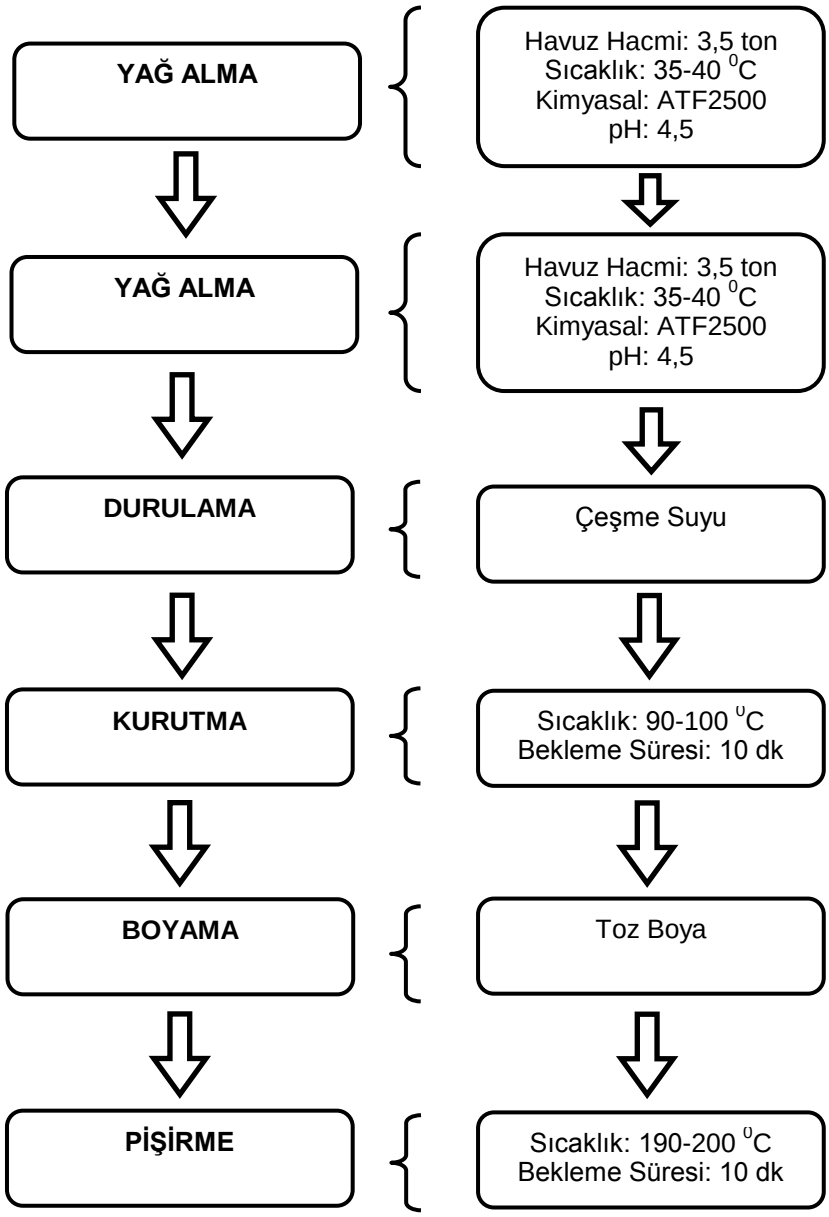
Statik Toz Boyama Ünitesi

Statik boyama ünitesi 2 adet yağ alma, durulama, kurutma, boyama ve pişirme işlemlerinden oluşmaktadır. Yağ alma işlemi aynı zamanda boyanın yüzeyde tutunmasını sağlamak için

fosfatlamanın yapıldığı bölümdür. Yağ alma işlemi püskürtme yöntemi ile yapılmaktadır. Kullanılan kimyasalın etkili olması için su sıcaklığının 35-40 ^{0}C olması gerekmektedir. Ardışık yağ alma ünitelerinden geçen ürün durulama bölümüne alınmaktadır. Durulama işlemi çeşme suyu ile yapılmakta ve havuza daldırma şeklinde gerçekleştirilmektedir. Durulama havuzunda taşma yöntemi ile su değişimi yapılmaktadır. Durulama ardından 12 m uzunluğundaki sıcaklığı 90-100 ^{0}C olan kurutma fırınlarında ürün yaklaşık olarak fırını 10 dk da terketmektedir. Boyama püskürtme şeklinde yapılmakta, dökülen boyalar filtrelerden geçirilerek tekrar üretimde kullanıllmaktadır. Filtreden geçen boyalar ise ayrı olarak toplanmaktadır. Tesiste 8-10 renk farklı boyama yapılmaktadır. Boyanın sabitlenmesi için ardından 190-200 ^{0}C arasında sıcaklığa sahip 24 m uzunluğundaki pişirme fırınına alınmaktadır. Statik toz boyama prosesinin genel akış şeması ve proses özellikleri Şekil 23'de verilmektedir.



Şekil 22. B Firmasının genel üretim akış şeması.



Şekil 23. Statik toz boyama prosesinin genel akış şeması ve proses özellikleri.

4.2.2.3 Üretim Verileri

Tesisin 2012 yılına ait üretim bilgileri Tablo 15'de verilmektedir. Tesiste üretilen ürünlerin yaklaşık olarak %60'ı alüminyum, %40'ı krom ve demir bazlı ürünlerdir. Raklam panoları, bilboardlar ve duraklar alüminyumdan üretilen ürünlerdir. Firmanın 2013 yılı öncesine ait hammadde tüketimlerinin kayıtları elde edilmemiş, ancak 2013 yılı ilk dört aylık toplam alüminyum tüketiminin 42045 kg olduğu bilgisine ulaşılmıştır. Firma, alüminyum ve krom ve

demir bazlı ürünler için detaylı hammadde tüketimlerinin ve üretimlerinin bireysel kayıtlarını tutmadıklarından tam olarak alüminyum bazlı ürünler için hammadde tüketimi değerlendirilememiştir.

Tablo 15. B Firmasının 2012 Yılı Ortalama Üretim Miktarı

Ürün Adı	**Birim**	**Yıllık Kapasite**	**Fiili Üretim Miktarı**
Oturma Bankı	Adet	3000	2066
Aydınlatma Lambası	Adet	3000	169
Çöp Kovası	Adet	2000	1494
Yol Bariyerleri	Adet	2000	1274
Otobüs Durağı	Adet	1022	187
Reklam Panosu	Adet	875	875
Billboard Ayağı	Adet	1500	819
Billboard Çerçevesi	Adet	1125	785
Billboard Işıklandırması	Adet	1500	1153
Megalight	Adet	212	27
Led Ekran Konstrüksiyonu	Adet	120	1
Çocuk Oyun Grubu	Takım	100	42
Fitness Aletleri Takımı		100	0
Dış Mekan Kabinleri	Adet	131	18

4.2.2.4 Su ve EnerjiTüketim Verileri

Tesiste 2012 yılında ait aylık su, doğalgaz ve elektrik tüketimleri miktarları Tablo 16'da görülmektedir. Bu verilere göre, tesiste aylık ortalama tüketilen su, doğalgaz ve elektrik miktarları sırası ile 454 m^3, 3950 m^3 ve 423.675 kWh'tır. Projenin devam eden sürecinde firmadan elde edilecek detaylı hammadde tüketim ve üretim miktarlarına göre birim üretim başına tüketilen su ve enerji miktarı daha detaylı olarak değerlendirilebilecektir.

Tablo 16. B Firmasına ait 2012 Yılı Aylara Göre Su ve Enerji Tüketim Miktarları

Aylar	**Su Tüketimi (m^3)**	**Doğalgaz Tüketimi (m^3)**	**Elektrik Tüketimi (kWh)**
Ocak	111,00	3.332,12	15.057,52
Şubat	369,00	3.419,56	9.802,40
Mart	411,00	3.460,23	12.678,56
Nisan	260,00	4.495,92	15.062,96
Mayıs	348,00	3.666,59	10.419,76
Haziran	822,00	3.684,79	7.873,68
Temmuz	818,00	3.542,68	8.712,32
Ağustos	751,00	3.357,60	6.744,48
Eylül	486,00	3.415,65	10.518,00
Ekim	512,00	4.242,77	10.430,24
Kasım	159,00	5.124,25	22.712,48
Aralık	401,00	5.654,58	18.721,36
Aylık Ort.	**454**	**3.949,73**	**12.394,48**

4.2.2.5 Atık Türleri ve Karakteristikleri

Tesis içinde atık türleri atıksu, katı atıklar ve gaz kirleticiler olmak üzere üç ana başlıkta incelenmiştir.

Atıksu

Tesis içinde atıksu, statik toz boyama prosesinde yarı ürünlerin boyama öncesi temizlenmesi sırasında yağ alma ve durulama havuzlarından kaynaklanmaktadır. Yağ alma ve durulama havuzları boşaltılmadan taşırma yöntemi ile yenilenmektedir. Dolayısı ile havuzlardan sürekli olarak atıksu kanalizasyona deiarj edilmektedir. Statik toz boyama prosesinde bulunan havuzlardan atıksu örnekleri alınmış ve fiziko-kimyasal karakterizasyonları yapılmıştır. Laboratuvar analizleri sonucunda elde edilen sonuçlar Tablo 17 ve Tablo 18'de verilmektedir. Tablo 17'de atıksuların genel fizikokimyasal özellikleri, Tablo 18'de ise ağır metal değerleri bulunmaktadır. Atıksular 31 Aralık 2004 tarih ve 25687 sayılı Resmi Gazete'de yayınlanan "Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nin (SKKY) Endüstriyel Atıksuların Alıcı Ortam Deşarj Standartları'na göre değerlendirilmiştir. B Firmasında elektrolitik kaplama yapılmadığından dolayı atıksu karakteristikleri SKKY-Tablo15.17'de belirtilen "Demir Dışı Dökümhane ve Metal Şekillendirme"ye göre değerlendirilmiştir.

Tablo 17'ten görüldüğü üzere statik toz boyama prosesinin havuzlarından alınan numunelerde pH 3,9 ile 8,4 arasında değişmektedir. Yağ alma havuzlarında pH oldukça düşük iken durulama havuzlarında nötr pH'lar gözlenmiştir. Yağ alma havuzları deşarj standartlarını sağlamazken, durulama havuzlarının pH değerleri yönetmeliğe uygundur. Benzer şekilde yağ alma havuzlarında iletkenlik değerleri oldukça yüksektir. Askıda katı madde (AKM) sonuçlarına göre, 1. yağ alma havuzu AKM sınır değerini aşarken, diğer havuzlarda standartın altında kalmaktadır. KOİ değerleri açısından da yağ alma havuzları yönetmeliğe uymamaktadır.

Tablo 17. Statik Toz Boyama Prosesi Atıksularının Fizikokimyasal Özellikleri

Havuz Adı	**pH**	**İletkenlik (µS/cm)**	**Bulanıklık (NTU)**	**AKM (mg/L)**	**KOİ (mg/L)**
Yağ Alma -1	4,6	1947	434	220	558
Yağ Alma - 2	3,9	2036	467	147	466
Duruluma - 1	8,4	198,8	1,48	3	10
Durulama - 2	7,2	278	10,7	20	37

Ağır metal değerleri açısından, tüm havuzlarda nikel, toplam krom, çinko, demir, bakır, kadmiyum ve kurşun miktarları yönetmelikte belirtilen standart değerlerin altında kalmaktadır. Diğer taraftan, yağ alma havuzlarında alüminyum miktarı standart değerleri aşmaktadır (Tablo 18).

Tablo 18. Statik Toz Boyama Prosesi Atıksularının Ağır Metal Değerleri

Havuz Adı	**Alüminyum (mg/L)**	**Nikel (mg/L)**	**T.Krom (mg/L)**	**Çinko (mg/L)**	**Demir (mg/L)**	**Bakır (mg/L)**	**Kadmiyum (mg/L)**	**Kurşun (mg/L)**
Yağ Alma	29	<1	<1	1	2	<1	<1	<1
Yağ Alma Durulama	42	<1	<1	2	7	<1	<1	<1
Durulama - 1	3	<1	<1	2	<1	<1	<1	<1
Durulama - 2	3	<1	<1	1	<1	<1	<1	<1

Katı Atıklar

Tesis içinde ortaya çıkan katı atıklar; toz boya, proses hurdası, talaş, alüminyum talaş, plastik maddeler, plastik ambalajlar, atık yağlar ve evsel katı atıklardır. Tesis içinde oluşan katı atıkların türleri ve miktarları Tablo 19'da özetlenmiştir. CNC prosesine gelen hammadde delme, kesme, ebatlama ve talaşlı imalattan geçerken 440 kg proses hurdası ve 180 kg alüminyum talaş meydana getirmektedir. Atık olarak çıkan alüminyum hurda tesis içinde hammadde olarak değerlendirilmemekte, alüminyum talaşı alüminyum üreticilerine hurda fiyatı üzerinden satılmaktadır. Tesiste kullanılan kimyasal maddelerin plastik ambalajlarının miktarı ayda 2-3 adet olmaktadır. Kullanılan kimyasalların bidonları depozitolu olmasından dolayı belli bir ücret karşılığı firmalara geri verilmektedir. Tesiste oluşan plastik atıkların toplamı aylık bazda 100 kg'dır. Kağıt, karton, naylon gibi atıklar lisanslı bir geri dönüşüm merkezine gönderilmektedir. Tesiste, yaklaşık olarak, aylık 50 kg kâğıt ve karton atıkları oluşmaktadır. Bu atıklar, boya ve ambalaj kutuları, profillerin üst üste yerleştirilirken zarar görmemesi için arasına konulan kâğıtlar ve ambalaj naylonlarının sarıldığı kâğıt bobinlerdir. Tesis içindeki belirli yerlerde depolanmaktadır. İşletme içerisinde soğutma yağı 6 aylık periyotlarda ve 70 ile 80 litre arasında oluşmaktadır. Bu yağlar anlaşmalı lisanslı firmalar tarafından alınmaktadır. Bunların dışında, statik toz boyama sırasında, aylık 4300 kg toz boya kullanılmakta ve ortalama 360 kg tekrar filtreden geçerek kullanılmaktadır. Toplam tüketimin filtreleme sisteminde fire olarak kalan kısmı 18 kg'dır. Filtreden atık hale gelen kısmı

boşaltılıp paketlenerek belli bir kilograma ulaştığında imha işlemine tabi tutulmaktadır. Filtreler kapalı devre sistemi olduğundan dolayı fire boşaltımı esnasında temizlenmekte ve yeniden kullanılmaktadır.

Tablo 19. Tesiste Ortaya Çıkan Katı Atık Türleri ve Aylık Miktarları

Katı Atık Türü	**Atık Miktarı**
Toz Boya	18 kg
Proses Hurdası	440 kg
Alüminyum Talaş	180 kg
Plastik ve Naylon Atıklar	100 kg
Plastik Ambalajlar	2-3 adet
Kâğıt-Karton	50 kg
Evsel Atıklar	-

Tesiste 195 personel çalışmakta ve personelin yemek ihtiyacı bir yemek firmasından sağlanmaktadır. Kullanılan malzemeler tamamen hizmet veren firma tarafından değerlendirilmektedir. Bundan dolayı, tesisten evsel atık niteliğinde atık ya da atık yağ çıkmamaktadır.

Gaz Atıklar

Tesis içinde üretim faaliyetlerindeki proseslerde 4 adet baca belirlenmiştir. Bu bacalar boya pişirme fırını giriş davlumbaz bacası, boya pişirme fırını brülör bacası, boya kurutma fırını brülör bacası, yıkama hattı brülör bacasıdır. Bacalarda "Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği (SKHKKY)"ne göre emisyon, tesis içinde belirlenen noktalarda "İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Tüzüğü" gereğince iç ortam toz ölçümleri ve "Parlayıcı Patlayıcı Zehirli ve Tehlikeli Maddelerle Çalışılan İşlerde ve İşyerlerinde Alınması gereken Tedbirler Hakkında Tüzük" gereğince iç ortam gaz ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Bunların yanında, "İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Tüzüğü"ne göre iç ortam gürültü ve aydınlatma ölçümleri yapılmış ve ölçüm sonuçları tesis içinde haritalandırılmıştır. Tablo 20'de tesiste bulunan bacaların listesi ve analiz edilecek parametreler verilmektedir. Tablo 21'de ise ölçüm yapılan bacalar ve bacaların özellikleri verilmiştir. Emisyon ölçümleri Kayseri İli içinde faaliyet gösteren akredite laboratuvarı olan "SERA ÖLÇÜM ANALİZ ÇEVRE LABORATUVARI

VE SAĞLIK HİZMETLERİ MÜH. MÜŞ. DAN. SAN. TİC. LTD. ŞTİ.” tarafından yapılmıştır. Tablo 22’de bacalarda yapılan emisyon ölçüm sonuçları görülmektedir.

Tablo 20. Üretim Bacaları ve Emisyon Analiz Parametreleri

Baca No	Baca Adı	Analiz Parametreleri
1	Boyahane Bölümü Giriş Davlumbaz Bacası	Yanma Gazları (NO, NO_2, SO_2 ,CO) Toz VOC (uçucu organik buhar ve bileşikler)
2	Boya Pişirme Fırını Brülör Bacası	Yanma Gazları (NO, NO_2, SO_2 ,CO) Toz
3	Boya Kurutma Fırını Brülör Bacası	Yanma Gazları (NO, NO_2, SO_2 ,CO) Toz
4	Yıkama Hattı Brülör Bacası	Yanma Gazları (NO, NO_2, SO_2 ,CO) Toz

Tablo 21. Emisyon Ölçümlerinin Yapıldığı Bacalar ve Bacaların Özellikleri

Baca No	Emisyon Kaynağı	Anma Isıl Gücü (KW)	Alt Sınır Değer (m/s)	Gaz Hızı (m/s)
1	Boyahane Bölümü Giriş Davlumbaz Bacası	-	4	10,4
2	Boya Pişirme Fırını Brülör Bacası	550	4	8,5
3	Boya Kurutma Fırını Brülör Bacası	190	< 2	7,7
4	Yıkama Hattı Brülör Bacası	144	< 2	6,2

- ✓ Tesiste bulunan Boya Pişirme Fırını Giriş Davlumbaz Bacası isimli emisyon kaynaklarında Toz Konsantrasyonu 9,9 (mg/Nm^3) olup SKHKKY EK-1-B.1 Diyagram 1 de belirtilen atık gazın hacimsel debisine göre belirlenen 177 (mg/Nm^3) sınır değerler sağlanmakta olup, yönetmelikte istenilen şartlar sağlanmıştır.

- ✓ Tesiste bulunan Boya Pişirme Fırını giriş davlumbaz bacası isimli emisyon kaynaklarında yapılan organik buhar ve gaz ölçüm sonuçları istenilen sınır değerleri aşmamış olup, yönetmelikte istenilen şartlar sağlanmıştır.
- ✓ Tesisteki boyama, kurutma, diğer proses işlemlerinin gerçekleştiği ünitelerden kaynaklanan organik gaz ve buhar emisyonları, 01/01/2008 den itibaren Ek-7 Tablo 7.2.2'de yer alan sınır değerleri sağlamaktadır.
- ✓ Tesiste bulunan emisyon bacalarının atık gazlarındaki gaz kirletici emisyonlarından hiç biri yönetmelikte belirtilen sınır değerleri aşmamakta olup, yönetmelikte istenilen şartlar sağlanmıştır. Tesiste baca gazı emisyonlarının sürekli ölçümüne gerek yoktur.
- ✓ Tesiste bulunan emisyon bacalarının atık gazlarındaki toz kirletici emisyonları yönetmelikte belirtilen sınır değerleri aşmamakta olup, yönetmelikte istenilen şartlar sağlanmıştır. Tesiste toz emisyonlarının sürekli ölçümüne gerek yoktur.
- ✓ Tesiste bulunan Boya Pişirme Fırını Brülör bacasında sınır değerlerin sağlandığı Boya Kurutma Fırını Brülör Bacası ve Yıkama Hattı Brülör Bacasında CO konsantrasyonunun 100 mg/Nm^3 sınır değerini sağlamadığı görülmüştür.
- ✓ Tesisteki emisyon kaynaklarının toplam emisyon kütlesel debileri, S.K.H.K.K.Y. Ek.2, Tablo. 2.1 gereğince tesisin tümünden atmosfere atılan toplam kütlesel debiler için verilen sınır değerleri aşmamakta olup yönetmelikte istenilen şartlar sağlanmıştır (Tablo 23).

Tablo 22. Tesis Bacalarında Ölçülen Emisyon Sonuçları

Baca No	**1**	**2**	**3**	**4**	**SD**
Yakıt Tipi	-	Doğalgaz	Doğalgaz	Doğalgaz	
Yakıt Tüketimi (m^3/h)	-	57	19,8	15	
Yakma Isıl Gücü (KW)	-	550	190	140	
Gaz Sıcaklığı (^{o}C)	65	277	191	74	
% Nem	13	3,00	5,00	9	
Basınç Değeri (kpa)	89,2	89,3	89,2	89,1	
Gaz Hızı (m/sn)	10,4	8,5	7,7	6,2	2
Baca Kesiti (m^2)	0,138	0,107	0,053	0,031	
Gaz Debisi (m^3/sa) (İşletme Şartlarda)	5167	3274	1469	692	
Gaz Debisi (Nm^3/sa) Normal Şartlarda)	3216,8	46125,3	720,9	441,1	
Toz Kons. (mg/Nm^3)	9,9	2,0	1,3	0,3	125
Toz Emisyonu (kg/sa)	0,0317	0,1179	0,0010	0,0001	10
CO Kons. (mg/Nm^3)	-	3,3	154,2	209,6	-
CO Emisyonu (kg/sa)	-	0,172	0,111	0,092	50

SO_2 Kons. (mg/Nm3)	-	2,9	4,8	2,9	-
SO2 Kons. (mg/Nm3 %3 ref.O2)	-	4,2	15,2	21,4	100
SO_2 Emisyonu (kg/saat)	-	0,00	0,00	0,00	60
NO Kons. (mg/Nm^3)	-	53,1	4,5	4,0	20
NO Emisyonu (kg/sa)	-	2,410	0,003	0,002	
NO_2 Kons. (mg/Nm^3)	-	85,7	7,2	6,5	20
NO_2 Emisyonu (kg/sa)	-	3,891	0,005	0,003	
O_2 Kons. (%)	-	8,88	15,37	18,59	
CO_2 Kons. (%)	-	6,74	3,12	1,32	
Toluene Kons. (mg/Nm^3)	0,00003	-	-	-	100
Toluene Emisyonu(kg/sa)	0,00000010	-	-	-	
1,3 dichlorobenzene Kons. (mg/Nm^3)	0,00001677	-	-	-	
1,3 dichlorobenzene Emisyonu(kg/sa)	0,00000005	-	-	-	
1,4 dichlorobenzene Kons. (mg/Nm^3)	0,00002290	-	-	-	100
1,4 dichlorobenzene Emisyonu(kg/sa)	0,00000007	-	-	-	
Karbon Cinsinden Organik Bileşikler Emisyonu (kg/sa)	0,00000017	-	-	-	10

SD: Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği Standart Değeri

Tablo 23. Tesisin Tümü için Toplam Emisyonlar

Kirletici Cinsi	**Toplam Emisyonlar (kg/saat)**	**Sınır değerler (kg/saat)**
CO	0,375	500
SO_2	0	60
NO_2	3,899	40
Toz Baca	0,1507	10
Toplam Uçucu Organik Bileşikler	0,0000002	30
Not: Tablodaki emisyonlar İşletmenin tamamından (bacaların toplamı) yayılan saatlik kütlesel debilerdir.		

