

**SİVAS ÇİMENTO FABRİKASINDA KULLANILAN HAVA ŞOKU
MODELLERİNİN ANALİTİK HİYERARŞİ SÜRECİ (AHS) YÖNTEMİ İLE
BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mustafa KÖYLÜ

**Danışman
Dr. Öğr. Üyesi Erkan ÖZKAN**

MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Haziran 2019

AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**SİVAS ÇİMENTO FABRİKASINDA KULLANILAN HAVA ŞOKU
MODELLERİNİN ANALİTİK HİYERARŞİ SÜRECİ (AHS)
YÖNTEMİ İLE BELİRLENMESİ**

Mustafa KÖYLÜ

Danışman
Dr. Öğr. Üyesi Erkan ÖZKAN

MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Haziran 2019

TEZ ONAY SAYFASI

Mustafa KÖYLÜ tarafından hazırlanan “Sivas Çimento Fabrikasında Kullanılan Hava Şoku Modellerinin Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) Yöntemi ile Belirlenmesi” adlı tez çalışması lisansüstü eğitim ve öğretim yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca 12/06/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından **oy birliği** ile Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Maden Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Dr. Öğr. Üyesi Erkan ÖZKAN

Başkan : Prof. Dr. Mahmut YAVUZ
Eskişehir Osmangazi Ünv., Mimarlık Mühendislik Fak.
Üye : Prof. Dr. İ.Sedat BÜYÜKSAĞIŞ
Afyon Kocatepe Ünv., Mühendislik Fakültesi
Üye : Dr. Öğr. Üyesi Erkan ÖZKAN
Afyon Kocatepe Ünv., Mühendislik Fakültesi

İmza

Afyon Kocatepe Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun
...../...../..... tarih ve
..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

.....
Prof. Dr. İbrahim EROL
Enstitü Müdürü

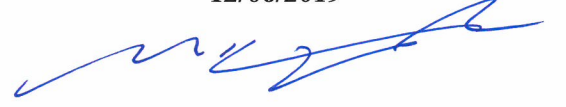
BİLİMSEL ETİK BİLDİRİM SAYFASI
Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- Atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- Ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

12/06/2019



Mustafa KÖYLÜ

ÖZET
Yüksek Lisans Tezi

**SİVAS ÇİMENTO FABRİKASINDA KULLANILAN HAVA ŞOKU
MODELLERİNİN ANALİTİK HİYERARŞİ SÜRECİ (AHS) YÖNTEMİ İLE
BELİRLENMESİ**

Mustafa KÖYLÜ
Afyon Kocatepe Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü

Maden Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Erkan ÖZKAN

Hava şokları, 1970' li yıllardan günümüze ağır sanayide malzeme yapışma ve akış probleminin yok edilmesi amacıyla kullanılan basınçlı hava tanklarıdır. Bu ekipmanlar, özellikle çimento sektöründe çok yaygın olarak tercih edilmektedir. Çimento fabrikalarının ön-ısıtıcı kulesi ve klinker soğutma ünitelerinde; döner fırınlarda yakıt amaçlı kullanılan yüksek sülfür içeriğine sahip petrokok ve maliyet avantajı sağlayan alternatif yakıt kullanımından dolayı, sıklıkla sarmalar (kesit daralmaları) ve birikintiler gibi malzeme akış problemleri yaşanmaktadır. Yaşanılan bu akış probleminin giderilmesi için *Metal Şiş*, *Pnömatik Şiş*, *Su Jeti (Water Jet)*, *Cardox* ve *Hava Şoku* gibi çeşitli yöntemlere başvurulmaktadır. Bu çalışmada, malzeme akış probleminin çözülmesi amacıyla belirlenen bölgeler için en uygun hava şoku tipinin tespiti, geleneksel karar verme yöntemleri yerine daha gerçekçi ve daha bilimsel kabul edilen Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemiyle gerçekleştirilmiştir. ÇKKV yöntemlerinden ise Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) tekniğine başvurulmuştur. Çalışma sonucunda, Ön-ısıtıcı kulesi; intikal bölgesinde “*Hurricane*” model, gaz kanalında “*Hurricane*” model, siklonlarında “*Typhoon*” model ve klinker soğutma ünitesinde ise “*Multiport*” model hava şoku kullanımı kararına ulaşılmıştır.

2019, ix + 94 sayfa

Anahtar Kelimeler: Hava Şoku, AHS, Ön-Isıtıcı Kulesi, Malzeme Akış Problemi

ABSTRACT
M.Sc. Thesis

**DETERMINING PROPER AIR CANNON MODALS IN USE AT SIVAS CEMENT
PLANT BY USING ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS (AHP) TECHNIQUE**

Mustafa KOYLU

Afyon Kocatepe University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Mining Engineering

Supervisor: Asst. Prof. Erkan OZKAN

Air Cannons are the pressurized air tanks that have been utilizing for the purpose of removing material adhesion and flow issues in heavy industry since the beginning of 1970 year. That equipment is widely preferred so as to be solution particularly in cement industry. The build-up and accumulation troubles arise at pre-heater towers and clinker cooling units due to making use of petroleum coke that includes high sulfur content itself and alternative fuels that delivers lower cost as fuel in rotary kiln. Various sort of methods are being applied to eliminate material flow problem as following; *Metal Rod*, *Pneumatic Rod*, *Water Jet*, *Cardox* and *Air Cannons*. In this study, Multi Attribute Decision Making method, which brings rational and scientific results, was opted for determining the proper air cannon modal to dissolve material flow trouble instead of conventional decision-making methods. Analytic Hierarchy Process (AHP) is the technique that was used for in this context. It has been realized that the outputs obtained out of this technique match up with experts' decisions made by traditional decision-making methods. As a result of this study; "*Hurricane*" modal for kiln inlet, "*Hurricane*" modal for air duct, "*Typhoon*" modal for cyclones and "*Multiport*" modal for clinker cooling unit were ideal air cannon modals according to designated goals.

2019, ix + 94 pages

Keywords: Air Cannon, AHP, Pre-heater Tower, Material Flow Problem

TEŞEKKÜR

Bu araştırmanın konusu, çalışmaların yönlendirilmesi, sonuçların değerlendirilmesi ve yazımı aşamasında yapmış olduğu büyük katkılarından dolayı tez danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Erkan ÖZKAN' a, araştırma ve yazım süresince desteklerini esirgemeyen Martin Engineering Türkiye Genel Müdürü İlker TAN' a, yapmış oldukları uzman görüşü ve değerlendirmesi katkıları sebebiyle değerli Martin Engineering Türkiye Uzman Teknisyenlerine, tesis olanaklarını paylaşmada herhangi bir sakınca görmeyen ve çalışma için yardımlarını esirgemeyen Votorantim Sivas Çimento Teknik Ekibi ve kıymetli çalışanlarına ayrı ayrı teşekkür etmeyi bir borç bilirim.

Bu araştırma boyunca büyük bir özveri ile sergilediği manevi desteklerinden dolayı sevgili eşime teşekkür ederim.

Mustafa KÖYLÜ
AFYONKARAHİSAR, 2019

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

Sayfa

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER DİZİNİ.....	iv
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	viii
RESİMLER DİZİNİ	ix
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR BİLGİLERİ.....	4
2.1 Madencilik Sektöründe AHS Uygulamaları	4
3. HAVA ŞOKU TEKNOLOJİSİ	10
3.1 Hava Şoku.....	10
3.2 Hava Şoku Kullanım Alanları.....	14
3.3 Malzeme Akış Problem Tipleri.....	15
3.4 Hava Şokunun Uygulandığı Materyal Tipleri	15
3.5 Hava Şoku Performansını Etkileyen Faktörler	16
3.6.Hava Şoku Kullanımının Çimento Sektörüne Faydaları	17
4. KARAR VERME SÜRECİ ve ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME	23
4.1 Karar Verme Süreci	23
4.2 Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV)	28
5. ANALİTİK HİYERARŞİ SÜRECİ	32
5.1 AHS Yönteminin Tarihsel Gelişimi	32
5.2 AHS Yönteminin Kolay Uygulanabilirliğinin Sebepleri.....	33
5.3 AHS Uygulamasının Aşamaları.....	33
5.4 AHS Uygulamasındaki Kritik Noktalar.....	34
5.5 AHS Yapısının Oluşturulması	34
5.6 AHS Yöntemi Avantaj ve Sakıncaları	43
5.7 AHS Yöntemi Uygulama Alanları.....	44
6. MATERYAL ve METOT	46
6.1 Sivas Çimento Fabrikası	46

6.2 AHS Uygulamasına Yönelik Hedef Listeler	47
6.3 AHS Uygulamasına Yönelik Hedeflerin Ana Ölçütleri.....	48
6.4 AHS Uygulamasına Yönelik Karar Seçenekleri.....	51
6.5 AHS Uygulamasına Yönelik Hiyerarşik Modeller	57
6.6 Çimento Üretim Prosesi Hava Şoku Uygulama Bölgeleri.....	62
6.7 Metot.....	68
7. BULGULAR	69
7.1 Hedeflere Yönelik Ana Ölçütler ve Karar Seçenekleri Önem Dereceleri Karşılaştırma Matrisleri	69
7.2 Duyarlılık Analizi	76
8. TARTIŞMA ve SONUÇ	81
9. KAYNAKLAR.....	83
ÖZGEÇMİŞ.....	89

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

%	Yüzde
a	Karşılaştırma Değeri
n	İkili Karşılaştırma Matrisindeki Eleman Sayısı
$W_{\bar{o}}$	Özdeğer Vektörü
x	Değişken
λ	Özdeğer
$\lambda_{\max}$	En Büyük Özdeğer

Kısaltmalar

A	Seçenek
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
AHS	Analitik Hiyerarşi Süreci
ANP	Analitik Ağ Prosesi
C	Ana Ölçüt
CCR	Merkezi Kontrol Odası
CI	Uyumluluk İndeksi
CR	Uyumluluk Oranı
ÇAKV	Çok Amaçlı Karar Verme
ÇKKV	Çok Kriterli Karar Verme
ÇNKKV	Çok Nitelikli Karar Verme
ELECTRE	Uyum – Uyumsuzluk Yöntemi
FTA	Hata Ağacı Analizi
G	Hedef
GEO ORT	Geometrik Ortalama
GLİ	Garp Linyitleri İşletmesi
GÖV	Görelî Önem Vektörü
İSG	İş Sağlığı ve Güvenliği
MAUT	Çok Nitelikli Fayda Teorisi
PR	Öncelik
PROMETHEE	Zenginleşen Değerlendirmeler için Tercih Sıralaması Yöntemi
RI	Rassallık İndeksi
RMR	Kaya Kütle İndeksi
TBM	Tünel Delme Makinesi
TKY	Toplam Kalite Yönetimi
TL	Türk Lirası
TOP	Toplam
TOPSIS	İdeal Çözüme Benzerlik Bakımından Sıralama Üstünlüğü
UTADIS	Ayırt Edici Ek Özellikler

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 3.1 Hava şoku tank dolumu ve hava tahliyesi görseli	11
Şekil 3.2 Konveyör şutunda meydana gelen tıkanıklığı önlemek amaçlı hava şoku uygulaması	12
Şekil 3.3 Malzeme akış problem tipleri.....	15
Şekil 3.4 Hava şoku performansını etkileyen faktörler.	16
Şekil 4.1 Karar sürecinde problem çözme aşamaları	24
Şekil 4.2 Karar tekniklerinin sınıflandırılması	29
Şekil 5.1 Basit bir fonksiyonel hiyerarşik yapı	35
Şekil 6.1 İlk hedefe yönelik hiyerarşik model.....	58
Şekil 6.2 İkinci hedefe yönelik hiyerarşik model.....	59
Şekil 6.3 Üçüncü hedefe yönelik hiyerarşik model.....	60
Şekil 6.4 Dördüncü hedefe yönelik hiyerarşik model	61

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 5.1 İkili kıyaslamalarda kullanılan önem dereceleri tablosu.....	37
Çizelge 5.2 Örnek bir karşılaştırma matrisi.....	38
Çizelge 5.3 Örnek bir karşılaştırma matrisi açıklaması.	39
Çizelge 5.4 Rassallık indeksi tablosu	41
Çizelge 7.1 İlk hedef için ölçüt ağırlıklarının belirlendiği ikili karşılaştırma matrisi....	70
Çizelge 7.2 İlk hedefin fiyat ölçütünün seçenekler ile karşılaştırıldığı ikili karşılaştırma matrisi.	70
Çizelge 7.3 İlk hedefin güvenilirlik ölçütünün seçenekler ile karşılaştırıldığı ikili karşılaştırma matrisi.	71
Çizelge 7.4 İlk hedefin hava kalitesi ve basıncı ölçütünün seçenekler ile karşılaştırıldığı ikili karşılaştırma matrisi.	71
Çizelge 7.5 İlk hedefin hava tahliye gücü ölçütünün seçenekler ile karşılaştırıldığı ikili karşılaştırma matrisi.	71
Çizelge 7.6 İlk hedefin bakım gereksinimi ölçütünün seçenekler ile karşılaştırıldığı ikili karşılaştırma matrisi.	72
Çizelge 7.7 İlk hedefin operasyon ve bakım kolaylığı ölçütünün seçenekler ile karşılaştırıldığı ikili karşılaştırma matrisi.....	72
Çizelge 7.8 İlk hedefin patlama döngüsü ölçütünün seçenekler ile karşılaştırıldığı ikili karşılaştırma matrisi.	72
Çizelge 7.9 İlk hedefin teknik bilgi ve deneyim ölçütünün seçenekler ile karşılaştırıldığı ikili karşılaştırma matrisi.	73
Çizelge 7.10 İlk hedefin hava şoku tüp hacmi ölçütünün seçenekler ile karşılaştırıldığı ikili karşılaştırma matrisi.	73
Çizelge 7.11 İlk hedef karara varım matrisi.	75
Çizelge 7.12 İkinci hedef karara varım matrisi.	75
Çizelge 7.13 Üçüncü hedef karara varım matrisi.	75
Çizelge 7.14 Dördüncü hedef karara varım matrisi.	76
Çizelge 7.15 Tüm hedeflere ilişkin duyarlılık analizi.	80

RESİMLER DİZİNİ

Sayfa

Resim 3.1 Çimento fabrikası ön-ısıtıcı kulesi hava şoku uygulaması	10
Resim 3.2 Çimento fabrikası ön-ısıtıcı kulesi intikal bölgesi hava şoku uygulaması....	11
Resim 3.3 Tek hava tankı ile çoklu hava çıkışına sahip hava şoku sistemi	13
Resim 3.4 Nozüllerin şut duvarına gömülü olarak konumlandırılması	13
Resim 3.5 Hava şokunun etki mesafesi	14
Resim 6.1 Sivas çimento fabrikası genel görünümü	46
Resim 6.2 Sivas çimento fabrikası' nın harita üzerinde kuşbakışı görünümü	47
Resim 6.3 Hurricane hava şoku modeli	52
Resim 6.4 Typhoon hava şoku modeli	53
Resim 6.5 XHV Tornado hava şoku modeli	54
Resim 6.6 XHV hava şoku modeli.....	55
Resim 6.7 Multiport hava şoku modeli	56
Resim 6.8 Ön-ısıtıcı kulesi ve klinker soğutma ünitesi yan kesit görünümü.....	62
Resim 6.9 Ön-ısıtıcı kulesi ve klinker soğutma ünitesi ön kesit görünümü	63
Resim 6.10 Ön-ısıtıcı kulesi ve klinker soğutma ünitesi arka kesit görünümü.....	63
Resim 6.11 Örnek bir intikal kamarası teknik kesiti ve hava şoku uygulaması görseli.	64
Resim 6.12 Örnek bir gaz kanalı teknik kesiti ve hava şoku uygulaması görseli	65
Resim 6.13 Örnek bir siklon teknik kesiti ve hava şoku uygulaması görseli	66
Resim 6.14 Örnek bir klinker soğutma ünitesi teknik kesiti ve hava şoku uygulaması görseli.....	67
Resim 7.1 İlk hedefe ait AHS uygulamasının bilgisayar yazılımı ile değerlendirilmesi sonucu elde edilen seçenek.	78
Resim 7.2 İlk hedefe ilişkin duyarlılık analizi.	78
Resim 7.3 İlk hedef için patlama döngüsü ana ölçütü ağırlık yüzdesi değişikliğinde elde edilen yeni seçenek.	79

1. GİRİŞ

Tüm dünyada çimento endüstrisi; enerji giderlerinden tasarruf etmek, çalışanlarını ölümcül kazalardan korumak, ön ısıtıcı kulelerinde en tutarlı, sürekli malzeme akışını sağlayabilmek ve bakım onarım maliyetlerini en aza indirebilmek için her zaman yeni yollar ve çözümlerin arayışı içinde olmuştur. Bunun yanında son 10 yılda her ülkenin çimento ihtiyacında değişiklikler yaşanmıştır. Bazı yıllar inşaat sektörü çok yüksek kapasitelerde çalışmış ve çimento istenilen fiyatlarda satılmıştır. Ancak çimentoya duyulan talep azaldığında çimento üreticileri istenilen satışları gerçekleştirebilmek için fiyat rekabetine başlamıştır. Bu durumda kârlılığı devam ettirebilmek için çimento üretim maliyetinin olabildiğince minimize edilmesi gerekmektedir. Bu maliyetleri düşürmenin yollarından biri, satışların ve kâr marjının yüksek olduğu dönemlerde en son teknolojiye sahip makine ekipmanlara yatırım yaparak çimento talebinin düşük olduğu ve kârlılığın azaldığı dönemlere hazırlık yapmaktır. Söz konusu hazırlıklardan olan hava şokları, bu hususta çok önemli bir rol oynamaktadır. Hava şokları, ön-ısıtıcı kulesi ve klinker soğutma ünitelerinde sürekli malzeme akışı ile çimento fabrikalarında adeta bir “*can simidi*” görevi görmektedir. Çimento üretim sürecinde hammadde içeriği, yakıt içeriği ve malzemenin geçiş yaptığı bölge geometrisi sebebiyle çeşitli tiplerde malzeme birikimleri meydana gelmektedir. Hava şoklarının temel fonksiyonu ise olası bu birikimleri yerinde önleyerek, sistem akış istikrarını sağlamaktır. Hava şoku sistemi kullanımının çimento üretimi prosesine sağladığı başlıca avantajlar aşağıda sıralanmıştır (Swinderman *et al.* 2009);

- *Enerji tasarrufu,*
- *Çalışan iş güvenliği,*
- *Ön-Isıtıcı kulesinde sürekli ve homojen malzeme akışı,*
- *Bakım onarım giderlerinde azalma* olmaktadır.

Bu araştırmanın amacı; entegre çimento fabrikalarındaki ön-ısıtıcı kulesi ve klinker soğutma ünitesinde yaşanan, üretimi aksatıcı ve üretim ile bakım departmanı çalışanlarına iş yükü olan akış problemleri sorunlarını çözmek amacıyla kullanılan hava şoku sistemlerinin, çeşitli bölgeler için en uygun hava şoku modelini çok kriterli karar verme

yöntemlerinden en çok tercih edilen “Analitik Hiyerarşi Süreci – AHS” yöntemi yardımıyla belirlemektir. İhtiyaca yönelik kusursuz uygulanmış bir hava şoku sistemi, üretkenliği artırmasının yanı sıra daha az fırın duruşlarına olanak sağlamaktadır. Çimento üretimi gibi kalsinasyon ve ısıtma işlemlerinin olduğu proseslerde kullanılan yakıt tipine bağlı olarak zaman içerisinde siklon konikleri, borular, duvar çeperleri gibi bölgelerde malzeme birikmesine bağlı kesit daralmaları yaşanmaktadır. Bu tarz problemlerin giderilmemesi, zamanla fırın duruşuna bile sebep olmaktadır. Fırın duruşu ise işletme yönetimi tarafından istenebilecek en kötü senaryodur. Malzeme birikmeleri ve tıkanıklıklar gibi problemler çimento üretim sürecinde aşağıda belirtilen olumsuz etkiler oluşturmaktadır (Swinderman *et al.* 2009);

- *Klinker kalitesinin düşmesi,*
- *Klinker üretim miktarının azalması,*
- *Refrakter ömrünün azalması,*
- *Enerji maliyetlerinin artması,*
- *Personel iş güvenliği riskinin artması, vb. gibi*

Söz konusu tıkanıklar, ilgili üretim personeline çeşitli yöntemler ile giderilmektedir. Tıkanmaları başlıca çözme yöntemleri; *Metal Şiş, Pnömatik Şiş, Su Jeti (Water Jet), Cardox ve Hava Şoku* olmaktadır. Hava Şoku dışındaki yöntemler ilkel olmasının yanı sıra çalışanlar için büyük “İş Sağlığı ve Güvenliği” riskleri taşımaktadır. Bu ilkel yöntemler, fırının ısıtma dengesini bozması ve sisteme hava/su eklenmesinden dolayı yarı mamûlün kalitesini de değiştirir. Ayrıca şişleme, yıkama ve Cardox uygulamaları refrakter izolasyon malzemesine zarar vermektedir. Hava şokları, fırın kapağının açık kaldığı süre ve oluşan akımlar hesaba katıldığında mekanik şişleme dahil her uygulamaya nazaran sisteme (*yaklaşık 14 kat*) daha az hava girişine neden olmaktadır. Ön-ısıtıcı kulesinde gerçekleşmesi gereken verimli yanma tepkimesi için sistem içerisindeki oksijen oranının belirli bir oran aralığında olması şarttır. Malzeme akış problemi için uygulanan ilkel yöntemler ise uygulanış biçimi sebebiyle sistem içerisindeki oksijen değerlerinde ciddi sapmalara neden olmaktadır. Bu sebeple hava şokları, malzeme akış problemleri için günümüz çimento endüstrisinde geçerliliğini kanıtlamış ve bilinen en uygun çözüm şeklidir (Swinderman *et al.* 2009). Bu çalışma kapsamında AHS tekniği ile çimento

endüstrisinin ihtiyacına yönelik en uygun hava şoku uygulaması çözümünü daha akılcı ve bilimsel bir karar verme yöntemi ile belirlenecektir.



2. LİTERATÜR BİLGİLERİ

Çok geniş bir kullanım alanına sahip olan AHS yöntemi, madencilik sektöründe de yaygın bir şekilde tercih edilmektedir. AHS yöntemi, madencilik sektöründe genellikle *makine ekipman seçimi, tesis yeri seçimi ve üretim yöntemi belirleme* gibi kritik karar verme aşamalarında kullanılmaktadır.

2.1 Madencilik Sektöründe AHS Uygulamaları

Başçetin ve Kesimal (1999), İstanbul' un Kemerburgaz bölgesinde işletme faaliyetlerini sürdürecektir bir kömür ocağının hazırlık sürecinde gerçekleştirilecek dekapaj işlemi için en uygun yükleme taşıma sisteminin seçimi için AHS ve YAGER yöntemlerinden yararlanmıştır. Çalışmada belirlenen ana ölçütler; *üretim, örtü kalınlığı, kazı şartı, malzeme boyutu, zemin koşulu, taşıma yolu koşulu, kazı yüksekliği, boşaltma yüksekliği, yedek parça temini, yuvarlanma direnci, esneklik, çalışma dengesi, taşıma mesafesi, ekipman varlığı, hareketlilik, taşıma kapasitesi, ekonomik ömrü, ekipman verimliliği, döngü süresi, kapital maliyeti ve işletme maliyetidir*. Uygulama sonucu seçimi yapılan sistem, kamyon ekskavatör sistemi olmaktadır.