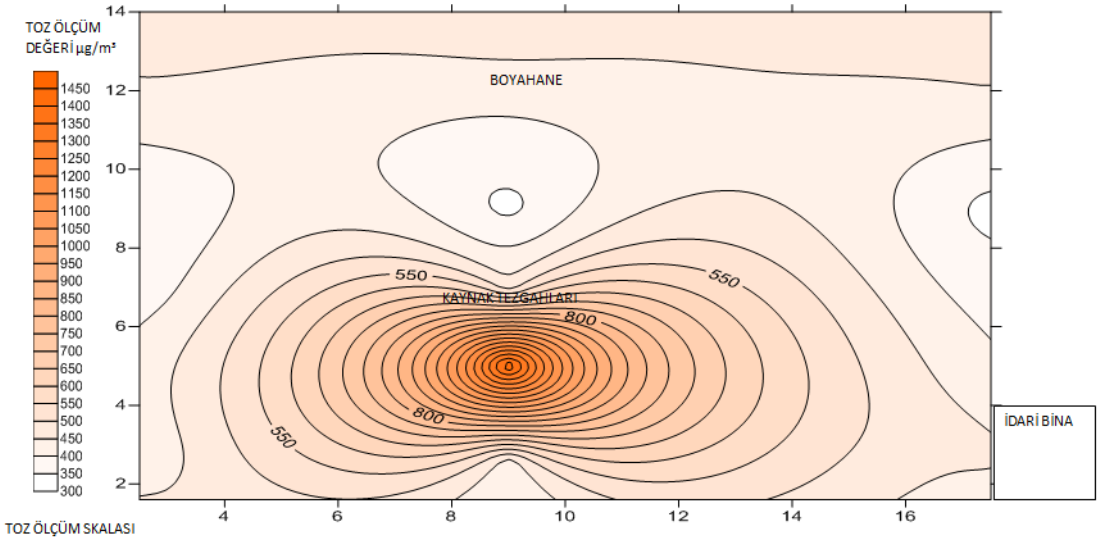
Sonuç olarak; emisyon bacalarının atık gazlarındaki toz kirletici emisyonları yönetmelikte belirtilen sınır değerleri aşmamakta olup, istenilen şartlar sağlanmıştır. Yönetmeliğe göre, tesiste baca gazı emisyonlarının ve toz emisyonlarının sürekli ölçümüne gerek yoktur. Ancak, tesiste bulunan Boya Pişirme Fırını Brülör Bacasında sınır değerlerin sağlandığı, Boya Kurutma Fırını Brülör Bacası ve Yıkama Hattı Brülör bacasında CO konsantrasyonunun 100 mg/Nm^3 sınır değerini sağlamadığı tespit edilmiştir. Sınır değerinin üzerinde olan bölümlerde gerekli önlemler alınmalıdır.

Tesis içinde yapılan iç ortam gaz ölçümleri yapılmış ve ölçüm sonuçları Tablo 24'de verilmiştir. Bu ölçüm sonuçlarına göre, "Parlayıcı, Patlayıcı, Tehlikeli ve Zararlı Maddelerle Çalışılan İşyerlerinde ve İşlerde Alınacak Tedbirler Hakkındaki Tüzüğü"nde müsaade edilen azami konsantrasyon değerleri ile işyeri ortamında tespit edilen değerler karşılaştırıldığında ölçüm sonuçları maksimum değerlerin altında kalmaktadır. Ölçüm yapılan günün şartlarında yapılan ölçümlerde; sınır değerlerin aşılmamasına rağmen zamanla iş akışı ve ortam şartları değişebileceğinden gaz yayılımını önlemek için gaz emici sistemler çalıştırılmalı, yetersiz ise iyileştirilmeli ve mevcut iklim şartlarına göre doğal havalandırma yapılmalıdır.

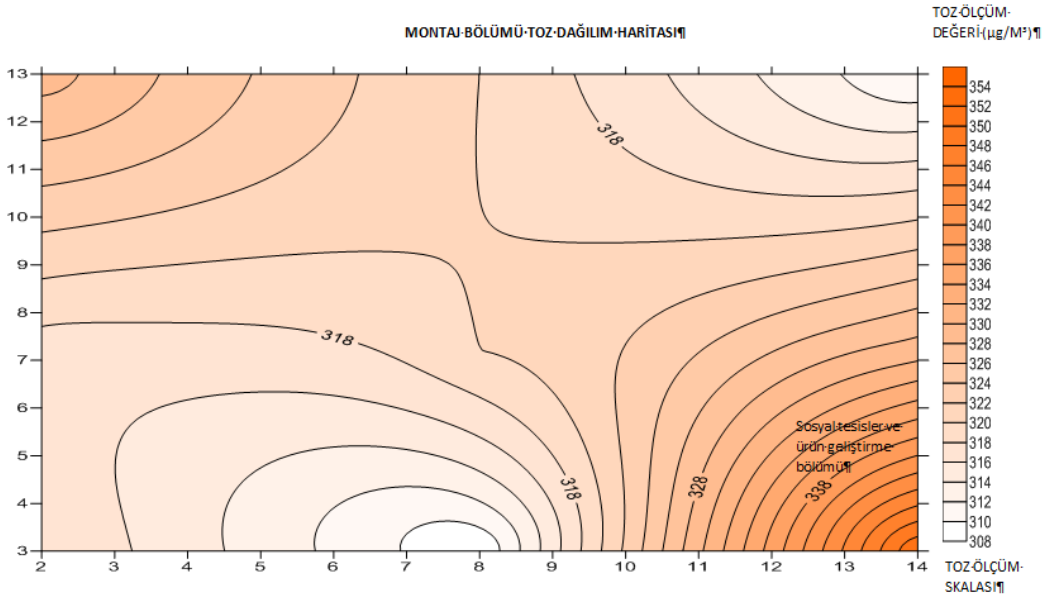
Tablo 24. İç Ortam Gaz Ölçüm Sonuçları

No	**Ölçüm Yapılan Bölüm**	**Ölçüm Yapılan Gaz**	**Ölçülen Değer (ppm)**	**Mak. Değer (ppm)**
1	Boyahane	Toluene	0,102	0,750
		Ethylbenzene	0,007	0,435
		p+m xylene	0,010	0,435
		o-xylene	0,005	0,435
		naphtalene	0,001	*
		bromodichloromethane	0,007	*
		isophropylbenzene	0,005	*
2	Kaynak Tezgahı	CO	1	500
		CO_2	980	5000
3	Kaynak Tezgahı	CO	2	500
		CO_2	850	5000

Firma B üretim faaliyetlerini gerçekleştirdiği tesis üretim ve montaj işlerinin yapıldığı aynı alanda bulunan iki ayrı binadan oluşmaktadır. Bundan dolayı, tesis içinde iç ortam toz ölçümleri bu bölümlerinde yapılmış ve Şekil 24 ve 25'de toz dağılım haritaları verilmiştir. Tesis genelinde tozun en yoğun olduğu kısım üretim bölümüdür. Toz dağılım haritalarına göre tozun üretim bölümünde kaynak tezgahlarının bulunduğu kısımda, montaj bölümünde ise ürün geliştirme alanında yoğunlaştığı görülmektedir. En düşük toz yoğunluğu beklenildiği üzere idari binada bulunan çalışma ofislerinin olduğu bölümde gözlenmiştir.



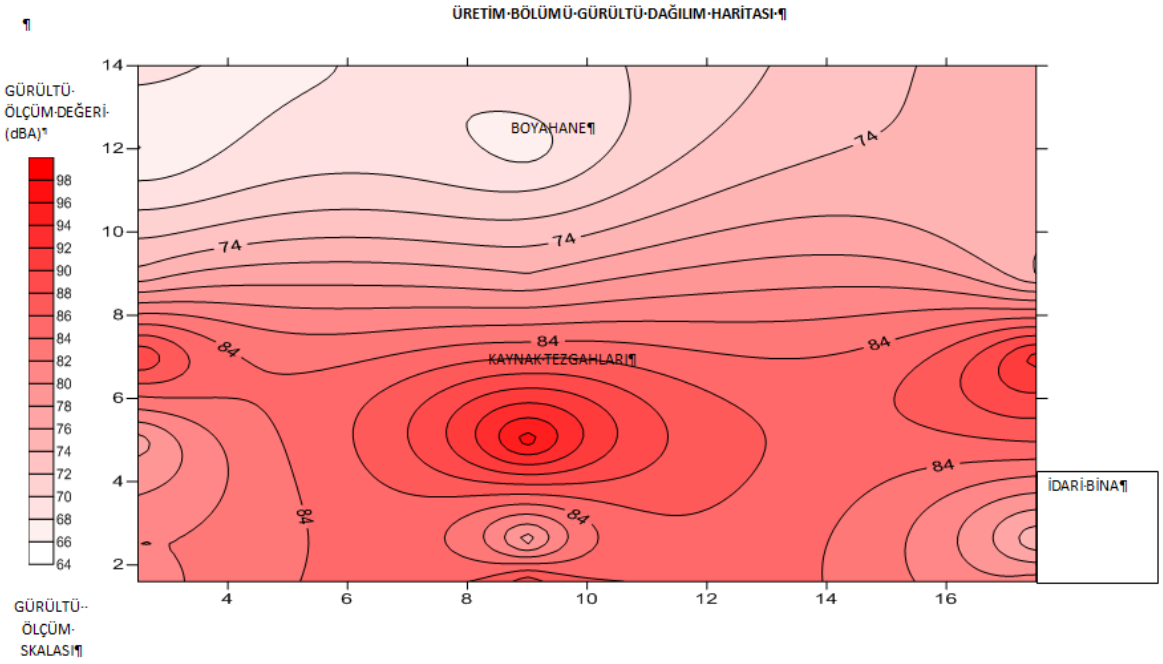
Şekil 24. Üretim bölümü toz dağılım haritası.



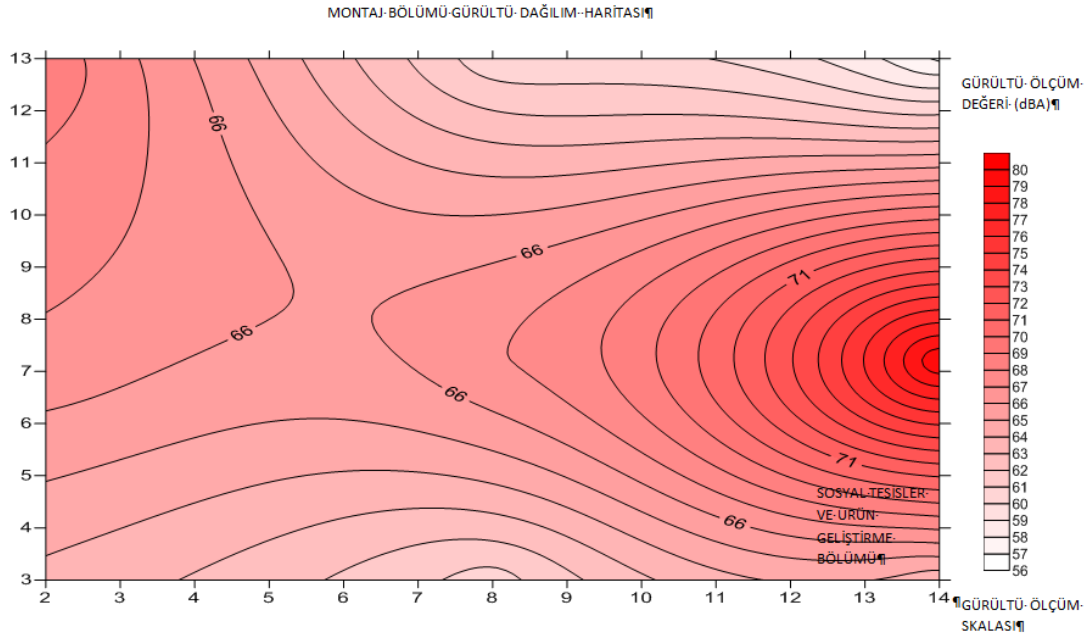
Şekil 25. Montaj bölümü toz dağılım haritası.

İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Tüzüğünün 22. Maddesinde "Ağır ve Tehlikeli İşlerin yapılmadığı yerlerde, gürültü derecesi 80 dBA geçmeyecektir. Daha çok gürültülü yerlerde çalışma gerektiren yerlerde, gürültü derecesi en çok 95 dBA olabilir." Tesis içinde, üretim ve montaj bölümlerinde yapılan gürültü ölçümleri sonucunda elde edilen gürültü dağılım haritası Şekil 26 ve 27'de görülmektedir. Tesis içinde yapılan gürültü ölçüm sonuçlarına göre, en yüksek gürültü değerleri kaynak tezgahlarının olduğu bölümde ölçülmüş; bu bölümde gürültü değerlerinin 80 dBA'nın üstünde olduğu ve 97 dBA'ya kadar çıktığı görülmüştür. Boyahane

ve montaj alanlarında ise gürültü seviyeleri 80 dBA'in altında çıkmıştır. Gürültü düzeyi etkin değerinin üzerinde olan bölümlerde gerekli önlemler alınmalıdır. Çalışma ofislerinin olduğu kısımda ise gürültü seviyesinin 60 dBA'in altında olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 26. Üretim bölümü gürültü dağılım haritası.



Şekil 27. Montaj bölümü gürültü dağılım haritası.

4.2.3 FİRMA C

4.2.3.1. Tesisin Tanıtımı

Firma C genel olarak mobilya aksesuarları ve mimari uygulama alanlarında müşteri bulan küçük ölçekli bir işletmedir. Firma C'nin yıllık 1000-10000 ton alüminyum profil tüketim hacmi bulunmakta ve bu işletmede temel olarak alüminyum profil üzerine fason işçilik uygulamaları yapılmaktadır. Tesis bünyesinde 3 kişi çalışmakta olup oldukça küçük bir işletme örneğidir.

4.2.3.2 Üretim Bilgileri ve Verileri

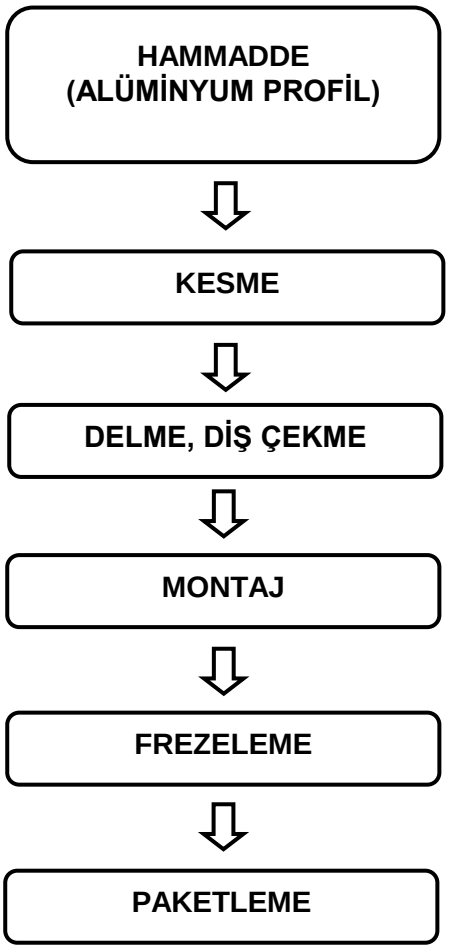
Firma C'ye ait proses akım şeması Şekil 28'de verilmiştir. Firma ham madde olarak alüminyum profiller kullanmaktadır. Bu profillerde öncelikle ürün çeşidine göre kesme, delme ve diş çekme gibi şekil verme işlemleri yapılmaktadır. Bu işlemlerin ardından frezeleme mekanik işlemine tabi tutulan alüminyum profiller paketleme ve montaj işlemlerinden sonra ürün olarak müşteriye sunulmaktadır. 2012 yılı verilerine bakıldığında tesisin 2000-4000 kg arasında alüminyumun tüketildiği oldukça küçük bir işletme olduğu anlaşılmaktadır.

4.2.3.3 Su ve Enerji Tüketim Verileri

Tesiste ait aylık su, doğalgaz ve elektrik tüketimleri ve birim üretim başına tüketilen su ve enerji miktarları düzenli olarak takip edilmemektedir. Ancak tesisten alınan bilgilere göre 2012 yılında aylık ortalama 1000 kW enerji ve 10 m^3 su tüketildiği tespit edilmiştir.

4.2.3.4 Atık Türleri ve Karakteristikleri

Firma C'de üretim sırasında sadece mekanik işlemler yapılmakta olup, eritme ve dökme işlemleri yapılmadığından üretim bacası bulunmamaktadır. Tesis içinde ortaya çıkan atıklara su, hava ve gaz atıkları olarak bakıldığında evsel atıksu dışında tesisten herhangi bir sulu proses olmaması nedeni ile atıksu oluşmadığı belirlenmiştir. Bunun yanı sıra katı atıklar; toz birikintileri, proses hurdası, talaş, plastik maddeler, plastik ambalajlar ve evsel katı atıklardır.



Şekil 28. C Firmasının Üretim Akım Şeması

Katı Atıklar

Tesisten çıkan atıkların türleri ve miktarları Tablo 25'de özetlenmektedir. Çıkan talaş biriktirilerek dört ayda bir hurdacılara satılmaktadır. Yaklaşık olarak aylık 200 kg proses hurdası oluşmakta ve yine aylık 200 kg civarında kesme delme gibi işlemlerden metal talaş çıkmaktadır. Çıkan proses hurdası ve metal talaş kırpıntılar şeklinde olduğundan dolayı düşük bir değere (1 TL/kg) hurdacılara satılmaktadır. Tesisten sadece ambalaj atığı çıkmaktadır. Bu atıklar da belediye geri dönüşümüne verilmektedir. Personelin yemek ihtiyacı yemek hizmeti veren bir firma tarafından karşılandığı için evsel katı atık oluşmamaktadır. Üretim sırasında alüminyum mamüller üzerine hava basınçlı sistemlerle delik açıldığından dolayı endüstriyel yağ kullanılmamaktadır. Makine kızaklarının yağlanması için yıllık 60-100 kg miktarında kullanılan yağlar tamamen tüketildiği için üretim sırasında atık yağ oluşmamaktadır. Tesis ısınma amacıyla yıllık 2 ton civarında odun ve kömür yakmaktadır. Tesiste oluşan toz birikintileri ise haftada bir yapılan temizlik ile kanalizasyona gitmektedir.

Tablo 25. Tesiste Ortaya Çıkan Katı Atık Türleri ve Aylık Miktarları

Katı Atık Türü	**Atık Miktarı**
Metal Talaş	200 kg
Proses Hurdası	200 kg
Plastik Maddeler ve Ambalajlar	150 kg
Atık Yağ	-
Evsel Atıklar	-
Toz Birikintileri	-

Gaz Atıklar

Firma C'de üretim sırasında sadece mekanik işlemler yapılmakta olup, eritme ve dökme işlemleri yapılmadığından üretim bacası bulunmamaktadır. Hava kirleticilerinin (gaz atıklar) incelenmesi için tesis içi gaz ve toz analizleri (Tablo 26 ve 27) ve İş Sağlığı ve Güvenliği açısından gürültü ölçümleri yapılmıştır. Bu ölçüm sonuçlarına göre, "Parlayıcı, Patlayıcı, Tehlikeli ve Zararlı Maddelerle Çalışılan İşyerlerinde ve İşlerde Alınacak Tedbirler Hakkındaki Tüzüğü"nde müsaade edilen azami konsantrasyon değerleri ile işyeri ortamında tespit edilen değerler karşılaştırıldığında ölçüm sonuçları maksimum değerlerin altında kalmaktadır. Ölçüm yapılan günün şartlarında yapılan ölçümlerde; sınır değerlerin aşılmamasına rağmen zamanla iş akışı ve ortam şartları değişebileceğinden gaz yayılımını önlemek için gaz emici sistemler çalıştırılmalı, yetersiz ise iyileştirilmeli ve mevcut iklim şartlarına göre doğal havalandırma yapılmalıdır.

Tablo 26. İç Ortam Gaz Ölçüm Sonuçları

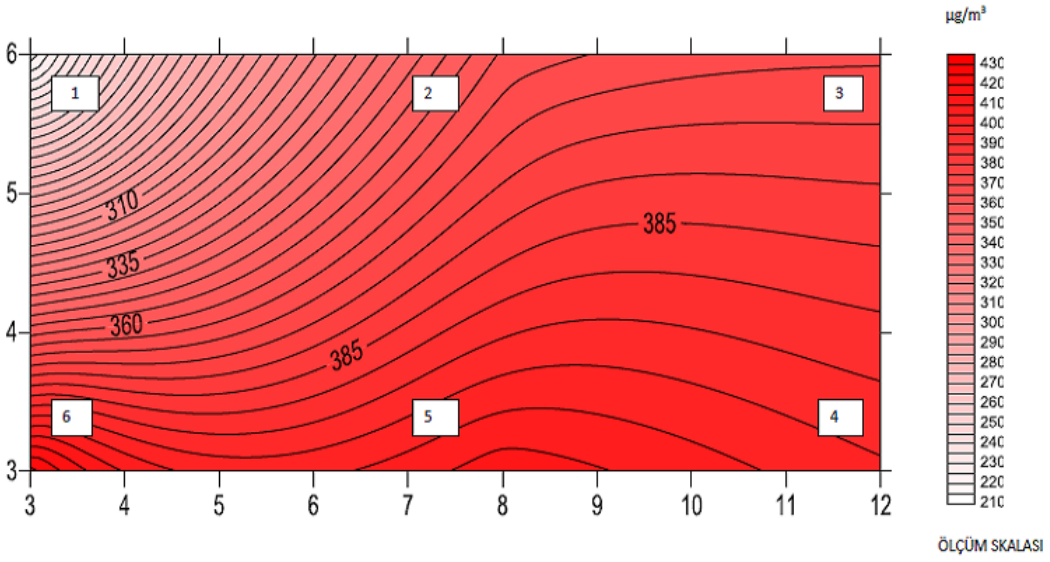
No	**Ölçüm Yapılan Bölüm**	**Ölçüm Yapılan Gaz**	**Ölçülen Değer**	**Sınır Değer**
1	Üretim Alanı	İsopropylbenzene	0,00089 mg/m^3	*
		CO	1 ppm	Max 500 ppm
		O_2	%20,7	Min %20

Tablo 27. İç Ortam Toz Ölçüm Sonuçları

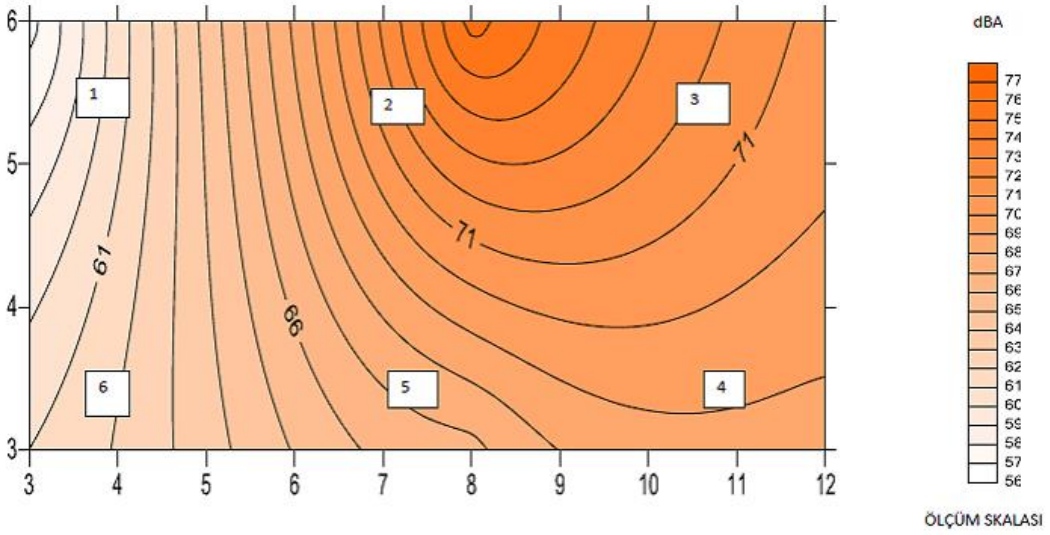
No	Ölçüm Yapılan Bölüm	Sonuç (µm/m^3)	Sınır Değer (µm/m^3)
1	Kopya Freze	216	5000
2	Delme Oyma Makinesi	361	5000
3	Delme Oyma Makinesi	369	5000
4	Kesim	401	5000
5	Kesim	413	5000
6	Kesim	427	5000

Tesis içinde yapılan toz ölçüm sonuçlarına göre tesisin iç ortam toz dağılım haritası çizilmiştir (Şekil 29). Toz dağılım haritasına göre tesis içinde kesim makinelerinin bulunduğu kısımlarda tozun yoğunlaştığı görülmektedir. Delme oyma makinesinin bulunduğu bölümde ise daha az toz yoğunluğu vardır. En düşük toz yoğunluğu beklenildiği üzere çalışma ofislerinin olduğu bölümde gözlenmiştir.

İş Sağlığı ve Güvenliği açısından gürültü ölçümleri yapılmıştır. İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Tüzüğünün 22. Maddesinde "Ağır ve Tehlikeli İşlerin yapılmadığı yerlerde, gürültü derecesi 80 dBA geçmeyecektir. Daha çok gürültülü yerlerde çalışma gerektiren yerlerde, gürültü derecesi en çok 95 dBA olabilir." Tesis içinde yapılan gürültü ölçümleri sonucunda elde edilen gürültü dağılım haritası Şekil 30'da görülmektedir. En yüksek gürültü değerleri delme ve oyma makinalarının bulunduğu kısımda olmaktadır. En düşük gürültü değeri ise kopya freze işlemlerinin yapıldığı bölümdedir. Tesis içinde 6 farklı noktada yapılan gürültü ölçümleri sonucunda Tablo 28'den de görüldüğü gibi, tesisin bütün bölümlerinde gürültü 80dBA'in altındadır.



Şekil 29. Tesis içi toz dağılım haritası.



Şekil 30. Gürültü Dağılım Haritası

Tablo 28. İç Ortam Gürültü Sonuçları

No	Ölçüm Noktası	Gürültü Seviyesi (dBA)	No	Ölçüm Noktası	Gürültü Seviyesi (dBA)
1	Kopya Freze	56,6	4	Kesme	68,5
2	Delme Oyma Makinası	76,4	5	Kesme	66,7
3	Delme Oyma Makinası	70,6	6	Kesme	61,0

4.3 KDS ile Öncelikli Atık Türlerinin Belirlenmesi

4.3.1 AHP-PROMETHEE Yöntemi ile Öncelikli Atığın Belirlenmesi

Kriter ağırlıklarının belirlenmesinde AHP yöntemi kullanılmış, belirlediğimiz kriter ağırlıklarını kullanarak PROMETHEE yöntemi ile de öncelikli atık türü belirlenmiştir. Firma temsilcileri ile gerek yüz yüze görüşmelerden gerekse de bilgi formlarından alınan değerler doğrultusunda oluşturduğumuz, AHP-PROMETHEE yöntemi analizinde kullandığımız veriler, Firma A (büyük ölçekli firma) için Tablo 29'da, Firma B (orta ölçekli firma) için Tablo 30'da, analiz sonuçları sırasıyla Firma A ve B için Tablo 31 ve Tablo 32'de verilmiştir.

Yapılan analizin sonuçları incelendiğinde, Tablo 31 ve Tablo 32`den de görülebileceği gibi Firma A için en yüksek Θ_i değerini alan ATIKSU, Firma B için ise KATI ATIK en öncelikli atık türü olarak belirlenmiştir. Firma C (küçük ölçekli firma) de yalnızca KATI ATIK çıktığından dolayı analize dahil edilmemiştir.

4.3.2 AHP- TOPSIS Yöntemi İle Öncelikli Atığın Belirlenmesi

Kriter ağırlıklarının belirlenmesinde AHP yöntemi kullanılmış, belirlediğimiz kriter ağırlıklarını kullanarak TOPSIS yöntemi ile de öncelikli atık türü belirlenmiştir. Firma temsilcilerinden kriterlere yönelik elde edilen değerler doğrultusunda oluşturduğumuz, AHP-TOPSIS Yöntemi analizinde kullandığımız veriler, Firma A (büyük ölçekli firma) için Tablo 33'de, Firma B (orta ölçekli firma) için Tablo 34'de, analiz sonuçları sırasıyla Firma A ve B için Tablo 35 ve Tablo 36'de verilmiştir.

Yapılan analizin sonuçları incelendiğinde, Tablo 35 ve Tablo 36'den da görülebileceği gibi Firma A için en yüksek C_i* değerini alan ATIKSU, Firma B için ise KATI ATIK en öncelikli atık türü olarak belirlenmiştir. Firma C (küçük ölçekli firma) de yalnızca KATI ATIK çıktığından dolayı analize dahil edilmemiştir.

Tablo 29. Firma A için Kriter Değerleri

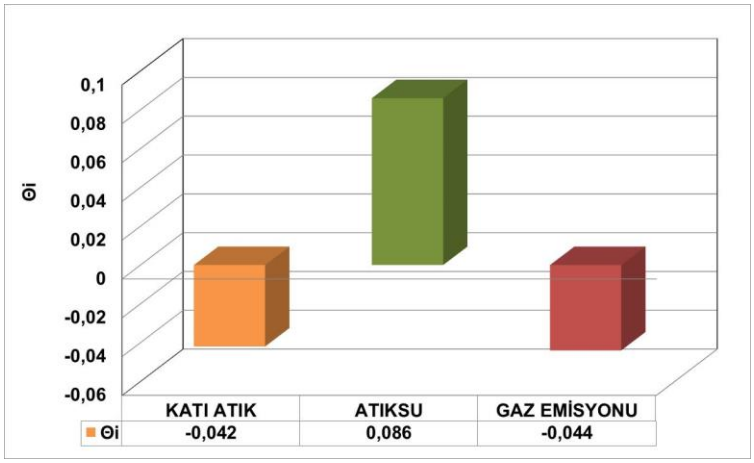
Ana Kriter Ağırlığı		0,087		0,397					0,185				0,07		0,218				0,048		
		A- Ekonomi		B - Çevreye olan Etkileri, Yönetmelikler Ve Standartlar					C - Teknik				D - Sosyal		E - Proses Girdileri				F- Diğer		
		A1	A2	B1	B2	B3	B4	B5	C1	C2	C3	C4	D1	D2	E1	E2	E3	E4	F1	F2	F3
KRİTERİN AMACI		MAX	MIN	MIN	MAX	MAX	MAX	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MIN	MAX	MAX	MAX	MAX	MIN	MIN	MIN
Alt Kriter Ağırlıklar		0,50	0,50	0,24	0,05	0,24	0,24	0,22	0,45	0,15	0,17	0,23	0,17	0,83	0,25	0,25	0,25	0,25	0,35	0,17	0,48
Kriterin Genel Ağırlığı		0,04	0,04	0,10	0,02	0,10	0,10	0,09	0,08	0,03	0,03	0,04	0,01	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,02	0,01	0,02
Kriter Değerleri	KATI ATIK	3797,15	78600,00	1,00	86,00	0,05	153832,00	2,28	0,60	0,01	0,85	0,08	5,00	0,45	50993,00	0,13	0,13	0,15	0,20	0,20	0,20
	ATIKSU	3585,26	0,00	0,62	83,00	0,04	95275,00	1,59	0,30	0,00	0,00	0,08	1,00	0,36	31395,00	0,84	0,84	0,30	0,40	0,70	0,70
	GAZ EMİSYONU	417,05	0,00	0,96	89,00	0,05	95105,00	2,29	0,10	0,00	0,00	0,04	3,00	0,19	30619,00	0,03	0,03	0,02	0,02	0,10	0,10

Tablo 30. Firma B için Kriter Değerleri

Ana Kriter Ağırlığı		0,087			0,397				0,185				0,07		0,218				0,048		
		A- Ekonomi			B - Çevreye Olan Etkileri, Yönetmelikler Ve Standartlar				C - Teknik				D - Sosyal		E - Proses Girdileri				F- Diğer		
		A1	A2	B1	B2	B3	B4	B5	C1	C2	C3	C4	D1	D2	E1	E2	E3	E4	F1	F2	F3
KRİTERİN AMACI		MAX	MIN	MIN	MAX	MAX	MAX	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MIN	MAX	MAX	MAX	MAX	MIN	MIN	MIN
Alt Kriter Ağırlıklar		0,5	0,5	0,24	0,05	0,24	0,24	0,22	0,45	0,15	0,17	0,23	0,17	0,83	0,25	0,25	0,25	0,25	0,35	0,17	0,48
Kriterin Genel Ağırlığı		0,04	0,04	0,1	0,02	0,1	0,1	0,09	0,08	0,03	0,03	0,04	0,01	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,02	0,01	0,02
Kriter Değerleri	KATI ATIK	2359,5	720	1	82,93	0,04	147156,9	1,71	0,6	0	1	0,3	0,15	3	0,55	49257,83	0,05	0,05	0,15	0,2	0,2
	ATIK SU	237,62	27	0,77	70,32	0,02	58656,9	0,68	0,3	0,01	0	0,6	0,04	6	0,45	19634,24	0,95	0,95	0,3	0,4	0,7
	GAZ EMİSYONU	100	0	1	70,32	0	3087,21	0,04	0,1	0	0	0,1	0	4	0,02	1033,38	0,05	0,05	0,02	0,02	0,1

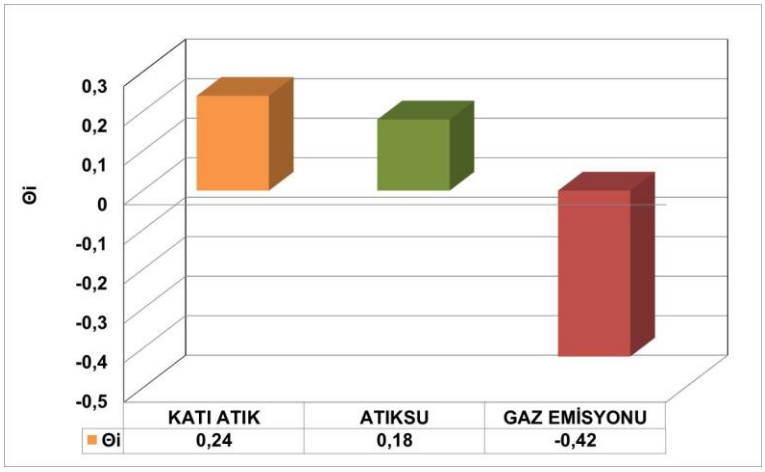
Tablo 31. Firma A için AHP-Promethee Sonuçları

	Θi (+)	**Θi (-)**	**Θi**
KATI ATIK	0.4825	0.5245	-0.0420
ATIKSU	0.5652	0.4792	0.0860
GAZ EMİSYONU	0.4973	0.5412	-0.0440



Tablo 32. Firma B için AHP-Promethee Sonuçları

	Θi (+)	**Θi (-)**	**Θi**
KATI ATIK	0,67	0,43	0,24
ATIKSU	0,60	0,43	0,18
GAZ EMİSYONU	0,36	0,77	-0,42



Tablo 33. Firma A için Kriter Değerleri ve TOPSİS Hesaplama

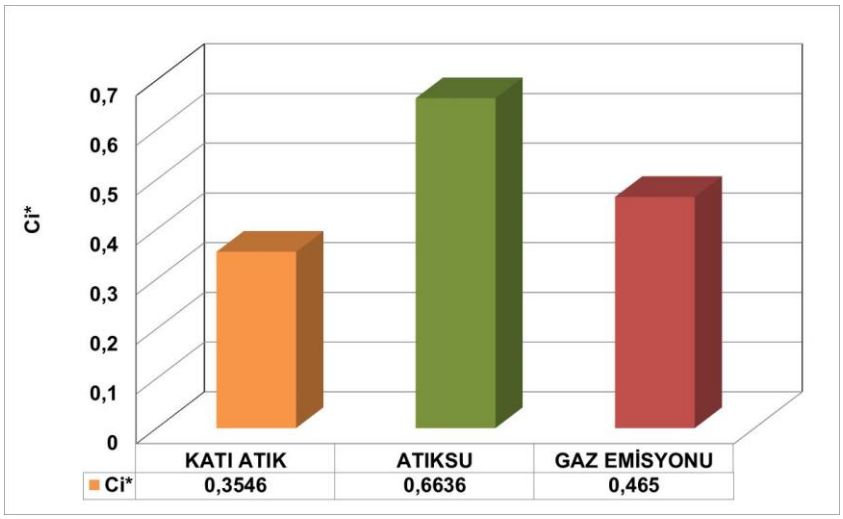
Ana kriter ağırlıkları		0,08		0,41					0,19				0,07		0,22				0,05		
ALTERNATİFLER / KRİTERLER		A- EKONOMİ		B - ÇEVREYE OLAN ETKİLERİ, YÖNETMELİKLER VE STANDARTLAR					C - TEKNİK				D - SOSYAL		E - PROSES GİRDİLERİ				F- DİĞER		
		A1 - Atık Bertaraf ve Geri Dönüşüm Maliyeti (Tl/Ay):	A2 - Geri Dönüşümden Elde Edilen Gelir (Tl/Ay):	B1 - Atık deşarjının uygunluğu	B2 - Gürültü db	B3 - İnsan toksisitesi	B4 - Küresel ısınma potansiyeli	B5 -Asitleştirme	C1 - Vasıflı işgücüne olan ihtiyaç	C2 - İş kazaları görülme sıklığı	C3 - İşletmeye Ait Geri Dönüşüm Sisteminde Değerlendirilen Atık Miktar Yüzdesi (%):	C4. Firmanın teknolojik alt yapısının Atık oluşumuna etkisi	D1 - Ekonomik etkinlik Pazar payı / ekonomi	D2 - Sosyal kabulediliebilirlik	E1 - Kullanılan hammadde aliminyum	E2 - Enerji ve miktarı elektrik kw, doğalgaz m3	E3 - Kullanılan yardımcı maddeler kimyasallar	E4 - Birim üretim başına su tüketim miktarları m3	F1 - Sürdürülebilir kalkınma hedefleri ile tutarlılığı	F2 -Ulusal ekonomi programları ile tutarlılık	F3-Ulusal Çevre Programlarına Uyumluluğu
KRİTERİN AMACI		MAX	MIN	MIN	MAX	MAX	MAX	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MIN	MAX	MAX	MAX	MAX	MIN	MIN	MIN
Alt kriter ağırlıklar		0,5	0,5	0,2	0,05	0,24	0,24	0,22	0,5	0,15	0,17	0,23	0,17	0,8	0,25	0,25	0,25	0,25	0,35	0,17	0,48
Kriterin genel ağırlığı		0,04	0,04	0,1	0,02	0,1	0,1	0,09	0,1	0,03	0,03	0,04	0,01	0,1	0,05	0,05	0,05	0,05	0,01	0,01	0,02
Karar Matrisi	KATI ATIK	3797,2	78600	1	85,9	0,05	153831,9	2,28	0,6	0,01	0,85	0,2	0,08	5	0,45	50992,9	0,13	0,13	0,15	0,2	0,2
	ATIKSU	3585,3	0	0,6	83,5	0,04	95275	1,59	0,3	0	0	0,7	0,08	1	0,36	31395,1	0,84	0,84	0,3	0,4	0,7
	GAZ EMİSYONU	417,05	0	1	88,8	0,05	95104,96	2,29	0,1	0	0	0,1	0,04	3	0,19	30619,3	0,03	0,03	0,02	0,02	0,1
Normalize Matrisi	KATI ATIK	0,72	1	0,7	0,58	0,63	0,75	0,63	0,9	0,98	1	0,27	0,67	0,9	0,74	0,76	0,16	0,16	0,45	0,45	0,27
	ATIKSU	0,68	0	0,4	0,56	0,44	0,47	0,44	0,4	0,2	0	0,95	0,67	0,2	0,59	0,47	0,99	0,99	0,89	0,89	0,95
	GAZ EMİSYONU	0,08	0	0,6	0,6	0,64	0,47	0,64	0,2	0	0	0,14	0,33	0,5	0,31	0,46	0,03	0,03	0,06	0,03	0,14
Ağırlıklı Normalize Matrisi	KATI ATIK	0,03	0,04	0,1	0,01	0,06	0,07	0,06	0,1	0,03	0,03	0,01	0,01	0,1	0,04	0,04	0,01	0,01	0,01	0	0,01
	ATIKSU	0,03	0	0	0,01	0,04	0,05	0,04	0	0,01	0	0,04	0,01	0	0,03	0,03	0,05	0,05	0,01	0,01	0,02
	GAZ EMİSYONU	0	0	0,1	0,01	0,06	0,05	0,06	0	0	0	0,01	0	0	0,02	0,02	0	0	0	0	0

Tablo 34. Firma B için Kriter Değerleri ve TOPSİS Hesaplama

Ana kriter ağırlıkları		0,08		0,41					0,19				0,07		0,22				0,05		
ALTERNATİFLER / KRİTERLER		A- EKONOMİ		B - ÇEVREYE OLAN ETKİLERİ, YÖNETMELİKLER VE STANDARTLAR					C - TEKNİK				D - SOSYAL		E - PROSES GİRDİLERİ				F- DİĞER		
		A1 - Atık Bertaraf ve Geri Dönüşüm Maliyeti (Tl/Ay):	A2 - Geri Dönüşümden Elde Edilen Gelir (Tl/Ay):	B1 - Atık deşarjının uygunluğu	B2 - Gürültü db	B3 - İnsan toksisitesi	B4 - Küresel ısınma potansiyeli	B5 -Asitleştirme	C1 - Vasıflı işgücüne olan ihtiyaç	C2 - İş kazaları görülme sıklığı	C3 - İşletmeye Atı Geri Dönüşüm Sisteminde Değerlendirilen Atık Miktar Yüzdesi (%):	C4. Firmanın teknolojik alt yapısının Atık oluşumuna etkisi	D1 - Ekonomik etkinlik Pazar payı / ekonomi	D2 - Sosyal kabuledilebilirlik	E1 - Kullanılan hammadde aliminyum	E2 - Enerji ve miktarı elektrik kw, doğalgaz m3	E3 - Kullanılan yardımcı maddeler kimyasallar	E4 - Birim üretim başına su tüketim miktarları m3	F1 - Sürdürülebilir kalkınma hedefleri ile tutarlılığı	F2 -Ulusal ekonomi programları ile tutarlılık	F3-Ulusal Çevre Programlarına Uyumluluğu
KRİTERİN AMACI		MAX	MIN	MIN	MAX	MAX	MAX	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MIN	MAX	MAX	MAX	MAX	MIN	MIN	MIN
Alt kriter ağırlıklar		0,5	0,5	0,24	0,05	0,24	0,24	0,22	0,45	0,15	0,17	0,23	0,17	0,83	0,25	0,25	0,25	0,25	0,35	0,17	0,48
Kriterin genel ağırlığı		0,04	0,04	0,1	0,02	0,1	0,1	0,09	0,08	0,03	0,03	0,04	0,01	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05	0,01	0,01	0,02
Karar Matrisi	KATI ATIK	720	1	82,93	0,04	147156,95	1,71	0,6	0	1	0,3	0,15	3	0,55	49257,83	0,05	0,05	0,15	0,2	0,2	0,2
	ATIKSU	27	0,77	70,32	0,02	58656,96	0,68	0,3	0,01	0	0,6	0,04	6	0,45	19634,24	0,95	0,95	0,3	0,4	0,7	0,7
	GAZ EMİSYONU	0	1	70,32	0	3087,21	0,04	0,1	0	0	0,1	0	4	0,02	1033,38	0,05	0,05	0,02	0,02	0,1	0,1
Normalize Matrisi	KATI ATIK	1	0,62	0,64	0,93	0,93	0,93	0,88	0,51	1	0,44	0,97	0,38	0,77	0,93	0,05	0,05	0,45	0,45	0,27	0,27
	ATIKSU	0,04	0,48	0,54	0,37	0,37	0,37	0,44	0,85	0	0,88	0,26	0,77	0,63	0,37	1	1	0,89	0,89	0,95	0,95
	GAZ EMİSYONU	0	0,62	0,54	0,02	0,02	0,02	0,15	0,17	0	0,15	0,01	0,51	0,03	0,02	0,05	0,05	0,06	0,03	0,14	0,14
Ağırlıklı Normalize Matrisi	KATI ATIK	0,04	0,06	0,01	0,09	0,09	0,08	0,07	0,01	0,03	0,02	0,01	0,02	0,04	0,05	0	0	0,01	0	0,01	0,01
	ATIKSU	0	0,05	0,01	0,04	0,04	0,03	0,04	0,02	0	0,04	0	0,04	0,03	0,02	0,05	0,05	0,01	0,01	0,02	0,02
	GAZ EMİSYONU	0	0,06	0,01	0	0	0	0,01	0	0	0,01	0	0,03	0	0	0	0	0	0	0	0

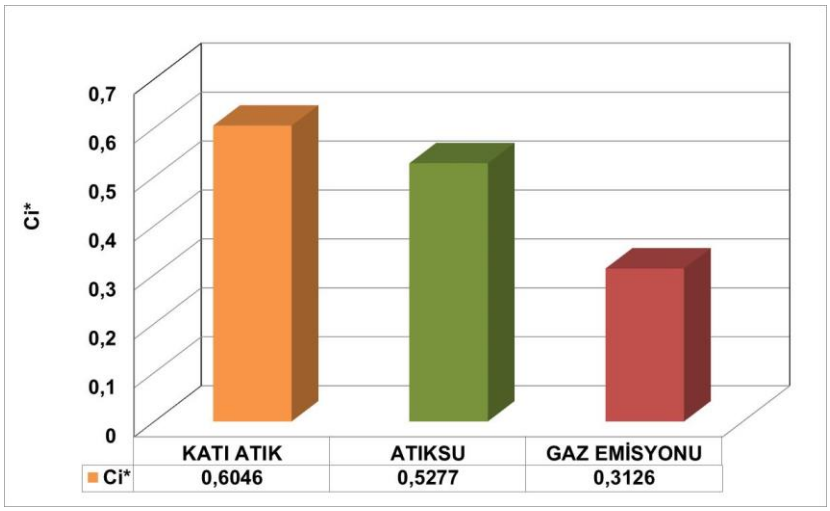
Tablo 35. Firma A için AHP-TOPSİS Sonuçları

	Si*	Si-	Ci*
KATI ATIK	0,1157	0,0636	0,3546
ATIKSU	0,0587	0,1158	0,6636
GAZ EMİSYONU	0,1022	0,0889	0,4650



Tablo 36. Firma B için AHP-TOPSİS Sonuçları

	Si*	Si-	Ci*
KATI ATIK	0,1112	0,1700	0,6046
ATIKSU	0,1110	0,1241	0,5277
GAZ EMİSYONU	0,1863	0,0847	0,3126



4.3.3 AHP-VIKOR Yöntemi İle Öncelikli Atığın Belirlenmesi

Kriter ağırlıklarının belirlenmesinde AHP yöntemi kullanılmış, belirlediğimiz kriter ağırlıklarını kullanarak VIKOR yöntemi ile de öncelikli atık türü belirlenmiştir. AHP- VIKOR Yöntemi analizinde kullandığımız veriler, Firma A (büyük ölçekli firma) için Tablo 37'de, Firma B (orta ölçekli firma) için Tablo 38'de Analiz sonuçları sırasıyla Firma A ve B için sırasıyla Tablo 39 ve Tablo 40'da verilmiştir. Firma C (küçük ölçekli firma) de yalnızca KATI ATIK çıktığından dolayı analize dahil edilmemiştir.

Yapılan analizin sonuçları incelendiğinde, Tablo 39'da görüldüğü üzere AHP-VIKOR yönteminde Firma A icin en iyi Q (minimum) değerine sahip olan ATIKSU'yun uzlaşık çözüm olarak önerilebilmesi için aşağıdaki iki koşulu sağlaması gerekir.

Koşul 1: $Q(\text{katı}) - Q(\text{sıvı}) \geq \left(\frac{1}{3-1}\right)$

$0{,}5 - 0{,}0429 \geq 0{,}5$ $\quad$ $0{,}4571 \ngeq 0{,}5$ <u>koşulunu sağlamaz</u>

Koşul 2: En iyi Q değerine sahip ATIKSU alternatifi, $S\ ve/veya\ R$ değerlerinden en az bir tanesinde en iyi skoru elde etmiş olmalıdır. R değerinde ATIKSU en iyi skoru elde ettiği için bu <u>koşulu sağlar</u>

- Koşul 1 sağlanmadığı için ATIKSU ve KATI ATIK her ikisi birlikte öncelikli atıktır.

Yapılan analizin sonuçları incelendiğinde, AHP-VIKOR yönteminde en iyi Q (minimum) değerine sahip olan ATIKSU'yun uzlaşık çözüm olarak önerilebilmesi için aşağıdaki iki koşulu sağlaması gerekir (Tablo 39).

Koşul 1: $Q(\text{katı}) - Q(\text{sıvı}) \geq \left(\frac{1}{3-1}\right)$

$0{,}51111 - 0 \geq 0{,}5$ <u>koşulunu sağlar.</u>

Koşul 2: En iyi Q değerine sahip ATIKSU alternatifi, $S\ ve/veya\ R$ değerlerinden en az bir tanesinde en iyi skoru elde etmiş olmalıdır. R değerinde ATIKSU en iyi skoru elde ettiği için bu <u>koşulu sağlar</u>

- Her iki koşulda sağlandığı için <u>Firma B icin ATIKSU</u> öncelikli atıktır (Tablo 40).

Firma C (küçük ölçekli firma) de yalnızca KATI ATIK çıktığından dolayı analize dahil edilmemiştir.