Karadoğan vd. (2001), İstanbul Yeniköy bölgesinde yer alan bir linyit ocağı için en uygun yeraltı üretim yöntemi seçimi için AHS tekniğinden faydalanmışlardır. Oluşturdukları hiyerarşik yapıda belirlenen ölçütler; *kömür damarı geometrik biçimi, kömür damar kalınlığı, kömür damar eğimi, kazı derinliği, cevher sağlamlık derecesi, kömür damarı yan kayaç durumu, tavan taşı sağlamlık derecesi, taban taşının sağlamlık derecesi, tasman etkisi, tahkimat zorunluluğu, yerleşim alanlarına mesafesi, kömür yanma özelliği, metan gazı mevcudiyeti, yeraltı su koşulları, üretim maliyeti, sermaye maliyeti, üretim oranı, işe yararlık ve emek maliyetidir*.

Samanta vd. (2002), çalışmasında açık işletme üretim yöntemiyle faaliyet gösteren kömür ocaklarında kömür cevherinin çıkarılması ve cevherin nakliyesi kullanılacak ekipman seçimini AHS yöntemi ile gerçekleştirmiştir. Uygulamadaki ana ölçütler; *maden ile ilgili çeşitli parametreler, teknik özellikler, üretim performansı, finansal özellikler, tasarım*

parametreleri, idame edilebilirlik, madenin rezerv ömrü, çalışma koşulları ve çevre güvenliğidir. Çalışma sonucunda ekipman seçiminde en etkin parametrelerin teknik özellikler, üretim performansı ve finansal özellikler olduğu tespit edilmiştir.

Kazakidis vd. (2004), yapmış olduğu AHS uygulamasında *parçalanma, dizayn, güvenlik, karıştırma maliyet ve kültür* ana kriterleri ile sondaj teknolojisi yatırım analizi, tahkimat dizaynı, tünel dizaynı, kuyu bölge seçimi ve madencilikte risk plânlaması gibi konuları ele almıştır.

Başçetin (2004), çalışmasında Bursa' nın Orhaneli ilçesinde yer alan açık işletme kömür ocağında uygulanması gereken nakliyat seçimi için AHS' ye başvurmuştur. *Sermaye maliyeti, işletme maliyeti, işletme koşulları ve ekipmanların teknik parametreleri* ana ölçüt olarak belirlenmiştir. Uzman görüşlerince hazırlanan karşılaştırma matrislerinin çözümü sonucu olarak lastik tekerlekli kamyon kırıcı ve bant konveyör alternatifinin en uygun olduğu kanaatine varılmıştır.

Ataei (2005), Azerbaycan' da yer alan alüminyum oksit hammaddesi ve türevleri üretim tesisi için lokasyon seçimini AHS tekniği ile belirlemiştir. Hiyerarşik yapıdaki ölçütler; *ulaşım olanakları, su kaynaklarına olan uzaklık, enerji temini, yakıt temini ve saha büyüklüğüdür. Uygulama çözümü sonrasında elde bulunan 5 seçenektan birisini seçmiştir.*

Yavuz vd. (2008), Kütahya Tunçbilek bölgesinde faaliyet gösteren GLİ (Garp Linyitleri İşletmesi) işletmesinde ana nakliyat yolu için uygulanabilecek en uygun tahkimat türü seçimi için AHS uygulamasına başvurmuştur. Çalışmaya konu farklı tür tahkimat tasarım kriterleri için gerekli olan kaya kütlelerinin jeoteknik ve jeomekanik özellikleri bilgisayar yazılımı ile belirlenmiştir. Modelde belirlenen ana ölçütler; *birinci konumdaki dikey deplasmanlar, ikinci konumdaki dikey deplasmanlar, üçüncü konumdaki yanıl deplasmanlar, üçüncü konumdaki dikey deplasmanlar, güvenlik faktörü, tahkimat maliyeti, işçi gereksinimi ve yöntemin uygulanabilirliğidir. Çalışma sonucunda AHS uygulamasının geleneksel tahkimat seçimi yöntemlerine göre daha az parametre*

gerektirmesinden dolayı karar verme sürecinde büyük kolaylıklar sağladığına ulaşılmıştır.

Yavuz (2008), bir mermer işletme tesisi lokasyonu seçimi için AHS ve YAGER yöntemlerine müracaat etmiştir. Çalışmasında belirlemiş olduğu ana ölçütler; *ekonomi, üretim, pazarlama ve çevresel faktörlerdir*. Tüm değerlendirmeler sonucu Afyon şehrinin lokasyon olarak en uygun bölge olduğu tespit edilmiştir.

Alpay ve Yavuz (2009), yapmış oldukları akademik çalışmada farklı geometri ve yapıdaki bir cevher yatağı için gerekli en uygun üretim yöntemini seçimi AHS ve YAGER metotlarının sentezlenmesi sonucu geliştirilen bir bilgisayar yazılımı aracılığıyla belirlemişlerdir. Oluşturmuş oldukları hiyerarşik yapıda 6 ana kriter ve buna bağlı 36 alt kriter mevcuttur. Ana ölçütler; *damar karakteristik özelliği, jeolojik ve hidrojeolojik koşullar, jeoteknik özellikler, ekonomik faktörler, teknolojik faktörler ve çevresel problemlerdir*.

Mohsen vd. (2009), İran’ da bulunan bir yeraltı boksit maden ocağı için uygulanması gereken en uygun üretim yöntemi için AHS’ den faydalanmıştır. Bu amaç için oluşturduğu hiyerarşik yapıda belirlediği ana ölçütler; *damar kalınlığı, tavan kayaç RMR değeri, damar derinliği, cevher yatağı geometrik biçimi, cevher RMR değeri, cevher tenörü, cevher tekdüzeliği, geri kazanım oranı, üretim miktarı, taban kayaç RMR değeri, teknoloji kullanımı ve hisse satışlarıdır*. Bu ölçütler içerisinde damar kalınlığı kriterinin en önemli ölçüt olduğu ve klasik “Kes Doldur” üretim yönteminin en uygun yöntem olduğu sonucuna varılmıştır.

Azadeh vd. (2010), İran’ da yer alan Choghart yeraltı demir madeni üretim yöntemini AHS metoduyla çözümlenmiştir. Bu amaç için belirlenen ana ölçütler; *maliyetler, ilk yatırımların getiri seviyesi ve gelirdir*. İşletme maliyetlerinin en çok ağırlığı olan ölçüt olduğu tespit edilmiştir.

De-shun ve Kai-li (2011), yapmış oldukları bir AHS uygulamasında linyit kömür ocakları için bir risk sınırlama sistemi önermişlerdir. Uzmanlara göre tespit edilen ana ölçütler;

jeolojik koşullar, teknik ekipman donanımı, yönetim kalitesi, güvenlik anlayışı ve çevre güvenliğidir. Bu ölçütler içerisindeki en etkin kriterlerin jeolojik koşullar, teknik ekipman donanımı ve ortam güvenliği olduğu belirlenmiştir.

Gupta ve Kumar (2012) İsveç, Amerika ve Hindistan’ daki 5 farklı maden ocağı için uygulanacak en uygun üretim yöntemi tespiti için AHS tekniğini tercih etmişlerdir. Bu hedef doğrultusunda belirledikleri ana ölçütler; *damar eğimi, kayaç dayanımı, yan kayaç dayanımı, damar derinliği, damarın biçimi, yüzeysel problemler, cevher tekdüzeliği, cevher kalınlığı, sermaye yatırımı, sağlık ile ilgili telaşlar, hisse satışı, iş gücü ve pazar payıdır.*

Bogdanovic vd. (2012), AHS ve PROMETHEE yöntemleri yardımıyla bir yeraltı madeninin üretim yöntemini tespit etmişlerdir. Uygulamadaki ana ölçütler; *cevher kalınlığı, cevher derinliği, cevher yan kayaç mukavemeti, süreksizlikler, cevher yatak geometrisi, dekapaj oranı, cevher kazılabilirliği, cevher yan kayaç ilişkisi, kazı maliyetleri, İSG ve arazi yüzeyinin korunmasıdır.* Değerlendirmeler sonrasında en uygun yöntemin “Kes Doldur” olduğu açığa çıkmıştır.

Badri vd. (2013), Kanada’ nın Quebec eyaletinde faaliyet gösteren bir yeraltı altın madeni projesi için 3 senelik risk yönetimi için AHS tekniğine başvurmuştur. Hiyerarşide yer alan ölçütler; *operasyonda istenmeyen olaylar, projedeki olumsuz etkiler, tehlikeler, finansal etkenler, iş güvenliği faaliyetleri ve toplumsal etkenlerdir.* Bu ölçütler arasında tehlikeler ve buna bağlı teknik problem alt kriterinin risk yönetim sürecini direkt olarak etkileyebilecek en önemli öğeler olduğu sonucuna varılmıştır.

Ersoy (2013), Afyonkarahisar İscehisar bölgesinde konumlu 10 farklı mermer ocağından elde ettiği bilgiler ile ocak kazalarını irdelemiştir. Bu işlemi de AHS yöntemi ile gerçekleştirmiştir. Uygulamadaki ana ölçütler; *elmas tel kopması, kayma ve düşme, basamak kayması, blok yükleme işlemleri, basamaktan düşme, patlatma işlemleri, elektrik çarpmaları, ekipman bakım işlemi, ocaktaki araç kazaları, gürültü, toz ve yetersiz havalandırma gibi kaza nedenleri* olmaktadır. Hesaplamaların ardından elde edilen en

önemli kaza nedeninin tel kopması olduğu belirlenmiş ve her ocağa özel kritik kaza nedenleri vurgulanmıştır.

Kurşunoğlu ve Önder (2014), yeraltı hazırlık galeri işlemleri devam eden Muğla ilinde bulunan bir kömür ocağı için AHS yöntemi yardımıyla ocakta kullanılacak vantilatörler için en uygun fan seçimini tamamlamıştır. Uygulamadaki ana ölçütler; *vantilatörlerin teknik özellikleri, işletim özellikleri, çevresel etkiler ve üretici firma satış sonrası desteğidir.*

Yavuz (2015), yapmış olduğu AHS uygulamasında İstanbul Çiftalan bölgesinde faaliyet gösteren linyit kömür ocağında uygulanacak yeraltı üretim yöntemi tespit etmiştir. Yavuz (2015), bu çalışmada ayrıca YAGER yönteminden de faydalanmıştır. Uygulamadaki ana ölçütler; *damarın geometrik özellikleri, taban ve tavan yolu koşulları, tahkimat özellikleri, kömür damarı özellikleri ve maliyet kriterleridir.* Çalışma sonucunda tespit edilen en önemli ölçüt; damarın geometrik özelliği olmaktadır. En uygun üretim yöntemi ise “*Dolgulu Oda Topuk*” olmaktadır.

Hyun vd. (2015), yapmış oldukları akademik çalışmada *Fault Tree Analysis* (FTA) ve AHS yöntemlerini birleştirerek farklı uzmanlardan elde edilen görüşler ile TBM (*Tunnel Boring Machine*) tünelciliğinde yeni bir risk yöntemi geliştirmişlerdir. Çalışmadaki ana ölçütler; *jeolojik faktörler, dizayn faktörleri ve yönetim süreci faktörleridir.* En kritik risk öğeleri; *tünel civarındaki kayaçların düşük dayanımı, faylanma ve eklem kusurlarıdır.*

Kurşunoğlu ve Önder (2015), Zonguldak’ ta faaliyet gösteren bir yeraltı maden ocağında kullanılması gereken en uygun vantilatör fanı seçimi için AHS tekniğine başvurmuşlardır. Bu uygulamada ana ölçütler; *teknik faktörler, işletme faktörleri, çevresel faktörler ve ekonomik faktörlerdir.* Uygulama sonucunda fan seçiminde teknik faktörlerin diğer faktörlere göre daha önemli olduğu tespit edilmiştir.

Baylan (2015), yaptığı çalışmasında mermer sektöründe karşılaşılan en önemli sorunları “Değer Zinciri Analizi” yöntemi ile belirlemiş ve bu sorunları AHS tekniği ile sınıflandırmıştır. Açığa çıkan hiyerarşik yapıdaki ana ölçütler; *risk, finans, ürün tedarik*

süresi, ürün kalitesi ve maliyettir. Çalışma sonucunda ortaya çıkan gerçek işçilik ve enerji maliyetlerinin en önemli sorunlar olduğudur.

Shen vd. (2015), sürdürülebilir kalkınma ışığında madencilik firmalarının yeşil tedarik zinciri yönetimi sürecine dahil olmaları için önemli olan öğeleri belirlemek amacıyla AHS tekniğine başvurmuştur. Bu çalışmada belirlenen ana ölçütler; *üst yönetimin hassasiyeti, mevcut durum analizi, doğru uygulama yaklaşımları ve sürekli gelişimdir.* Bu ölçütler içerisinde en önemli öğenin üst yönetimin hassasiyeti olduğuna ulaşılmıştır.

Literatür çalışmaları incelediğinde AHS uygulaması, Madencilik Sektöründe genellikle *tesis lokasyon seçimi, üretim yöntemi belirleme, üretime yardımcı diğer sistemlerin yöntemini belirleme ve amaca en uygun makine-ekipman seçiminde tercih edildiği* gözlemlenmektedir.

Bu çalışmada ise çimento üretim sürecinde ön-ısıtıcı kulesi ve klinker soğutma ünitelerinde sıklıkla karşılaşılan malzeme akış probleminin en etkili şekilde sonlandırılabilmesi için kısıtlı kaynaklar ile amaca en uygun hava şoku modelinin belirlenmesi işleminde AHS yönteminden faydalanılacaktır. Literatürde bu konu ile ilgili henüz geçmiş zamanda yapılmış herhangi bir akademik çalışma bulunmayıp, çalışma sonucunda entegre çimento fabrikaları ön-ısıtıcı kulesi ve klinker soğutma ünitelerinde meydana gelen ciddi boyuttaki akış problemlerinin hava şoku tekniği ile bertaraf edilmesi amaçlandığında; referans alınması gereken kritik ana ölçütler ve bu ana ölçütlerin uzmanlar tarafından değerlendirilerek daha bilimsel bir yöntem ile amaca en uygun hava şoku modeli belirlenmiş olacaktır.

Entegre çimento fabrikaları, kullanmış oldukları teknoloji, hammadde ve üretim kapasiteleri sebebi ile birbirinden farklılıklar göstermekle beraber yapılan bu çalışmada belirlenen bölgeler ve kritik ana ölçütler, gelecek benzer çalışmalara faydalı bir rehber niteliği taşıyacaktır.

3. HAVA ŞOKU TEKNOLOJİSİ

Hava şoku teknolojisi, dökme malzeme yönetiminde meydana gelen malzeme akış problemlerinin çözümü için geçerliliğini kanıtlamış, ağır sanayi tarafından kabul gören, başta akış yardımcısı olmak üzere çeşitli amaçlara yönelik uygulanan güvenilir bir yöntemdir.

3.1 Hava Şoku

Ağır sanayide “*Patlaç*” olarak da adlandırılan hava şokları; dökülüş şutlarında (malzemenin bölgeler arasındaki transfer alanı), bunkerlerde (çeşitli ebatlardaki depolama hazneleri), silolarlarda (çeşitli ebatlardaki depolama hazneleri) meydana gelen malzeme yığılmasını dağıtacak bir hava patlaması oluşturmak için yer aldığı tesisin basınçlı havasını kullanan ekipmanlardır.

Diğer bir ifadeyle; hava şokları, hızlı tepkiye sahip tahliye valflerine sahip basit olarak depolanmış basınçlı hava hazneleridir. Resim 3.1’ de çimento fabrikası ön-ısıtıcı kulesinde uygulanan bir hava şoku uygulaması gösterilmektedir. Resim 3.2’ de ise çimento fabrikası ön-ısıtıcı kulesinin döner fırın ile bağlantısını sağlayan intikal kamarası bölgesinde uygulanan bir hava şoku gösterilmektedir.



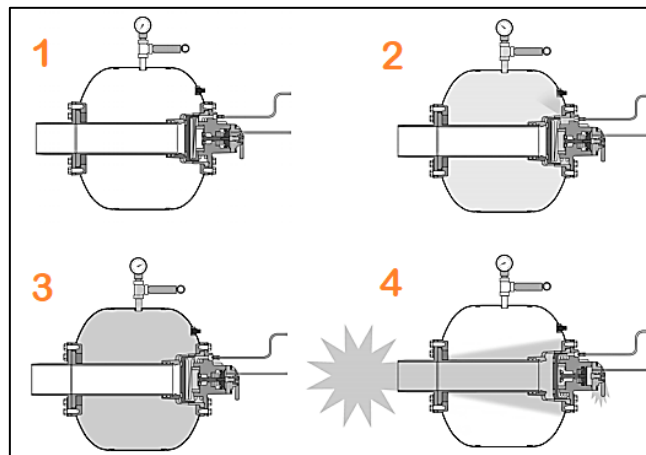
Resim 3.1 Çimento fabrikası ön-ısıtıcı kulesi hava şoku uygulaması (İnt.Kyn. 3).



Resim 3.2 Çimento fabrikası ön-ısıtıcı kulesi intikal bölgesi hava şoku uygulaması (İnt.Kyn. 3).

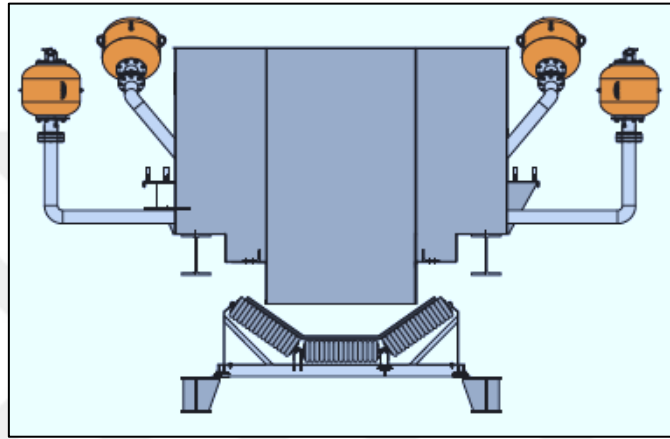
Hava şoku patlaması, basit bir şekilde Şekil 3.1’ de gösterilmiştir. İşlem basamakları aşağıda yer almaktadır;

1. Basınçlı havanın tank içerisine dolumu,
2. Tank içerisindeki basınçlı hava ile besleme yapılan hava basıncının eşitlenmesi (Tankın hava ile dolması),
3. Diğer bir basınçlı hava hattı ile valf mekanizmasının tetiklenmesi,
4. Tetikleme sonrası valf mekanizmasında bulunan pistonun hareket etmesi ile tank içerisindeki basınçlı havanın oluşan boşluktan tank dışına hızlı bir şekilde tahliye edilmesi.



Şekil 3.1 Hava şoku tank dolumu ve hava tahliyesi görseli (İnt.Kyn. 3).

Valfler harekete geçirildiğinde, basınçlı hava çok hızlı bir şekilde tahliye olarak geniş bir etki alanı yaratır. Doğru olarak yerleştirildiğinde ve uygun bir şekilde kontrol edildiğinde, bu hava şoku dalgası malzeme birikmesini yerinde dağıtacak veya bir daha meydana gelmesini önleyecektir. Kısacası koruyucu ve önleyici sistemler olmaktadır. Şekil 3.2’ de yer alan görsel, bir bant konveyörün diğer bir bant konveyöre yaptığı döküş bölgesinde (konveyör şutu) yaşanan akış probleminin giderilmesi için uygulanan başarılı bir hava şoku uygulamasını göstermektedir (İnt.Kyn. 3).



Şekil 3.2 Konveyör şutunda meydana gelen tıkanıklığı önlemek amaçlı hava şoku uygulaması (İnt.Kyn. 3).

Farklı tiplerdeki nozül (*üfleme ağızları*) ve borular; şut, silo veya bunker duvarına takılır ve hava şokları her bir nozüle montajlanmaktadır. Nozüller, patlamayı çıkışa veya akışın yönüne doğru yönlendirecek şekilde yerleştirilmelidir. Bazı sistemler, her bir nozül için bağımsız hava tankları kullanır; diğer sistemler ise birkaç nozül için tek bir hava tankı kullanır (İnt.Kyn. 3).

Hava şoku teknolojileri “tekli valf” ve “çoklu valf” olmak üzere iki ana gruba ayrılmaktadır. Tekli valf grubunda; her hava şoku, kendisine ait tank ve valf sistemini içermekle beraber çoklu valf grubunda; hava şokları, ortak bir tanka sahip olup birden fazla valfe sahiptir. Resim 3.3’ de örnek bir çoklu valf mekanizmasına sahip hava şoku gösterilmektedir (İnt.Kyn. 3).



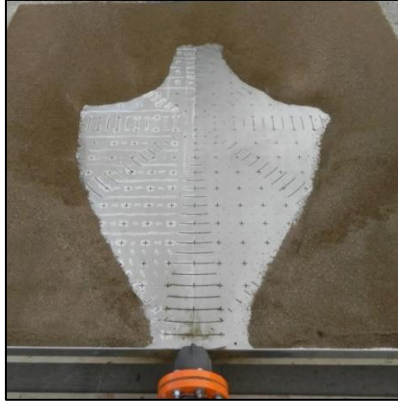
Resim 3.3 Tek hava tankı ile çoklu hava çıkışına sahip hava şoku sistemi (İnt.Kyn. 3).

Nozüller duvara gömülür, bu sayede birikmiş malzeme tabakasının altından hava tahliyesi yapılabilir. Birikmeye neden olabilecek ek kenar ve köşeler oluşturmaktan sakınmak için, nozülleri monte ederken dikkat edilmelidir. Dökme malzemenin hareketi nozülleri aşındırabilir ve daha büyük boyutlu parçalar nozülleri deforme veya tahrip edebilir. Bahse konu uygulama, Resim 3.4’ de görsel olarak belirtilmiştir (İnt.Kyn. 3).



Resim 3.4 Nozüllerin şut duvarına gömülü olarak konumlandırılması (İnt.Kyn. 3).

Monte edilen hava şoklarının sayısı, bölgenin büyüklüğüne ve şekline ve birikmenin doğasına bağlıdır. Normalde, bir hava şoku *1,5 ile 2 metrekare (15-20 ft²)* bölge duvarını dökme malzemeden uzak tutabilir. 50 litrelik (*1,75 ft³*) hava tankına sahip hava şokları, uygulamaların çoğunda başarılı sonuçlar vermektedir. Hava şoku etki mesafesi, Resim 3.5’ de görsel olarak belirtilmiştir (İnt.Kyn. 3).



Resim 3.5 Hava şokunun etki mesafesi (İnt.Kyn. 3).

Hava şokları, istenilen miktarda etki ve kuvveti sağlayabilmek için çeşitli hava tankı ve tahliye çapı büyüklüklerinde mevcuttur. Hava şokunun ateşleme sırası; bölge, malzeme ve hava şartları da dahil tesisatın özel koşulları için ayarlanmalıdır. İstenilen sonuçlar elde edildikten sonra hava şokları ateşleme çevriminin tesis personelinin müdahalesine gerek kalmadan malzeme akışını koruması için bir zamanlayıcı veya diğer bir otomatik kontrol cihazına bağlanabilir (İnt.Kyn. 3).