Tablo 37. Firma A için Kriter Değerleri ve VIKOR Hesaplama

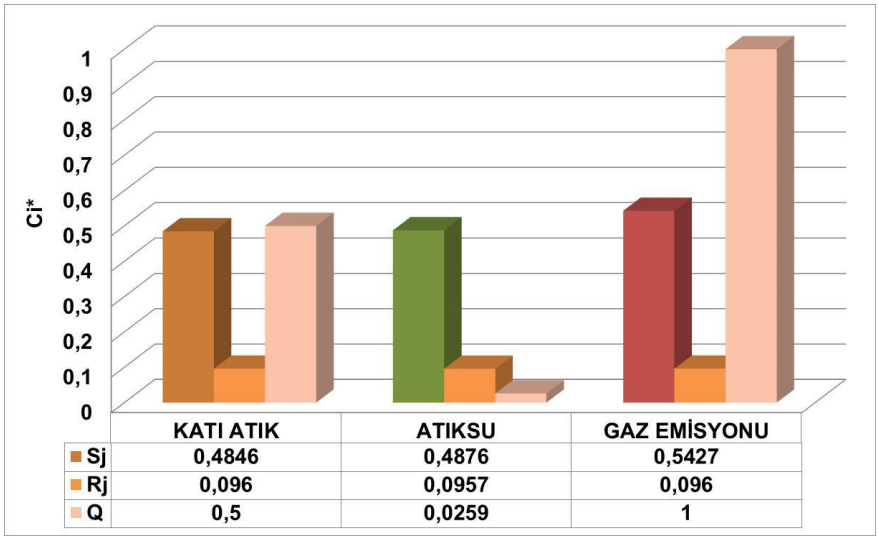
Ağırlıklar		0,04	0,04	0,1	0,02	0,1	0,1	0,09	0,08	0,03	0,03	0,04	0,01	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05	0,02	0,01	0,02
Kriterler		A1 - Atık Bertaraf ve Geri Dönüşüm Maliyeti (Tl/Ay):	A2 - Geri Dönüşümden Elde Edilen Gelir (Tl/Ay):	B1 - Atık deşarjının uygunluğu	B2 - Gürültü db	B3 - İnsan toksisitesi	B4 - Küresel ısınma potansiyeli	B5 -Asitleştirme	C1 - Vasıflı işgücüne olan ihtiyaç	C2 - İş kazaları görülme sıklığı	C3 - İşletmeye Ait Geri Dönüşüm Sisteminde Değerlendirilen Atık Miktar Yüzdesi (%):	C4. Firmanın teknolojik alt yapısının Atık oluşumuna etkisi	D1 - Ekonomik etkinlik Pazar payı / ekonomi	D2 - Sosyal kabuledilebilirlik	E1 - Kullanılan hammadde aliminyum	E2 - Enerji ve miktarı elektrik kw, doğalgaz m3	E3 - Kullanılan yardımcı maddeler kimyasallar	E4 - Birim üretim başına su tüketim miktarları m3	F1 - Sürdürülebilir kalkınma hedefleri ile tutarlılığı	F2 -Ulusal ekonomi programları ile tutarlılık	F3-Ulusal Çevre Programlarına Uyumluluğu
KRİTERİN AMACI		MAX	MIN	MIN	MAX	MAX	MAX	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MIN	MAX	MAX	MAX	MAX	MIN	MIN	MIN
Karar Matrisi	KATI ATIK	3797,2	78600	1	85,9	0,05	153831,9	2,28	0,6	0,01	0,85	0,2	0,08	5	0,45	50992,9	0,13	0,13	0,15	0,2	0,2
	ATIKSU	3585,3	0	0,62	83,5	0,04	95275	1,59	0,3	0	0	0,7	0,08	1	0,36	31395,1	0,84	0,84	0,3	0,4	0,7
	GAZ EMİSYONU	417,05	0	0,96	88,8	0,05	95104,96	2,29	0,1	0	0	0,1	0,04	3	0,19	30619,3	0,03	0,03	0,02	0,02	0,1
fi*		3797,2	0	0,62	88,8	0,05	153831,9	2,29	0,1	0,01	0	0,7	0,04	1	0,45	50992,9	0,84	0,84	0,02	0,02	0,1
fi-		417,05	78600	1	83,5	0,04	95104,96	1,59	0,6	0	0,85	0,1	0,08	5	0,19	30619,3	0,03	0,03	0,3	0,4	0,7
fi*-f-		3380,1	-78600	-0,4	5,35	0,02	58726,92	0,7	-0,5	0,01	-0,85	0,6	-0,04	-4	0,26	20373,6	0,81	0,81	-0,28	-0,39	-0,6
wi(fi*-fij)	KATI ATIK	0	-3419	-0	0,06	0	0	0	-0	0	-0,03	0,02	0	-0,2	0	0	0,04	0,04	0	0	0
	ATIKSU	9,22	0	0	0,11	0	5621,46	0,06	-0	0	0	0	0	0	0	1068,08	0	0	0	0	-0,01
	GAZ EMİSYONU	147,03	0	-0	0	0	5637,78	0	0	0	0	0,03	0	-0,1	0,01	1110,36	0,04	0,04	0	0	0
wi(fi*-fij)/ fi*-f-	KATI ATIK	0	0,04	0,1	0,01	0	0	0	0,08	0	0,03	0,04	0,01	0,06	0	0	0,05	0,05	0,01	0	0
	ATIKSU	0	0	0	0,02	0,1	0,1	0,09	0,03	0,02	0	0	0,01	0	0,02	0,05	0	0	0,02	0,01	0,02
	GAZ EMİSYONU	0,04	0	0,09	0	0	0,1	0	0	0,03	0	0,04	0	0,03	0,05	0,05	0,05	0,05	0	0	0

Tablo 38. Firma A için Kriter Değerleri ve VIKOR Hesaplama

Ağırlıklar		0,04	0,04	0,1	0,02	0,1	0,1	0,09	0,08	0,03	0,03	0,04	0,01	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05	0,02	0,01	0,02
Kriterler		A1 - Atık Bertaraf ve Geri Dönüşüm Maliyeti (Tl/Ay):	A2 - Geri Dönüşümden Elde Edilen Gelir (Tl/Ay):	B1 - Atık deşarjının uygunluğu	B2 - Gürültü db	B3 - İnsan toksisitesi	B4 - Küresel ısınma potansiyeli	B5 -Asitleştirme	C1 - Vasıflı işgücüne olan ihtiyaç	C2 - İş kazaları görülme sıklığı	C3 - İşletmeye Ait Geri Dönüşüm Sisteminde Değerlendirilen Atık Miktar Yüzdesi (%):	C4. Firmanın teknolojik alt yapısının Atık oluşumuna etkisi	D1 - Ekonomik etkinlik Pazar payı / ekonomi	D2 - Sosyal kabuledilebilirlik	E1 - Kullanılan hammadde aliminyum	E2 - Enerji ve miktarı elektrik kw, doğalgaz m3	E3 - Kullanılan yardımcı maddeler kimyasallar	E4 - Birim üretim başına su tüketim miktarları m3	F1 - Sürdürülebilir kalkınma hedefleri ile tutarlılığı	F2 -Ulusal ekonomi programları ile tutarlılık	F3-Ulusal Çevre Programlarına Uyumluluğu
KRİTERİN AMACI		MAX	MIN	MIN	MAX	MAX	MAX	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MIN	MAX	MAX	MAX	MAX	MIN	MIN	MIN
Karar Matrisi	KATI ATIK	2359,5	720	1	82,9	0,04	147157	1,71	0,6	0	1	0,3	0,15	3	0,55	49257,8	0,05	0,05	0,15	0,2	0,2
	ATIKSU	237,62	27	0,77	70,3	0,02	58656,96	0,68	0,3	0,01	0	0,6	0,04	6	0,45	19634,2	0,95	0,95	0,3	0,4	0,7
	GAZ EMİSYONU	100	0	1	70,3	0	3087,21	0,04	0,1	0	0	0,1	0	4	0,02	1033,38	0,05	0,05	0,02	0,02	0,1
fi*		2359,5	0	0,77	82,9	0,04	147157	1,71	0,1	0,01	0	0,6	0	3	0,55	49257,8	0,95	0,95	0,02	0,02	0,1
fi-		100	720	1	70,3	0	3087,21	0,04	0,6	0	1	0,1	0,15	6	0,02	1033,38	0,05	0,05	0,3	0,4	0,7
fi*-f-		2259,5	-720	-0,2	12,6	0,04	144069,7	1,68	-0,5	0	-1	0,5	-0,15	-3	0,53	48224,5	0,9	0,9	-0,28	-0,39	-0,6
wi(fi*-fij)	KATI ATIK	0	-27,72	-0	0	0	0	0	-0	0	-0,03	0,01	0	0	0	0	0,05	0,05	0	0	0
	ATIKSU	81,69	-1,04	0	0,26	0	8644,68	0,09	-0	0	0	0	0	-0,2	0,01	1614,49	0	0	0	0	-0,01
	GAZ EMİSYONU	86,99	0	-0	0,26	0	14072,73	0,15	0	0	0	0,02	0	-0,1	0,03	2628,23	0,05	0,05	0	0	0
wi(fi*-fij)/ fi*-f-	KATI ATIK	0	0,04	0,1	0	0	0	0	0,08	0,01	0,03	0,03	0,01	0	0	0	0,05	0,05	0,01	0	0
	ATIKSU	0,04	0	0	0,02	0,06	0,06	0,06	0,03	0	0	0	0	0,06	0,01	0,03	0	0	0,01	0,01	0,02
	GAZ EMİSYONU	0,04	0	0,1	0,02	0,1	0,1	0,09	0	0,03	0	0,04	0	0,02	0,05	0,05	0,05	0,05	0	0	0

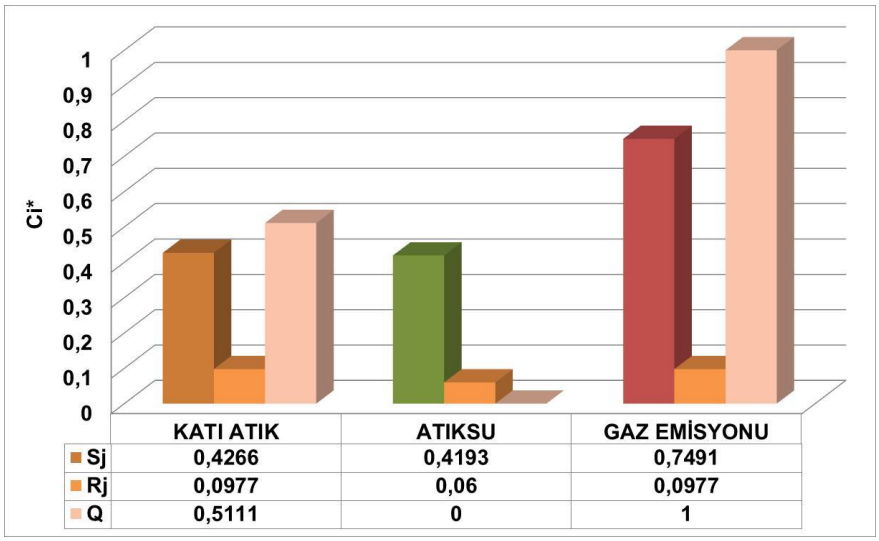
Tablo 39. Firma A için AHP-VIKOR Sonuçları

	Sj	Rj	Q
KATI ATIK	0,4846	0,0960	0,5000
ATIKSU	0,4876	0,0957	0,0259
GAZ EMİSYONU	0,5427	0,0960	1,0000



Tablo 40. Firma B için AHP-VIKOR Sonuçları

	Sj	Rj	Q
KATI ATIK	0,4266	0,0977	0,5111
ATIKSU	0,4193	0,0600	0,0000
GAZ EMİSYONU	0,7491	0,0977	1,0000



4.3.4 Model Sonuçlarının Karşılaştırılması

Bütün sonuçlar değerlendirildiğinde (Tablo 41) Firma A için uygulanan üç yöntemde de ATIKSU öncelikli atık olarak belirlenmiştir. Yalnız AHP-VIKOR yöntemi katı atığında atıksu ile birlikte dikkate alınması gerektiğini göstermiştir. Firma B için AHP-PROMETHEE ve AHP-TOPSIS yöntemi sonuçlarına göre katı atığın öncelikli atık olduğu tespit edilmiştir. AHP-VIKOR yöntemine göre ise uzlaşık çözüm olarak atıksu öncelikli atık çıkmıştır. Literatürdeki çalışmalar VIKOR yönteminin TOPSIS yöntemine göre daha anlamlı sonuçlar ürettiğini göstermektedir. VIKOR'da doğrusal, TOPSIS'de ise vektör normalizasyonu kullanılmakta ve VIKOR ideal çözüme yakınlığı temsil eden toplama fonksiyonuna dayanırken, TOPSIS'de iki referans noktası tanımlanmaktadır. PROMETHEE'nin sonuçları maksimum grup faydasına dayanırken, VIKOR maksimum grup faydası ile minimum kişisel pişmanlığı birleştirmektedir. Bu nedenle AHP-VIKOR sonucu bilimsel olarak daha anlamlı bulunmuş ve atıksu öncelikli atık olarak belirlenmiştir. Bunun yanısıra, Firma B temsilcileri ile yapılan görüşmelerde de katı atığın firma açısından problem yarattığı doğrulanmıştır.

Sonuçlar göstermektedir ki büyük ölçekli Firma A için atıksu öncelikli atık olarak belirlenirken katı atıkların da göz ardı edilmemesi gerekliliği ortaya konmuştur. Proje kapsamında değerlendirmeleri yapılan orta ölçekli Firma B için katı atık öncelikli atık olarak belirlenmiş olup, atıksuyun da dikkate alınması gerektiği tespit edilmiştir. Hem Firma A hem de firma B için gaz emisyonların öncelik sıralamasında en sonda olması alüminyum sektöründe bu atık türünün diğerlerine göre önceliğinin daha az olduğunu göstermektedir.

Tablo 41. PROMETHEE, TOPSIS ve VIKOR Yöntemlerinin Karşılaştırılması

		PROMETHEE	**TOPSIS**	**VIKOR**
		Θi	**Ci***	**Q**
FİRMA A	KATI ATIK	-0.0420	0,3546	0,5
	ATIKSU	0.0860	0,6636	0,0259
	GAZ EMİSYONU	-0.0440	0,465	1
FİRMA B	KATI ATIK	0,242	0,605	0,511
	ATIKSU	0,176	0,528	0
	GAZ EMİSYONU	-0,419	0,313	1

4.4 Prosese Entegre Edilebilecek En İyi Teknikler

4.4.1 Firma A Tesisi İçin Mevcut En İyi Teknikler

Bu bölümde Firma A tesisinde uygulanan prosesler bazında MET seçenekleri sunulmaktadır.

4.4.1.1 Durulama

Kurallara uygun bir durulama sistemi yeterli miktarda su tasarrufunu sağlaması gerekir. Aynı zamanda yeterli miktarda temizliği de sağlaması istenir. Tek başına kullanılan bir durulama tankı, çok büyük hacimlerde olmadığı takdirde ister ara kademelerde olsun, ister son kısımda olsun verimli olmaz. Ters akış (kaskat) ise, iki ya da daha fazla aşamalı durulamalarda; düşük su tüketimim ile gerekli yıkanmayı ya da temizliği sağlar.

Durulama işlemi sırasında profiller havuzlara daldırıp çıkarıldığı sırada, hem işlem tankından hem de durulamadan aldığı suları bir sonraki tanka taşır. Bu suya taşınan su denir. Taşınan suyun en aza indirilmesi; hem durulama banyolarının daha az kirlenmesinin dolayısıyla daha uzun ömürlü olmalarını, hem de işlem tanklarındaki çözeltilerin daha uzun süre kullanılabilmesini sağlar.

Bu kapsamda, hem durulama tekniklerinin gözden geçirilmesi ve en az su kullanan tekniklerin seçilmesi; hem de hangi tekniklerle taşınan banyolar arası taşınan suyun en aza indirileceğinin dikkate alınması gerekir. Bu hedeflere yönelik olarak uygulanabilecek MET'ler aşağıda sunulmaktadır.

- **Sprey Durulama**

  Sprey durulama iki aşamada gerçekleştirilebilir. Birincisi boş bir tankta ya da proses tankının üzerinde gerçekleştirilebilir. Proses tankın üzerinde gerçekleşen durulama sistemi verimli bir işlemdir. Bu işlem otomatik ya da manuel olarak gerçekleştirebilir. Durulama tankı öncesi yapılan bu işlemle, işlem tankına direkt geri besleme yapılmış olur. Aynı bir tankta gerçekleştirilecek olan durulamada ise su tekrardan işlem tankına gönderilir.

Çevresel Yararları: Bu sayede durulama ile çevreye karışan çözülebilir kimyasalların miktarı azaltılır.

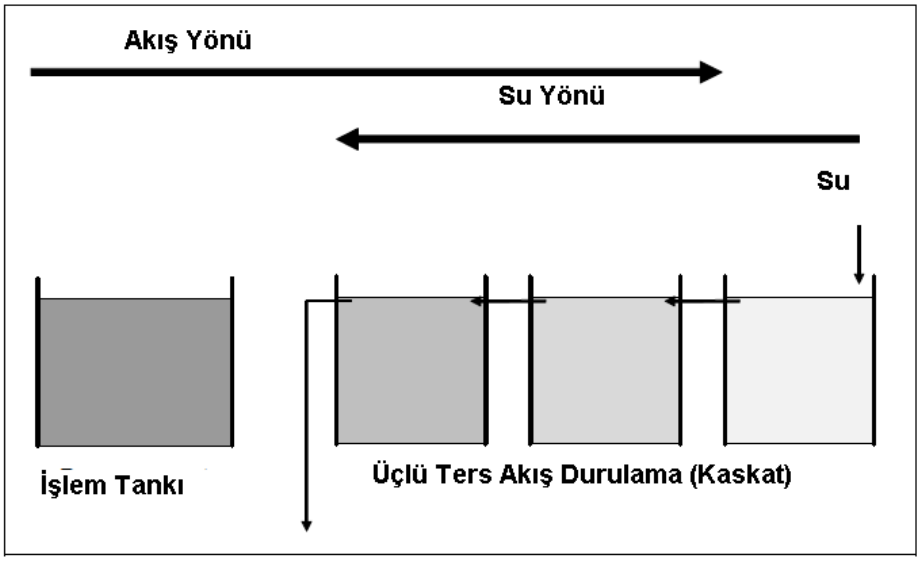
Oluşabilecek Zararları: Legionella bakterisi borularda üreyebilir. Bu da sprey ve boru sistemi etkileyebilir.

Firma A için elle yapılacak sprey durulamanın, üretim kapasitesinin yüksek olduğu düşünüldüğünde uygulanabilirliği görülmemektedir. Elle yapılacak durulama sistemi, ilk yatırım maliyeti açısından ucuz olsa da uzun vadede hem iş gücü hem de zaman kaybı açısından avantajlı değildir. Ama Şekil 31'de gösterilen otomatik sprey durulama sistemi ile profillerin taşınımı sırasında diğer tanka aktarılan kimyasal madde seviyesi azalmakta, durulama verimli bir şekilde gerçekleşmektedir. Zaman kaybı gibi işletim sıkıntıları yoktur. Kuruluş açısından Firma A'ya maddi bir yük getirse de, ileriye yönelik avantaj sağlar. Sonuç olarak, Firma A'ya uygulanabilir bir tekniktir.

Şekil 31. Ayrı tankta sprey durulama

- **Çoklu Durulama Teknikleri**

Genel olarak bu tekniklerle az miktarla sularla yüksek oranda durulama seviyesine ulaşılır. Şekil 32'de görüldüğü gibi akış yönünün tersi yönde geri beslenen su ile kaskat durulama işlemi gerçekleştiriliyor. Tablo 42'de görüldüğü gibi durulama safhaları artıkça durulama için gereken su miktarı da düşmektedir. Çoklu durulama tankları, harcanan su seviyesini azaltmak için kullanılan en iyi yöntemlerdendir.

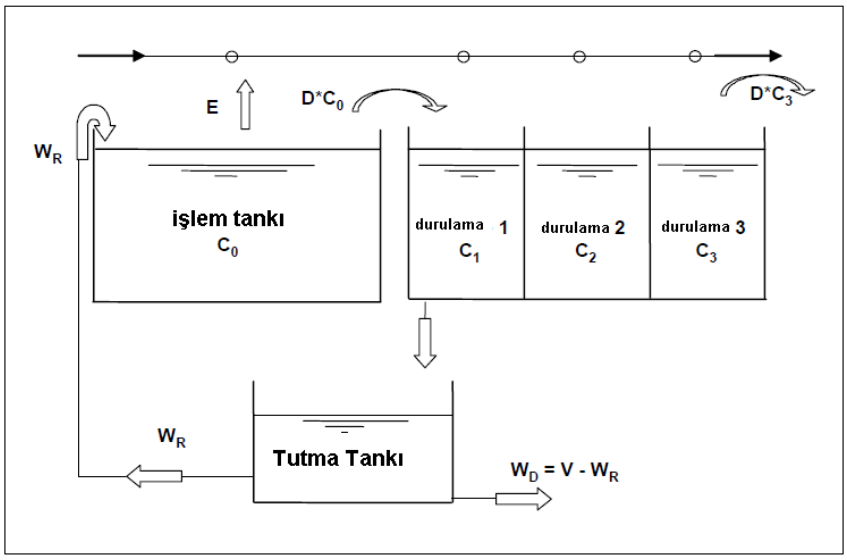


Şekil 32. Çoklu durulama teknolojisi (Kaskat Durulama).

Tablo 42. Durulama Oranı (Durulama için gereken su fonksiyonu)

Durulama Oranı	10000	5000	1000	200
Tank sayısı	Durulama için gerekli olan su miktarı L/sa			
Tekli	10000	5000	1000	200
İkili	100	71	32	14
Üçlü	22	17	10	6
Dörtlü	10	8	6	4
Beşli	6	5	4	3

Çoklu durulama sistemlerinde çeşitli kombinasyonlar ve modifikasyonlar denenmiştir. Şekil 33'de üçlü durulama ile suyun geri kullanımını gösterilmiştir.



Şekil 33. Üçlü durulama sistemi ile taşınan suyun geri kazanımı.

Şekilde gördüğümüz sistemde üçlü kaskat durulama sistemi var. Ayrıca ilk tanktan yani işlem tankından profillerin taşınması esnasında taşınan suyu tutmak için alt kısma depolama tankı yerleştirilmiştir. Bu sayede taşınan su, depolama tankında tutulur.

Kaskat durulama sistemi, Firma A'nın sınırlı bir şekilde kullandığı bir sistemdir. Eloksal durulama olarak Firma A, 8 adet durulama tankına sahiptir. Sadece 4'ü arasında ikili geri durulama sistemi mevcuttur. Kuruluşun üretim kapasitesi yüksek ve kısıtlı çalışma alanı olduğu için, durulama tanklarından 3'lü ya da 4'lü olarak yararlanamamaktadır. Ayrıca, planlı bir kurulum olmadığından, kapasite artırımı ile eloksal havuzları ve durulama havuzları eklendiği için planlı bir ters akım mevcut duruma eklenememektedir. Bu sistemi oluşturmak için, tankların işlevleri tekrardan düzenlenmelidir. Bu durumda geçen süre şirket için bir kayıptır ve maddi kuruluşu da yüksek olacaktır. Fakat uzun vadede planlı bir akış şeması tabi ki şirketin lehinedir. Ayrıca firma mevcut durumda ek olarak üçüncü bir ters akım sistemi kurabilir ya da mevcut ikili durulama sistemini 4'lü kaskat durulama sistemine çevirebilir. Fakat bu üretimin yavaşlamasına sebep olabilir. Ek olarak, durulama tanklarındaki atık suyu, Firma A için direk deşarj etmektedir. Oysa; Durulama 1'den çıkan atıksu, ilave edilecek ayrı bir tanka verilebilir. Böylelikle durulamada giderilen kimyasallar yoğunlaştırılabilir. Sonuç olarak hem kimyasal hem de su tasarrufu sağlanır ve biriktirme tankında kimyasalların yoğunluğunun ayarlanması daha kolay hale gelebilir.

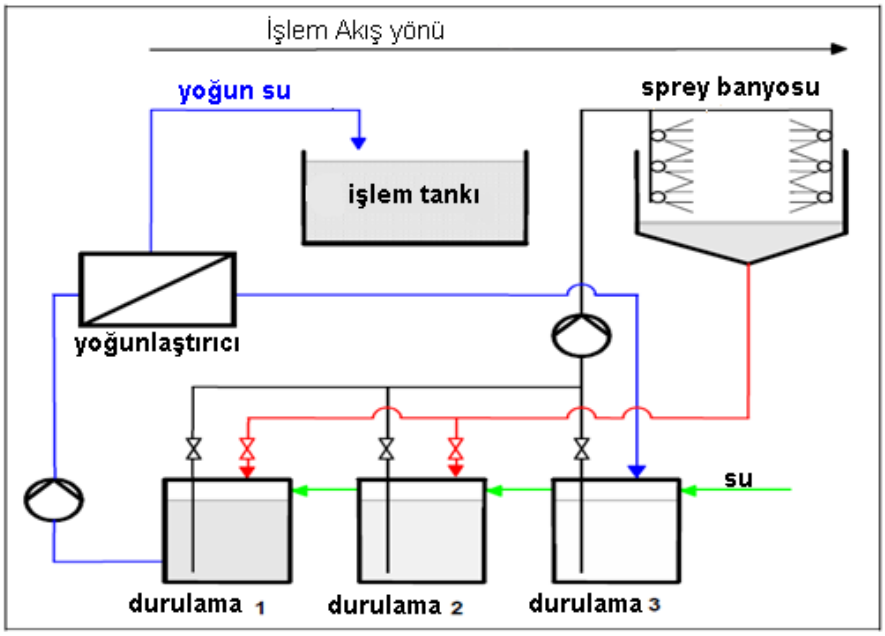
- **Çoklu Statik Durulama**

Sürekli akış yerine (Şekil 33), bu sistemde Durulama 3'deki konsantrasyon belirli bir seviyeye ulaştığı zaman, Durulama 1'deki su, tutma tankına gönderilir. Bu aşamada Durulama 2'deki su, Durulama 1'e; Durulama 3'deki su ise Durulama 2'ye gönderilir. Durulama 3'deki su tamamen yenilendikten sonra, işlem yeniden devam eder.

Bu sistem daha verimli bir durulama sistemidir. Firma A'nın ardışık eloksal durulama tanklarına bu sistem kurulabilir. Tanklar arasında bağlantı ve pompa yardımı iler bu sistem bütünleştirilebilir. Bu sistemde yoğunluklar önemli olduğu için, Durulama 1'deki tankın yoğunluğu da belirli aralıklarla ölçülmesi gerekir. Fakat sisteme ek olarak, tutma tankı ilave edilmesi bir sorun oluşturmaktadır. Hali hazırda tankın koyulabileceği bir yer tespit edilmemiştir. Tutma tankı sistemde düşünülmeyip, Durulama 1 ile proses tankı arasına direkt bağlantı kurulabilir. Bu durum ise başka bir ikilemi göz önüne getirir. İşlem tankındaki su günlük %5 civarında değişirken, durulama tanklarındaki su ise %10-%15 civarında değişikliğe uğrar. Bu tankın olmaması durumunda Durulama 1'deki suyun fazlası direkt deşarj edilmelidir. Firma A, kendine uygun bir yer tespit eder ve tankı kurabilirse, sistem kuruluş için yararlıdır.

- **Kısıtlı Çalışma Alanlarında Çoklu Kaskat Durulama Sistemi**

Kaskat durulama sistemleri çok verimli olmasına karşılık, yeterli mekan bulunmayan işletmelerde kurulması güçtür. Bu sistemde, işlem sırasında sadece bir adet durulama tankı bulunurken, harici olarak sisteme bağlı kaskat durulama sistemleri bulunur. Şekil 34'de de gördüğümüz gibi sprey durulamadan çıkan su, harici Durulama 1'e ve 2'ye gelir ve bu üç harici tanktan da, sprey durulamaya geri besleme yapılır. Temiz su ise önce harici Durulama 3'e gelir ve sırası ile harici Durulama 2 ve Durulama 3 gelir. Sonuç olarak, harici Durulama 1'de en kirli su birikir ve bu su da yoğunlaştırıcıya gider. Yoğun şekilde bulunan su tekrardan, işlem tankına verilir. Geri kalan su ise, harici Durulama 3'e geri beslenir. Ancak, bu sistemde, durulama suyu katı atık içeriyorsa kalite sorunlarına yol açabilir.



Şekil 34. Kısıtlı Çalışma Alanları için Kaskat Durulama Sistemi.

Bu sistem karmaşık bir sistem gibi gözükse de, Firma A için uygulanabilecek en verimli yöntemlerden birisidir. Çünkü Firma A'nın sisteminin tamamen değiştirmesi ve akış şemasını düzenlemesi beklenmemektedir. Harici olarak kullanılan bu ters durulama sistemi ile akış şemasında bir değişikliğe gerek yoktur. Buradaki sorun harici durulama sisteminin nereye kurulacağıdır. Eğer uygun bir yer bulunur ve yerleştirilirse durulama tankları ile harici olarak bağlanacak bu sistem su ve kimyasal tasarrufu sağlar. Bu sistemde ayrıca Durulama 1'deki suyun, yoğunlaştırılıp yoğun kısmın, işlem tankına, elde edilen nispeten temiz suyun da, Durulama 3'e verilmesi hedeflenmektedir. Söz konusu durumda yoğunlaştırıcı sisteminin nasıl olacağı hala çalışma safhasındadır. Doğalgaz ve elektrikle ısıtarak bu sistemi yerleştirmek, enerji tüketimine neden olacaktır. Tüketilen enerji ve kazanılan kimyasallar tasarruf dengesi kurulmadan herhangi bir yorum yapmak pek mümkün olmamaktadır. Bir diğer görüş, yoğunlaştırıcı sistemden çıkarılıp, Durulama 1'deki su, direkt proses tankına gönderilebilir. Bunların dışında, yoğunlaştırmada alternatif enerjilerden yararlanılabilir.

4.4.1.2 Suyun Geri Kazanılması

Atıksu tekrar kullanımı ve metal geri dönüşümü için kullanılabilecek teknikler

- **Filtrasyon:** Küçük ölçekli sanayilerde kartuş filtreler arıtma yapılıp suyun tekrar kullanımı sağlanabilecekken büyük ölçekli üretim tesislerinde kum filtreleri

kullanılarak çözeltinin temizlenmesi sağlanarak suyun tekrar kullanılması yaygın olarak kullanılmaktadır.

- **Absorpsiyon:** Özellikle yağ alma sularının temizlenip tekrar kullanılması için granüllü polipropilen veya başka lipofilik maddeler kullanılarak yağ alma suları temizlenmektedir.
- **Vakumda Buharlaştırma:** Düşük basınç ve yüksek sıcaklık ile solüsyonu, içindeki maddelerin uçucu olma özelliğinin farklılığından faydalanarak ayırma işlemidir. Özellikle asit kullanılan banyolarda asidin de tekrar kullanımı için uygulanan yaygın bir tekniktir.

Havuzlardaki Suyun Ömrünü Arttırma Metotları

- **Geciktirme metodu:** Geciktirme metodu iyon değişimini temel alan bir yöntemdir ve solüsyon aşağı yönlü verilerek içerisindeki asidin reçinenin içerisinde kalması diğer maddelerden arındırılması sağlanır. Ardından öteki yönlü su geçişi sağlanarak reçinenin içinde sabitlenen asidin dışarı çıkması sağlanarak tekrar kullanımı gerçekleştirilir. Bu yöntem ile kullanılan asidin %40-60 arasında geri dönüşümü sağlanabilir. Sistemin ilk kurulma maliyeti ise 30000-60000 EURO arasında değişmektedir.
- **Eloksal kostik matlaştırma geri dönüştürme metodu:** Matlaştırma banyosunda kostik maddenin alüminyum ile birleşerek ince bir tabaka platformun üzerinden söker ve matlık kazandırır ve aynı zamanda bu olay solüsyonun içerisindeki alüminyum miktarının artmasına sebep olur. Gerçekleşen tepkime şudur:

$$2Al^{+3} + 2NaOH \rightarrow 2NaAlO_2 + 3H_2\ (g)$$

Eğer sodyum alüminyum miktarının solüsyon içerisinde konsantrasyonunun artışı kontrol edilmez ise hidroliz reaksiyonu şu şekilde gerçekleşir:

$$2NaAlO_2 + 4H_2O \rightarrow 2NaOH + Al_2O_3(H_2O)_3$$

Matlaştırma tankının dibinde sert bir çökelti oluşturur. Ancak, ayrı olarak bir kristalleştirme tankı yapılıp direk buraya matlaştırma tankından çökelti oluşmasına izin vermeden çözelti alınırsa, kristalleşen alüminyumları tankın dibinden düzgün

periyotlarla çekilir. Geri kalan ürün, kostik madde ve su, matlaştırma tankına geri gönderilerek tekrar kullanılabilir.

Bu metot üretim sanayinin %80 katı atık miktarını ve %70 kostik madde için harcanan fiyatı azaltır. İlk maliyeti yüksek olmasına rağmen büyük tesisler için 2-3 yıl içerisinde kendi maliyetinin çıkaracağı öngörülmektedir.

- **Aktif karbon metodu:** Özellikle yağ alma banyolarının içerisinde aktif karbon kullanarak sonrasında ise kullanılan aktif karbona göre seçilen bir filtrasyon sistemi ile su içerisindeki yağdan arındırılıp tekrar kullanılması mümkün olur. Bu sistem kolay bir şekilde tesislere entegre edilip uygulanabilir ve su tasarrufu sağlanabilir.

Su Yumuşatmadan Atılan Suyun Geri Kazanılması

Firma A'nın anodik oksidasyon prosesinde durulama proseslerine yumuşak su ve sıcak su prosesine deiyonize su sağlamak amacı ile tesiste su yumuşatma ünitesi bulunmaktadır. Su yumuşatma ünitesi; kum filtresi, aktif karbon, iyon değiştirici ve ters ozmoz proseslerinden oluşmaktadır. Tablo 43'de bu ünite içinde yeralan proseslere giren ve çıkan suyun karakteristikleri verilmektedir. Tablodan da görüldüğü üzere arıtımın büyük bir kısmı iyon değiştirici prosesinde gerçekleştmektedir. İyon değiştiriciden çıkan su ters ozmoz membran filtrasyon sistemine gelmektedir. Membran filtrasyonda genel olarak iletkenlik giderimi yapılmakta, diğer parametrelerde genel olarak bir değişiklik görülmemektedir. Membran filtrasyondan deiyonize ve konsantre olmak üzere iki su hattı çıkmaktadır. Konsantre hat arıtılmadan çıkan kısımdır ve bu su kanalizasyona deşarj edilmektedir. Tablodan da görüldüğü üzere, konsantre hatta sadece iletkenlik parametresi yüksektir, diğer parametreler iyon değiştirici çıkışında (demineralize su) olduğu gibidir. Bundan dolayı, konsantre hattının kanalizasyona deşarj yerine, bir tankta biriktirilip demineralize su ile karıştırılıp ters ozmoz prosesine verilmesi ile su tasarrufu yapılabilecektir.

Mevcut durumda, Firma A'da herhangi bir geri kazanım sistemi kullanılmamaktadır. Bu sistemlerin kurulum maliyetleri ve işletme zorluğu firmalar açısından bir çekincedir. Sistemler aslında uzun vadede büyük tasarruflar sağlar. Şirket bünyesindeki çalışanlarına bu sistemlerin kullanımı eğitimi verdiğinde sorun büyük ölçüde aşılabilir. Son olarak, örnek tesisler analiz

edilip, sistemin eksileri ve artıları değerlendirilmelidir. Bu öneriler, Firma yetkilisine sunulmuştur.

Tablo 43. Su Yumuşatma Ünitesinde Proseslere Giren ve Çıkan Suyun Karakterizasyonu

Numune Alma Noktaları	**pH**	**İletkenlik (µs/cm)**	**TOK (mg/L)**	**Alkalinite ($mgCaCO_3/L$)**	**T.Sertlik (mg $CaCO_3/L$)**
Sisteme Giriş Suyu	7,8	199	0,52	79	252
Kum Filtesi	8,1	198	0,42	61	191
Aktif Karbon	8,1	198	0,64	49	173
İyon Değiştirici	8,1	198	0,36	45	130
Demineralizasyon	8,1	197	0,52	37	112
Deiyonize	7,9	24	0,21	24	76
Konsantre Hat	8,3	421	0,79	26	74

4.4.1.3 Çevre Yönetimi Sistemleri

Şirketlerde çevresel performansın en üst düzeyde olabilmesi için hem teknolojinin hem de yönetimin etkili ve verimli olması gerekir.

- **Metal Yüzey Kaplamalarda Çevre Yönetim Sistemleri**

  - Bütün borulara vana koyulmalı ve numaralandırılmalıdır. Bu sayede kısa süre içinde kısa veya uzun vadede kapatmalar yapılabilir.
  - Bütün tankların ve boruların düzenli olarak sızdırıp sızdırmadığı kontrol edilmedir. Bu yüzden tank dipleri görünür olmalı, birikmiş kir, tortu bulunmamalıdır. Ayrıca anot sonları ve tankın yüzey alanı görünür olmalıdır.
  - Proses alanının temiz olması için kronik sızdırmalar anında tespit edilmelidir.
  - Gerek tanklar, gerekse arıtma sisteminde, taşkına karşın yüksek alarm sistemi bulundurulmalıdır.
  - Ön izleme indikatörlerinin kullanımı çevresel performansın artırılmasında önemli rol oynar. Bunlar;

- Enerji tüketimi
- Su tüketimi
- Hammadde kullanımı
- Atık su çıkış miktarı ve kalitesi
- Atık miktarı ve çeşidi

Bu sistemler kuruluş miktarları yüksek olmayan sitemlerdir ve kurulması verimliği artırır. Ayrıca sisteme bütünleştirilmesi firma için önemli bir yük getirmemekte, tesise entegre edilmesi zor olmamaktadır. Raporun devam eden bölümünde Firma A içinde su dengesi sağlanamamaktadır. Bu dengenin sağlanmamasında sızan ve kayıp kaçak olarak nitelendirilen suların neden olabileceği tahmin edilmektedir. Bu koşullarda, işletim düzeni sürekli olarak kontrol edilmeli ve her akış ve deşarj planlı olmalıdır. Hali hazırda, arıtma tesisinde sızdırmaya yönelik bir alarm sistemi tespit edilmemiştir. Bu sistemde Firma A'nın arıtma tesisine eklendiğinde olası bir kazada hem toprak hem de yeraltı sularının kirlenme tehlikesi ortadan kalkacaktır.

- **Kalite Kontrol ve Tanımlama ile Yeniden İşlemeyi Düşürme**

  Metal yüzeyi kaplama sırasında oluşabilecek hatalar ve deformasyonlar yüzünden, metal tekrardan işlemi tekrar etmek için eloksal sökmeye gider. Eloksal sökmede, yüzeyde yapılan kaplama sökülerek, malzeme yeniden prosese dahil edilmektedir. Bu sırada hem zaman, hem hammadde, hem de kimyasal kayıp meydana gelir. Üstelik su, enerji kaybı yaşanır. Ayrıca meydana getirilen atıksu ile deşarj kalitesi düşmektedir. Bu yüzden eloksal sökmeye mümkün olduğunca az profil gönderilmesi için çeşitli tanımlamalar ve kalite kontrolleri yapılmalıdır. Bu sistemlere ulaşmak için, çeşitli değişikliklerden yararlanılabilir.

Firma A'da, bu yöntem için, herhangi somut bir sistem saptanmamıştır, ancak sistem değişikliği yerine personel eğitimi ve iletişimin güçlendirilmesi ve kimyasal işlemlerdeki hassasiyetin artırılması ile yanlış ve hatalı üretim azaltılmalıdır. Firma A, prensip olarak, personel eğitimine ve bilinçlendirmesine ve kalite-kontrol konusuna önem vermektedir.

4.4.1.4 İşlem Akışının İyileştirilmesi ve Kontrolü

İşlem akışının manuel olarak kontrolü, bazı karışıklıklara sebep olabilmektedir. Bu hem hammadde kaybına hem de enerji, su ve kimyasal kayba neden olabilmektedir. Proses akışının elektronik olarak, bilgisayar programı ile kontrol edilmesi avantaj sağlamaktadır (EC, 2006).

Mevcut durumda, Firma A'da proses işletiminde kullanılan bir otomatik kontrol sistemi bulunmamaktadır. Alüminyum profillerin hangi banyoya girip çıktığını kontrol eden bir sistem yoktur. Bu tür sistemlerde; ayrıca, dalga boyu ile ölçüm yapan cihazlarda banyoların konsantrasyonları kontrol edilebilir ve gerekli eklemeler yine bilgisayar yoluyla yapılabilir.

Programların deneme sürümleri ücretsizdir. Firmanın programı uygun ve kullanışlı bulması durumunda program satın alınabilir. Programın tam sürümünün satın alınmasının belli bir maliyeti olacaktır, ancak uzun vadede sistemli bir akış şeması ile üretim hatasız gerçekleşebilir; hurda veya yanlış üretim en aza indiriebilir. Bu sistem insani hata payını en aza indiren uygulamadır.

4.4.1.5 Kimyasalların Depolanması

Sektörde kullanılan kimyasalların tehlikesinin farkına varılması ve çevreye verebilecek zararlar göz önünde bulundurulmalıdır. Böylelikle, görülmesi ve tanımlanması zor sızıntıların önlemesi; toprağa ve yeraltısularına karışması engellenmektedir. Ayrıca, ön görülememiş bir kaza riskinin önüne geçilmesi sağlanmaktadır. Planlanmış bir yaklaşım ile tehlikeleri ve riskleri tanımlanarak işlemlerin sürdürülmesi; hem kuruluşun hem de çevrenin yararınadır. Bu işlemler Avrupa Birliği'nin yayımladığı mevcut en iyi teknikler çalışmalarından alınan üç aşama ile özetlenebilir.

- Yapısal Önlemler
  - Yeterli işletim alanı,
  - Gerek kimyasalların depolanmasında, gerekse zemin yapısında sızdırmaz maddelerin seçilmesi,
  - Akış işleminin ve tank ve pompa gibi yardımcı araçların istikrarlı hale getirilmesi,

- İşletim ve Ekipman Önlemleri
    - Tanklarda sızdırmalara önlem için çift katmanlı tankların seçilmesi ve bu çift katman hem yan yüzeylerde hem de tankın tabanında bulunmalı,
    - Zeminle tank arasında geçirimsiz tabaka bulunmalı,
    - Tank seçiminde uygun boyutların belirlenmesi,
    - Sızdırma belirleyici sistemlerin kurulması,

- Yönetim Önlemleri
    - Kontroller,
    - Dışarıdan alınan uzman görüşleri ve içerden de sürekli tekrarlanmak suretiyle; olası kaza riski büyük durumlar acil yönetim planları,
    - Test programları.

Proje çalışmalarının devam eden aşamasında, Firma A içinde yapılacak saha çalışmalarında, kimyasal depolanma sahası incelenecek ve firma yetkilileri ile bu konuda değerlendirmeler yapılacaktır.

4.4.1.6 Proses Çözeltisini Karıştırma Yöntemleri

Tankta prosesin verimli bir şekilde gerçekleşmesi ve profillerin homojen olarak aynı biçimde işlenmesi için "karıştırma" gereklidir ve bu işlem açısından büyük bir önem arz eder. Eloksal (anodizing) tankının karıştırılması, havuzun içinde sabit sıcaklık elde etmek ve alüminyum yüzeyindeki ısınının uzaklaştırılması açısından da önemlidir. Karıştırmayı;

- Nozullardan çıkan basınçlı hava ile,
- Düşük basınçlı hava ile,
- Hidrolik türbülans ile,
- Bar, çubuk gibi materyallerin kullanılması ile

sağlamak mümkündür.

Basınçlı havanın kullanılması, ısı kaybına neden olur. Aynı zamanda büyük bir enerji tüketimine yol açar. Ancak, tank hacminin azaltılması durumunda enerji kaybı minimuma indirilebilmektedir. Hava ile karıştırma yöntemi ise mevcut en iyi teknikler arasındadır (EC, 2006).

Firma A'da proses tanklarında herhangi bir karıştırma yöntemi kullanılmamaktadır. Yukarıda sunulan MET seçenekleri firma yetkililerine sunulmuştur.

4.4.1.7 Isıtma

Proseslerin belirli bir verimi sağlayabilmeleri için belirli sıcaklıkta olmaları gerekmektedir. Fakat havalandırma ya da sıvı karıştırma ile enerji kaybı yaşanmaktadır. Farklı karıştırma sistemlerinde enerji kayıpları Tablo 44'de verilmektedir. Tablodan anlaşıldığı üzere, en yüksek enerji kaybı hem hava ile hem de sıvı ile karıştırma sistemlerinde görülmektedir.

Tablo 44. Farklı Karıştırma Sistemlerinde İşlem Sıcaklıkları ve Enerji Kayıpları

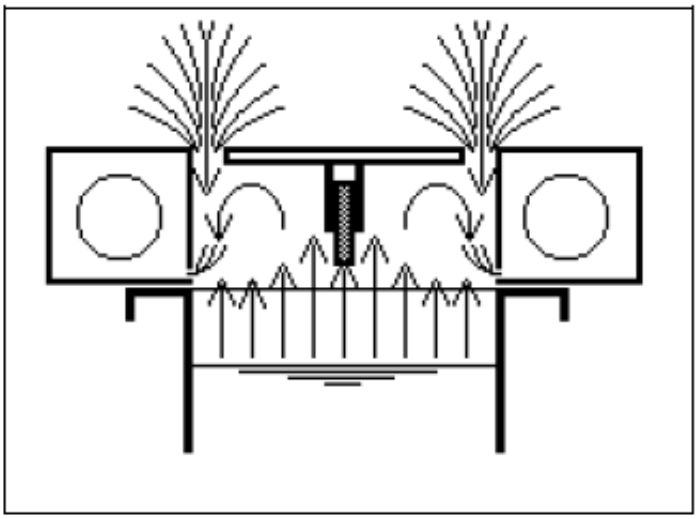
İşlem Sıcaklığı (°C)	havasız karıştırma W/m2 tank yüzey alanı	hava ile karıştırma W/m2 tank yüzey alanı	su ve hava ile karıştırma W/m2 tank yüzey alanı
30	352	559	839
35	530	837	1209
40	757	1196	1677
45	1048	1635	2268
50	1426	2198	3012
55	1922	2910	3949
60	2587	3815	5129
65	3505	4973	6621
70	4824	6469	8521
75	6844	8436	10974
80	10279	11096	14212
85	17386	17386	21188
90	41412	41412	46023

- **Proses Çözeltisi ile Isıtma**

  Soğutma ya da proseste kullanılan suların ortak bir tankta birleşmesi ve ihtiyaç duyulan sıcak suyun bu tanktan alınan suyun ısıtılması ile 65°C'ye kadar bir ısıtma sağlanabilir (EC, 2006). Böylelikle, tesis içinde enerji tasarrufu yapılabilir.

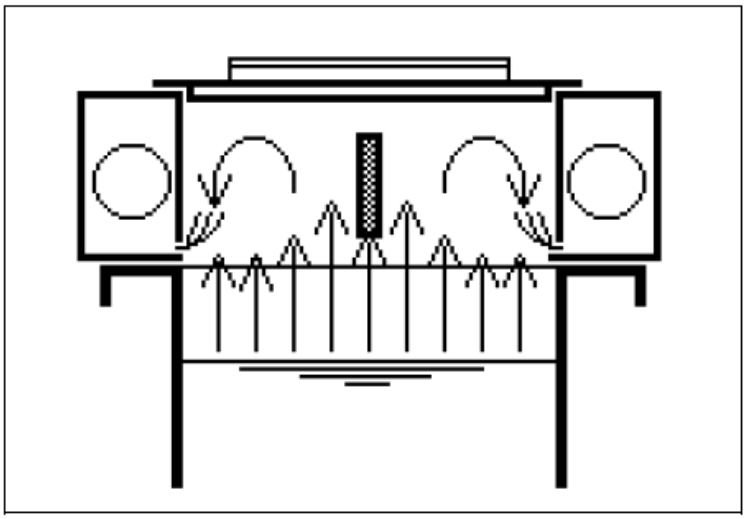
- **Proses Tankın Serbest Alanının Düşürülmesi**

  Aşağıdaki iki sistemde (Şekil 35 ve 36) tankın yüzeyündeki serbest alanının azaltılması üzerine kurulmuş sistemlerdir. Bu sistem sayesinde, uçucu gazların ortama yayılması engellenir ve ısı kaybı azaltılmaktadır.



Şekil 35. Yüzey alanının kısmen kapatılması.

Aşağıdaki sistem tamamen tankın yüzeyini kapatan bir düzenektir. Bu sayede verilen hava ile tanktan uzaklaşan maddelerden %90 oranında tasarruf sağlanır. Otomatik olarak açılıp kapanan sistem, işletme kolaylığı sağlar.



Şekil 36. Yüzey alanın tamamının kapatılması.

Firma A'da hali hazırda yüzey alanları küçük, derinliği fazla olan tanklar kullanılmaktadır. Ancak yine de, uzun süre kullanılmayan ya da üretimin yavaşladığı durumlarda özellikle yüksek sıcaklık gerektiren tankların yüzeyinin kapatılma durumu firma tarafından değerlendirilmelidir.

4.4.1.8 Proses Çözeltisinin Temini

Eloksal kaplama işleminde ya da diğer boyama, eloksal sökme, matlaştırma işlemlerinde, sistemde bulunan kimyasalların konsantrasyonları önemlidir ve belirli konsantrasyonda tutulma zorunlulukları bulunmaktadır. Bu yüzden, işletme sırasında tank solüsyonu analiz edilir ve ihtiyaç olan kimyasal eklenir. Fakat bu analizler ve eklemeler el ile yapılırsa hem doğru sonuçlardan uzaklaşılır, hem de eklemeler sağlıklı olmamaktadır. Bu durumda her tanka adapte edilecek elektronik sistemler ile anlık ve otomatik analiz ve ölçümlerle daha güvenli sonuçlar elde edilir. Bu çalışma sırasında dalga boylarına göre ölçüm yapan araçlar önerilmektedir. Kimyasal eklemelerde de tanka monte edilen elektronik sayaçlar ile eklemeler yapılabilir.

Firma A'da otomatik ölçüm sistemleri kullanılmamaktadır. Eloksal prosesinde sorumlu kişiler tarafından zaman zaman tank içinden numune alınarak, analizler yapılmaktadır. Tank içinde yeterli kimyasal konsantrasyonlarının sağlanması için gerekli durumlarda eklemeler yapılmaktadır.