3.2 Hava Şoku Kullanım Alanları

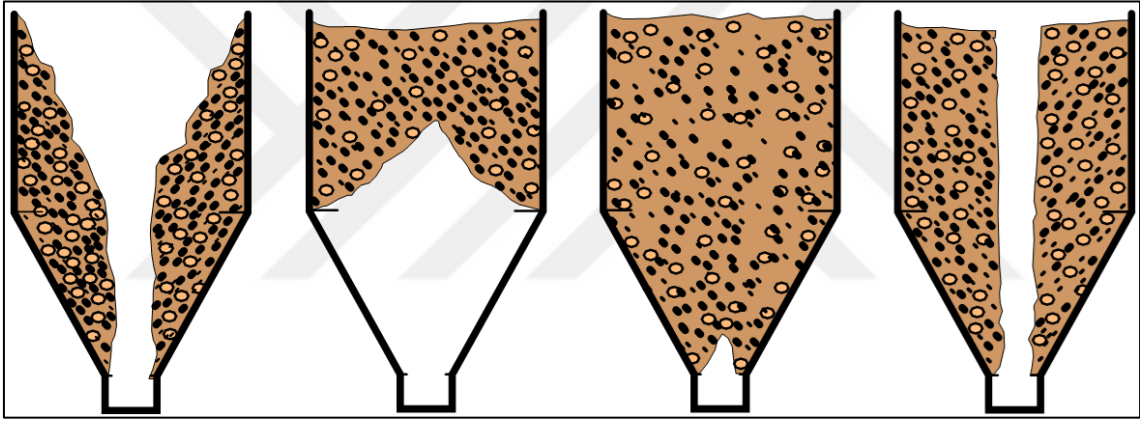
Hava şokunun çok geniş bir kullanım bölgesi bulunmakla beraber başlıca aşağıdaki bölgelerde kullanılmaktadır;

- Çimento Fabrikası Ön-Isıtıcı Kulesi
- Çimento Fabrikası Ön-Isıtıcı Kulesi Siklonları
- Çimento Fabrikası Klinker Soğutma Ünitesi
- Çimento Fabrikası Tersiyer Gaz Kanalı
- Çimento Fabrikası Mal Besleme Borusu
- Hopper (*Kare kesitli silo*), Bin (*Dairesel kesitli silo*) ve Bunker (*Kare/Dikdörtgen silo*)
- Kırıcı Döküş Şutları
- Konveyör Döküş Şutları

3.3 Malzeme Akış Problem Tipleri

Dökme malzemenin karakteristik özelliklerine ve ortam koşullarına bağlı olarak malzeme akış problemi çeşitli formlarda meydana gelmektedir. En çok meydana gelen akış problemi tipleri aşağıda listelenmiş, sırasıyla Şekil 3.3’ de görsel olarak belirtilmiştir (İnt.Kyn. 3);

1. Sarıntı Tipi
2. Kemer Tipi
3. Köprüleme Tipi
4. Fare Deliği Tipi



Şekil 3.3 Malzeme akış problem tipleri (İnt.Kyn. 3).

3.4 Hava Şokunun Uygulandığı Materyal Tipleri

Hava şoku sistemlerinin dökme malzeme sınıfına girebilen her tür materyal için uygulanabilirliği vardır. Endüstride en sık uygulaması yapılan malzeme türleri aşağıda yer almaktadır;

- Kömür ve linyit,
- Kireçtaşı ve jips,
- Çimento ve klinker,
- Kristalize şeker ve un,

- Bakır ve altın madeni,
- Odun talaşı ve tuz keki,
- Sil, şist ve çeşitli küller,
- Her çeşit agrega,
- Cüruf,
- Testere tozu,
- Kâğıt ürünleri,
- Parçalanmış plastik ürünler.

3.5 Hava Şoku Performansını Etkileyen Faktörler

Hava şokunun başarılı olabilmesi için çeşitli kriterlerin sağlanması gerekmektedir. Bu kriterlerin tümünün elde edilebilmesi durumunda tatmin edici bir sonuç elde edilir. Söz konusu ölçütler aşağıda listelenmiş, Şekil 3.4’ de görsel olarak belirtilmiştir;



Şekil 3.4 Hava şoku performansını etkileyen faktörler (İnt.Kyn. 3).

3.6. Hava Şoku Kullanımının Çimento Sektörüne Faydaları

Çimento sektöründe hava şoku kullanımının başlıca sağladığı faydalar şunlardır (Swinderman *et al.* 2009);

- *Enerji tasarrufları,*
- *İş emniyetinin artması,*
- *Üretim kapasitesi artışı,*
- *Bakım-Onarım giderlerinin azalması.*

Çimento sektöründe döner fırınlarda yakıt amacıyla sıklıkla petrokok tercih edilmektedir. Ülkemizde kullanım sektörünün sınırlı sayıda olduğu petrokokun, çimento sektöründe kullanımı ise serbesttir. Petrokok kullanımının kısıtlı olmasının sebebi; kükürt oranı yüksek bir katı atık olmasından dolayıdır. Kükürt oranının yüksek olması çevre temizliği ile ilgili regülasyon ve kanunlara göre istenmeyen bir durumdur. Bunun yanı sıra petrokok kullanımının işletmelere sağladığı bazı avantajlı durumlar da vardır. Petrokok; bıraktığı kül miktarı düşük ve ısı değeri yüksek olan ve bazı durumlarda doğalgaz ile benzer oranlarda yakıt verimliliği sağlayan, petrol rafinasyonu sonucu elde edilen koyu gri veya siyah renkli katı bir yakıt türüdür. Esas bileşeni karbon' dur, yapısında kükürt, oksijen, azot ve hidrojen de bulunur. Isıl değerli ortalama 32,5 mj/kg' dir. Kuru formda %85,5 karbon, %12,9 uçucu madde ve %1,6 kül içermektedir. Bu sebeple petrokok, doğalgaza ikame olabilecek fiyat avantajı sağlayan bir yakıt türü niteliğinde olmaktadır. Ancak, çevre kanunları gereğince %100 oranda yakıt olarak kullanımı belirli izinlere bağlıdır. Bu yüzden genellikle linyit ile belirli oranlarda karıştırılarak yakılmaktadır (İnt.Kyn. 9).

Çimento endüstrisinde enerji girdi maliyetlerini azaltabilmek için ayrıca katı atık, evsel atık, atıl durumdaki kauçuk, lastikler ve RDF/ATY (*Refuse Derived Fuel/Atıktan Türetilmiş Yakıt*) gibi malzemeler döner fırınlarda yakıt amacıyla kullanılmaktadır. Bu uygulama, ayrıca belediyelerdeki atık problemlerinin bertaraf edilmesi hususunda oldukça faydalı olmaktadır (İnt.Kyn. 9).

Her iki yakıt türünün çimento endüstrisinde kullanımı, firmalara enerji giderlerinde önemli avantajlar sağlamaktadır ancak yakıt içeriklerine bağlı olarak fabrikaların belirli bölgelerinde malzeme birikimleri, yapışmaları ve akış problemleri meydana gelmektedir. Hava şoku sistemleri ile bu problemlerin önüne kolaylıkla geçilebilmektedir.

3.6.1 Petrokok ve Alternatif Yakıt Kullanımı

Petrol koku veya en çok kullanılan adıyla *petrokok*; yüksek ısı değeri, düşük kül ve uçuculuk oranı, yüksek sülfür içeriği ile çimento endüstrisinde klinker üretimi için en çok tercih edilen yakıt tiplerinden biridir. Petrokok, petrol endüstrisinde ham petrol rafinasyonu prosesindeki atık üründür. Petrokok, tipine bağlı olmakla beraber ortalama *8150 kcal/kg* ısı kalorifik değere sahiptir ve her bir kg klinker için sarfiyat *750 kcal*’dır (*Bu değer, yeni teknoloji 4 kademeli ön ısıtıcılar için geçerlidir*). Petrokok kullanımından dolayı ortaya çıkan yakıt davranışlarına uyum sağlamak için çimento endüstrisi ön ısıtıcı ve klinker soğutmanın dizaynında değişiklik yapacağı gibi fırın içindeki bilinen kimyasal proses parametrelerinde de değişikliğe gitmelidir. Termodinamik prosesteki yeni yakıtın davranışına bağlı olarak, petrokokun yanma süreci işletme üretim departmanı tarafından dikkatle yakından takip edilmeli ve gözlemlenmelidir. İşletme üretim departmanı çalışanları; sülfürün buharlaşmasını önlemek için *uygun yanma zonu sıcaklıklarını sağlamalı, gerekli ve uygun alev sahip olmak için uygun alev momentumunu kullanmalı, atmosfere kaçışları engellemek için yeterli ve uygun giriş oksijenini temin etmeli, fırın intikal, yanma odası ve siklonlarda malzeme sarmaları – birikmelerini önlemek için uygun evaporasyon faktörünü sağlamalıdır*lar (Swinderman et al. 2009).

3.6.2 Petrokok ve Alternatif Yakıt Kullanımı Kaynaklı Malzeme Birikimleri ve Tıkanmalar

Çimento endüstrisi enerji maliyetlerini azaltmak için farklı tipte yakıtlar kullanmaktadırlar ve bu yakıtlar arasında en çok kullanılanı petrokok olmaktadır. Ancak bu tip yakıtların kullanımı *ön ısıtıcı kulesinde, fırın intikalde ve soğutucu bölgesinde tıkanmalara, malzeme birikmelerine, sarmalara ve malzeme akışında kesintiye* sebep olurlar. Bu problemler, çimento üretim departmanının sürekli problemi haline gelmiştir. Birikme problemi, malzemenin tabakalar halinde duvar iç yüzeyine yapışarak birikmesi

şeklinde meydana gelir. Bu problem özellikle sıcaklığın daha düşük olduğu köşe bölgelerde daha fazla görülür. Bu malzeme birikmeleri üretim kapasitesini düşürdüğü gibi akışkan malzeme ile ısıyı karşılıklı değiş tokuş etmek yerine kendi üzerinde absorbe ettiğinden enerji maliyetlerini arttırmırlar. Tıkanıklar ise daha çok ön ısıtıcının daralan bölgelerinde, özellikle siklonların üst kısımlarından büyük boyutlu malzemenin aşağıya düşmesiyle *siklon çıkışlarında, mal akış borularında veya klinker soğutmada* görülür. Birikmeler, sarmalar ve tıkanıklıklar sıcaklık değişimiyle beraber yüksek sülfür oranına sahip yakıt kullanımı gibi belli başlı parametrelerin kombinasyonu ile meydana gelirler. *Sülfür (S), klor (Cl), sodyum (Na), ve potasyum (K)* gibi yapışkan malzemeler sıcaklık değişimi ile birlikte (*Ön-ısıtıcı kulesindeki soğuk köşe noktalar*) ve malzeme akış hızındaki değişiklik ile birikmeler veya tıkanıklıklar oluşturarak beklenmeyen ani duruşlara sebep olabilirler. Fırın içerisindeki termal proses, sürekli sıcaklık değişiklikleri, hammadde kimyasal içeriğinin, basıncın ve yakıt tipinin (*alkalilerin, oksijenin, sülfürlerin, karbon monoksit, vb. oranlarının değişimine bağlı olarak*) değişikliğinden dolayı kararlı ve sabit bir yapıya sahip değildir. Eğer ön ısıtıcı bölgelerinin şekilleri ve ölçüleri değişirse (*yanma odası, intikal, siklonlar, akış boruları, vb.*) hammaddenin de akış hızı buna bağlı olarak değişir. Bu değişikliklerin birkaçı veya kombinasyonunun oluşması malzeme birikmelerine yol açan sebeplerden biri olabilir (Swinderman *et al.* 2009).

Malzeme *birikmeleri – sarmaları ve tıkanıklıklar* gibi problemler, çimento üretim prosesinde yıllardır yaşanmaktadır ve aşağıda sıralanmış gizli maliyetlere sebep olan çeşitli olumsuz etkiler oluşturmaktadır (Swinderman *et al.* 2009):

- *Klinker kalitesinin düşmesi,*
- *Klinker üretim miktarının azalması,*
- *Refrakter ömrünün azalması,*
- *Enerji maliyetlerinin artması,*
- *Personel iş emniyeti riskinin artması.*

3.6.3 Malzeme Birikmesi Problemleri ile Mücadele Etmek

Çimento fabrikalarında 2-4 kişilik ekiplerden oluşan temizlik personelleri günde 2–3 defa ön ısıtıcı iç duvarlarında yapışan malzemenin temizlenmesi için çalışırlar ve bu rutin, normal bir iş şeklinde yapılır. Bu ekipler çoğu zaman birikmiş sert malzemeyi kırmak için şiş olarak tabir edilen metal parçalar ve/veya basınçlı su kullanırlar. Ancak bu işlemler operasyonda bazı problemlere yol açarlar. İçerisinin temizlenmesi için ekipler gözetleme kapılarını uzun süre açık tutmak zorundadırlar ve bu durum ön ısıtıcı içine uzun süre hava girmesini sağlar. Böylece termal sistem içerisinde bir dengesizlik oluşur. Ayrıca temizlik için kullanılan basınçlı su veya şişler refrakter malzemeye zarar vererek ömrünü kısaltır.

3.6.4 Malzeme Birikmelerini ve Tıkanıklıkları Önlemek İçin Hava Şoku Kullanmak

Hava şoklarının uygun ve doğru bir uygulama ile kurulup kullanılması, prosesteki malzeme birikmeleri ve tıkanmalara karşı otomatik bir önleyici sistem sağlar. Hava şokları mevcut sistem ile bir uyum içerisinde çalışmalı ve yapmakla yükümlü olduğu önleyici işlerini güvenilir bir şekilde gerçekleştirmelidirler. Bunun gerçekleşmesi için *yakıt davranışını, karakteristiğini, sülfür miktarını, alkali kondisyonunu, oksijen girişini, ön ısıtıcı mevcut üretim kapasitesini – dizayn edilmiş kapasitesini, çalışma şartlarını, gelecekteki ön ısıtıcı – fırın modifikasyonlarını, vb. parametreleri* tamamıyla anlamalı ve iyi analiz edilmelidir (Swinderman et al. 2009).

Hava şoku sistemlerinin maliyet tasarrufu sağladığı başlıca 4 öge vardır:

- *Klinker Kalitesi*

Klinker kalitesinin sağlanması hammaddenin nihai ürüne dönüşmesi için farklı departmanların görev alması ile gerçekleşen kritik bir iştir. Kalorifik prosesteki termal bir dengesizlik, kalite seviyesini arttırabilir veya azaltabilir. Bunun sebebi; *basınçtaki değişiklikler, akış hızı, sıcaklık, malzeme birikmesi ve tıkanma kaynaklı etkileşme süresi, mevcut alanı azaltan malzeme birikmeleri, tıkanma ve beklenmeyen duruşlardır.* Hava şokları, ön ısıtıcı kulesi içerisindeki bölgeleri temiz tutarak ve akış kısıtlamasını engelleyerek otomatik olarak önleyici bir

termal denge sağlar. Gaz ve sıcak hava akımı ters yönde proses içerisinde kendi özelliklerini koruyarak ve paylaşarak uygun şekilde hareket eder. Katılaşmış malzeme birikmelerinin hava şokları ile önlenmesi daha kaliteli hammadde sağlar. Bunun sebebi, aşırı sıcak haldeki birikmiş malzemenin katılaşmasına izin vermeden hava şoku patlaması vasıtası ile prosese kazandırılması ve bu aşırı sıcak haldeki birikmiş malzemenin kimyasal karakteristiğini kolayca kaybederek klinkerleşme reaksiyonunun oluşmasına daha uygun hale gelmesidir. Ayrıca siklonların efektif ve düzenli olarak temizlenmesi basınç düşmelerini azaltarak sistem verimliliğini artırır (Swinderman *et al.* 2009).

- *Klinker Miktarı*

Tüm ön ısıtıcı kulesinde komple bir hava şoku sisteminin kullanılması; *içeride termal bir denge ortamı sağlar, malzeme birikmelerini azaltır, tıkanmaları önler, beklenmeyen duruşların önüne geçer ve aynı zamanda daha fazla klinker kapasitesine sahip olunmasını sağlar.* Hava şokları bir sistemin dizayn edilmiş üretim kapasitesini arttırmaz, ancak ön ısıtıcının normal üretim takviminde çalışmasını sağlayarak, herhangi bir tıkanma veya beklenmeyen bir duruş durumunda kaybedilecek tonlarca malzemenin kazanımını sağlar. Örnek olarak malzeme birikmelerinin, tıkanmaların ve beklenmeyen duruşların azaltılması ile üretimin %1 oranında artışını ele alalım. Bu %1' lik artış 1,000,000 ton kapasiteli bir işletmede 10,000 ton üretime eşittir. İşletmenin her ton çimento için kârını 50 Türk Lirası kabul edersek, kapasitedeki 10,000 tonluk bir artış yılda 500,000 Türk Lirası ekstra kâr demektir (Swinderman *et al.* 2009).

- *Refrakter Ömrü*

Ön ısıtıcılarda genellikle klasik *refrakter tuğla* ya da nadiren *agrega içeren beton refrakteri* kullanılır. Refrakterin amacı; enerjiyi ön ısıtıcı içerisinde izole edilmiş şekilde muhafaza etmektir. Refrakterin ömrünü etkileyen parametrelerden biri termal yalıtımıdır. Bu ömür, ön ısıtıcıda farklı sıcaklık ve kimyasal reaksiyonların meydana geldiği bölgelere ve uygulama tipine göre değişkenlik göstermektedir. Refrakteri temizlemek için basınçlı hava/su jeti kullanmak, termal şoktan dolayı çabuk aşınmaya refrakter ömrünün kısılmasına sebep olmaktadır. Hava şoku

nozüllerinin montajı kritik derecede önemli olup, nozülünden çıkacak hava akımının her zaman aynı açı ve doğrultuda olmasını sağlayacak şekilde refrakter beton içinde korunmuş biçimde konumlandırılmalıdır. Nozülleri duvardan 25 mm uzakta konumlandırmak ise ekstra bir koruma sağlayacaktır. Hava şokları, havanın ön ısıtıcı içinde izole olarak kalmasını sağlayarak ve malzeme birikmelerini engelleyerek enerji tasarrufu sağlarlar. Refrakterin 12 ay boyunca çalışmasını sağlamak ilave maliyet tasarrufu getirecektir (Swinderman *et al.* 2009).

- *İş Emniyeti*

Ön ısıtıcı kulesinde hava şoku kullanımının bir diğer faydası da iş emniyetinin artırılmasıdır. Çimento endüstrisi çalışma alanlarındaki iş kazalarını minimum seviyede tutmakta çok başarılıdır. Bununla beraber, 1990' lı yılların ortalarından itibaren alternatif yakıt kullanılmaya başlamasıyla ön ısıtıcı çevresinde gerçekleşen ölümcül iş kazalarının oranı ciddi olarak artmıştır. Bu kazaların en büyük sebebi; yakıt değişimi periyodu süresince ve devamında ön ısıtıcı iç duvarlarında biriken malzemeyi temizlemek için açılan gözlem kapaklarından dışarı çıkan malzemenin temizlik personelinin üzerine dökülmesidir. Yakıt değişimi süresince ön ısıtıcıdaki malzeme, birikmeleri artmaktadır. Dolayısıyla, daha fazla temizlik işi gerekecektir ve daha fazla temizlik personeli bu iş için görev yapacaktır. Malzeme birikmelerinin hava şokları ile temizlenmesi, temizleme ve gözlem işi süresini ve sayısını önemli ölçüde azaltarak çalışanların iş güvenliği riskini azaltır (Swinderman *et al.* 2009).

4. KARAR VERME SÜRECİ ve ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME

Bu bölümde, yaygın bir literatüre sahip “*Karar Verme Süreci*” ve karar verme yöntemlerinden sıklıkla başvurulana “*Çok Kriterli Karar Verme – ÇKKV*” tekniği basit bir şekilde bilgilendirme amaçlı ele alınmıştır.

4.1 Karar Verme Süreci

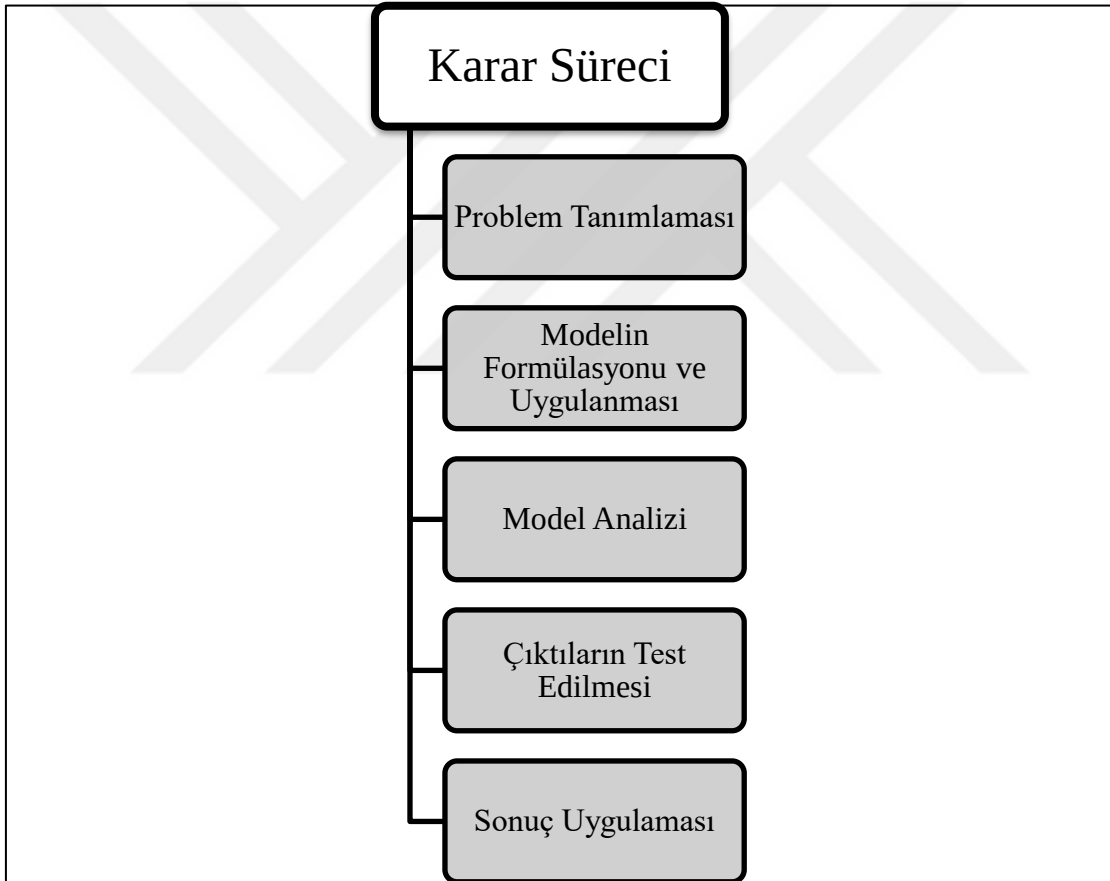
Hayatımızda bireysel olarak büyük öneme sahip olan karar verme süreci, işletmeler için bir o kadar büyük öneme sahiptir. Hatta işletmeler için doğru karar verebilme eylemi, işletmenin zorlu piyasa koşullarındaki varlığını sürdürebilmesi açısından hayati öneme sahip olmaktadır. Doğru karar verebilme işlemi, günümüzde rekabetin yoğun olduğu iş hayatında giderek zorlaşan bir eylem haline dönüşmüştür. Yetki sahibi kişiler karar alma süreçlerinde değer yargılarını ve geçmiş tecrübelerini kullanarak subjektif olarak hareket edebilirler. Ancak, günümüz profesyonel iş yaşamında kararların matematiksel karar verebilme teknikleri ile sentezlenerek optimum kararların alınması, işletmenin rekabet avantajı elde edilebilmesi açısından kritik önemdedir (Timor 2001, 2004).