4.4.1.9 Proseslerde Kimyasal Konsantrasyonunun Kontrolü

Firma A'nın asit matlaştırma, kostik matlaştırma, eloksal kaplama, eloksal sökme, renklendirme ve nötralizayon işlem tanklarında kimyasal konsantrasyonunun kontrolü, istenilen özellikte ürün eldesi için önemlidir. Ürün kalitesinin belli standartlarda olması için kimyasal dozlamalarının belirli konsantrasyonlarda olması gerekmektedir. Örneğin, eloksal sökme havuzunda kostik konsantrasyon miktarı 40-50 g/L olması gerekirken, eloksal havuzunda da sülfirik asit konsantrasyonu 180-200 g/L olması gerekmektedir. Firma A'da gün içinde belirli sıklıkta tanklardan örnekler alınarak kimyasalların konsantrasyon ölçümü yapılmakta ve buradan elde edilen sonuçlara göre manuel olarak kimyasal dozlaması yapıldığı gözlemlenmiştir. Hatta bazı zamanlarda çok daha verimsiz yöntemler ile dozlama yapıldığı tespit edilmiştir. Örneğin kimyasal kabından damlama yöntemi ile havuza dozlama, saha çalışmaları sırasında gözlenen uygunsuz kimyasal dozlama uygulamaları olarak örnek verilebilir. Mümkün olduğunca kimyasal dozlama işleminin otomatik olarak yapılması hem sistemin ekonomik hem de çevresel verimini artıracak olup, tüm bunların yanı sıra en iyi seçenek olarak BREF belgelerinde (EC, 2006) de belirtilmektedir. Bu otomatik dozlama

zamana, sıcaklığa, akış miktarına ve diğer kontrol parametrelerine örneğin pH'a göre ayarlanabiecektir. Bu sayede Firma A'nın, mevcut durumda fazladan kullanılan kimyasal miktarını azaltmış olması ve ürün kalitesini de artırması beklenmektedir.

Firma A mevcut durumda tanklardaki kimyasalların ölçümünü, tankların yanında yer alan bir bölümde yapmaktadır. Yapılan saha çalışmalarında laboratuar koşullarının, ölçümler için yetersiz olduğu değerlendirilmiştir. Laboratuvar alanı aynı zamanda küçük bir depo olarak da kullanılmaktadır. Bu durumun ölçümlerin güvenirliğini azaltmaktadır. Yanlış ve yetersiz yapılması olası ölçümler sonucu, kimyasal madde kullanımında hatalar söz konusu olabilmektedir. Bu da ürün kalitesini doğrudan etkileyebilecek bir etken olarak ortaya çıkmaktadır.

4.4.1.10 Kullanılan Kimyasalların İyileştirilmesi

Firma A'da, alüminyum profillerinin yüzey kaplama işlemi elekrolit asit yardımı ile gerçekleştirilmektedir. Elektrolitler, eloksal kaplamanın işlem farklılığına göre değişmektedir. Örneğin, kromik eloksal kaplamada elektrolit asit olarak kromik asit kullanılırken, sülfürik eloksal kaplama işleminde, sülfürik asit elektrolit olarak kullanılmaktadır. Firma A, genel ürün üretimi çerçevesinde sülfürik eloksal işlemini kullanmaktadır. Bu işlemler ile alüminyum profillerinin tabaka kalınlığı değişmektedir. Bu proseste gerçekleşen reaksiyonlar, Firma A'nın su dengesi hesaplarının verildiği bölümünde gösterilmiştir. Eloksal kaplama işleminde elektrolit asit için şu an Firma A kendine uygun olan kimyasalı seçmiştir ve değiştirilmesi üretimin ve ürünün yapısı, kalitesi ve maliyetinin değişmesine yol açar. Bu yüzden bunun değiştirilmesi önerilmemektedir. Fakat yağ alma sırasında kullanılan kimyasal değiştirilebilir. Çevreye zararı az olan kimyasallar sayesinde iş yerinde sağlık ve güvenliğin artırılması, işlemin kaliteli ve güvenilir yürütülmesi, atıksu arıtma maliyetinin düşürülmesi sağlanacaktır. Firma şu an yağ alma havuzu için Sodyum Tripolifostat ve Sodyum Karbonat birleşiklerinin karışımı kullanmaktadır. Bunun yerine daha zayıf ve ayrıştırabilir kimyasallar kullanılabilmektedir. Bu kapsamda glukonik asit içeren kimyasallar temizleme kimyasalları olarak Avrupa Birliği Mevcut en iyi teknikler dokümanlarında da önerilmektedir. Ancak, firmanın bu uygulamayı proses ve ürün verimi açısından değerlendirmelerini yaptıktan sonra olumlu sonuçlara göre yapması beklenmektedir.

Ayrıca yağ alma işlemi kuru buz ile sağlanabilmektedir. Metal yüzey kaplama için BREF belgelerinde (EC, 2006) bu yöntem önerilmektedir. Sıvı halde bulunan CO_2, belirli bir basınç altında, işleme özgü nozullar yardımı ile gerçekleştirilir. Nozullardan püskürtülen kar halindeki CO_2 partikülleri herhangi bir nem veya kalıntı madde bırakmaz. Bu işlem sonucunda, profil yüzeylerindeki kirletici maddeler temizlenir. Hiçbir kimyasal kullanmadan, gres ve yağ parçacıkları uzaklaştırılabilmektedir. Kuru atıkta sadece uzaklaştırılan maddeler bulunur. Bu proseste herhangi bir çözücü madde bulunmaz ve atıksu oluşmaz. Firma A, şu an yağ alma işlemini 17 ve 35 tonluk havuzlarda gerçekleştirmektedir. Bu havuzlardan yıllık bazda toplamda, 1030 ton atıksu oluşmaktadır. Bu yöntemin, kuruluş maliyeti yüksek olsa da, uzun vadede deterjan ihtiyacı, ve yoğun miktarda su ihtiyacı olmayacaktır. Sonuç olarak, atıksu üretimi de azalacaktır. Bu açıdan, kuru buz ile yağ alma yöntemi, deterjan ile havuzda yağ alma işlemlerine göre daha çok ekonomik ve çevreci bir yöntem olarak değerlendirilmektedir.

4.4.1.11 Proseslerin Akış ve Kontrolü

Firma A'nın su dengesi kısmında da belirtildiği gibi, kuruluşun çeşitli işlemlere yönelik proses tankları bulunmaktadır. Bu tanklar birbirine paralel olarak sıralanmaktadır. Manuel olarak alüminyum profilleri, vinçler yardımı ile bu havuzlara daldırılmaktadır. Bu işlemlerin tamamı, Firma A'da çalışan operatörler sayesinde yapılmaktadır. Profillerin havuzlara daldırılıp çıkartılması önemli bir işlemdir. Bu sırada çok fazla su, diğer havuzlara taşınabilir. Bu su taşınımı sonucu, diğer havuzun kimyasal yapısı değişmiş olur. Eğer durulama havuzu ise, çok çabuk kirlenmektedir ve değiştirilmesi gerekmektedir. Çünkü durulama tanklarındaki sular kimyasal açıdan daha temizdir ve kirlenmeye daha müsaittir. İşlem tanklarındaki kimyasal yapının değişmesi için daha fazla taşınan su gerekmektedir. Bunu önlemek için alüminyum profilleri belirli bir açı ile havuzlara daldırılıp çıkarılması gerekmektedir. Bu sayede, havuzlar arası taşınan su miktarı en aza indirilir. Firma A, halihazırda bu yöntemi kullanmaktadır. Saha çalışması sırasında gözlenen işlemelere göre, operatör profilleri eğik olacak şekilde havuzlara daldırılıp çıkarmaktadır. Ayrıca, profiller eğik vaziyette belirli bir süre havuzların üzerinde beklemeli ve suyun akması sağlanmaktadır. BREF dokümanlarında (EC, 2006) bu süre kaplama işlemleri ve temizleme işlemleri için en az 16 sn olarak belirlenmiştir. Fakat saha çalışmaları sırasında Firma A'nın bu süreye yaklaşmadığı, daha az bir süre beklettiği gözlemlenmiştir.

4.4.1.12 Firma A Tesisinde Su Dengesi

Tesise yapılan ziyaretlerde, işlem havuzları detaylı olarak incelenmiş ve havuzların hacimleri, havuzlardaki suların ne kadar sıklıkta değiştiği, ne kadar su kullanıldığı ve çıkan atıksu miktarları analiz edilmiştir. Tablo 52'de proseslerden çıkan atıksu miktarı olarak verilmiştir.

- **Yağ Alma banyosu**

  Bu havuzda asidik temizleyiciler ile alüminyum plakalarının üzerindeki yağ ve gres atıklarının uzaklaştırılması ve ilerleyen işlemler için pürüzsüz bir yüzey elde edilmek amaçlanmaktadır. Yağ alma banyosu 17 ve 35 ton olmak üzere iki adettir. Alüminyum ürünler 10 dakika civarında banyoda kalmaktadır. Atıksu ise kullanılan temizleyiciden gelen fosfat ve yağ artıklar içermektedir. Alüminyum profillerin havuzlara daldırılıp çıkarılması esnasında su kaybı meydana gelmektedir. Ayrıca, banyodaki suyun sıcaklığı 60°C civarında olduğu için belirli miktar su buharlaşması da olmaktadır. Bu su kayıpları günlük %5 olarak tahmin edilmektedir. Ayrıca 7 ayda bir havuzlar tamamen boşaltılıp, temizlenip, yenilenmektedir.

- **Yağ Alma Sonrası Durulama**

  Yağ alma sırasında alüminyum parçalarının üzerinde kalan kimyasal artıklar, durulama ile temizlenmektedir. Bu, kısa sürede gerçekleşen bir işlemdir. Bu havuzdan da çıkan atıksu büyük ölçüde yağ artıkları içermektedir. Durulama banyosu olduğu için haftada bir havuz tamamen yenilenmektedir. Günlük su değişimi ise yaklaşık %20 olarak hesaplanmıştır.

- **Asit Matlaştırma Sonrası Durulama**

  Asit matlaştırma durulama sistemi, asit matlaştırma havuzundan önce yer almaktadır. Ama işlem sırası önce matlaştırma sonra durulamadır. Asit matlaştırmada oluşan katıatık ve alüminyum iyonları sistemin atıksu kalitesini belirlemektedir. Günlük değişim ise yaklaşık %20 olarak hesaplanmıştır.

- **Asit Matlaştırma**

Asit matlaştırma sanılanın aksine asitle yapılan bir işlem değildir. Çünkü asit alüminyum yüzeyini hemen çözer. Bu sistemde F-X gibi bir birleşik kullanılır. Alüminyum parçalarının üzerinde AlF_3 tabakası oluşur. Bu mat bir görünüm verir. Kostik matlaştırma ile kıyaslandığında çok bariz farklar yoktur. Sektörün dışındaki insanlar fark edemez, ancak firma siparişlerini asit mat ya da kostik mat bazında almaktadır. O yüzden firma bu iki matlaştırma sistemini de bünyesinde bulundurmaktadır. İlaveten, asit matlaştırma sırasında radikal grup katı atık oluşturur. Günlük su değişimi ise yaklaşık %5 olarak hesaplanmıştır.

- **Eloksal Sökme**

Bekleme süresi 1 dakikadır. Genel olarak bu işlem asit matlaştırmadan çıkan alüminyum yüzey tabakasını inceltmek için kullanılır. Çünkü asit matlaştırmada çok mat bir tabaka oluşur. Kostik kullanarak buradaki alüminyum tabakasının bir kısmı alınır ve inceltilir. Aynı zamanda bu sistem hatalı eloksal kaplamaları sökmek için de kullanılır. Ayda bir havuz yenilenir ve günlük %5'lik bir değişim öngörülmüştür. Ayrıca bu havuzda çözünmüş halde alüminyum iyonları bulunur. İlerleyen aşamalarda da görülebileceği gibi kostik matlaştırmada belli bir alüminyum konsantrasyonuna ihtiyaç duyulur ve buradaki atıksuyun bir kısmı ürün ile birlikte kostik matlaştırmaya verilir. Fakat firmadan ne kadar atıksuyun kostik matlaştırmaya verildiği ile ilgili bir bilgi elde edilememiştir.

- **Eloksal Sökme Sonrası Durulama**

Haftada bir havuz yenilenmekte ve günlük %10 bir su değişimi öngörülmüştür. Bu havuzda sert su (çeşme suyu) kullanılmaktadır.

- **Kostik Matlaştırma Havuzu**

Havuzun içinde kostik bulunmaktadır. Tepkime sonucu alüminyum eriyiğe geçer. Havuzdaki alüminyum iyon yoğunluğu önemlidir. Bu yüzden konsantrasyon sürekli

kontrol edilmelidir. Kostik, sülfürik asit gibi kimyasalların yoğun olarak kullanıldığı havuzlar 6 ayda bir tamamen değişir. Onun dışında günlük değişen su seviyesi ve konsantrasyonlara göre eklemeler yapılır. Bu eklemeler sonucu günlük su değişimi %5 olarak hesaplanmıştır.

- **Kostik matlaştırma Sonrası Durulama**

Haftada bir değişen bir sistemdir. Günlük %20'lik bir su değişimi mevcuttur.

- **Nötralizasyon Havuzu**

Önceki yapılan işlemler sonucu plaka yüzeylerinde yük birikir. İlerleyen safhada yüzeyde yük sıkıntı oluşturacağı için bu havuzda sülfürik asitle nötrolizasyon işlemi gerçekleştirilir. Günlük su değişimi %5 olarak hesaplanmıştır.

- **Eloksal Kaplama Havuzları (1-6)**

Tesiste 6 adet eloksal kaplama havuzu mevcuttur. Eloksal işlemi yani eloksal kaplama, (anodising) elektrokimyasal bir işlemdir. Elektrolit sülfürik asittir. Sülfürik asidin kullanıldığı işleme sülfürik anodizing denir. Bu işlemde anot görevini alüminyum profili yerine getirmektedir. Proseste doğru akım uygulanır. Profillerin havuzda kalma süresi eloksal tabakasının kalınlığını belirler. Bu tabaka alüminyumu korozyona karşı korur ve dayanıklı hale getirir. Ayrıca dekoratif açıdan da eloksal tercih edilen bir işlemdir.

$Al \rightarrow Al^{3+} + 3e^{-}$

$2Al^{3+} + 3O^{2-} \rightarrow Al_2O_3$

$2Al^{3+} + 3OH^{-} \rightarrow Al_2O_3 + 3H^{+}$

Bu reaksiyonlar sonucu alüminyum oksit tabakası yüzeyde oluşur. Alüminyum oksit çok dayanıklı bir bileşiktir. Havuzun içinde 10-15 g/L alüminyum ve 180-200 g/L sülfürik asit sürekli sabit şekilde bulunmalıdır. Reaksiyonlar için konsantrasyon çok önemlidir. Yumuşatılmış su kullanılır. Günlük %5'lik bir su değişimi öngörülür.

- **Eloksal Durulama Havuzları (1-8)**

Eloksaldan çıkan alüminyum plaka ve levhalar durulama sistemine gelir. Üzerinde bulunan asidik kimyasallar temizlenir. Bundan dolayı suyun pH'sı oldukça düşüktür. içeriğinde Havuzlarda yumuşatılmış su kullanılır. Haftada bir havuz yenilenir ve günlük su değişimi %20 olarak öngörülmüştür.

- **Renklendirme**

Tesiste iki çeşit renklendirme sistemi kullanmaktadır. Bunlardan birincisi kalay renklendirme, daha koyu renkler elde edilebiliyor. İkincisi ise nikel renklendirme, buradaki nispeten daha açık renkler elde ediliyor.

  - **Kalay Renklendirme**

Eloksal sistemlerinin çalışma mekanizmasına benzer. Bu havuzlarda elektrolit sülfürik asit yerine kalay sülfattır. Havuzda bekleme süresine göre renk bronzdan kahverengiye kadar renkler elde edilir. Bu havuzda da kimyasal kullanıldığı için sık yenilenmez, ama günlük değişimler mevcuttur. Tankın hacmine göre günlük su değişimi %5 olarak tahmin edilmektedir.

  - **Nikel Renklendirme**

Kalay renklendirme de kalay renklendirme ile aynı prensipte çalışmaktadır. Proseste kalay yerine nikel-x kullanılır. Günlük %5'lik değişim öngörülmektedir.

- **Renk Durulama Havuzları**

Renklendirme havuzlarından sonra durulama havuzları yer almaktadır. Tesiste iki adet renk durulama havuzu bulunmaktadır. Genellikle, havuzlarda iletkenliğin yüksek olması tercih edilmektedir. Çünkü renklendirme işlemi, iyon yükü ile yapılmaktadır. Eğer, ürün; iyon yükü düşük bir havuza girerse tepkime ters yöne kayabilmekte, dolayısı ile renk tonu ve kalitesi sağlanamamaktadır.

Havuzun tamamen yenilenmesi ise; temiz suyun renk durulamada kullanılmasını ve suyun kirlenmesinin beklenmesine kadar geçecek sürede üretimin istenilen kalitede olmamasına neden olmaktadır. Bu yüzden başka tanklardan gelen atıksu bu havuza gelmektedir. Hesaplamalarda renk durulama havuzlarındaki günlük su değişimi %10 olarak tahmin edilmektedir.

- **Tespit Havuzları**

Eloksal kaplamadan sonra kaplamanın dayanıklı olması için tespit işleminin yapılması gerekmektedir. Tespit havuzunda nikel ve flor iyonları kullanılır. Eloksal tabakasının aralarında boşluklar bulunur. flor iyonu bu kısmı temizler ve nikel iyonu ise sabitler. Böylelikle tespit işlemi gerçekleşmiş olur. Bu havuzlar için, günlük %5'lik bir su değişimi öngörülmüştür.

- **Tespit Durulama Havuzları**

Bu havuzlarda da agresif su (sert su) istenir. Bundan dolayı çeşme suyu kullanılır. Bunun sebebi, tespit işlemi sırasında alüminyum yüzeyinde iyonların olması ve bu iyonların durulama havuzunda kaybedilmemesi gerekir. Bu havuzlarda, günlük %20'lik bir su değişimi olmaktadır.

- **Sıcak Su Banyosu**

Bu havuzda deiyonize su kullanılır. Isıl işlem ile yaşlandırma işlemi uygulanır. Dolayısı ile ürünler 65°C'de yaklaşık 10 dakika tutulur. Alüminyum profillerinin son noktasıdır. Sıcak su banyosu için günlük %20'lik bir su değişimi verilmektedir.

Elde edilen veriler ışığında, Tablo 45'de de görüldüğü üzere, işletmenin üretim proseslerinden oluşan toplam atıksu üretimi yılda yaklaşık 46064 ton olarak hesaplanmıştır. 206 personeli bulunan firmanın, kişi başına günlük tüketim 70 L olarak tahmin edilmiştir. Evsel atıksu miktarı, firmada haftada 6 gün çalışıldığı bilgisi üzerinden, toplam yılda 50564 ton olarak belirlenmiştir. Firma A'nın yıllık tükettiği su miktarı 87000 ton civarındadır. Görüldüğü

üzere, firma yetkilileri ile yapılan görüşmelerden elde edilen su kullanım verisi ile alınan bilgiler ve yapılan hesaplamalar sonucu tahmin edilen atıksu miktarı arasında ciddi bir fark bulunmaktadır. Tüketilen ve tesisten çıkan su miktarı arasında bu kadar büyük bir farkın olmasının temel sebebi, tesis içinde su kullanımı ile ilgili bir envanterin bulunmayışıdır. Su bütçesinin oluşturulması için firma yetkilileri ile yapılan görüşmelerde, proseslere eklenen günlük su miktarının ve proseslerde oluşan su kayıpları ile tam bir bilginin olmadığı anlaşılmıştır. Ayrıca, manuel olarak havuzlara su eklemesi yapılmaktadır, bu da su kullanımının kontrolsüz olduğunu göstermektedir. Su dengesi için yapılan hesaplamalar sadece yetkililerden alınan tahmini oranlar bazında yapılabilmiştir. Buradan anlaşıldığı gibi tesis içinde su kullanımının takip edilmesi önem arz etmektedir.

Tablo 45. Proseslerde Atıksu Hesaplaması

Proses	**Atıksu Miktarı (Ton/yıl)**
Yağ Alma 1	690
Yağ Alma 2	340
Yağ Alma Durulama	4000
Asit Mat Durulama	4000
Asit Matlaştırma	340
Eloksal Sökme	824
Eloksal Sökme Durulama	1440
Kostik Matlaştırma	630
Kostik Matlaştırma Durulama	2000
Nötralizasyon	500
Eloksal Havuzu 1	400
Eloksal Havuzu 2	400
Eloksal Durulama 1	2000
Eloksal Durulama 2	2000
Eloksal Durulama 3	2000
Eloksal Durulama 4	2000
Eloksal Havuzu 3	400
Eloksal Havuzu 4	400
Eloksal Durulama 5	2000

Eloksal Havuzu 5	400
Eloksal Durulama 6	2000
Eloksal Durulama 7	2000
Kalay Renklendirme	400
Kalay Renklendirme Durulama	800
Eloksal Havuzu 6	400
Eloksal Durulama 8	2000
Nikel Renklendirme	400
Nikel Renklendirme Durulama	800
Deiyonize Durulama	1500
Tespit Havuzu 1	1000
Tespit Havuzu 2	1000
Tespit Durulama	1500
Tespit Havuzu 3	1000
Sıcak Su Banyosu	4500
Evsel Atıksu	4500
Toplam	**50564**

4.4.2 Firma B Tesisi İçin Mevcut En İyi Teknikler

4.4.2.1 Tezgah İşlemleri

Firma B gelen ekstrüze edilmiş alüminyum ürünleri bükme, ebatlama, delme, kesme profillere diş çekme, çapak atma, havşa açma ve kılavuz çekme, vidalama, kaynak ve montaj işlemlerini yapmaktadır. Yıllık olarak ortalama olarak 272.000 kg hammaddenin %90'ı CNC tezgahlarından geçerek işlenirken geri kalanı da freze, torna, pla işlemlerinden geçirilmektedir.

CNC tezgahları işlemleri sonucu özellikle katı atık olarak Şekil 37'de görüldüğü üzere alüminyum talaşları göz ardı edilemeyecek miktarlarda ortaya çıkmaktadır. Yıllık bazda Firma B 5.280kg proses hurdasını ve 2.160 kg alüminyum talaşını atık olarak geri dönüşüm tesislerine göndermektedir. Bu noktada herhangi bir hammadde kaybı yaşanmamaktadır.

Şekil 37. CNC tezgahları işlemleri ve ebatlama gib işlemlerden çıkan alüminyum talaşı.

Çıkan alüminyum talaşı tesisin katı atık depolama alanında düzenli olarak biriktirilip geri dönüşüm yapan firmalara satılmakta; böylece hem atık maddenin geri dönüşümü hem de Firma B için katı atıktan gelir sağlanmaktadır.

Tezgah işlemleri olabildiğince minimum kayıplar ile yapılmaktadır. Ancak nitelikli eleman sıkıntısından dolayı özellikle tezgah işlemleri sırasında yanlış uygulamalar sebebi ile zaman zaman ürün kaybı oluşmakta ve katı atık meydana gelmektedir. Bu tür yanlış üretimden kaynaklı atıklar farklı bir parça olarak yeniden kullanılabiliyor ise tesis içinde kullanılmaktadır. Ancak, tesis içinde kullanımı mümklün olmuyorsa tekrar eritilip şekil verilmek üzere yarı ürün olarak alınan firmaya satıldığı belirlenmiştir.

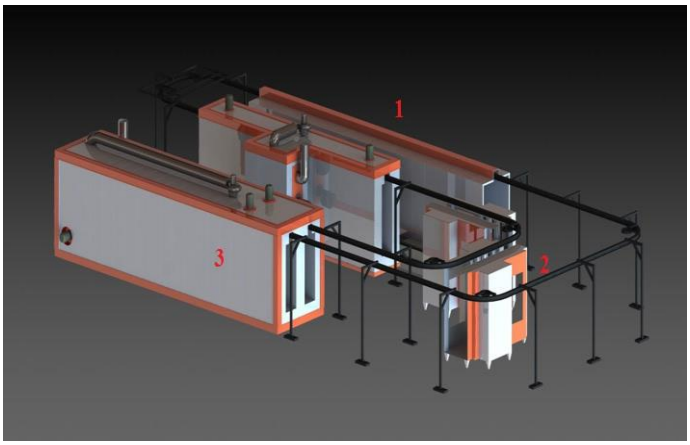
4.4.2.2 Statik Toz Boyama

Firma B alüminyum endüstrisindeki yeri genellikle ikincil ürünü işleme ve montajlama şeklindedir. Ayrıca, Firma B'de statik toz boyama ünitesi bulunmaktadır. Statik toz boyama prosesi klasik boyama prosesleri ile karşılaştırıldığında çok daha çevreci ve düşük maliyetli boyama uygulamalarına olanak verdiği görülmektedir. Aynı zamanda, su ve enerji tüketimi sprey boyama ya da diğer boyama proseslerine göre daha düşük maliyetlidir. Statik boyama prosesine giren ürünler aşağıda belirtilen işlemlerden sırası ile geçmektedir.

i) Sıcak su ile yıkama
ii) Yağ Alma

iii) Durulama
iv) Kurutma
v) Toz boyama
vi) Pişirme

Firma B'deki toz boyamasına benzer bir sistem Şekil 38'de gösterilmektedir. Sistemin şekilde numaralandırılmış kısımları ise sırasıyla akış şemasını belirtmektedir. İlk kısımda spreyler yardımı ile sıcak su ile yıkama gerçekleştirilmektedir. Bu proses, Firma B'nin atık suyunun oluştuğu ilk prosestir. Ardından yağ alma ve durulama bölümlerinde de atıksu oluşumu söz konusudur. Atıksuyun oluştuğu bu işlemler 1 numara ile Şekil 38'de gösterilmektedir. 2 numaralı bölmede ise statik toz boyama işlemi gerçekleştirilmektedir ve 3. kısımda pişirme işlemi yapılmaktadır.



Şekil 38. Statik toz boyama ünitesi akım şeması.

Akış şeması daha ayrıntılı incelenecek olursa; gelen ürünün üzerindeki kir ve tozu almak için 35-40 °C su ile yıkama işlemi yapılır. Sonrasında da profiller üzerinde kalmış olabilecek yağ, gres, kir parçacıkları, zımparalama artıkları, kalan maddeler ve diğer kirletici maddeleri gidermek için yağ alma işlemi gerçekleştirilir. Sprey durulama ve yağ alma işlemleri otomatik olarak yapılmakta ve su tüketiminin minimize edilmesi açısından etkili bir yöntem olduğu bilinmektedir. Benzer tesislerde bu işlemler daldırma işlemleri olarak yapılmaktadır ve yüksek miktarda atıksu üretime neden olmaktadır. Firma B'deki yağ alma işlemi, fosfat ve yüzey aktif maddesi de içeren, su ve alkali karışımı maddelerle yaklaşık 50-60 °C'de gerçekleştirilmektedir. Bu işlemden sonra da fosfatlı, yağlı bir atıksu meydana gelimektedir. Ardından 35-40°C su ile ilk sprey durulama işlemi yapılır. Bundan sonra yaklaşık 100 °C olan

kurutma bölümüne alüminyum profilleri alınır ve kurutulur. Kabinlerin ısıtması doğalgaz ile gerçekleştirilmektedir. Kurutulan profiller toz boyama ünitesine gitmektedir. Statik toz boyama kapalı bir bölümde yine otomatik olarak çalışmaktadır. Ürün için istenilen renk belirlendikten sonra kapalı bölmede spreyler dikey hareketler yaparak ürünün istenilen renge gelmesini sağlamaktadır. Bu bölümde profil yüzeyine tutunamamış olan boyalar otomatik olarak toplanarak tekrar kullanılmak üzere boyanın deposuna geri gönderilir; ancak belirli sayıda geri dönüşümden sonra boya özelliğini kaybetmekte ve ürünün üzerine yapışamamaktadır. Özelliğini kaybeden boya farklı bir bölmede depolanmakta, katı atık olarak boya alınan firmaya geri satılması ile hem kazanç hem de ürünün geri dönüşümü sağlanmaktadır. Pişirme ünitesi firmanın en çok doğalgaz tüketiminin olduğu prosestir. Boyamadan çıkan ürünler bu bölüme getirilerek 200-220°C de boyanın üzerine işlenmesi sağlanmaktadır. Kromatlı ürünler daha düşük sıcaklıkta pişirilebilir iken alüminyum profiller daha yüksek sıcaklığa ihtiyaç duymaktadır. Firma her ne kadar üretim maliyetini düşük tutmaya çalışsa da kullanılan doğalgaz miktarını azaltabilmek için bu bölümde uygulanabilecek en iyi teknikleri uygulanabilir hale getirememiştir. Düzenli ve planlı bir iş akış şeması bulunmamaktadır. Örneğin, müşteriden gelen siparişe göre kurutma fırını 220 °C'ye ihtiyaç duyduğunda, hemen o dereceye getirilerek üretim yapılmaktadır. Bu duruma yönelik alternatif uygulama önerileri, mevcut en iyi teknikler kısmında verilmektedir.

Firma B, enerji ve su tüketimini takip etmek amacı ile 2014 yılı itibari ile boyahanede harcanan su, elektrik ve doğalgaz tüketim bilgilerinin daha detaylı görebilmek için sayaçlar kullanarak bu bilgileri kayıt altına almaya başlamıştır. Bu veriler ışığında, Tablo 46'da gösterildiği üzere Firma B'den alınan verilere göre statik boyama ünitesindeki kullanılan su, elektrik ve doğalgaz tüketim miktarları verilmiştir. Fakat veriler, 2014 yılı için Ekim ayının ilk 15 gününe kadar olan zamanı kapsamaktadır.

Ortalama su tüketimi 9,5 ay için hesaplandığında miktarı 546 m^3 / yıl olarak hesaplanmıştır. Ortalama elektrik tüketimi 9,5 ay için hesaplandığında 1.065,59 kW/yıl olarak hesaplanmıştır. Ortalama doğalgaz tüketimi 9,5 ay için hesaplandığında 26.566,7 m^3/ yıl olarak hesaplanmıştır.

Tablo 46. Firma B'nin 2014 yılı boyahane su, elektrik ve doğalgaz tüketim verileri

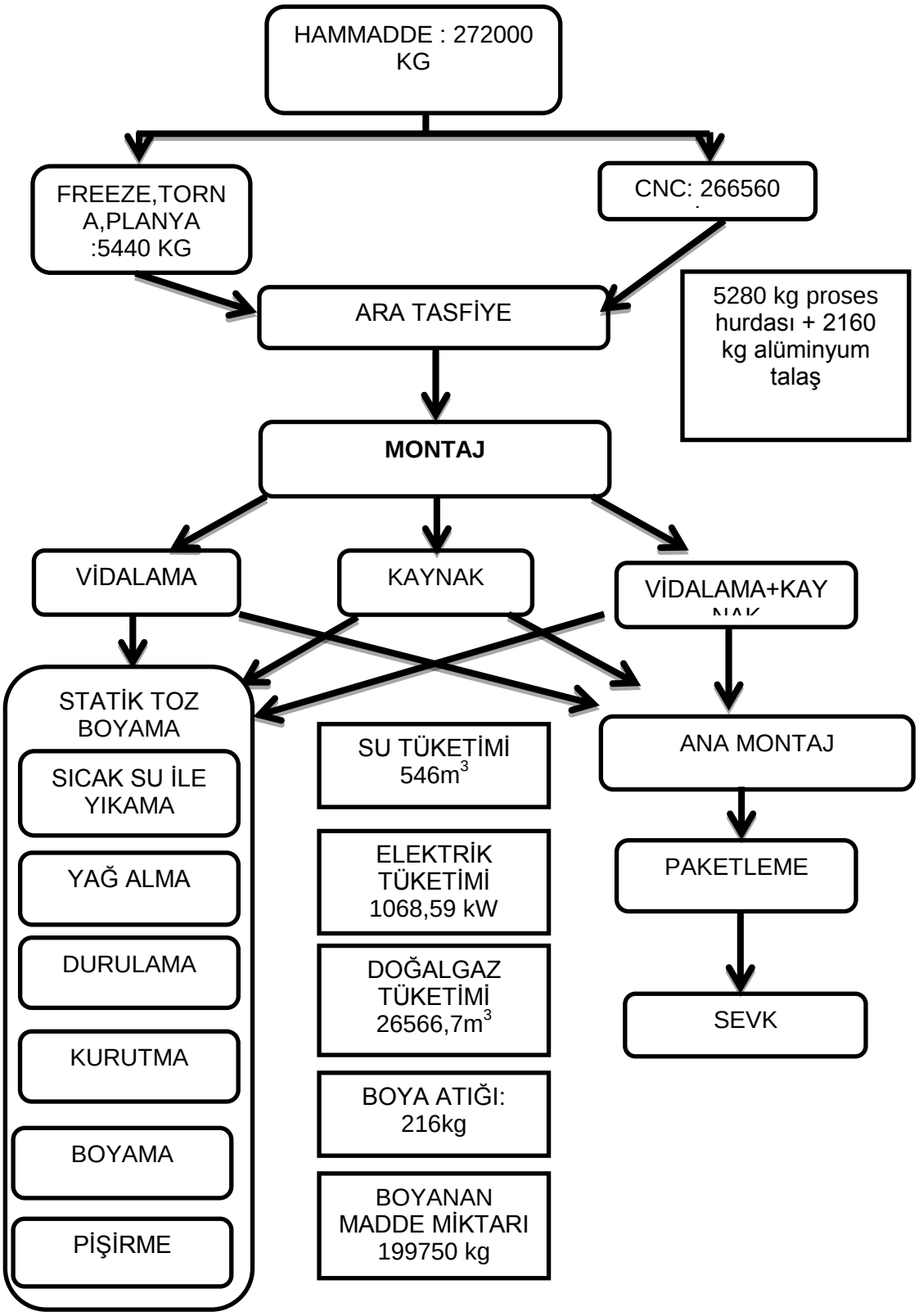
	Su Tüketimi (m^3)	**Elektrik Tüketimi (kwh)**	**Doğalgaz Tüketimi (m^3)**
Ocak	82	112.739	2844
Şubat	58	98.037	2397
Mart	103	184.517	4697
Nisan	25	40.404	1304
Mayıs	54	105.348	2422
Haziran	30	65.358	1595
Temmuz	23	90.45	2139
Ağustos	25	62.115	1470
Eylül	24	53.187	1311
Ekim	9	33.807	853

Statik toz boyama sırasında, aylık 4300 kg toz boya kullanılmakta ve bu boyanın ortalama 360 kglık kısmı tekrar filtreden geçerek kullanılmaktadır. Toplam tüketimin filtreleme sisteminde fire olarak kalan kısmı 18 kg'dır. Şekil 39'da verilen yıllık bazda üretim akım şemasındaki bilgilere bakılarak kg ürün başına tüketilen;

- Su: 2,73 litre
- Elektrik: 5,35 watt
- Doğalgaz: 0,136 m^3
- Kullanılan boya miktarı: 280 g
- Atık boya: 1,08g

olarak hesaplanmıştır.

Birim başına tüketilen su, elektrik, doğalgaz, boya sistemin ne kadar verimli çalıştığını göstermektedir.



Şekil 39. Firma B yıllık bazda üretim akış şeması.

4.4.2.3 Çevre Yönetimi Sistemleri

Firma B ürünlerine temel olarak statik toz boyama işlemi uygulamaktadır. Toz boyama teknolojisinin VOC emisyon oranı sıfırdır ve bu teknoloji partiküllerin azaltılması için su kullanımı gerektirmez. Geri kazanılan toz boyanın kullanımı % 97'ye kadar malzeme geri dönüşümü sağlamaktadır. Akış şemasında da gösterildiği gibi (Şekil 39) Firma B yaklaşık %90 oranda geri dönüşüm eldesi söz konusudur. Yani mevcut en iyi tekniklere göre geri dönüşümünü daha dikkatli ve kontrollü yaparsa %97 oranında geri dönüşüm sağlanabiliceği düşünülmektedir. Ayrıca enerji gereksinimi su bazlı malzemelere göre toz boyamada daha az olup, solvent bazlı teknoloji ile de kıyaslanabilir niteliktedir. Kızılötesi ve hava sirkülasyonu teknikleri ile kurutulması ise enerji tüketimini azaltmaktadır. Firma B, kendi kurutma ve pişirme kabinlerini doğalgaz ile ısıtmaktadır.

Firma B'nin ürün hazırlaması tamamen müşterilerden gelen siparişe göre olmaktadır. Üretim bandı içerisinde seri üretilen bir ürün bulunmamaktadır. Bu nedenle kabinlere gelen boyanan ve pişirilen profiller gelen siparişe göre sürekli değişmektedir. Ayrıca müşteri isteği ya da profil maddesine göre sıcaklık seviyesi ve bekleme süreleri değişmektedir. Eğer Firma B, kendi içerisinde bir süreç yönetimi sistemi oluşturur ve sipariş edilen ürünleri pişirme sıcaklığı sıralamasıyla işleme alırsa, pişirme kabinin soğuyup tekrar ısınması ile geçen sürede enerji kaybedilmemiş olacaktır. Örnek olarak, 120 °C'lik ürünler toz boyama ünitesine ilk girerken, 180 °C'lik ve 220°C'lik pişirme gereksinimi olan ürünler daha sonra ve en yine 120°C'lik ürünler ile boyama ve pişirme işlemleri gerçekleştirilirse, Firma B'nin büyük oranda doğalgaz tasarrufu sağlaması öngörülmektedir. Müşteriden gelen talebin üretiminin proses kullanımını optimize edilerek yapılmasının firmanın enerji tasarrufunda etkili rol oynayacağı değerlendirilmektedir.

Mevcut en iyi tekniklere örnek olarak, Firma B, pişirme ve kurutma kabinlerinde etkili izolasyonlar sağlayarak enerji kayıplarını en aza indirdikleri tespit edilmiştir. Bu haliyle de eş değer üretim yapan firmalara örnek gösterilebilecek özelliktedir.

Statik toz boyamada pişirme sırasında fazlaca enerji harcamaktadır. Alüminyum ürünleri için ihtiyaç olan sıcaklığa gelene kadar kromatlı ürünlerin fırınlanması kullanılan doğalgaz miktarını belirli oranda düşürebileceği düşünülmektedir. Bu uygulamanın kısıtlaması olarak

ürünlerin yetiştirilmesi gereken zaman dilimi düşünülebilir ama yine de bu yöntem için belirli bir prosedür oluşturulabilir ise hem firmanın hem de çevrenin kazançlı çıkacağı öngörülmektedir. Buna ek olarak enerjinin verimli kullanılması açısından Firma B'de olduğu gibi pişirme prosesinin yalıtımının iyi olması proses gereklerindendir.

4.4.3 Firma C Tesisi İçin Mevcut En İyi Teknikler

Bölüm 4.2.3'te de anlatıldığı gibi, Firma C, 3 çalışanı ve yıllık 1000-10.000 ton alüminyum profil tüketim hacmi ile oldukça küçük bir işletmedir. Firma yarı ürün halinde aldığı alüminyum profillerde ürün çeşidine göre kesme, delme ve diş çekme gibi işlemler uygulamakta ve tüketiciye sevk etmektedir. İşletme üretim bölümü ve ofis bölümü olmak üzere iki bölümden oluşmaktadır. Küçük ölçekli bir işletme olmasından dolayı, Firma C'nin temiz üretim anlamında alabileceği tedbirler "Good Housekeeping" terimi ile türkçeye de girmiş olan ve "KOBİ'ler için Ekolojik-Ekonomik Çevre Yönetimi" anlamına gelen uygulamalardır.

Good housekeeping uygulamaları, özellikle KOBİ' ler için temiz üretim teknolojileri gibi pahalı olan büyük yatırımlar gerektirmez. Amaç; uygulanması kolay ve mali açı-dan verimli önlemler ve kaynakların rasyonel kullanımı ve üretim prosesinin optimize edilmesi ile teknik ve organi-zasyonel seviyede üretimin sürekli gelişimini sağlamaktır. İşletmeler, çalışanlarının dikkatini problemli alana çekmeli ve problemin çözümü için fırsat tanımalıdırlar. Aynı zamanda davranışların değişimine ve verimlilik için yeni bir kültür oluşturulmasına bağlıdır. Her seviyedeki personelin katılımı ve motivasyonu prosesin önemli derecede gelişimini sağlar.

Good housekeeping kılavuzu, altı alanı içeren kontrol listelerinden oluşmakta-dır. Herbir kontrol listesi, olası problemi, nedenini ve işletmede materyal, atık, depolama ve kullanma, su ve atıksu, enerji ve işyeri güvenliği ve sağlık koru-ma bölümleriyle ilgili olan good house-keeping alanlarındaki düzeltici faliyetleri tanımlamada kullanılabilecek soruları içermektedir.

Kontrol listelerinin içerdiği önlemler:

1. Materyal
2. Atık
3. Materyallerin depolanması ve kullanılması
4. Su ve Atıksu
5. Enerji
6. İşyeri güvenliği ve sağlık koruma

Firma C'nin işvereni ve işçilerinin işletmede hammadde ve kimyasalların verimli kullanılması ve atık minimizasyonu için yukarıda sayılan maddeler için kontrol listelerinin oluşturulması gerekmektedir. Kontrol listeleri oluşturulduktan sonra işletme içinde aşağıda sayılan tedbirlerin alınması gerekmektedir. Aşağıda sayılan kontrol listelerinde tedbirler Firma C'nin faaliyetine ve üretim alanına uygun olarak belirlenmiştir.

Kontrol Listesi 1: Materyaller

- Önleyici bakımın yapılması,
- Temizlik maddelerinin kullanımının azaltılması,
- Zararlı maddelerin yerine başkalarının kullanılması,
- Borulardaki sızıntıların ve cihazların onarılması,
- Üretim planının optimizasyonu,
- Hammadde kayıplarından kaçınılması,
- Materyal tüketiminin izlenmesi.

Kontrol listesi 2: Atık

- Ambalaj atıklarının azaltılması ve ambalaj atıklarından kaçınılması,
- Red ve ticari dönüşlerin azaltılması,
- Atığın tekrar kullanılması ve geri kazanılması,
- Atık ve artıkların güvenli bertarafı,
- Atık toplama için uygun konteynerlar sağlanması,
- Atıkların ayrılması,
- Atık miktarı ve akışının izlenmesi.

Kontrol listesi 3: Materyallerin depolanması ve kullanılması

- Depolama sırasında materyal kayıplarından kaçınılması,
- Depolama ve nakliye sırasında üretilmiş mallardaki kayıplardan kaçınılması,
- Döküntü ve sızıntılardan kaçınılması,
- Materyal transfer uygulamalarının geliştirilmesi,
- Ambalaj malzemelerinin temizlenmesi ve bertarafı
- Güvenli depolama alanlarının kurulması,
- Tedarikçilerden gelen hammaddelerin kalitesinin araştırılması.

Kontrol listesi 4: Su ve atıksu

- Dökülmelerden kaçınılması ve su kullanımının optimizasyonu,
- Üretim yapılmayan alanlarda su tüketiminin azaltılması,
- Su sızıntılarının ortadan kaldırılması,
- Su tüketiminin izlenmesi.

Kontrol listesi 5: Enerji

- Enerji kayıplarından kaçınılması,
- Enerji tüketiminin ve maliyetlerin azaltılması,
- Elektrikli cihazların uygun tesisatı,
- Enerji tasarruflu aydınlatma,
- Enerji cihazları için önleyici bakım yapılması,
- Enerji tüketiminin izlenmesi.

Kontrol listesi 6: İşyeri güvenliği ve sağlık koruma

- Makine ve araçların neden olduğu risklerden kaçınılması,
- Güvenli bir çalışma ortamının sağlanması,
- Tehlikeli maddeler hakkında bilgi,
- Kişisel koruma cihazlarının sağlanması (gözlük, eldiven, vb.),
- Kaza durumunda hazırlık yapılması (ilk yardım hakkında bilgi alınması, ilk yardım çantasının bulundurulması),
- Yangın tehlikelerinin minimizasyonu,

- Yangın durumuna hazırlık (yangın önleme hakkında bilgi alınması, yangın söndürücü malzemelerin bulundurulması),
- İşçiler için sağlık risklerinin azaltılması,
- Hava emisyonlarının kontrolü,
- Koku kirliliğinden kaçınılması,
- Gürültü seviyelerinin azaltılması,
- Kaza riskinin azaltılması.

Belirtilen tedbirlerden bazılarının tabela haline getirilip iş yerinin duvarlarına asılması hem çalışanlara hatırlama niteliği taşıyacak hem de motivasyonu arttıracaktır. Örneğin, "Gözlüksüz Çalışma", "Suyu Tasarruflu Kullan" ya da "Atıklar Çöp Değildir" gibi tabelalar asılabilir. Yukarıda kontrol listelerinde verilen tedbirlerin izlenmesi ve takibi ile hem kaza ve dikkatsizler en aza indirilebiliecek, böylece can ve mal kayıpları azaltılmış olacak, hem de daha verimli ve kaliteli ürün üretimi sağlanmış olacaktır.

5. SONUÇ

Kayseri OSB'de faaliyet gösteren alüminyum mamül üretim sektörünün 3 işletmesinde öncelikli atık türlerinin belirlenmesi ve atık yönetim çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın ilk aşamasında atık karakterizasyonu belirlenmiş, ikinci aşamada üretim hattına, atık oluşumuna, hedef ürün türüne, atıkların çevreye olan etkilerine ve üretim ekonomiye katkılarına göre öncelikli atık türleri tespit edilmiştir. Çalışmanın üçüncü aşamasında, su ve enerjinin tasarruflu kullanımı ve atıkların azaltılması için tesis içinde tesise entegre edilebilecek temiz üretim alternatif uygulamaları değerlendirilmiştir. Çalışmanın dördüncü aşamasında, atıkların çevreye olan etkilerini azalmak için arıtım çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın devam eden aşamasında atıkların arıtımı sırasında ortaya çıkabilecek maliyetler değerlendirlmiştir. Son aşamada ise, proje süresince elde edilen tecrübeler ve sonuçlar Kayseri'deki alüminyum sektörü ve proje kapsamında çalışılan firmalar ile paylaşılmıştır.

Seçilen tesislerde atık karakterizasyonu çalışmaları yapılmıştır. Atıklar katı atık, atıksu ve gaz emisyonları olmak üzere üç başlık altında incelenmiştir. İşletme kapasitelerine göre, büyük ve orta ölçekli tesislerin faaliyetleri katı atık, atıksu ve gaz emisyonlarına sebep olmaktadır. Diğer taraftan küçük ölçekli tesiste tek atık türü katı atıktır. Atıksu kaynakları anodik oksidayon ve elektrostatik toz boyama ünitelerinden kaynaklanmaktadır. Özellikle, anodik oksidayon ünitesi çok değişken karaktere sahip atıksu üretimine yolaçmaktadır. Proje süresince, alınan atıksu numunelerinde pH ve ağır metal en çok değişkenlik gösteren parametrelerdir. Atıksu örneklerinin pH'sı 2,5 ile 11, alüminyum miktarı 1-250 mg/L, nikel ve krom konsantrasyonları ise 0,5-5 mg/L arasında değişmektedir. Katı atık türleri proses atıkları, hurdalar, metal talaşı, proses çamuru, ambalaj atıkları ve evsel atıklar olarak çeşitlenmektedir. Proses ve hurda atıkları genel olarak ya tesis içinde kullanılmakta ya da diğer firmalara satılmaktadır. Ambalaj atıkları geri dönüşüme gönderilmekte, evsel atıklar ise belediye tarafından toplanmaktadır. Büyük ve orta ölçekli işletmelerde bulunan proses bacalarında yapılan hava kirliliği analizlerine göre, gaz emisyonların miktarları yönetmeliklerde belirtilen standart değerlerin atında bulunmaktadır. Küçük ölçekli tesiste ise faaliyet alanından dolayı proses bacası bulunmamaktadır. İç ölçüm hava kalitesi analizleri standart değelerin altında kalmaktadır.

Atık karakterizasyonu, atık miktarı ve atıkların çevreye olan etkileri gözönüne alınarak öncelikli atık türleri belirlenmiştir. Öncelikli atık türlerinin belirlenmesinde 3 farklı model kullanılmıştır. PROMETHEE, TOPSIS ve VIKOR modelleri AHP ile kombine edilerek kullanılmıştır. AHP ile kriter ağırlıkları belirlenmiş, PROMETHEE, TOPSİS ve VIKOR modelleri ile atık türünün sıralaması yapılmıştır. Büyük ölçekli tesiste öncelikli atık türü atıksu olurken, orta ve küçük ölçekli tesiste ise katı atık olarak tespit edilmiştir.

Proje kapsamında araştırılan tesislerin üretim proseslerine ve iş akış hattına göre Avrupa Birliği'nin yayınlamış olduğu MET ve BREF dökümanlarından yararlanarak tesisilerde uygulanabilecek teknikler değerlendirilmiştir. Teknikler değerlendirilirken, su tüketimin azaltılması, su geri kazanımı, işlem akışının iyileştirilmesi, malzemelerin depolanması ve hazırlanması ve enerji tasarrufu konularında entegre edilebilecek alternatif uygulamalar gözönüne alınmıştır.

KAYNAKLAR

Achillas, C., Vlachokostas C., Moussiopoulos, N., Banias, G., 2010. "Decision Support System for The Optimal Location of Electrical and Electronic Waste Treatment Plants: A Case Study İn Greece", Waste Management, 30 (5), 870-879.