Karar verme eylemi, çeşitli yollarla tanımlanabilir. Bu tanımlardan birisi; dar anlamda seçeneklerden arasından en uygununu seçmektir. Karar verilecek konuyla bağlantılı farklı alternatifler arasında kıyaslama yapıldıktan sonra, seçim işlemini tamamlamak, karar verme sorununu oluşturur. Karar verme, çok yönlü bir olay içerisinde seçim yapabilmeyi ifade eder. Herhangi birisinin herhangi bir konuda yapmış olduğu seçim, karar olmaktadır. Bu yüzden “*seçme, tercih etme, tavır alma, benimseme*” ile “*karar verme*” birbirleriyle yakın ilişkilidir. Kişinin konu üzerinde düşünmesi sonucu çare veya çözüm olarak benimsediği tercih ettiği yol, kişinin kararını ifade eder (Koçel 2001). “Ekonomik yapının temel taşı olarak işletmeleri amaçlarına ulaştırmadaki önemli fonksiyonlardan biri karar verme sürecidir” (Esen 1998).

Karar sürecinde problem çözme aşamaları şunlardır (Koçel 2001):

- Karar sürecine konu problemin belirlenmesi.
- Karar problemine ilişkin karar öğelerinin belirlenmesi.
- Karara ilişkin amaç ve kısıtların tespit edilmesi.
- Model oluşturulması ve formülasyon işlemi.
- Alternatif çözümlerin belirlenmesi.

Karar sürecinde problem çözme aşamaları Şekil 4.1’ de görsel olarak belirtilmiştir.



Şekil 4.1 Karar sürecinde problem çözme aşamaları (Koçel 2001).

4.1.1 Karar Bileşenleri

Karar verme sürecinde etkin olan elemanlar aşağıda yer almaktadır (Kuruüzüm 1998):

- *Karar Verici (Decision Maker)*
Karar sorununu, belirlediği amaçlar, kriter ve hedefler doğrultusunda çözümleye çalışan, yönlendiren ve denetleyen kişi ya da gruptur.
- *Analist (Analyst)*
Karar sorununun tanımlanmasından probleme ait modelin kurulmasına kadar karar verici ile etkileşim içerisine giren, bazı durumlarda çözüm üretme sürecinin ara aşamalarında da bu etkileşimi devam ettiren, problem çözme teknikleri konusunda uzman kişi veya gruptur. Bazı durumlarda karar verici ve analist aynı kişi veya grup olabilmektedir.
- *Kısıt (Constraint)*
Karar sorununun tanımlanmış amaç veya amaçlarını etkileyen varsayımlar ile içsel ve çevresel kaynaklar veya değişkenler üzerinde tanımlı sınırlamalardır.
- *Amaç (Objective)*
Ulaşılmak istenen yön veya karar vericilerin istekleri doğrultusunda maksimize veya minimize edilmek istenen özelliklerdir.
- *Hedef (Goal-Target)*
Erişilmek istenen bir seviye, verilen bir zamanda ilerlemek istenen yönünde neresinde yer alındığını gösteren ifade, başarılan veya başarılamayan bir talep düzeyi olmaktadır.
- *Kriter (Criterion)*
Performans etkinliğinin bir ölçüsü olarak ifade edilen kriter, değerlendirmelerin temelini oluşturmaktadır.

- *Nitelik (Attribute)*
Karar vericinin istek ve ihtiyaçlarından greceleri olarak bağımsız bir şekilde tanımlanmış olan “*nitelik*”, belirli bir kararın ne derecede gerekleştirilebildiğinin değerlendirilmesine yarayan bir ölçü olarak tanımlanmaktadır.
- *Karar Değişkeni (Decision Variable)*
Karar veren tarafından verilen özel kararların her biri birer karar değişkeni olmaktadır.

4.1.2 Karar Türleri

Kararlar farklı kaynaklarda farklı açılardan sınırlandırılmaktadır (Yozgat 1994):

İçerik bakımından kararlar

- Temel amaç ve ilkeleri belirleyen kararlar
- Amaçlara ulaşabilmek için izlenecek hareket biçimlerini, kullanılacak araçları belirleyen kararlar
- Önceden belirlenmiş politika, ilke ve kuralları kuruluş etkinliklerine uygulayan gündelik kararlar
- Belirlenmiş politikalara dayanmayan istisnai kararlar

Yönetim Basamağı bakımından kararlar

- Tepe yönetimi kararları
- Orta düzey yönetim kararları
- Alt düzey yönetim kararları

Süre bakımından kararlar

- Uzun vadeli kararlar (Temel konularda ele alınan, işletmenin uzun vadedeki hedefleri açısından geçerli olan kararlardır)
- Orta vadeli kararlar (Taktik kararları vb. gibi kararlardır)
- Kısa vadeli kararlar (Günlük işlere özgü kararlardır)

Karar vericinin sayısı bakımından kararlar

- Bireysel kararlar
- Grup kararları

Nitelikleri açısından kararlar

- Açıklanan kararlar
- Açıklanmayan kararlar

Bilgi derecesine göre kararlar

- Belirlilik altındaki kararlar
- Risk altındaki kararlar
- Belirsizlik altındaki kararlar

Veriliş biçimleri açısından kararlar

- Sözel kararlar
- Yazılı kararlar

Veriliş sırası açısından kararlar

- Birinci derecede kararlar
- İkinci derecede kararlar

Yapıları açısından kararlar

- Programlanabilir kararlar
- Programlanmayan kararlar

İlgili olduğu işletme etkinliği açısından kararlar

- Üretim kararları
- Finansman ve Pazarlama kararları

4.2 Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV)

Bir karar probleminde birden fazla sayıda nitelik ve nicelik içeren kriter ve amaç bulunması durumunda, bu tip karar verme durumları “*Çok Kriterli Karar Verme – ÇKVV*” olarak adlandırılmaktadır. “ÇKVV yöntemleri, ölçülebilen ve ölçülemeyen stratejik ve operasyonel faktörleri eş zamanda değerlendirme olanağı sağlayan, karar verme sürecine çok sayıda kişiye dahil edebilen analitik yöntemlerdir. Karar verme sürecinde bu yöntemlerin kullanılması yöneticilere alternatifleri değerlendirmede yardım etmekte ve işletme kaynaklarının daha etkin kullanılmasını sağlamaktadır” (Görener 2009).

Tek kriterleri karar verme problemlerinden farklı olarak; ÇKVV, birbiriyle bağlantılı olmayan çoklu “kriterleri”, “hedefleri” ve “nitelikleri” dikkate alarak, mevcut “alternatifler”, “seçenekler”, “politikalar”, “eylemler” ya da “adaylar” içerisinde en iyi seçmeyi hedeflemektedir (Özdemir ve Deste 2009).

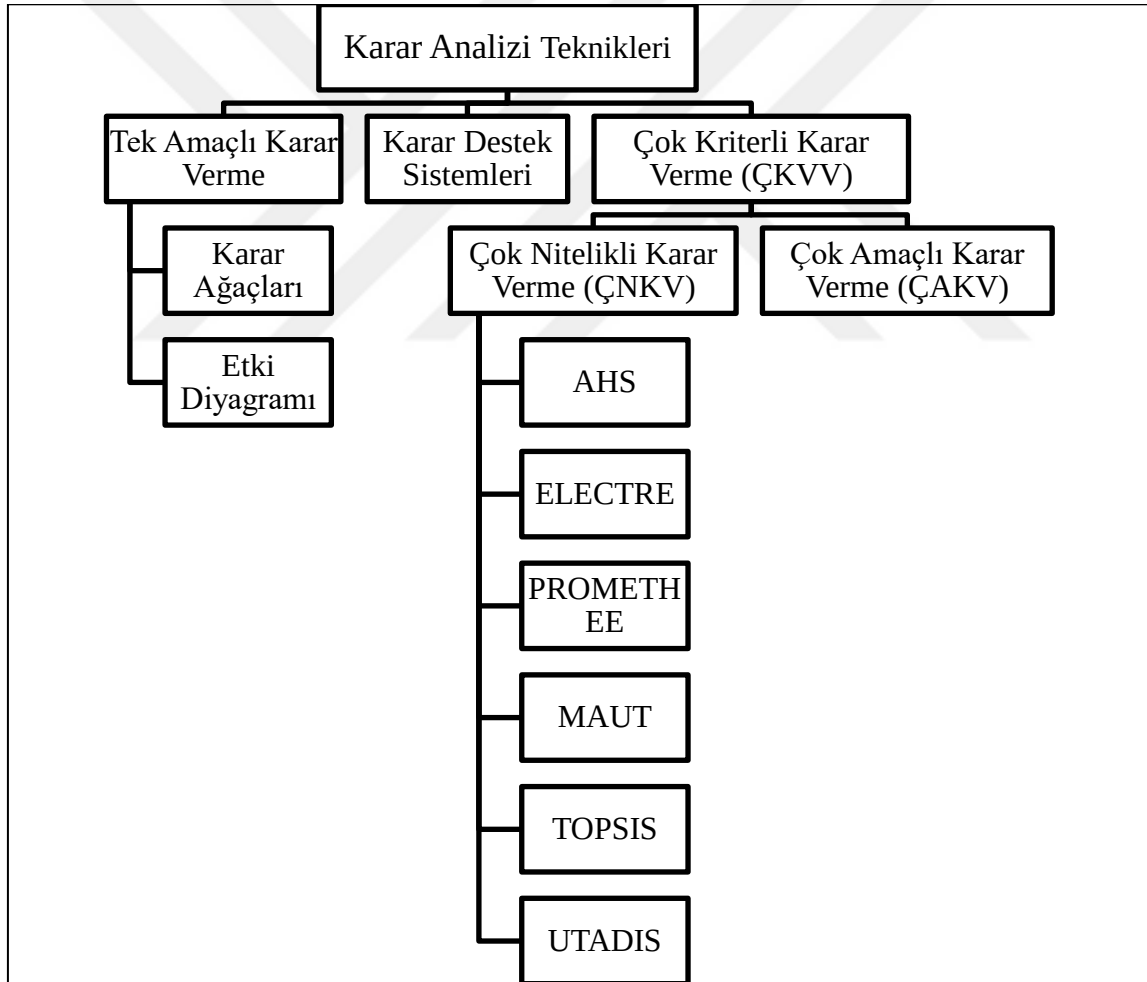
Çok Kriterli Karar Vermede, kriterler arasında çelişki olması ve bir kriteri gerçekleştirmek için bir başkasından fedakârlık edilecek olmasından dolayı en ideal alternatifin belirlenmesi güçtür. Bu kriterler arasında uzlaşma sağlamak ve alternatifler arasından en uygun olanını seçmek için çeşitli yöntemler geliştirilmiştir (Timor 2010, 2011).

4.2.1 Çok Kriterli Karar Verme (ÇKVV) Yöntemleri

ÇKVV, karar analizinin yaygın uygulanan, birden fazla karar kriterinin değerlendirilmesi ile alternatifler arasından seçim yapılmasını, alternatiflerin gruplanmasını veya sıralanmasını sağlayan yöntemleri içermektedir (Zhou *et al.* 2006).

Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV), Çok Amaçlı Karar Verme (ÇAKV) ve Çok Nitelikli Karar Verme (ÇNKV) olmak üzere iki farklı bölümde ele alınmaktadır (Zhou *et al.* 2006).

Çok Nitelikli Karar Verme, birden fazla kritere göre sıralama yapabilme imkânı sağlayan teknikler içermektedir. Buna örnek olarak; AHS (*Analitik Hiyerarşi Süreci - Analytic Hierarchy Process*), ELECTRE (*Uyum Uyumsuzluk Yöntemi - Elimination and Choice Translating Reality*), PROMETHEE (*Zenginleşen Değerlendirmeler için Tercih Sıralaması Yöntemi - Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation*), MAUT (*Çok Nitelikli Fayda Teorisi - Multiattribute Utility Theory*), TOPSIS (*İdeal Çözüme Benzerlik Bakımından Sıralama Üstünlüğü - Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution*) ve UTADIS (*Ayırt Edici Ek Özellikler - Utilities Additives Discriminantes*) gibi yöntemlerde verilebilir (Zhou et al. 2006). Karar tekniklerinin sınıflandırılması, Şekil 4.2’ de yer almaktadır.



Şekil 4.2 Karar tekniklerinin sınıflandırılması (Zhou et al. 2006).

4.2.2 Çok Kriterli Karar Verme (ÇKVV) Uygulama Alanları

Çok Kriterli Karar Verme yöntemleri geniş bir kullanım alanına sahiptir. Çok kriterli karar vermenin yaşamımızın her alanında ve her seviyede uygulanabilirliği aşağıdaki örnekler ile ifade edilmektedir (Kocamustafaoğulları 2007).

- Mikro Ölçekte
 - Bireysel Kararlar: Yatırım kararları, gayrimenkul satın alımı, kariyer plânlaması, gündelik kararlar vb.
 - Aile bütçesi plânlaması.
- Orta Ölçekte
 - İşletme Örgüt Kararları: Stratejik kararlar, üretim plânlaması, yatırım kararları vb.
 - Kamu ve kâr amacı gütmeyen kuruluşlarda grup kararları, öncelik belirlemesi.
- Makro Ölçekte
 - Devlette bütçe dağıtım aşamaları, yatırım kararları, makro ekonomik hedef belirlemesi.
 - Holdinglerde yatırım kararları, stratejik öncelik belirlemesi.

4.2.3 Çok Kriterli Karar Verme (ÇKVV) Avantaj ve Sakıncaları

Çok Kriterli Karar Vermenin sağlamış olduğu başlıca avantajlar aşağıda belirtilmiştir (Kocamustafaoğulları 2007):

- Komplike ve tamamıyla algılanması güç konuları analiz edebiliriz.
- Karar verme süreçlerini daha sistematik bir şekilde idare edebiliriz.
- Adil ve hesap verilebilir bir yönetim modeli oluşturabiliriz.
- Birden çok karar vericinin bulunduğu ortamda ortak bir uzlaşma platformu yaratabiliriz.

- Çok büyük miktardaki veya karmaşık veriyi işleyebilir duruma geliriz.

Çok Kriterli Karar Vermenin yaratmış olduğu sakıncalar ise aşağıda belirtilmiştir (Demir 1994):

- Öznel değerlendirme farklı zamanlarda farklı sonuçlar verebilir.
- Grup kararları ve tartışmalardaki sorunları tek başına çözemez.
- Birçok yöntemde sınırlı sayıda tekrardan sonra son çözüme ulaşılabilmesine dair hiçbir garanti bulunmamaktadır.



5. ANALİTİK HİYERARŞİ SÜRECİ

AHS, Çok Kriterli Karar Verme Problemlerinde sıklıkla başvurulmuş en yaygın karar verme yöntemlerinden birisidir. Kalitatif ve kantitatif kriterlerin bütünsel olarak hiyerarşik bir yapı üzerinden işlenebilmesi ve hedefe varılabilmesi yeteneğine sahiptir (Timor 2011, 2014).

AHS uygulamalarında öncelikle bir karar problemi belirlenmektedir. Bu probleme ait ana kriterler, alt kriterler ve karar alternatifleri ile hiyerarşik bir yapı oluşturulmaktadır. Öğeler ikili karşılaştırmalar yapılarak karşılaştırma matrisleri elde edilmektedir. Ardından her bir kriterin önem derecesi tespit edilmektedir. Uygulamanın son aşamasında tüm kriterler değerlendirilerek en uygun karar alternatifi tespit edilmiş olmaktadır (Timor 2011, 2014).

5.1 AHS Yönteminin Tarihsel Gelişimi

Saaty, 1971 yılında A.B.D Savunma Bakanlığıyla ortak bir çalışma yürütürken, AHS' nin de temelleri atılmıştır. Çalışmasında ulusun refah seviyesine katkısına göre endüstrilere elektrik dağıtımının oranlanması problemini ele almıştır (Saaty 1972). AHS Yönteminin teorik olarak gelişimi, 1974 ve 1978 yılları arasında gerçekleşmiştir. Saaty (1980), “*Analitik Hiyerarşi Süreci - Analytic Hierarchy Process*” adlı eserinde AHS yöntemi detaylıca açıklamıştır.

Belton ve Gear (1982), ikili karşılaştırmalar yöntemindeki temel sorunları tespit ederek yenilenmiş AHS modelini duyurmuştur. 1994 yılında ise Saaty, düzenlemeleri uygun görmüş, söz konusu modeli ideal AHS modeli olarak kabul etmiştir. Saaty, “*Karar Verme ve Öncelikler Temel İlkeleri - Fundamentals of Decision Making and Priority*” adlı kitabında AHS yönteminin kolay uygulanabilir bir yöntem olma gerekçelerini bir araştırma konusu ile açıklamaktadır (Saaty 1994).

5.2 AHS Yönteminin Kolay Uygulanabilirliğinin Sebepleri

AHS Yönteminin, diğer ÇKKV Yöntemlerine göre daha kolay uygulanabilirliğinin başlı sebepleri aşağıda belirtilmiştir (Saaty 1994):

- Yöntem, doğal olarak değerlendirilmekte ve yöntemi uygulamaktan imtina edilmemektedir.
- Yöntemi uygulayabilmek için ileri seviye bir uzmanlık bilgisi gereksinimi bulunmamaktadır.
- İnsanların öznel değerleri ve deneyimleri üzerine dayalıdır.
- Değerlendirilen kritere belirli bir puanlama yapılması yerine ikili kıyaslamalar yapılabilmesine imkân tanımaktadır.
- Basit ve etkin bir prosedüre sahiptir.
- Ölçülebilen ve ölçülemeyen verileri kullanabilmektedir.

5.3 AHS Uygulamasının Aşamaları

AHS, karar yönelik karar hiyerarşisi oluşturulması durumunda uygulanabilmektedir. Hiyerarşi üzerinde önceden tanımlanmış bir kıyaslama ölçeği kullanılmaktadır. Kararı etkileyen kriterler ve kriterlere göre karar noktalarının önem dereceleri açısından ikili kıyaslamalar yapılmaktadır. Yöntem sonucunda ise kararı etkileyen kriterler nezdinde karar noktalarının yüzde dağılımları elde edilmesi ile önem değerlerine göre sıralaması oluşmaktadır (Saaty and Vargas 2001).

AHS Uygulamasındaki işlem basamakları şunlardır (Saaty and Vargas 2001):

- Hiyerarşik yapının en üstünde bulunacak hedef belirlenir,
- Hiyerarşik yapıda hedefe yönelik ana kriterler, alt kriterler ve karar alternatifleri belirlenir,
- İkili kıyaslama matrisleri oluşturulur,
- Matrislerden faydalananarak ağırlık vektörleri tespit edilir,

- Tutarlılık oran tespiti ile tutarlılık durumunda karar verilir. Tutarlı çıkmaması durumunda ise yapılan işlemler ve kıyaslamalar yeniden gözden geçirilir.

5.4 AHS Uygulamasındaki Kritik Noktalar

AHS uygulamasının sağlıklı bir sonuç verebilmesi için bazı kritik noktaların bilinmesi ve bu doğrultuda kurallara uyulması gerekmektedir. Söz konusu önemli hususlar aşağıda belirtilmiştir (Saaty and Vargas 2001):

- Uygulamaya konu olacak olan problem ve hedef tam ve doğru bir şekilde belirlenmelidir,
- Amaca en uygun kriterler, alt kriterler ve karar alternatifleri seçilmelidir,
- Karar alternatifleri arasında farklılıkların çok fazla olmaması gerekmektedir,
- Kriterlerin birbirinden bağımsız olması gerekmektedir,
- Karar alternatifleri birbirinden bağımsız olması gerekmektedir.

5.5 AHS Yapısının Oluşturulması

AHS uygulamasının proses adımları aşağıda belirtilmiştir (Timor 2011, 2014):

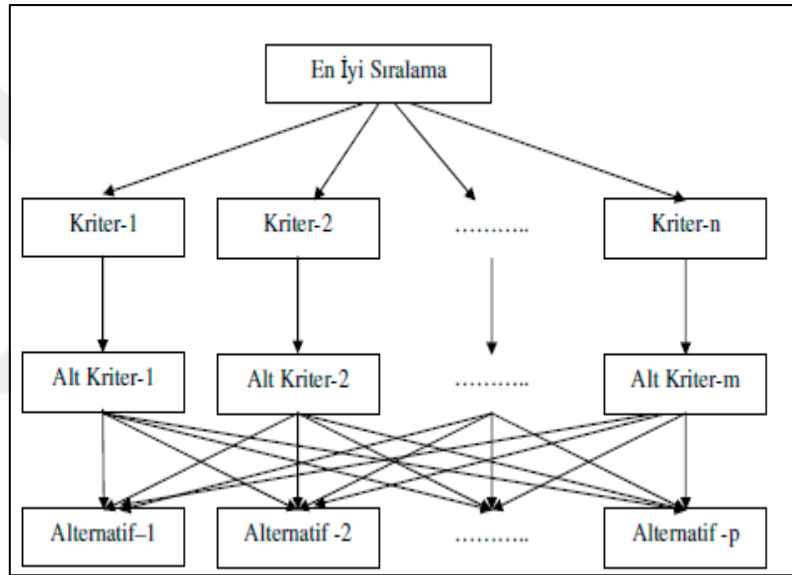
- Hedef listelerinin oluşturulması,
- Hedeflere yönelik ilgili kriterlerin belirlenmesi,
- Her bir kritere yönelik olası karar alternatifinin belirlenmesi,
- Hiyerarşik modelin kurulması.

5.5.1 Hiyerarşik Yapı

Kompleks problemler, problemi meydana getiren elementlerin hiyerarşik ilişkilerinin tespitiyle daha kolay anlaşılabilir duruma gelmektedirler. Hiyerarşiler, *Yapısal* ve *Fonksiyonel* olmak üzere iki farklı gruba ayrılmaktadır (Saaty 1990a, b, Saaty and Vargas 2001, Timor 2011).

Yapısal hiyerarşide alt-üst gruplar ve bunlara ait daha küçük alt gruplar yer almaktadır. Galaksi sisteminden gezegenlere daha detaylara girilirse atoma ve atomun alt bileşenlerine kadar ilerleyen bir yapıyı örnek verebiliriz (Timor 2011, 2014).