Adenso-Diaz, B., Tuya J., Goitia, M. 2005. "EDSS For The Evaluation of Alternatives in Waste Water Collecting System Design", Environ. Model.Software, 20, 639-649.

Agrawal, A., Sahu, K.K. 2009. "An Overview of The Recovery of Acid From Spent Acidic Solutions From Steel and Electroplating Industries", Journal of Hazardous Materials, 171, 61–75.

Alan, S. 2008. Alüminyum Raporu, İstanbul Sanayi Odası Yayınları, İstanbul.

Al-Rashdan, D., Al-Kloub, B., Dean, A., Al-Shemmeri, T. 1999. "Environmental Impact Assessment and Ranking The Environmental Projects in Jordan", Eur. J. Oper. Res., 118 (1), 30-45.

Amouzegar, M.A., Jacobsen, S.E. 1998. "A Decision Support System For Regional Hazardous Waste Management Alternatives", J. Appl. Math. Decision Sci., 2 (1), 23-50.

Anastas, P., Zimmerman, J. 2003. "Green Engineering: Through The 12 Principles of Green Engineering", Environ. Sci. Technol., 37(5), 94A-101A.

Aragones-Beltran, P., Mendoza-Roca, J.A., Bes-Pia, A., Garcia-Melon, M., Parra-Ruiz, E., 2009. "Application of Multicriteria Decision Analysis to Jar-Test Results For Chemicals Selection in The Physical-Chemical Treatment of Textile Wastewater", Journal of Hazardous Materials, 164, 288-295.

Bani, M.S., Rashid, Z. A., Hamid, K.H.K., Harbawi, M.E., Alias, A.B., Aris, M.J. 2009. "The Development of Decision Support System For Waste Management: A Review", World Academy of Science, Eng. Technol., 49, 161-168.

Bellehumeur, C., Vasseur, L., Ansseau, C., Marcos, B. 1997. "Implementation of A Multicriteria Sewage Sludge Management Model in The Southern Québec Municipality Of Lac-Mégantic", Canada. J.. Environ. Management, 50 (1), 51-66.

Bhargava, H.K., Tettelbach, C.A. 1997. "Web-Based Decision Support System For Waste Disposal and Recycling", Comput. Environ. Urban Systems, 21 (1), 47-65.

Bongo, G.G., Chartier, M.M., Dhenain, A., Blais, J.F. 2009. "Treatment of Aluminium Plant Hazardous Wastes Containing Fluorides and PAH", J. Environ. Eng. Div.-ASCE, 135 (3), 159-166.

Bowen, W., 1995. "A Thurstonian Comparison of The Analytic Hierarchy Process and Probabilistic Multidimensional Scaling Through Application to The Nuclear Waste Site Selection Decision", Socio.Econ. Plan. Sci., 29 (2), 151-163.

Boyle, C.A., Baetz, B.V. 1998. “A Prototype Knowledge-Based Decision Support System For İndustrial Waste Management: Part I. The Decision Support System”, Waste Management, 18, 87-97.

Brent, A., Rogers, D., Ramabitsa-Siimane, T., Rohwer, M.B. 2007. “Application of The Analytical Hierarchy Process to Establish Health Care Waste Management Systems That Minimise Infection Risks in Developing Countries”, Eur. J. Oper. Res., 181 (1), 403-424.

Chang, N.B., Parvathinathan, G. and Breeden, J.B. 2008. “Combining GIS With Fuzzy Multicriteria Decision-Making For Landfill Sitting in A Fast Growing Urban Region”, J. Environ. Management, 87,139- 153.

Chang, N.B., Wang, S.F. 1996. “The Development of An Environmental Decision Support System For Municipal Solid Waste Management”, Comput. Environ. Urban Sys., 20 (3), 201-212.

Charnpratheep, K., Zhou, Q., Garner, B. 1997. “Preliminary Landfill Site Screening Using Fuzzy Geographical İnformation Systems”, Waste Manage. Res.” 15 (2), 197-215.

Cheng, S., Chan, C.W. and Huang, G.H. 2003. “An İntegrated Multi-Criteria Decision Analysis and Inexact Mixed Integer Linear Programming Approach For Solid Waste Management”, Eng. Appl. Artificial Intelligence,16, 543-554.

Choate, W.T., Green, J.A.S. 2003. U.S. Energy Requirements for Aluminum Production-Historical Perspective, Theoretical Limits and New Opportunities, U. S. Department of Energy Energy Efficiency and Renewable Energy Industrial Technologies Program, Washington, D.C.

Costi, P., Minciardi, R., Robba, M., Rovatti, M., Sacile R. 2004. “An Environmentally Sustainable Decision Model For Urban Solid Waste Management”, Waste Management, 24, 277-295.

De Feo, G., De Gisi, S. 2010. “Using An Innovative Criteria Weighting Tool For Stakeholders İnvolvement to Rank MSW Facility Sites with The AHP”, Waste Management, 30 (11), 2370-2382.

Dhenain, G. Mercier, J.F. Blais, Bergeron, M. 2006. “PAH Removal From Black Sludge From Aluminium Industry By Flotation Using Non Ionic Surfactants”, Environ.Technol., 26, 1019–1030.

Dhenain, A., Mercier, G., Blais, J.-F., Chartier, M. 2009. “Combined Column and Cell Flotation Process For The Treatment of PAH Contaminated Hazardous Wastes Produced by An Aluminium Production Plant”, J. Hazard. Mat., 165, 394–407.

Dogan, B. 2008. Assessment of The Best Available Wastewater Management Techniques For A Textile Mill: Cost And Benefit Analysis, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.

Erengüç, A. 2007. “AB Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrolü Direktifi (IPPC) için Düzenleyici Etki Analizi ve Bir Uygulama: Demir Çelik Endüstrisi”, Yüksek Lisans Tezi, Haziran, İstanbul.

Erkut, E., Moran, S. 1991. "Locating Obnoxious Facilities In The Public Sector: An Application of The Analytic Hierarchy Process to Municipal Landfill Siting Decisions", Socio.Econ. Plan. Sci., 25 (2), 89-102.

Eugenio, S., Denis, B. 2007. "SCOLDSS: A Decision Support System For The Planning of Solid Waste Collection", Decision Support for Global Enterprises, 207-217.

European Aluminum Association (EAA). 2008. Life Cycle Inventory Data For Aluminium Production and Transformation Processes in Europe, Environmental Profile Report for the European Aluminium Industry.

European Commusion (EC). 1996. Council Directive 96/61/EC concerning integrated pollution prevention and control, 24 September 1996, Brüksel.

European Commision (EC). 2001. Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) Reference Document on Best Available Techniques in the Non Ferrous Metals Industries, December 2001, Brüksel.

European Commusion (EC). 2006. Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC)-Reference Document on Best Available Techniques for the Surface Treatment of Metals and Plastics, 2006, Brüksel.

European Commusion (EC). 2008. Directive 2008/1/EC concerning integrated pollution prevention and control, 15 January 2008, Brüksel.

European Commusion (EC). 2010. Directive 2010/75/EC on industrşal emissions (integrated pollution prevention and control), 24 November 2010, Brüksel.

European Union (EU). 2008. Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) Directive, Official Journal of the European Union Directive 2008/1/EC, 2008, Brüksel.

Fiorucci, P., Minciardi, R., Robba, M. and Sacile, R. 2003. "Solid Waste Management in Urban Areas Development and Application of Decision Support System", Resources, Conservation and Recycling, 37, 301-328.

Georgopoulou, E., Sarafidis, Y., Diakoulaki D. 1998. "Design and Implementation of A Group DSS For Sustaining Renewable Energies Exploitation", Eur. J. Oper. Res., 109, 483-500.

Gomes, C.F.S., Nunes, K.R.A., Xavier, L.H., Cardoso, R., Valle, R. 2008. "Multicriteria Decision Making Applied to Waste Recycling in Brazil", Omega, 36, 396-404.

Gökçen, H. 2002. Yönetim Bilgi Sistemleri, Epi Yayıncılık, Ankara.

Haastrup, P., Maniezzo, V., Mattarelli, M., Rinaldi F.M., Mendes, I., Paruccini, M. 1998. "A Decision Support System For Urban Management, European J. Operational Res., 109, 330-341.

Haralambopoulos, D.A., Polatidis, H. 2003. "Renewable Energy Projects: Structuring A Multi-Criteria Group Decision-Making Framework", Renewable Energy, 28 (6), 961–973.

Hind, A.R., Bhargava, S.K., Grocott, S.C. 1999. “The Surface Chemistry of Bayer Process Solids: A Review”, Colloids Surf., 146, 359-374.

Hokkanen, J., Salminen, P. 1997. “Choosing A Solid Waste Management System Using Multicriteria Decision Analysis”, Eur. J. Oper. Res., 98, 19–36.

Hwang, C.-L., Yoon, K. 1981. Multiple Attributes Decision Making - Methods and Applications, A State of the Kind Survey. Berlin - Heidelberg - New York.

Karagiannidis, A., Papageorgiou, A., Perkoulidis, G., Sanida, G., Samaras, P. 2010. “A Multi-Criteria Assessment of Scenarios on Thermal Processing of Infectious Hospital Wastes: A Case Study For Central Macedonia”, Waste Management, 30 (2), 251-262.

Karamouz, M., Zahraie, B., Kerachian, R., Jaafarzadeh, N., Mahjouri, N. 2007. “Developing A Master Plan For Hospital Solid Waste Management: A Case Study”, Waste Management, 27 (5), 626-638.

Khalil, A.-S., Goonetilleke, A., Kokot, S., Carroll, S. 2004. “Use Of Chemometrics Methods And Multicriteria Decision-Making For Site Selection For Sustainable On-Site Sewage Effluent Disposal”, Anal. Chim. Acta., 506 (1), 41-56.

KOSGEB. 2009. Kayseri Merkez Müdürlüğü. Kişisel görüşme, Kayseri.

Lahdelma, R. Salminen, P. Hokkanen, J. 2000. “Using Multicriteria Methods In Environmental Planning and Management”, Environ. Manage., 26 (6), 595–605.

Liu, H.C., You, J.X., Lu, C., Shan, M.M. 2014. “Application of İnterval 2-Tuple Linguistic MULTIMOORA Method For Health-Care Waste Treatment Technology Evaluation and Selection”, Waste Management, 34 (11), 2355-2364.

MacDonald, M.L. 1996. “A Multi-Attribute Spatial Decision Support System For Solid Waste Planning”, Comput. Environ. Urban Systems, 20 (1), 1-17.

Merkhofer, M., Keeney, R. 1987. “A Multiattribute Utility Analysis of Alternative Sites For The Disposal of Nuclear Waste”, Risk Anal., 7 (2), 173-194.

Musee, N., Aldrich, C. and Lorenzen, L. 2008. “New Methodology For Hazardous Waste Classification Using Fuzzy Set Theory Part 1. Knowledge Acquisition”, J. Hazard. Mat., 154, 1040-1051.

Nas, B., Cay, T., Iscan, F., Berktay, A. 2010. “Selection of MSW Landfill Site For Konya, Turkey Using GIS and Multi-Criteria Evaluation”, Environ Monit. Assess. 160 (1–4), 491-500.

Nebraska Department of Environmental Quality (NDEQ). 2003. Secondary Aluminum Production, NESHAP, Environmental Fact Sheet, Nebraska Department of Environmental Quality, October 2003, Lincoln, NE.

Opricovic, S., Tzeng, G.-H. 2004. “The Compromise Solution By MCDM Methods: A Comparative Analysis of VIKOR and TOPSIS”, European Journal of Operational Research, 156 (2), 445-455.

Petras, J.C.E. 1997. “Ranking The Sites For Low- and Intermediate-Level Radioactive Waste Disposal Facilities in Croatia”, Int. Trans. Oper. Res., 4 (4), 237-249.

Pohekar, S.D., Ramachandran, M. 2004. “Application of Multi-criteria Decision Making to Sustainable Energy Planning- A Review”, Renew. Sust. Energ. Rev., 8 (4), 365-381.

Refsgaard, K. 2006. “Process-Guided Multicriteria Analysis in Wastewater Planning”, Environ. Plann. C., 24 (2), 191-213.

Repousis, P.P., Paraskevopoulos, D.C., Zobolas, G., Dtarantilis, C., Loannou, G. 2009. “A Web-based Decision Support System for Waste Lube Oils Collection and Recycling”, European J. Operational Res., 195 (3), 676-700.

Rousis, K., Moustakas, K., Malamis, S., Papadopoulos, A., Loizidou, M. 2008. “Multi-Criteria Analysis For The Determination of The Best WEEE Management Scenario in Cyprus”, Waste Management, 28 (10), 1941-1954.

Saaty, T. L. 1980. The Analytic Hierarchy Process, McGraw-Hill, New York.

Salminen, P., Hokkanen, J., Lahdelma, R. 1998. “Comparing Mutlicriteria Methods in The Context of Environmental Problems”, Eur. J. Oper. Res., 104, 485–496.

Siddiqui, M., Everett, J., Vieux, B. 1996. “Landfill Siting Using Geographic Information Systems: A Demonstration”, J.Environ. Eng., 122 (6), 515-523.

Simonetto, O., Borenstein, D. 2007. “A Decision Support System For The Operational Planning of Solid Waste Collection”, Waste Management, 27, 1286-1297.

SKKY. 2004. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, Resmi Gazete, Sayı: 25687, 31.12.2004, Ankara, Türkiye.

Sprague, R.H., Watson, H.J. 1996. Decision Support for Management, Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ.

Su, J-P., Chiueh, P.-T., Hung, M.-L., Ma, H.-W. 2007. “Analyzing Policy Impact Potential For Municipal Solid Waste Management Decision-Making: A Case Study of Taiwan”, Resour. Conserv. Recy., 51 (2), 418-434.

Taji, K., Levy, J., Hartmann, J., Bell, M.L., Anderson, R., Hobbs, B.F. 2005. “Identifying Potential Repositories For Radioactive Waste: Multiple Criteria Decision Analysis and Critical Infrastructure Systems”, Int. J. Critic. Infrast., 1 (4), 404-422.

Tan, R.B.H., Khoo, H.H. 2005. “An LCA Study of A Primary Aluminum Supply Chain”, J. Cleaner Production, 13, 607-618, 2005.

Tavares, G., Zsigraiova, Z., Semiao, V. 2011. “Multi-Criteria GIS-Based Siting of An İncineration Plant For Municipal Solid Waste, Waste Management, 31 (9–10), 1960-1972.

TMMOB. 2009. Alüminyum Raporu, 24.Dönem Çalısma Raporu - EK-16, TMMOB Metalurji Mühendisleri Odası, Alüminyum Komisyonu, Mart 2009, İstanbul.

TSEKÖKT. 2011. Tekstil Sektöründe Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrol Tebliği, Resmi Gazete, Sayı : 28142, 14 Aralık 2011, Ankara, Türkiye.

U.S. Department of Energy Office of Industrial Technologies (USDEOIT). 1997. Energy and Environmental Profile of the U.S. Aluminum Industry, Energetics Inc. Columbia, July 1997, Maryland.

U.S. Environmental Protection Agency (USEPA). 1988. Waste Minimisation Opportunity Assessment Manual, United States Environmental Protection Agency, Cincinnatti, OH.

URL 1 http://www.maden.org.tr/genel/bizden_detay.php?kod=115&tipi=5&sube=0

van Berkel, R. 2007. "Eco-Efficiency İn Primary Metals Production: Context, Perspectives And Methods, Resources", Conservation and Recycling, 51, 511–540.

Vego, G., Kucar-Dragicevic, S., Koprivanac, N. 2008. "Application of Multi-Criteria Decision-Making on Strategic Municipal Solid Waste Management in Dalmatia, Croatia", Waste Management, 28 (11), 2192–2201.

Walther, G., Spengler, T., Queiruga, D. 2008. "Facility Location Planning For Treatment of Large Household Appliances in Spain", Int. J.Environ. Technol. Manage., 8 (4), 405-425.

Wang, G., Qin, L., Li, Q., Chen, L. 2009. "Landfill Site Selection Using Spatial İnformation Technologies and AHP: A Case Study in Beijing, China", J. Environ. Manage., 90 (8), 2414-2421.

Xiao-wu, W., Li-rong, G., Hua-Ben. 2008. "Resources Conservation—The Alternative Scenarios For Chinese Aluminum İndustry", Resources, Conservation and Recycling, 52, 1216–1220.

Young, K., Eisen, P. 2000. New Die Casting Technologies—Markets And Applications. In: Die casting 2000 conference, Melbourne, Australia.

Yücekutlu, Y., Tok, E., Sanalan, T. 2009. Mevcut En İyi Tekniklerin (BAT) Bölgesel Hava Kirliliğinin Kontrolünde Kullanılması, Çevre ve Orman Bakanlığı, Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü, Ankara.

EK A

AHP YÖNTEMİ AĞIRLIK HESAPLAMA TABLOLARI

Tablo A1. Ana Kriterleri AHP İkili Karşılaştırma Matrisi ve Özet Tablosu

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	**Eigen Vektör**
	1	1/5	1/3	1	1/3	3	0	0	0	0	7,73%
2	5	1	5	7	1	5	0	0	0	0	40,75%
3	3	1/5	1	5	1	3	0	0	0	0	18,46%
4	1	1/7	1/5	1	1/3	3	0	0	0	0	7,00%
5	3	1	1	3	1	3	0	0	0	0	21,31%
6	1/3	1/5	1/3	1/3	1/3	1	0	0	0	0	4,76%
7	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0,00%
8	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0,00%
9	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0,00%
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,00%

Kriterler		**Açıklama**	**Ağırlık**	**Sıra**
1	Kriter 1	Ekonomi	7,7%	4
2	Kriter 2	Çevreye olan etkileri, yönetmelikler ve standartlar	40,7%	1
3	Kriter 3	Teknik	18,5%	3
4	Kriter 4	Sosyal	7,0%	5
5	Kriter 5	Proses girdileri	21,3%	2
6	Kriter 6	Diğer	4,8%	6

Tablo A2. Ekonomi Kriterleri AHP İkili Karşılaştırma Matrisi ve Özet Tablosu

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	**Eigen Vektör**
1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	50,00%
2	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	50,00%
3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0,00%
4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0,00%
5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0,00%
6	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0,00%
7	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0,00%
8	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0,00%
9	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0,00%
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,00%

Kriterler		**Açıklama**	**Ağırlık**	**Sıra**
1	Kriter 1	Atık Bertaraf ve Geri Dönüşüm Maliyeti (Tl/Ay):	50,0%	1
2	Kriter 2	Geri Dönüşümden Elde Edilen Gelir (Tl/Ay):	50,0%	1

Tablo A3. Çevreye Olan Etkiler Kriterleri AHP İkili Karşılaştırma Matrisi ve Özet Tablosu

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	**Eigen Vektör**
1	1	5	1	1	1	0	0	0	0	0	24,18%
2	1/5	1	1/5	1/5	1/3	0	0	0	0	0	5,42%
3	1	5	1	1	1	0	0	0	0	0	24,18%
4	1	5	1	1	1	0	0	0	0	0	24,18%
5	1	3	1	1	1	0	0	0	0	0	22,03%
6	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0,00%
7	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0,00%
8	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0,00%
9	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0,00%
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	

Kriterler	**Açıklama**	**Ağırlık**	**Sıra**
Kriter 1	Atık deşarjının uygunluğu	24,2%	1
Kriter 2	Gürültü	5,4%	5
Kriter 3	İnsan toksisitesi	24,2%	1
Kriter 4	Küresel ısınma potansiyeli	24,2%	1
Kriter 5	Asitleştirme	22,0%	4

Tablo A4. Proses Girdileri Kriterleri AHP İkili Karşılaştırma Matrisi ve Özet Tablosu

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	**Eigen Vektör**
1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	25,00%
2	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	25,00%
3	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	25,00%
4	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	25,00%
5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0,00%
6	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0,00%
7	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0,00%
8	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0,00%
9	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0,00%
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,00%

Kriterler	**Açıklama**	**Ağırlık**	**Sıra**
Kriter 1	Kullanılan hammadde alüminyum	25,0%	1
Kriter 2	Enerji ve miktarı elektrik kw, doğalgaz m^3	25,0%	1
Kriter 3	Kullanılan yardımcı maddeler kimyasallar	25,0%	1
Kriter 4	Birim üretim başına su tüketim miktarları m^3	25,0%	1

Tablo A5. Teknik Kriterleri AHP İkili Karşılaştırma Matrisi ve Özet Tablosu

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	**Eigen Vektör**
1	1	5	3	1	0	0	0	0	0	0	45,19%
2	1/5	1	1	1	0	0	0	0	0	0	14,97%
3	1/3	1	1	1	0	0	0	0	0	0	16,39%
4	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	23,45%
5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0,00%
6	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0,00%
7	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0,00%
8	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0,00%
9	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0,00%
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,00%

Kriterler	**Açıklama**	**Ağırlık**	**Sıra**
Kriter 1	Vasıflı işgücüne olan ihtiyaç	45,2%	1
Kriter 2	İş kazaları görülme sıklığı	15,0%	4
Kriter 3	İşletmeye Ait Geri Dönüşüm Sisteminde Değerlendirilen Atık Miktar Yüzdesi (%):	16,4%	3
Kriter 4	Firmanın teknolojik alt yapısının Atık oluşumuna etkisi	23,5%	2

Tablo A6. Sosyal Kriterleri AHP İkili Karşılaştırma Matrisi ve Özet Tablosu

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	**Eigen Vektör**
1	1	1/5	0	0	0	0	0	0	0	0	16,67%
2	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	83,33%
3	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	22,11%
4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0,00%
5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0,00%
6	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0,00%
7	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0,00%
8	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0,00%
9	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0,00%
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,00%

Kriterler	**Açıklama**	**Ağırlık**	**Sıra**
Kriter 1	Ekonomik etkinlik Pazar payı / ekonomi	16,7%	2
Kriter 2	Sosyal kabuledilebilirlik	83,3%	1

Tablo A7. Diğer Kriterleri AHP İkili Karşılaştırma Matrisi ve Özet Tablosu

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	**Eigen Vektör**
1	1	1/3	3	0	0	0	0	0	0	0	31,89%
2	3	1	1	0	0	0	0	0	0	0	46,00%
3	1/3	1	1	0	0	0	0	0	0	0	22,11%
4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0,00%
5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0,00%
6	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0,00%
7	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0,00%
8	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0,00%
9	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0,00%
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,00%

Kriterler	**Açıklama**	**Ağırlık**	**Sıra**
Kriter 1	Sürdürülebilir kalkınma hedefleri ile tutarlılığı	34,9%	2
Kriter 2	Ulusal çevre programları ile tutarlılık	16,8%	3
Kriter 3	Ulusal Çevre Programlarına Uyumluluğu	48,4%	1

EK B

YÖNETMELİK

Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği
Tarih 31 Aralık Cuma 2004 Sayı :25687 Resmi Gazete

Tablo B1. Sektör: Metal Sanayii (Elektrolitik Kaplama, Elektroliz Usulüyle Kaplama)

PARAMETRE	BİRİM	KOMPOZİT NUMUNE 2 SAATLİK	KOMPOZİT NUMUNE 24 SAATLİK
KİMYASAL OKSİJEN İHTİYACI (KOİ)	(mg/l)	100	-
ASKIDA KATI MADDE (AKM)	(mg/L)	125	-
YAĞ VE GRES	(mg/L)	20	-
TOPLAM KROM	(mg/L)	1	-
ALÜMİNYUM (Al)	(mg/L)	3	-
FLORÜR (F^-)	(mg/L)	50	-
ÇİNKO (Zn)	(mg/L)	3	-
KADMİYUM (Cd)	(mg/L)	-	0.2
pH	-	6-9	6-9

Tablo B2. Sektör: Metal Sanayii (Demir ve Demir Dışı Dökümhane ve Metal Şekillendirme)

PARAMETRE	BİRİM	KOMPOZİT NUMUNE 2 SAATLİK	KOMPOZİT NUMUNE 24 SAATLİK
KİMYASAL OKSİJEN İHTİYACI (KOİ)	(mg/L)	200	150
ASKIDA KATI MADDE (AKM)	(mg/L)	150	100
YAĞ VE GRES	(mg/L)	20	10
KADMİYUM (Cd)*	(mg/L)	1	
CİVA (Hg)*	(mg/L)	-	0.05
ÇİNKO (Zn)*	(mg/L)	5	-
KURŞUN (Pb)*	(mg/L)	2	-
BAKIR (Cu)*	(mg/L)	2	-
DEMİR (Fe)*	(mg/L)	10	-
TOPLAM KROM*	(mg/L)	2	-
KROM (Cr^{+6})*	(mg/L)	0.5	-
ARSENİK*	(mg/L)	0.1	-
ALUMİNYUM	(mg/L)	3	2
NİKEL (Ni)*	(mg/L)	3	-
TOPLAM SİYANÜR (CN^-)*	(mg/L)	0.1	-
pH		6-9	6-9