Fonksiyonel hiyerarşide kompleks sistemler kendi bünyelerindeki temel ilişkiler referans alınarak, sisteme ait bileşenler iç ilişkileri ile tespit edilmeye çalışılır. Bu hiyerarşide en üstte amaç yer almaktadır. Sonrasında amacı karar alternatiflerine ait kriterler takip etmektedir. Son aşamada ise karar alternatifleri yer almaktadır. Çizelge 5.1, basit bir fonksiyonel hiyerarşik yapıyı temsil etmektedir (Saaty and Vargas 2001).



Şekil 5.1 Basit bir fonksiyonel hiyerarşik yapı (Saaty and Vargas 2001).

5.5.2 İkili Karşılaştırma ve Üstünlüklerin Belirlenmesi

Analitik Hiyerarşi Süreci'nde ikili karşılaştırmaları elde edebilmek için göreceli veya mutlak ölçümlerden faydalanılır. Bu şekilde elde edilen veriler, "Karşılaştırma Matrisi"ne dönüştürülür (Saaty 1982, 1990a, b, Timor 2011).

a_{ij} , i-inci özellik ile j-inci özellik arasındaki ikili karşılaştırma değeri, a_{ji} ise j-inci özellik ile i-inci özellik arasındaki ikili karşılaştırma değerini temsil ederse (Saaty 1982, 1990a, b, Timor 2011);

$$“a_{ji} = 1/a_{ij}” \text{ olur.} \quad (5.1)$$

İkili karşılaştırma matrisi aşağıdaki gibi olmaktadır (Saaty 1982, 1990a, b, Timor 2011):

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ 1/a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 1/a_{n1} & 1/a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{pmatrix} \quad (5.2)$$

İkili karşılaştırma matrisinden “Öncelik – Özdeğer Vektörü” olan “ W ” elde edilir (Saaty 1982, 1990a, b, Timor 2011).

$$W = (w_1, w_2, \dots, w_n) \quad (5.3)$$

İkili karşılaştırma matrisinin temel özellikleri (Saaty 1982):

- İkili karşılaştırma matrisi sadece pozitif değerlerden oluşan bir kare matristir,
- İkili karşılaştırma matrisi tam tutarlıysa aşağıdaki denklem sağlanır;

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^n a_{ij} \cdot a_{jk} = a_{ik} \quad (5.4)$$

$$(i, j, k = 1, \dots, n) \quad (5.4a)$$

$$|a_{ij}| \cdot |a_{jk}| = \left(\frac{w_i}{w_j} \right) \cdot \left(\frac{w_j}{w_k} \right) = \left(\frac{w_i}{w_k} \right) = a_{ik} \quad (5.4b)$$

- A matrisi tam tutarlıysa herhangi bir satırından matrisin diğer öğeleri kolaylıkla elde edilebilir,
- Yapılması gereken toplam kıyaslama sayısı seçenek sayısı olan “ n ” ‘in ikili kombinasyonuna eşittir,
- Matrisin en büyük özdeğerine karşılık gelen özvektör matrisi ağırlık faktörü (öncelikler vektörü) olarak adlandırılır,
- Matrisin köşegen değerleri daima “1” ’dir.

Karşılaştırma matrisleri oluşturulurken kriterlerin birbirine olan üstünlükleri “*Önem Dereceleri*” ile ifade edilmektedir. Çizelge 5.1’ de önem dereceleri tablosu referans amaçlı verilmiştir.

Çizelge 5.1 İkili kıyaslamalarda kullanılan önem dereceleri tablosu (Saaty 1982).

Önem Derecesi	Tanım	Açıklama
1	<i>Eşit Derecede Önemli</i>	Her iki öge aynı derece öneme sahiptir. Deneyim ve
3	<i>Orta Derecede Önemli</i>	değerlendirmeye göre bir faktör diğerine göre biraz daha önemlidir. Deneyim ve
5	<i>Kuvvetli Derecede Önemli</i>	değerlendirmeye göre bir faktör diğerinden kuvvetle daha önemlidir. Pratikte bir faktör diğerine
7	<i>Çok Kuvvetli Derecede Önemli</i>	göre yüksek derece kuvvetle tercih edilmektedir. Faktörlerden birisi
9	<i>Mutlak Derecede Önemli</i>	diğerine göre çok yüksek derecede önemlidir. Deneyim ve
2,4,6,8	<i>Ara Değerler</i>	değerlendirmeye göre iki faktör arasındaki tercihte bariz farklar olduğunu gösterir.
Karşılıklı Değerler	i, j ile kıyaslanırken bir değere “x” verilmişse; j, i ile kıyaslanırken çıkacak değer “1/x” olmalıdır.	

5.5.3 Karşılaştırma Matrisi ve Öncelikler Vektörü

Karşılaştırma matrisinin satır ve sütun kısımlarında aynı düzende ve sırada olmak üzere kriterler veya karar alternatifleri bulunmaktadır. Her öğenin kendisi ile kıyaslaması sonucu verilmesi gereken sayısal değer “1” olmaktadır (Saaty 1982, 1986, 1990a, b, Timor 2011).

Önem derecelerin verilmesinin ardından oluşan matris daha sonra “*Öncelikler Vektörü*” ‘ne dönüştürülmektedir. Bu matrisin öğeleri toplamı “1” ‘dir. Karşılaştırma matrisinin her elemanı için belirlenen öncelikler vektörü; matris satırlarında karar alternatifleri, matris sütunlarında ise kriterler bulunacak şekilde sentezlenerek “*Tüm Öncelikler Matrisi*” oluşturulmaktadır ve ardından “*Uyum Oranı*” hesaplanmaktadır (Saaty 1982, 1986, 1990a, b, Timor 2011).

Çizelge 5.2’ de basit bir karşılaştırma matrisi verilmiştir.

Çizelge 5.2 Örnek bir karşılaştırma matrisi.

KRİTERLER	A	B	C
A	1	3	5
B	1/3	1	7
C	1/5	1/7	1

Çizelge 5.2’ de örnek olarak verilen matris içeriği ise Çizelge 5.3’ de detaylıca açıklanmıştır;

Çizelge 5.3 Örnek bir karşılaştırma matrisi açıklaması.

KRİTERLER	A	B	C
A	A ile A' nın kıyaslaması sonucu 1' e eşittir. Her faktör aynı öneme sahiptir. (AA)	A ile B' nin kıyaslaması sonucu 3' e eşittir. A, B' ye göre biraz daha önemlidir. (AB)	A ile C' nin kıyaslaması sonucu 5' e eşittir. A, C' ye göre kuvvetle daha önemlidir. (AC)
B	B ile A' nın kıyaslaması 1/AB değerine eşit olmaktadır. (BA)	B ile B' nin kıyaslaması sonucu 1' e eşittir. Her faktör aynı öneme sahiptir. (BB)	B ile C' nin kıyaslaması sonucu 7' ye eşittir. B, C' ye göre yüksek derecede tercih edilmektedir. (BC)
C	C ile A' nın kıyaslaması 1/AC değerine eşit olmaktadır. (CA)	C ile B' nin kıyaslaması 1/BC değerine eşit olmaktadır. (CB)	C ile C' nin kıyaslaması sonucu 1' e eşittir. Her faktör aynı öneme sahiptir. (CC)

5.5.4 Uyum Oranı - Tutarlılık

Karşılaştırma öğeleri arasındaki tutarlılığı gösteren “*Uyum Oranı*” hesaplanırken aşağıdaki işlemler gerçekleştirilir (Saaty 1980, Zahedi 1986, Saaty and Vargas 2001, Timor 2010);

- *Karşılaştırma Matrisi'* nin her satırı için, sütunlarda bulunan elemanların ağırlıkları toplamı hesaplanmaktadır,

- *Karşılaştırma Matrisi*’nin her sütunundaki eleman, elde edilen toplam sütun ağırlığına bölünür böylece “*Normalize Edilmiş Matris*” elde edilir,
- *Normalize Edilmiş Matris*’in her bir satırının aritmetik ortalaması alınarak “*Öncelikler Vektörü*” elde edilir,
- *Öncelikler Vektörü*’nün elde edilmesinden sonra başlangıçta verilen *Karşılaştırma Matrisi* ile çarpılarak “*Tüm Öncelikler Matrisi*” elde edilir.
- “*Tutarlılık İndeksi*”, aşağıda yer alan formül ile elde edilmektedir;

$$\text{Tutarlılık İndeksi (Consistency Index - CI)} = (\lambda_{\max} - n) / (n - 1) \quad (5.5)$$

- “*Tutarlılık Oranı*” ‘nın, aşağıda yer alan formül ile elde edilmektedir;

$$\text{Tutarlılık Oranı (Consistency Ratio - CR)} = \text{Tutarlılık İndeksi (CI)} / \text{Rassallık İndeksi (Random Index - RI)} \quad (5.6)$$

Bir matrisin özdeğerleri arasındaki en büyük değer “ $\lambda_{\max}$ ” olmaktadır. *Tüm Öncelikler Matrisi*’nin her elemanı, *Öncelikler Vektörü*’nün elemanlarına bölünerek, açığa çıkan yeni matris elemanlarının aritmetik ortalaması sonucu bu değere ulaşılmaktadır (Saaty 1980, Zahedi 1986, Saaty and Vargas 2001, Timor 2010).

Zahedi (1986), yapmış olduğu çalışmada Saaty (1980)’nin önceki çalışmalarında da belirttiği gibi $\lambda_{\max}$ daima matrisin boyutu olan “ n ” ‘den büyük veya “ n ” ‘ye eşit olmalıdır. $\lambda_{\max}$, “ n ” değerine ne kadar yakında o derece yüksek oranda tutarlılık açığa çıkacaktır.

“ $\lambda_{\max} = n$ ” ise matris, tutarlı olmaktadır (Saaty and Vargas 2001). $\lambda_{\max}$ değeri bulunarak hesaplanan tutarlılığın kabul edilebilir en büyük değeri “0,10” olmaktadır (Hafeez *et al.* 2002).

Uyum oranının “0,1” ‘den küçük olması değerlendirmelerin sorunsuz olduğunu göstermektedir. Uyum oranının “0,1” değerinden büyük olması durumunda değerlendirme tekrar gerçekleştirilmelidir (Hafeez *et al.* 2002).

“*Rassallık İndeksi*”, rastgele değer göstergesini ifade etmektedir. Bu değer, matris boyutuna göre değişkenlik göstermekte olup, Çizelge 5.4’ de belirtilmiştir (Saaty 2001);

Çizelge 5.4 Rassallık indeksi tablosu (Saaty 2001).

Karar Boyutu (n)	Rassallık İndeksi
1	0,00
2	0,00
3	0,58
4	0,90
5	1,12
6	1,24
7	1,32
8	1,41
9	1,45
10	1,49
11	1,51
12	1,48
13	1,56
14	1,57
15	1,59

5.5.5 Grup Kararı Alınması

Bir problemin çözümü için bireysel değerlendirmeler yerine AHS tekniği ile grup kararı verilmesi gerektiğinde, grubu oluşturan üyelerin geçmiş deneyim, bilgi birikim ve değerlendirmelerini kullanabilmeleri için probleme ait uygun hiyerarşik yapı oluşturularak gerekli uygulama adımları gerçekleştirilir. Grup kararlarında gerçekleştirilen beyin fırtınası ve karşılıklı düşünce paylaşımları ekseriyetle konunun daha iyi kavranmasını ve problemin daha iyi temsil edilmesini sağlar.

Grup kararlarında uygulanan gerekli adımlar aşağıda belirtilmiştir (Al-Harbi 2001);

1. Bir grup çalışmasında grup kararı verilmesi gerektiğinde, grubu oluşturan üyelerin ortak çıkarları olabileceği gibi her bireysel grup üyesinin değer yargısının ve deneyimlerinin farklı olup kararlar ile ilgili çeşitli konularda diğer grup üyeleri ile çatışma içerisinde olabilirler. Fakat, sonuç olarak tüm grubun aynı ortak amaç sebebiyle çalışmaları sebebiyle ortak bir görüş elde edilmesi zorunluluğundan dolayı en iyi yolun uzlaşısı sağlanarak grup kararı alınması olmaktadır. Böylece grup üyeleri arasında daha etkin iletişim olacağı gibi grup üyelerinin kararda söz payı olması sağlanacaktır.
2. Grup kararı, grubu oluşturan fertlerin bireysel görüşleri alınarak sağlanabileceği gibi ortak grup kararı olarak da alınabilir. Grup, beyin fırtınası yaparak amaca yönelik inşa edilen hiyerarşik yapıda çeşitli revizyonlar yapabilir. Sonrasında amaç ile ilgili değerlendirmeler yapılır. Tüm grup üyeleri aynı fikriyatı ise grup üyeleri ortak bir karar verir veya son karar için oylama yöntemine başvurulabilir.

Forman ve Peniwati (1998), çalışmasında AHS uygulamalarında grup kararlarının ya “*bireysel değerlendirmeler*” şeklinde veya grup üyelerinin beyin fırtınası sonucu elde edilen “*ortak grup kararı*” ile alınabileceğini vurgulamaktadır.

Saaty (2008), bir grup kararı alınması gerektiğinde bireysel değerlendirmelerden ortak bir grup değerlendirmesi oluşturulmasındaki en iyi yolun, bireysel tercihlerin “*geometrik ortalaması*” ‘nın alınarak değerlerin bir araya getirilmesinin olduğunu belirtmektedir. Saaty (2008) ayrıca grup çalışmasındaki karar vericilerin alanında “*uzman*” kişi olmaları sebebiyle değerlerine sentezlerini arzu etmeyeceklerini, böyle bir durumda ise değerlendirme sonucunda açığa çıkan ağırlıkların “*geometrik ortalaması*” ‘nın alınması gerektiğini ifade etmektedir. Bu çalışmada gerçekleştirilen grup kararı alınması işleminde ise Saaty (2008)’ nin önerisi aksine Al-Harbi (2001) ile Forman ve Peniwati (1998)’ nin önerileri tercih edilerek; uzman bireylerin kendi aralarında gerçekleştirdiği tartışma sonrası uzlaşısı sağlayarak ortak bir grup kararı alınması yöntemi tercih edilmiştir.

5.6 AHS Yöntemi Avantaj ve Sakıncaları

AHS Yönteminin doğurduğu avantaj ve sakıncalar aşağıda kısaca belirtilmiştir (Bhutta and Huq 2002):

Analitik Hiyerarşi Süreci Yöntemi Avantajları:

- AHS, büyük ölçekli problemleri değerlendirebilecek esnek bir modelleme aracıdır.
- Kriterler, karşılıklı olarak ve her seviyede karşılaştırılır.
- Öznel ve nesnel kriterleri içeren problemlerin çözümünde başarılı bir yöntemdir.
- Çok geniş bir uygulama alanına sahip olmakla beraber konu ile ilgili çok miktarda akademik çalışma mevcuttur.

Analitik Hiyerarşi Süreci Yöntemi Sakıncaları:

- Diğer yargı içeren karar verme tekniklerinde olduğu gibi, bu tekniğin de karar vericiler tarafından verilen yargılar tarafından yönlendirildiği bilinmektedir. Bu sebeple sonuçları doğrulamanın bağımsız bir yolu olmadığı ifade edilmektedir.
- Bütün kriterlerin izafi olduğu belirtilmekte, dolayısıyla mutlak ölçekler verilemediği bilinmektedir.
- Hiyerarşik yapıya yeni bir kriter eklendiğinde bütün yapının yeniden işlenilmesi zorunda kalınması eleştirilmektedir.
- “Sıra Değişimi” problemi bulunmaktadır.

Belton (1986) ve Dyer (1990)’ ın makalelerinde belirttiği üzere, Analitik Hiyerarşi Sürecinde “İşlemsel Eksiklikler” ve “Sıra Değişimi” sorunu bulunmaktadır. Sıra değişimi, yeni bir alternatif eklendiğinde veya çıkarıldığında belirli bir faktör kümesine göre saptanan alternatif önceliklerini değişmesidir.

Saaty ve Vargas (2001)’ ın çalışmasında konu ile ilgili olumsuz eleştirilere yanıt verilmekte ve “sıra değişimi” nin yeni bir kriter eklenmesinden kaynaklanmadığını,

alakasız karar alternatifleri eklenmesi veya karar alternatiflerinin birbiriyle bağımlılığı olması halinde ortaya çıkabileceği ifade edilmektedir. Bu sebepten dolayı, ilerleyen dönemlerde Saaty tarafından alternatif ve kriterlerin birbirleriyle bağımlı olduğu problem yapısına çözüm getirmek üzere ANP (*Analytic Network Process*) yöntemini geliştirmiştir.

5.7 AHS Yöntemi Uygulama Alanları

Analitik Hiyerarşi Süreci, gündelik yaşamda karşılaşılan problemlerin çözümü için en çok tercih edilen ÇKKV (Çok Kriterli Karar Verme) tekniklerinin başında gelmektedir. Bu sebeple pek çok alanda AHS uygulamaları ile karşılaşmak mümkün olmaktadır. Saaty (1980) ve Zahedi (1986) üretim, pazarlama, finans, ekonomi, eğitim, sağlık, yatırım, lokasyon seçimi vb. konularda ciddi sayıda AHS Yöntemini çalışmalarına konu etmişlerdir. AHS; komplike yönetim modelleri, Toplam Kalite Yönetimi (TKY), personel ve strateji seçimi, yatırım kararı gibi geniş bir ölçekte çalışma fırsatı doğurmaktadır (Kuruüzüm ve Atsan 2001). Bu sebeple kullanım alanları ile ilgili temel kategoriler; *Ekonomik ve Yönetimsel Problemler*, *Politik Problemler*, *Sosyal Problemler* ve *Teknolojik Problemler* olmaktadır (Yetim 2004). Bu problemler aşağıda genel hatlarıyla listelenmiştir.

Ekonomik ve Yönetimsel Problemler

- Hesap denetimi
- Database seçimi
- Yatırım kararları
- Tasarım & mimarlık
- Muhasebe & finans
- Bütçeleme
- Sermaye yatırımı
- Kar & zarar analizi
- Üretim
- Makro ekonomik plânlama
- Pazarlama ve pazarlama stratejisi
- Tüketici seçimi

- Ürün tasarımı
- Plânlama
- Portföy seçimi
- Risk analizi
- Grup karar verme
- Kaynak tahsisi
- Ulaştırma problemleri

Politik Problemler

- Silah kontrolü
- Çatışma analizi
- Politik adaylık
- Güvenlik değerlendirmesi

Sosyal Problemler

- Eğitim
- Sağlık
- Çevre
- Kamu sektörü
- Kanun düzenleme

Teknolojik Problemler

- Pazar seçimi
- Teknoloji transferi
- Telekomünikasyon & bilgisayar sistemleri seçimi
- Enerji tasarrufları
- Uzay araştırmaları

6. MATERYAL ve METOT

Bu bölümde çalışmaya konu olan çimento fabrikası tanıtımı yapılmış ve amaçlanan hedeflere yönelik oluşturulan AHS uygulamasına ait ana ölçütler ve karar seçenekleri tespit edilmiştir.

6.1 Sivas Çimento Fabrikası

Bu çalışmada, 2018 yılında gerçekleştirdiği 140 Milyon Avroluk büyük yatırım ile gelişmiş çimento üretim prosesi, ön-ısıtıcı kulesi ve klinker soğutma ünitesine sahip, Brezilya merkezli Votorantim Cimentos Grubu' na bağlı olarak ülkemizde faaliyet gösteren Votorantim Çimento Sanayi ve Ticaret A.Ş. bünyesinde yer alan Sivas Çimento Fabrikası, uygulama alanı olarak seçilmiştir. Resim 6.1, yatırım kararı sonrası fabrikada inşa edilen yeni üretim hattını göstermektedir. Fabrikanın lokasyonu ($39^{\circ}43'19.8''N$ $36^{\circ}56'11.5''E$) ise Google Haritalar üzerinde işaretlenmiş olup, Resim 6.2' de görsel olarak sunulmuştur (İnt.Kyn. 4).



Resim 6.1 Sivas çimento fabrikası genel görünümü (İnt.Kyn. 4).



Resim 6.2 Sivas çimento fabrikası' nın harita üzerinde kuşbakışı görünümü (İnt.Kyn. 5)

Temeli ilk olarak 1938 yılında atılan ve 1943 yılında faaliyete geçen Sivas Çimento Fabrikası, cumhuriyet döneminin ilk sanayi yatırımlarından birisi olma özelliğini taşımaktadır. 1992 yılında özelleştirilen Sivas Çimento Fabrikası, günümüzde de özel sektör tarafından işletilmektedir. Fabrika, 2015 senesinde Dünya' nın en büyük çimento üreticilerinden birisi olan Votorantim Cimentos Grubu bünyesine katılmıştır. Votorantim Cimentos Grubu ise aynı yıl Sivas Çimento Fabrikasını en gelişmiş üretim prosesine sahip olacak şekilde modernizasyon yatırımı karar almıştır. Bu proje ile fabrikanın mevcut üretim kapasitesi 3 kat artış göstererek; senede 600 bin ton klinker olan üretim kapasitesi 1,8 milyon ton klinker değerlerine ulaşmıştır (İnt.Kyn. 4).

4500 ton/gün klinker üretim hattı ile Votorantim Sivas Çimento, inşaat sektöründe fazla rağbet gören *CEM I* ve *CEM II* tip çimento türleri başta olmak üzere sülfata dayanıklı ve düşük alkali gibi özel çimento üretimi ile hem yerel iç pazar hem de bölgesel dış pazarda etkin olan çimento fabrikalarından birisidir (İnt.Kyn. 4).

6.2 AHS Uygulamasına Yönelik Hedef Listeler

Hava şoku sisteminin, ön-ısıtıcı kulesinin çeşitli bölgelerinde ve klinker soğutma ünitesinde uygulanması sebebiyle her bir bölge için farklı hedef belirlenmiştir.

6.2.1 İlk Hedef

AHS uygulamasındaki ilk hedef; “Sivas çimento fabrikası ön-ısıtıcı kulesi intikal kamerasında kullanılan hava şoku modelinin belirlenmesi” olmaktadır.

6.2.2 İkinci Hedef

AHS uygulamasındaki ikinci hedef; “Sivas çimento fabrikası ön-ısıtıcı kulesi gaz kanalında kullanılan hava şoku modelinin belirlenmesi” olmaktadır.

6.2.3 Üçüncü Hedef

AHS uygulamasındaki üçüncü hedef; “Sivas çimento fabrikası ön-ısıtıcı kulesi siklonlarında kullanılan hava şoku modelinin belirlenmesi” olmaktadır.

6.2.4 Dördüncü Hedef

AHS uygulamasındaki dördüncü hedef; “Sivas çimento fabrikası klinker soğutma ünitesinde kullanılan hava şoku modelinin belirlenmesi” olmaktadır.

6.3 AHS Uygulamasına Yönelik Hedeflerin Ana Ölçütleri

Hava şoku sisteminin başarısını etkileyen çeşitli parametreler mevcuttur. Hava şoku sistemi ürün kalitesinin üst düzeyde olması, sorunsuz bir şekilde akış problemini çözmede tek başına yeterli olmamaktadır. Bu hususta iç ve dış etkenlere bağlı çeşitli unsurlar bulunmaktadır. Söz konusu ilgili unsurlar, AHS uygulamasında “Ana Ölçütler” olarak ele alınmıştır (Swinderman *et al.* 2009).

6.3.1 Fiyat

AHS uygulamasındaki ilk ana ölçüt; “Fiyat” olmaktadır. Fiyat faktörü satın alma süreçlerinde çok etkili olmaktadır. Herhangi bir satın alma işleminde, odaklanılan ilk unsur ürünün fiyatı olmaktadır. Fiyatın kabul edilebilirlik seviyesi ise ödeme yapılacak fiyat bedelinin geri dönüşünün olması ve ne kadar bir süre içerisinde ödenen bedeli

kompanse ettiği olmaktadır. Rasyonel satın alma süreçlerinde üzerinde durulması gereken en önemli unsurlar; “Fiyat/Performans” ve “Fayda/Maliyet” kıyaslamaları olmalıdır (Swinderman *et al.* 2009).

6.3.2 Güvenilirlik

AHS uygulamasındaki ikinci ana ölçüt; “Güvenilirlik” olmaktadır. Ön-ısıtıcı kulesi ve diğer bölgelerde akışı sağlamak amacıyla kullanılacak olan hava şokları, yüksek basınçlı hava ile çalışmaktadır. Bu sebeple, hava şoklarının hava tahliyesi yani diğer bir ifadeyle patlaması esnasında yüksek hava basıncından dolayı bölgede çalışanların dikkat etmesi gerekmektedir. Bu sebeple, başta hava şoku hava tankları olmak üzere ateşleyici valf sistemi ve diğer yardımcı hava şoku bileşenlerinin güvenilirlik seviyesi yüksek olmalıdır. Her bir ürün veya bileşen, 2014/68/AB Basınçlı Ekipmanlar Yönetmeliği’ nde belirtilen teknik gereksinimleri karşılamak zorundadır (Swinderman *et al.* 2009).

6.3.3 Hava Kalitesi ve Basıncı

AHS uygulamasındaki üçüncü ana ölçüt; “Hava Kalitesi ve Basıncı” olmaktadır. Verimli bir hava şoku patlaması için tesiste yer alan merkezi havanın olabildiğince yağsız, nemsiz ve kuru olması gerekmektedir. Aksi durumlarda ise hava şoku tankı içerisinde çeşitli su ve yağ birikintileri meydana gelebilir ve zamanda sistemin çalışmamasına sebebiyet verir. Bunun yanı sıra sistemi besleyen hava basıncı ise verimliliğe yönelik diğer önem faktörlerden birisi olmaktadır. Hava basıncı ile sistem verimliliği arasında doğru bir orantı vardır. Basıncın yüksek olması, hava şokunun başarı olasılığını doğrudan etkilemektedir (Swinderman *et al.* 2009).

6.3.4 Hava Tahliye Gücü

AHS uygulamasındaki dördüncü ana ölçüt; “Hava Tahliye Gücü” olmaktadır. Tesis sistem basıncının yüksek olması etkili bir hava şoku patlaması için tek başına yeterli olmamaktadır. Hava şokunun sahip olduğu valf teknolojisi ve valf tasarımı, tank içerisinde hapsedilen basınçlı havanın tahliye gücünü tayin eden unsurlardan birisi

olmaktadır. Etkin bir hava şoklaması için hava tahliye gücü doğrudan belirleyici faktörlerden birisi olmaktadır (Swinderman *et al.* 2009).

6.3.5 Bakım Gereksinimi

AHS uygulamasındaki beşinci ana ölçüt; “*Bakım Gereksinimi*” olmaktadır. Hava şokunun patlama esnasındaki valf içerisindeki başta piston olmak üzere diğer parçaların mekanik hareketleri sebebiyle belirli aralıklarca hava şoku valflerinin bakım ihtiyacı doğmaktadır. Bakım esnasında İSG kuralları çerçevesinde tesisin durdurulması gerektiğinden mümkün olduğunca hava şoku mekanizmasının düşük bakım gereksinimine ihtiyaç duyması gerekmektedir. Hava şoku teknoloji geliştikçe valflerin bakım gereksinimleri de ters oranda azalmaktadır (Swinderman *et al.* 2009).

6.3.6 Operasyon ve Bakım Kolaylığı

AHS uygulamasındaki altıncı ana ölçüt; “*Operasyon ve Bakım Kolaylığı*” olmaktadır. Hava şokları belirli aralıklarla muhakkak dışarıdan müdahaleye ve bakım işlemine tabi olmaktadır. Dışarıdan müdahale pek yaygın olmasa da bakım işlemi yaygın olmaktadır. Bu sebeple, söz konusu bakım işlemini bilhassa “*pyro-process*” yani sıcak prosesin gerçekleştiği bölgelerde olabildiğince kolay hale getirmek hem İSG hem de çalışan verimliliği açısından kritik bir olanaktır. Hava şoku tankının kolaylıkla taşınabilir ağırlıkta olması veya hava şoku valfinin hava şoku tankının sökülmeden demonte edilebilmesi, bakım kolaylığı seçeneklerden sadece birkaçı olmaktadır (Swinderman *et al.* 2009).

6.3.7 Patlama Döngüsü

AHS uygulamasındaki yedinci ana ölçüt; “*Patlama Döngüsü*” olmaktadır. Patlama döngüsü aslında lokal zamanlayıcı ünitesi veya CCR üzerinde ayarlanan *cycle* yani döngü değerlerine göre değişkenlik göstermektedir ancak aynı döngü parametreleri girilmiş iki farklı hava şoku modelinin arasında hava şoku tank hacmi ve hava tahliye süresi gibi

öğelerden dolayı patlama döngülerinde minör farklılıklar meydana gelebilecektir (Swinderman *et al.* 2009).

6.3.8 Teknik Bilgi ve Deneyim

AHS uygulamasındaki sekizinci ana ölçüt; “*Teknik Bilgi ve Deneyim*” olmaktadır. Bu ana ölçüt, bakım kolaylığı ile bağlantılı bir ölçüt olmaktadır. Eski model hava şoku teknolojisine sahip, hava şoku modellerinin bakımı ve operasyonu için gerekli işgücü gereksinimi, yeni nesil hava şoku modeli için gerekli işgücüne göre daha yetkin ve deneyimli olmak durumundadır (Swinderman *et al.* 2009).

6.3.9 Hava Şoku Tüp Hacmi

AHS uygulamasındaki son ana ölçüt; “*Hava Şoku Tüp Hacmi*” olmaktadır. Hava şoku tankı içerisinde sıkıştırılan hava hacmi ile istenen akış çözümü arasında doğru bir orantı vardır ancak bir noktaya kadar bu geçerliliğini sürdürmektedir. Bu kritik eşik sonrasında sistem verimliliği tamamen diğer bileşenlerin özelliklerine göre şekillenmektedir. Basıncılı hava, işletmeler için ciddi bir girdi maliyeti olması sebebiyle olabildiğince düşük hacimle istenen amaca ulaşılması hedeflenir. Bu sebepten dolayı düşük tank hacmi ile yüksek tank hacmi performansı sağlayabilen valf teknolojisine sahip hava şoku modelleri ile çalışabilmek, işletmeye büyük faydalar sağlamaktadır (Swinderman *et al.* 2009).

6.4 AHS Uygulamasına Yönelik Karar Seçenekleri

Çalışmaya konu olan hava şoku projelendirmesi için kullanılabilecek hava şoku model sayısı toplam beş adet olmaktadır. Her bir hava şoku modeli ise farklı bir karar seçeneği olarak değerlendirilmektedir.

6.4.1 İlk Karar Seçeneği

Hurricane hava şoku modeli, AHS uygulamasında ilk karar seçeneği olmaktadır. Hava şoku teknolojisinin gelmiş olduğu son teknoloji olan bu hava şoku modelinin temel teknik özellikleri aşağıda yer almakla beraber ürün görseli Resim 6.3’ de yer almaktadır (İnt.Kyn. 2).

- 10 Bar hava basıncına kadar çalışma olanağı,
- Çok yüksek derece hava tahliye gücü,
- Çok düşük derece hava tahliye süresi,
- Valfin tamamının hava şoku tankı sökülmeden çıkarılabilmesi,
- Çok kolay bakım olanağı ve düşük bakım gereksinimi,
- Kompakt tasarım,
- Hafif gövde,
- Pozitif basınç patlama teknoloji ile yüksek güvenilirlik,
- İç valf mekanizması,
- 70 litre ve 150 litre tank seçeneği,
- Fiyat: **** (Diğer modeller ile kıyaslandığında)



Resim 6.3 Hurricane hava şoku modeli (İnt.Kyn. 2).

6.4.2 İkinci Karar Seçeneği

Typhoon hava şoku modeli, AHS uygulamasında ikinci karar seçeneği olmaktadır. Bu hava şoku modelinin temel teknik özellikleri aşağıda yer almakla beraber ürün görseli Resim 6.4' de yer almaktadır (İnt.Kyn. 2).

- 10 Bar hava basıncına kadar çalışma olanağı,
- Yüksek derece hava tahliye gücü,
- Düşük derece hava tahliye süresi,
- Valfin tamamının hava şoku tankı sökülmeden çıkarılabilmesi,
- Çok kolay bakım olanağı ve düşük bakım gereksinimi,
- Kompakt tasarım,
- Hafif gövde,
- Negatif basınç patlama teknoloji ile düşük güvenilirlik,
- İç valf mekanizması,
- 70 litre ve 150 litre tank seçeneği,
- Fiyat: *** (Diğer modeller ile kıyaslandığında)



Resim 6.4 Typhoon hava şoku modeli (İnt.Kyn. 2).

6.4.3 Üçüncü Karar Seçeneği

XHV Tornado hava şoku modeli, AHS uygulamasında üçüncü karar seçeneği olmaktadır. Bu hava şoku modelinin temel teknik özellikleri aşağıda yer almakla beraber ürün görseli Resim 6.5’ de yer almaktadır (İnt.Kyn. 2).

- 8 Bar hava basıncına kadar çalışma olanağı,
- Orta derece hava tahliye gücü, *(Diğer modeller ile kıyaslandığında)*
- Orta derece hava tahliye süresi, *(Diğer modeller ile kıyaslandığında)*
- Valfin tamamının hava şoku tankı sökülerek çıkarılabilmesi,
- Orta seviye bakım olanağı ve bakım gereksinimi, *(Diğer modeller ile kıyaslandığında)*
- Masif tasarım,
- Ağır gövde,
- Pozitif basınç patlama teknoloji ile yüksek güvenilirlik,
- Dış valf mekanizması,
- 50 litre ve 100 litre tank seçeneği,
- Fiyat: ** *(Diğer modeller ile kıyaslandığında)*



Resim 6.5 XHV Tornado hava şoku modeli (İnt.Kyn. 2).

6.4.4 Dördüncü Karar Alternatifi

XHV hava şoku modeli, AHS uygulamasında dördüncü karar seçeneği olmaktadır. Bu hava şoku modelinin temel teknik özellikleri aşağıda yer almakla beraber ürün görseli Resim 6.6' da yer almaktadır (İnt.Kyn. 2).

- 8 Bar hava basıncına kadar çalışma olanağı,
- Düşük derece hava tahliye gücü, *(Diğer modeller ile kıyaslandığında)*
- Orta derece hava tahliye süresi, *(Diğer modeller ile kıyaslandığında)*
- Valfin tamamının hava şoku tankı sökülerek çıkarılabilmesi,
- Düşük seviye bakım olanağı ve yüksek bakım gereksinimi, *(Diğer modeller ile kıyaslandığında)*
- Masif tasarım,
- Ağır gövde,
- Negatif basınç patlama teknoloji ile düşük güvenilirlik,
- Dış valf mekanizması,
- 50 litre ve 100 litre tank seçeneği,
- Fiyat: * *(Diğer modeller ile kıyaslandığında)*



Resim 6.6 XHV hava şoku modeli (İnt.Kyn. 2).

6.4.5 Beşinci Karar Seçeneği

Multiport hava şoku modeli, AHS uygulamasında son karar seçeneği olmaktadır. Bu hava şoku modelinin temel teknik özellikleri aşağıda yer almakla beraber ürün görseli Resim 6.7’ de yer almaktadır (İnt.Kyn. 2).

- Çoklu çıkış sistemi ile etkili hava şoku dizaynı,
- Yüksek dayanımlı, çelik örgülü özel hortum kullanımı ile erişimin zor olduğu, çok yüksek sıcaklıklara maruz kalan tehlikeli bölgelerde de uygulanabilme olanağı,
- 8 Bar hava basıncına kadar çalışma olanağı,
- Yüksek derece hava tahliye gücü, *(Diğer modeller ile kıyaslandığında)*
- Yüksek derece hava tahliye süresi, *(Diğer modeller ile kıyaslandığında)*
- Valfin tamamının hava şoku tankı sökülerek çıkarılabilmesi,
- Yüksek seviye bakım olanağı ve orta derece bakım gereksinimi, *(Diğer modeller ile kıyaslandığında)*
- Ağır gövde ve masif tasarım,
- Pozitif basınç patlama teknoloji ile yüksek güvenilirlik,
- İç valf mekanizması,
- 100 litre ve 150 litre tank seçeneği,
- Fiyat: ***** *(Diğer modeller ile kıyaslandığında)*



Resim 6.7 Multiport hava şoku modeli (İnt.Kyn. 2).

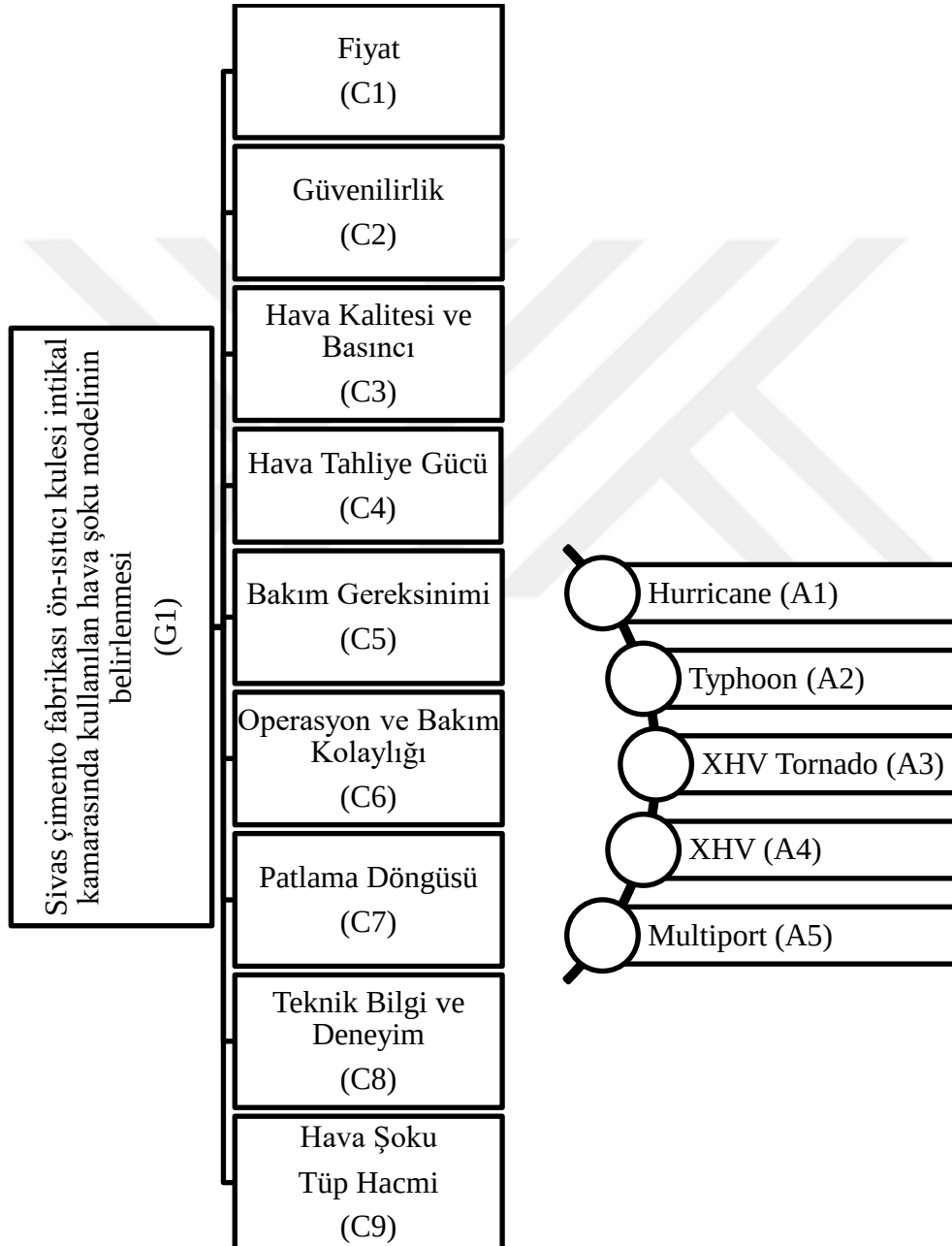
6.5 AHS Uygulamasına Yönelik Hiyerarşik Modeller

AHS uygulamalarında her bir hedefe yönelik özel hiyerarşik modelin oluşturulmasının gerekliliği ve bu tez çalışmasında da toplam dört farklı hedef bulunması sebebiyle dört adet hiyerarşik model oluşturulmuştur.



6.5.1 İlk Hedefe Yönelik Hiyerarşik Model

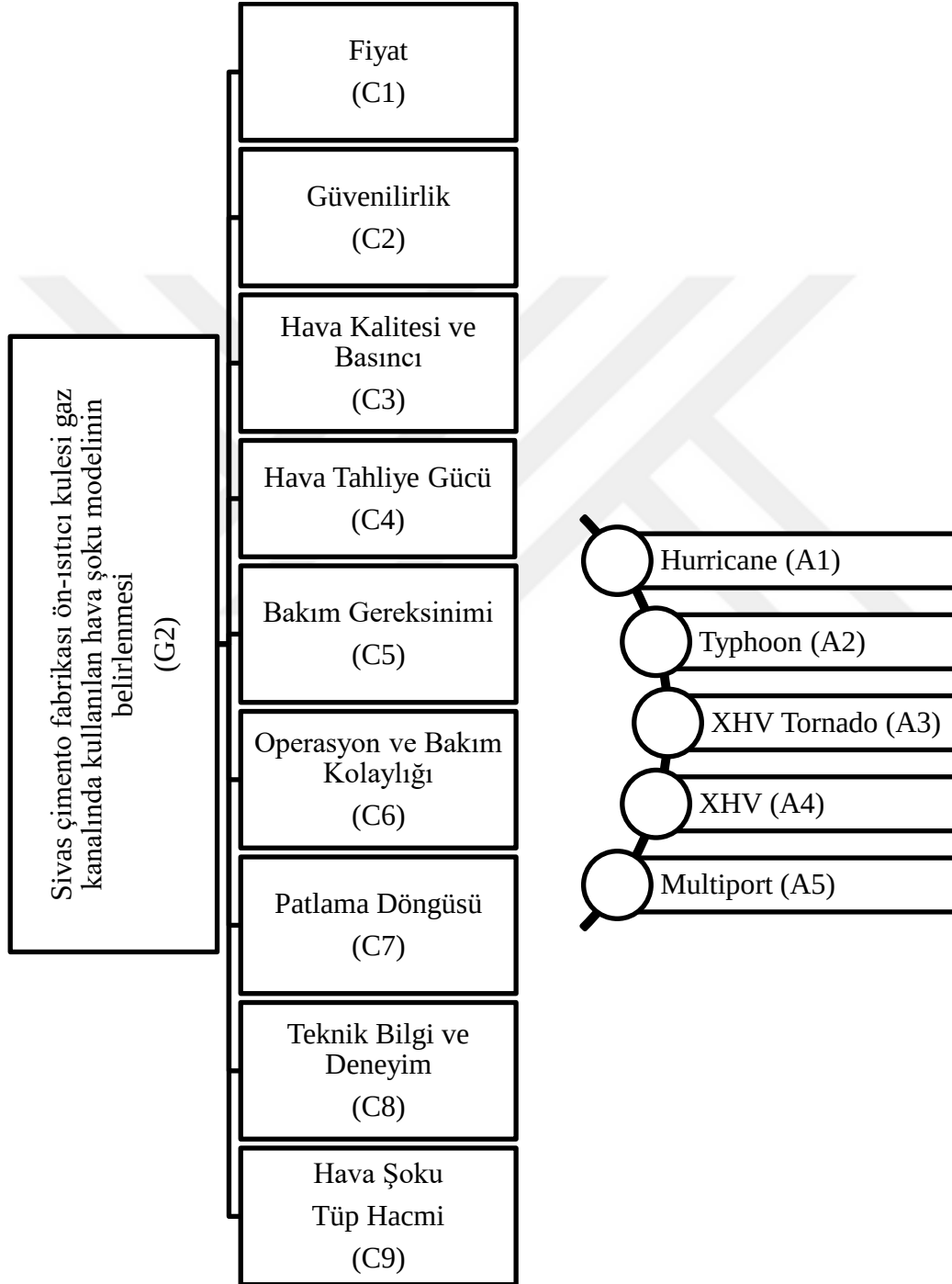
İlk hedef; çimento fabrikası ön-ısıtıcı kulesinin en kritik bölgelerinden birisi olan intikal kamarasında kullanılan hava şoku modelinin belirlenmesi olmaktadır. Hiyerarşik model, Şekil 6.1’ de verilmiştir.



Şekil 6.1 İlk hedefe yönelik hiyerarşik model.

6.5.2 İkinci Hedefe Yönelik Hiyerarşik Model

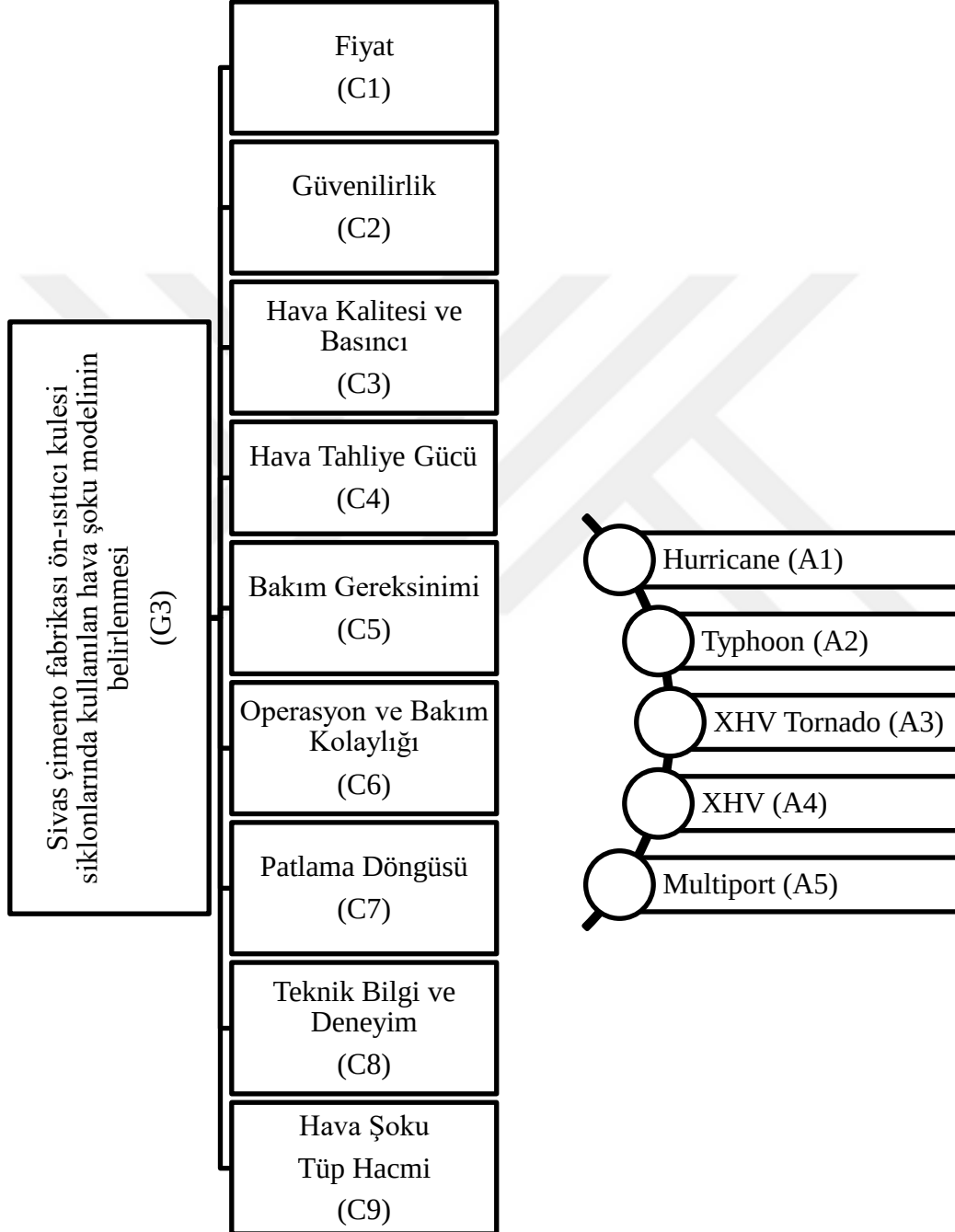
İkinci hedef; çimento fabrikası ön-ısıtıcı kulesi gaz kanalında kullanılan hava şoku modelinin belirlenmesi olmaktadır. Hiyerarşik model, Şekil 6.2’ de verilmiştir.



Şekil 6.2 İkinci hedefe yönelik hiyerarşik model.

6.5.3 Üçüncü Hedefe Yönelik Hiyerarşik Model

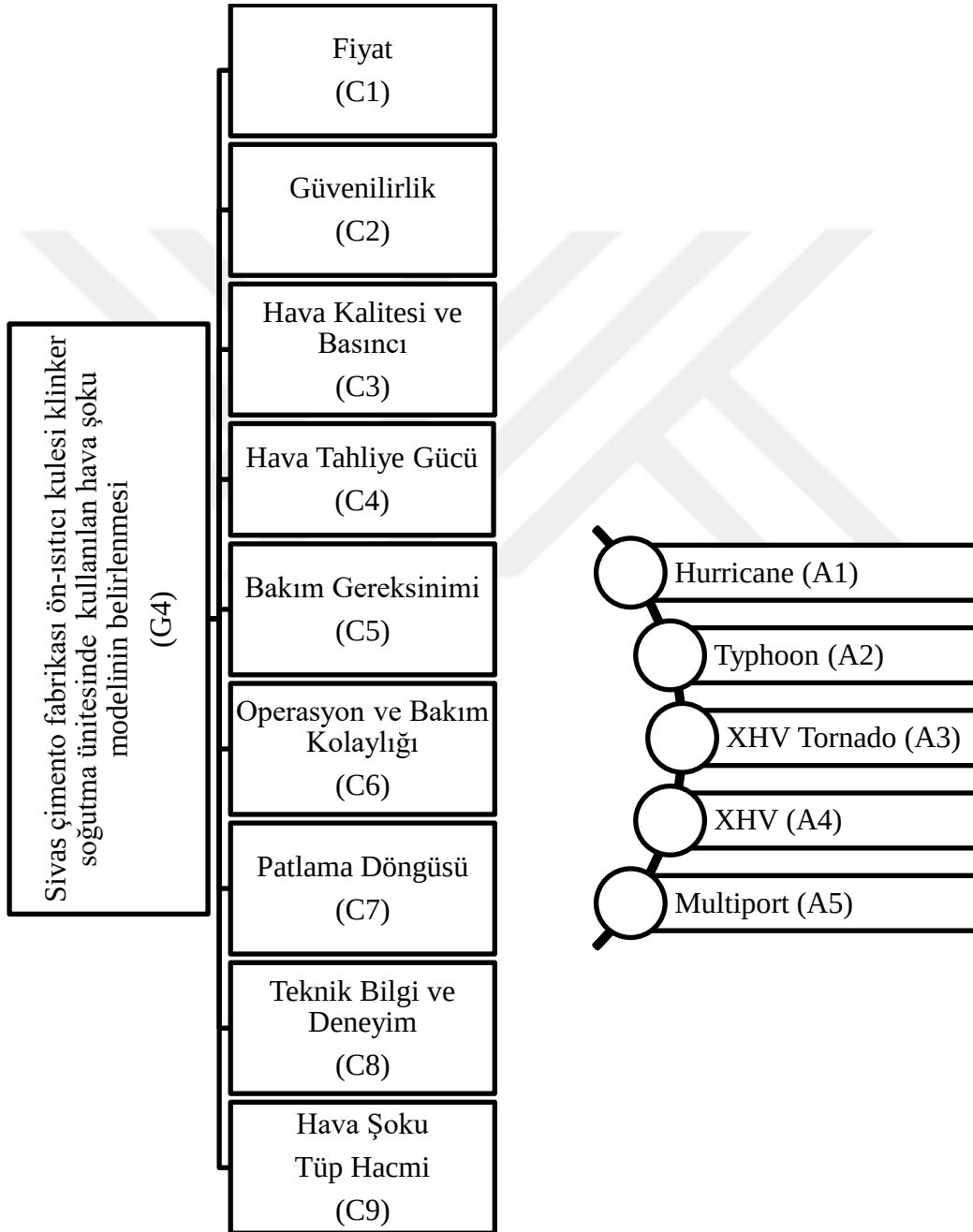
Üçüncü hedef; çimento fabrikası ön-ısıtıcı kulesi siklonlarında kullanılan hava şoku modelinin belirlenmesi olmaktadır. Hiyerarşik model, Şekil 6.3' de verilmiştir.



Şekil 6.3 Üçüncü hedefe yönelik hiyerarşik model.

6.5.4 Dördüncü Hedefe Yönelik Hiyerarşik Model

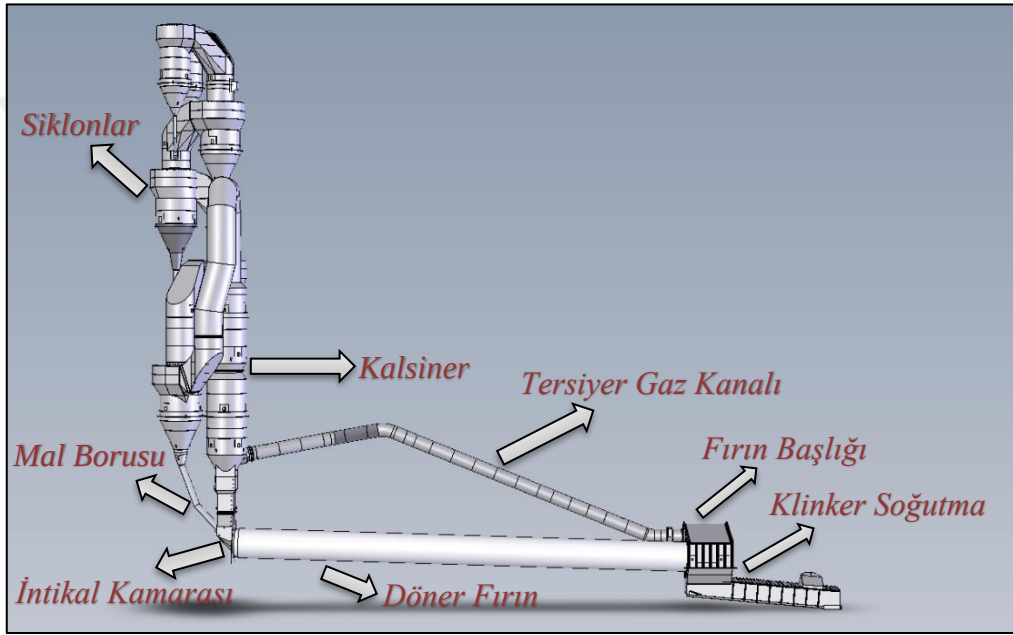
Dördüncü hedef; çimento fabrikası ön-ısıtıcı kulesinin en kritik bölgelerinden birisi olan klinker soğutma ünitesinde kullanılan hava şoku modelinin belirlenmesi olmaktadır. Hiyerarşik model, Şekil 6.4’ de verilmiştir.



Şekil 6.4 Dördüncü hedefe yönelik hiyerarşik model.

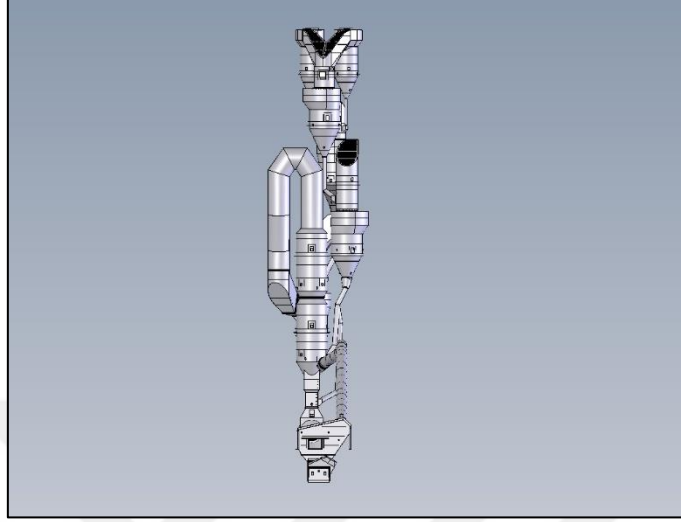
6.6 Çimento Üretim Prosesi Hava Şoku Uygulama Bölgeleri

Hava şokları, entegre çimento fabrikalarında başta *ön-ısıtıcı kulesi*, *klinker soğutma ünitesi*, *hammadde bunkerleri*, *kırıcı şut boğazları* ve *konveyör şut boğazları* olmak üzere birçok bölgede kullanılmaktadır. Ön-ısıtıcı kulesi ve klinker soğutma, çimento prosesinin en kritik üniteleri olması sebebiyle bu çalışmada sadece söz konusu bölgelerde uygulanan hava şoku sistemleri incelenmiştir. Ön-ısıtıcı kulesi ve klinker soğutma ünitesi alt bölgelerini belirtir 3 boyutlu teknik resim, Resim 6.8’ de verilmiştir.



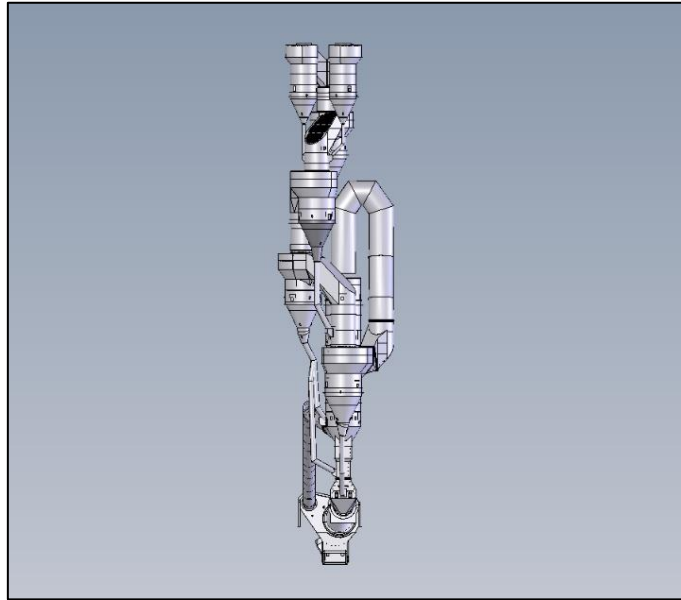
Resim 6.8 Ön-ısıtıcı kulesi ve klinker soğutma ünitesi yan kesit görünümü (İnt.Kyn. 6).

3 boyutlu ön-ısıtıcı kulesi ve klinker soğutma ünitesi alt bölgelerini belirtir teknik resmin ön kesiti, Resim 6.9’ da verilmiştir.



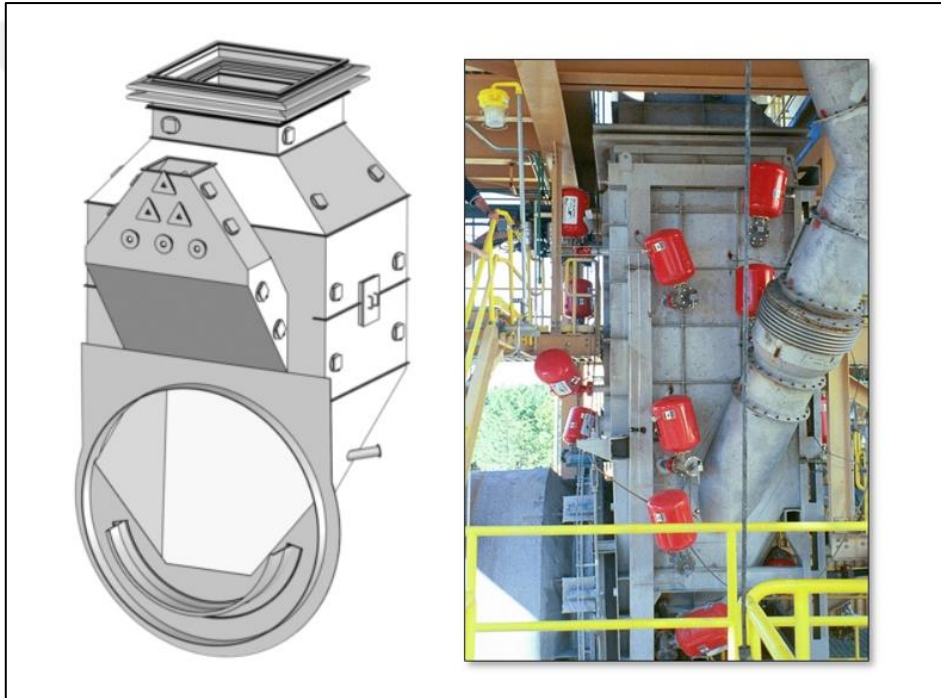
Resim 6.9 Ön-ısıtıcı kulesi ve klinker soğutma ünitesi ön kesit görünümü (İnt.Kyn. 6).

3 boyutlu ön-ısıtıcı kulesi ve klinker soğutma ünitesi alt bölgelerini belirtir teknik resmin arka kesiti, Resim 6.10’ da verilmiştir.



Resim 6.10 Ön-ısıtıcı kulesi ve klinker soğutma ünitesi arka kesit görünümü (İnt.Kyn. 6).

Resim 6.11, örnek bir intikal kamarası bölgesinin teknik kesiti ve bölgede uygulanan hava şoku görselini içermektedir. İntikal kamarası, ön-ısıtıcı kulesi siklonlarından ve kalsiner bölgesinden belirli bir sıcaklığa ulaşan farinin (değirmende öğütülmüş çok ince boyutlu kil,kalker ve marn karışımı) döner fırına transfer edildiği bölgedir. Ön-ısıtıcı kulesinde yaşanan en çok ve en kritik malzeme akış problemleri bu bölgede meydana gelmektedir. Bu bölgede meydana gelebilecek herhangi bir akış problemi, döner fırın duruşuna sebebiyet vermektedir. Bölgede etkin ve verimli hava şoku kullanımı ile beklenmedik plânsız fırın duruşlarının önüne geçilebilmektedir. Bu sebeple, intikal bölgesinde uygulanması gereken hava şoku uygulaması ilk hedefimiz olmaktadır (İnt.Kyn. 6).



Resim 6.11 Örnek bir intikal kamarası teknik kesiti ve hava şoku uygulaması görseli (İnt.Kyn. 7).

Resim 6.12, pre-kalsinasyon (ön-ısıtma) işlemi için gerekli ısı enerjisini avantajlı bir şekilde sağlayabilmek için geliştirilen gaz kanalı teknik kesiti ve bölgede uygulanan hava şoku görselini içermektedir. Kapalı sistem içerisinde farin ve sinterize olmuş (topaklaşmış) klinker ile birlikte hareket eden yüksek sıcaklığa sahip gaz, gaz kanalı vasıtasıyla tekrar sistem içerisine sirküle edilerek ciddi oranda enerji tasarrufu elde edilmektedir. Yüksek sıcaklığa sahip gaz içerisinde bulunan çeşitli uçucu partiküller, zamanla özellikle gaz kanallarının “boyun” diye tabir edilen radyal bölgelerinde çeşitli

birikintilere neden olmaktadır ve bu durum stabil sistemin zarar görmesine yol açmaktadır. Hava şoku kullanımı ile bu birikintilerin gerçekleşmesi önceden engellenmiş olmaktadır. Gaz kanalında uygulanacak hava şoku uygulaması, ikinci hedef olarak belirlenmiştir.



Resim 6.12 Örnek bir gaz kanalı teknik kesiti ve hava şoku uygulaması görseli (İnt.Kyn. 7).

Resim 6.13, değirmende öğütülmüş ince boyutlu farin malzemesinin, ön-ısıtıcı kulesine beslendiği siklonların teknik kesiti ve bölgede uygulanan hava şoku görselini içermektedir. Döner fırına beslenen farin malzemesinin belirli bir sıcaklığa ulaşabilmesi için belirli bir süre yüksek sıcaklığa maruz kalması gerekmektedir. Sistem içerisinde yeniden kullanılan yüksek sıcaklığa sahip gaz, beslenen farin malzemesi ile çok kısa olmayan bir periyot ile etkileşime geçmesi gerekmektedir. Bu sebeple, siklonlar bölgesi kat tasarımında birden fazla siklona sahip olmaktadır. Böylece farin malzemesi, sıcak gaz ile yeterli sürede etkileşime girerek istenilen sıcaklık değerlerine ulaşmaktadır. Günümüz çimento üretim teknolojisinde siklonlar bölgesi genellikle 4 veya 5 katlı olmaktadır. Siklonların geometrik yapısı gereği özellikle malzeme akışının olduğu konik bölgelerde hammaddenin içeriğine bağlı olarak ciddi malzeme akış problemleri meydana gelmektedir. Bu problemler, üretim departmanı tarafından saatlik veya günlük olarak

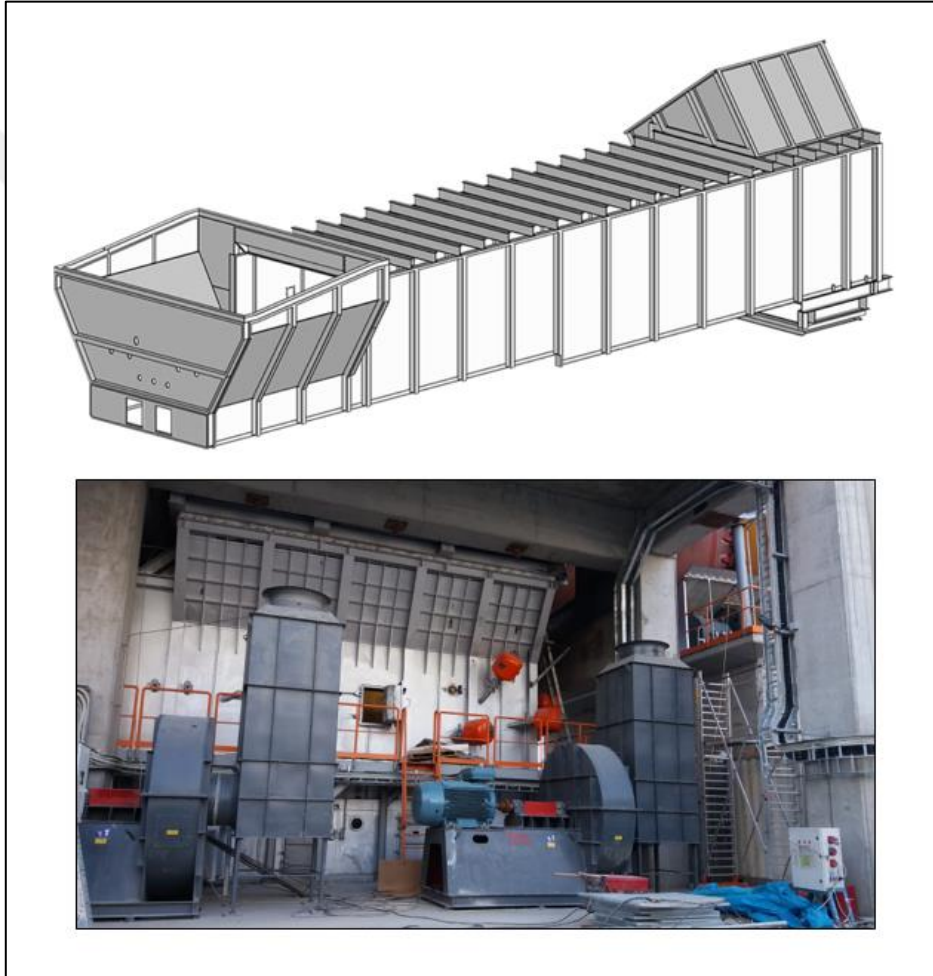
hedeflenen klinker üretim kapasitesine ulaşılmasında büyük bir problem oluşturmaktadır. Malzeme beslemesinin olduğu bir bölgede yaşanacak herhangi bir kesinti veya kayıp, plânlanan tonajları kesinlikle riske atmaktadır. Hava şokları, konik bölgelerde yaşanan bu malzeme birikmelerini kolaylıkla engelleyebilmektedir. Bu sebeple, siklonlar bölgesinde uygulanacak hava şoku uygulaması üçüncü hedef olarak belirlenmiştir.



Resim 6.13 Örnek bir siklon teknik kesiti ve hava şoku uygulaması görseli (İnt.Kyn. 7).

Resim 6.14, döner fırında yüksek sıcaklığa maruz kalarak sinterize olmuş klinker malzemesinin istenilen değerlere soğutulmasının sağlandığı, çimento üretim prosesinin nihai aşamalarından birisi olan klinker soğutma ünitesi teknik kesiti ve bölgede uygulanan hava şoku görselini içermektedir. Klinker soğutma ünitesi içerisinde yer alan hareketli mekanik metal ızgaralar, klinker topaklarını sistem içerisine yüksek devir ile üflenen hava akımı eşliğinde ileri doğru hareket ettirerek malzemenin tamamen soğumasını ve öğütülebilir duruma getirilmesini sağlamaktadır. İstenilen sıcaklık değerlerine soğutulan klinker malzemesi, değirmende belirli bir boyuta ulaşacak şekilde öğütüldükten sonra içerisine bir miktar (~ 3) alçı katkı malzemesi ilavesi ile çimento nihai ürününe dönüşmektedir. Ancak, belirli dönemlerde yüksek sıcaklığa ve belirli

derece viskoziteye sahip klinker topakları, çeşitli sebepler ile ızgaralar üzerine hareket edemez ve döner fırından gelen malzemenin de yaptığı basınç ile malzeme birbirine kaynamaktadır ve neticesinde endüstride “*Snow Man*” olarak adlandırılan “*Kardan Adam*” problemi oluşmaktadır. Problemin oluşması ile beraber döner fırın kesinlikle duruşa geçmektedir. Hava şokunun yarattığı “*itici kinetik enerji*” etkisi ile bu problemin yaşanması engellenebilmektedir. Bu sebeple, klinker soğutma ünitesinde uygulanacak hava uygulaması dördüncü hedef olarak belirlenmiştir.



Resim 6.14 Örnek bir klinker soğutma ünitesi teknik kesiti ve hava şoku uygulaması görseli (İnt.Kyn. 7).

6.7 Metot

Bu çalışmada, Votorantim Sivas Çimento Fabrikası ön-ısıtıcı kulesinin çeşitli bölgeleri ve klinker soğutma ünitesinde meydana gelebilecek malzeme akış problemlerinin önüne geçilebilmesi amacıyla tasarlanması gereken hava şoku uygulama projesinin etüt edilerek sayısal veriler rehberliğinde daha rasyonel ve daha bilimsel bir şekilde gerçekleştirilmesi amacıyla *Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinden* biri olan “*Analitik Hiyerarşi Süreci*” tekniğine başvurulmuştur.

Fabrikada gerçekleştirilen proje etüdü, sahada yapılan teknik incelemeler ve fabrika üretim biriminde görev yapan ilgili yetkililerin sunmuş olduğu bilgiler doğrultusunda 4 aylık bir zaman diliminde gerçekleştirilmiştir.

Analitik Hiyerarşi Süreci tekniğiyle oluşturulan hedeflerin matris çözümü, tekniğin çözüm yöntemlerinden birisi olan *Klasik Matris Çözümlemesi* tekniğine başvurularak *Microsoft Office Excel* yazılımı aracılığıyla çözümlenmiş olup elde edilen sonuçların duyarlılığını ölçebilmek amacıyla AHS problemleri için sıklıkla tercih edilen popüler bilgisayar yazılımlarından birisi olan *Expert Choice* adlı programdan faydalanılmıştır.

7. BULGULAR

Bu çalışmada konu alınan hedeflere yönelik AHS uygulaması için oluşturulan ana ölçüt ve karar seçeneklerine ait karşılaştırma matrisleri öğeleri önem derecelerinin tespiti; *OME*, *ADE*, *MAY* ve *SSI* harf kodlu 4 farklı kıdemli uzman teknisyenin geniş teorik bilgisi, saha gözlemleri ve pratiğe dayalı saha deneyimleri ile grup içerisinde yapılan tartışma sonucu elde edilen uzlaşılı ile yapılmıştır. *OME* kod adlı uzman teknisyen, 2006 yılından beri firmada görev almaktadır. Kişisi, makine teknikeridir. *ADE* kod adlı uzman teknisyen, 2010 yılından beri firmada görev almaktadır. Kişisi, makine teknisyenidir. *MAY* kod adlı uzman teknisyen, 2013 yılından beri firmada görev almaktadır. Kişisi, makine teknikeridir. *SSI* kod adlı uzman teknisyen, 2015 yılından beri firmada görev almaktadır. Kişisi, otomasyon teknikeridir.

Hemfikir kalınarak elde edilen karşılaştırma matrislerinin tümü, çalışma sonunda ek olarak sunulmuştur.

7.1 Hedeflere Yönelik Ana Ölçütler ve Karar Seçenekleri Önem Dereceleri Karşılaştırma Matrisleri

AHS tekniğinin temeli belirtildiği üzere iki farklı ölçütün veya seçeneğin birbirine olan üstünlüğü üzerinden karara ulaşmamızdır. Yapılması gereken üstünlük diğeri bir ifade ile önem derecesi değeriendirilmesi, mantıklı sonuca ulaşılabilmesi için oldukça hassasiyetle gerçekleştirilmelidir.

7.1.1 İlk Hedef

Çizelge 7.1’ de yer alan “Ana Ölçütler” matrisi, uzman teknisyenlerin grup tartışması sonrasında elde ettiği uzlaşısı sonucu oluşmuştur.

Çizelge 7.1 İlk hedef için ölçüt ağırlıklarının belirlendiği ikili karşılaştırma matrisi.

C	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	GEO. ORT.
C1	1.000	0.333	0.500	2.000	0.333	0.333	0.333	0.333	2.000	0.587
C2	3.000	1.000	3.000	2.000	2.000	3.000	2.000	2.000	3.000	2.217
C3	2.000	0.333	1.000	2.000	0.500	0.333	0.500	0.333	2.000	0.749
C4	0.500	0.500	0.500	1.000	0.333	0.500	0.333	0.500	2.000	0.576
C5	3.000	0.500	2.000	3.000	1.000	2.000	3.000	0.333	2.000	1.489
C6	3.000	0.333	3.000	2.000	0.500	1.000	2.000	0.500	2.000	1.220
C7	3.000	0.500	2.000	3.000	0.333	0.500	1.000	0.333	3.000	1.046
C8	3.000	0.500	3.000	2.000	3.000	2.000	3.000	1.000	2.000	1.901
C9	0.500	0.333	0.500	0.500	0.500	0.500	0.333	0.500	1.000	0.493
										λ_{max} 9.818 CR 0.071 ≤ 0.1

Alanında deneyimli dört farklı kıdemli uzman teknisyen tarafından değerlendirilen önem dereceleri satırlarının geometrik ortalaması, *Microsoft Office Excel* yazılımında “=GEOMEAN()” fonksiyonu ile elde edilmiştir.

- İlk Hedef Karar Seçenekleri Önem Dereceleri Karşılaştırma Matrisleri

İlk hedef için önerilen toplam 5 adet karar seçeneğine yönelik her bir ana ölçüt için ayrı ayrı değerlendirilerek karşılaştırma matrisleri oluşturulmuştur.

Çizelge 7.2’ de yer alan “Fiyat-Karar Seçenekleri” matrisi, uzman teknisyenlerin grup tartışması sonrasında elde ettiği uzlaşısı sonucu oluşmuştur.

Çizelge 7.2 İlk hedefin fiyat ölçütünün seçenekler ile karşılaştırıldığı ikili karşılaştırma matrisi.

C1	A1	A2	A3	A4	A5	GEO.ORT.	GÖV (W)
A1	1.000	3.000	4.000	6.000	0.333	1.888	0.264
A2	0.333	1.000	3.000	4.000	0.250	1.000	0.140
A3	0.250	0.333	1.000	2.000	0.167	0.488	0.068
A4	0.167	0.250	0.500	1.000	0.143	0.312	0.044
A5	3.000	4.000	6.002	7.003	1.000	3.472	0.485
							λ_{max} 5.198 CR 0.044 ≤ 0.1

Çizelge 7.3’ de yer alan “Güvenilirlik-Karar Seçenekleri” matrisi, uzman teknisyenlerin grup tartışması sonrasında elde ettiği uzlaşısı sonucu oluşmuştur.

Çizelge 7.3 İlk hedefin güvenilirlik ölçütünün seçenekler ile karşılaştırıldığı ikili karşılaştırma matrisi.

C2	A1	A2	A3	A4	A5	GEO.ORT.	GÖV (W)
A1	1.000	3.000	4.000	5.000	5.000	3.129	0.475
A2	0.333	1.000	3.000	4.000	3.000	1.644	0.249
A3	0.250	0.333	1.000	3.000	2.000	0.871	0.132
A4	0.200	0.250	0.333	1.000	2.000	0.506	0.077
A5	0.200	0.333	0.500	0.500	1.000	0.441	0.067
λ_{max} 5.267 CR 0.060 ≤ 0.1							

Çizelge 7.4’ de yer alan “Hava Kalitesi ve Basıncı-Karar Seçenekleri” matrisi, uzman teknisyenlerin grup tartışması sonrasında elde ettiği uzlaşısı sonucu oluşmuştur.

Çizelge 7.4 İlk hedefin hava kalitesi ve basıncı ölçütünün seçenekler ile karşılaştırıldığı ikili karşılaştırma matrisi.

C3	A1	A2	A3	A4	A5	GEO.ORT.	GÖV (W)
A1	1.000	3.000	4.000	5.000	0.250	1.719	0.224
A2	0.333	1.000	2.000	4.000	0.167	0.850	0.111
A3	0.250	0.500	1.000	5.000	0.143	0.617	0.080
A4	0.200	0.250	0.200	1.000	0.125	0.263	0.034
A5	4.000	6.002	7.003	8.000	1.000	4.224	0.551
λ_{max} 5.387 CR 0.086 ≤ 0.1							

Çizelge 7.5’ de yer alan “Hava Tahliye Gücü-Karar Seçenekleri” matrisi, uzman teknisyenlerin grup tartışması sonrasında elde ettiği uzlaşısı sonucu oluşmuştur.

Çizelge 7.5 İlk hedefin hava tahliye gücü ölçütünün seçenekler ile karşılaştırıldığı ikili karşılaştırma matrisi.

C4	A1	A2	A3	A4	A5	GEO.ORT.	GÖV (W)
A1	1.000	3.000	5.000	7.000	3.000	3.160	0.468
A2	0.333	1.000	4.000	5.000	2.000	1.679	0.249
A3	0.200	0.250	1.000	3.000	0.500	0.596	0.088
A4	0.143	0.200	0.333	1.000	0.333	0.316	0.047
A5	0.333	0.500	2.000	3.000	1.000	1.000	0.148
λ_{max} 5.154 CR 0.034 ≤ 0.1							

Çizelge 7.6’ da yer alan “*Bakım Gereksinimi-Karar Seçenekleri*” matrisi, uzman teknisyenlerin grup tartışması sonrasında elde ettiği uzlaşısı sonucu oluşmuştur.

Çizelge 7.6 İlk hedefin bakım gereksinimi ölçütünün seçenekler ile karşılaştırıldığı ikili karşılaştırma matrisi.

C5	A1	A2	A3	A4	A5	GEO.ORT.	GÖV (W)
A1	1.000	2.000	3.000	4.000	3.000	2.352	0.394
A2	0.333	1.000	3.000	4.000	2.000	1.644	0.275
A3	0.250	0.250	1.000	3.000	2.000	0.922	0.154
A4	0.200	0.333	0.333	1.000	2.000	0.530	0.089
A5	0.333	0.500	0.500	0.500	1.000	0.530	0.089
λ_{max} 5.333 CR 0.074 ≤ 0.1							

Çizelge 7.7’ de yer alan “*Operasyon ve Bakım Kolaylığı-Karar Seçenekleri*” matrisi, uzman teknisyenlerin grup tartışması sonrasında elde ettiği uzlaşısı sonucu oluşmuştur.

Çizelge 7.7 İlk hedefin operasyon ve bakım kolaylığı ölçütünün seçenekler ile karşılaştırıldığı ikili karşılaştırma matrisi.

C6	A1	A2	A3	A4	A5	GEO.ORT.	GÖV (W)
A1	1.000	3.000	5.000	7.000	6.000	3.630	0.495
A2	0.333	1.000	4.000	5.000	6.000	2.091	0.285
A3	0.200	0.250	1.000	2.000	3.000	0.786	0.107
A4	0.143	0.200	0.500	1.000	2.000	0.491	0.067
A5	0.167	0.167	0.333	0.500	1.000	0.341	0.046
λ_{max} 5.215 CR 0.048 ≤ 0.1							

Çizelge 7.8’ de yer alan “*Patlama Döngüsü-Karar Seçenekleri*” matrisi, uzman teknisyenlerin grup tartışması sonrasında elde ettiği uzlaşısı sonucu oluşmuştur.

Çizelge 7.8 İlk hedefin patlama döngüsü ölçütünün seçenekler ile karşılaştırıldığı ikili karşılaştırma matrisi.

C7	A1	A2	A3	A4	A5	GEO.ORT.	GÖV (W)
A1	1.000	2.000	3.000	4.000	0.333	1.516	0.210
A2	0.500	1.000	3.000	4.000	0.200	1.037	0.143
A3	0.333	0.333	1.000	2.000	0.143	0.502	0.069
A4	0.250	0.250	0.500	1.000	0.125	0.330	0.046
A5	3.000	5.000	7.003	8.000	1.000	3.845	0.532
λ_{max} 5.132 CR 0.030 ≤ 0.1							

Çizelge 7.9’ da yer alan “*Teknik Bilgi ve Deneyim-Karar Seçenekleri*” matrisi, uzman teknisyenlerin grup tartışması sonrasında elde ettiği uzlaşısı sonucu oluşmuştur.

Çizelge 7.9 İlk hedefin teknik bilgi ve deneyim ölçütünün seçenekler ile karşılaştırıldığı ikili karşılaştırma matrisi.

C8	A1	A2	A3	A4	A5	GEO.ORT.	GÖV (W)
A1	1.000	2.000	3.000	4.000	0.250	1.431	0.194
A2	0.500	1.000	3.000	4.000	0.200	1.037	0.141
A3	0.333	0.333	1.000	2.000	0.143	0.502	0.068
A4	0.250	0.250	0.500	1.000	0.125	0.330	0.045
A5	4.000	5.000	7.003	8.000	1.000	4.073	0.552
λ_{max} 5.162 CR 0.036 ≤ 0.1							

Çizelge 7.10’ da yer alan “*Hava Şoku Tüp Hacmi-Karar Seçenekleri*” matrisi, uzman teknisyenlerin grup tartışması sonrasında elde ettiği uzlaşısı sonucu oluşmuştur.

Çizelge 7.10 İlk hedefin hava şoku tüp hacmi ölçütünün seçenekler ile karşılaştırıldığı ikili karşılaştırma matrisi.

C9	A1	A2	A3	A4	A5	GEO.ORT.	GÖV (W)
A1	1.000	3.000	4.000	5.000	0.200	1.644	0.211
A2	0.333	1.000	3.000	4.000	0.167	0.922	0.118
A3	0.200	0.250	1.000	3.000	0.143	0.513	0.066
A4	0.167	0.200	0.333	1.000	0.125	0.291	0.037
A5	5.000	6.002	7.003	8.000	1.000	4.417	0.567
λ_{max} 5.384 CR 0.083 ≤ 0.1							

- **Uyum Oranı Tespiti**

Öncelikler vektörü sütununda bulunan değerlerin tümü sırasıyla ilgili sütun değerleri ile çarpma işlemine tabi tutulmuştur. Çarpma işlemi sonrası oluşan yeni matris satır değerlerinin toplamı için farklı bir sütun oluşturulmuştur. Böylece “*Tüm Öncelikler Matrisi*” elde edilmiş olmaktadır.

Tüm öncelikler matrisinin bulunması ile karşılaştırma matrisinin *rasyonel – tutarlı* olup olmadığının tespiti yapılabilir duruma gelmektedir. Analitik Hiyerarşi Süreci ana başlığında bu işlem zaten detaylıca anlatılmıştır.

Tüm öncelikler matrisinde oluşturulan “*Toplam*” sütunundaki değerler, öncelikler matrisinde elde edilen “*Öncelikler Vektörü*” sütunundaki değerlere sırası ile bölünmektedir. Elde edilen yeni değerler ise tüm öncelikler matrisinin sonuna yeni bir

sütun olarak eklenmektedir. Bu sütunun başlığı “ λ ” olmaktadır. λ sütunundaki değerlerin aritmetik ortalaması alınarak “ λ_{max} ” değerine ulaşılmaktadır. Bu değer, “*Uyum İndeksi*” değerine ulaşmak için kullanılan formül için gerekli olmaktadır.

$$CI = [(\lambda_{max} - n) / (n - 1)] \quad (7.1)$$

CI = Uyum İndeksi – Consistency Index

n = Matris Eleman/Ölçüt Sayısı

Uyum indeksi değerinin bulunması sonrasında çıkan değer, “*Uyum Oranı*” formülünde kullanılmaktadır.

$$CR = CI / RI \quad (7.2)$$

CR = Uyum Oranı – Consistency Ratio

CI = Uyum İndeksi – Consistency Index

RI = Rassallık İndeksi – Random Index

Rassallık İndeksi ile ilgili değer tablosu, Analitik Hiyerarşi Süreci ana başlığında verilmiştir.

Karşılaştırma matrisinin tutarlı sayılabilmesi için elde edilen uyum oranının sayısal değeri “0,10” sayısından küçük olmalıdır. Aşağıda yer alan matrislere ait uyum oranlarının tümü “0,10” sayısından küçüktür. Bu sebeple matrislerin tümüne tutarlı denilebilir.

- **Tutarlı Matrislerin Çözümü ve Karara Varım**

Ana ölçütlerin ağırlık faktörleri ile karar seçeneklerinin önceliklerini sentezleyen matris, Çizelge 7.11’ de verilmiştir.

Çizelge 7.11 İlk hedef karara varım matrisi.

W ₀	0.057	0.216	0.073	0.056	0.145	0.119	0.102	0.185	0.048	KARAR
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	
A1	0.264	0.475	0.224	0.468	0.394	0.495	0.210	0.194	0.211	0.343
A2	0.140	0.249	0.111	0.249	0.275	0.285	0.143	0.141	0.118	0.204
A3	0.068	0.132	0.080	0.088	0.154	0.107	0.069	0.068	0.066	0.101
A4	0.044	0.077	0.034	0.047	0.089	0.067	0.046	0.045	0.037	0.060
A5	0.485	0.067	0.551	0.148	0.089	0.046	0.532	0.552	0.567	0.292

Toplam sütununda en büyük sayısal değere sahip karar seçeneği, ilgili hedef doğrultusunda tercih edilecek olan hava şoku modelidir.

7.1.2 İkinci Hedef

İlk hedef için yapılan işlemlerin tümü ikinci hedef için de gerçekleştirilmiş olup Çizelge 7.12’ de yer alan karar matrisi elde edilmiştir.

Çizelge 7.12 İkinci hedef karara varım matrisi.

W ₀	0.057	0.216	0.073	0.056	0.145	0.119	0.102	0.185	0.048	KARAR
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	
A1	0.327	0.445	0.356	0.431	0.366	0.446	0.363	0.356	0.215	0.384
A2	0.285	0.275	0.270	0.292	0.353	0.349	0.299	0.293	0.157	0.296
A3	0.114	0.134	0.117	0.084	0.136	0.100	0.168	0.088	0.061	0.117
A4	0.074	0.078	0.052	0.045	0.076	0.061	0.089	0.066	0.035	0.069
A5	0.199	0.068	0.205	0.148	0.069	0.044	0.082	0.197	0.532	0.135

Toplam sütununda en büyük sayısal değere sahip karar seçeneği, ilgili hedef doğrultusunda tercih edilecek olan hava şoku modelidir.

7.1.3 Üçüncü Hedef

İlk hedef için yapılan işlemlerin tümü üçüncü hedef için de gerçekleştirilmiş olup Çizelge 7.13’ de yer alan karar matrisi elde edilmiştir.

Çizelge 7.13 Üçüncü hedef karara varım matrisi.

W ₀	0.057	0.216	0.073	0.056	0.145	0.119	0.102	0.185	0.048	KARAR
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	
A1	0.230	0.403	0.316	0.468	0.377	0.278	0.210	0.195	0.211	0.304
A2	0.493	0.288	0.346	0.249	0.297	0.484	0.143	0.495	0.118	0.342
A3	0.126	0.149	0.168	0.088	0.153	0.116	0.069	0.147	0.066	0.130
A4	0.080	0.086	0.090	0.047	0.084	0.074	0.046	0.091	0.037	0.076
A5	0.070	0.075	0.080	0.148	0.088	0.048	0.532	0.072	0.567	0.147

Toplam sütununda en büyük sayısal değere sahip karar seçeneği, ilgili hedef doğrultusunda tercih edilecek olan hava şoku modelidir.

7.1.4 Dördüncü Hedef

İlk hedef için yapılan işlemlerin tümü dördüncü hedef için de gerçekleştirilmiş olup Çizelge 7.14’ de yer alan karar matrisi elde edilmiştir.

Çizelge 7.14 Dördüncü hedef karara varım matrisi.

W₀	0.057	0.216	0.073	0.056	0.145	0.119	0.102	0.185	0.048	KARAR
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	
A1	0.258	0.442	0.173	0.209	0.428	0.288	0.210	0.194	0.208	0.298
A2	0.137	0.234	0.104	0.108	0.221	0.155	0.143	0.141	0.117	0.169
A3	0.067	0.151	0.080	0.069	0.168	0.074	0.069	0.068	0.063	0.102
A4	0.041	0.092	0.037	0.037	0.094	0.046	0.046	0.045	0.037	0.061
A5	0.498	0.082	0.606	0.577	0.089	0.437	0.532	0.552	0.575	0.371

Toplam sütununda en büyük sayısal değere sahip karar seçeneği, ilgili hedef doğrultusunda tercih edilecek olan hava şoku modelidir.

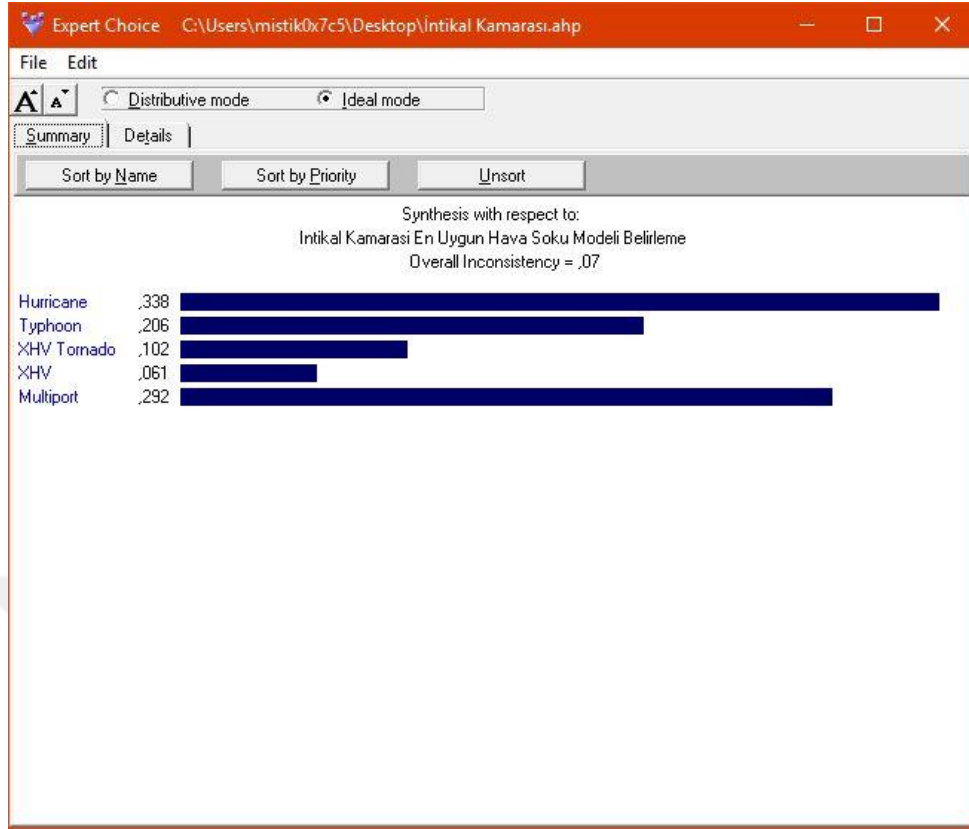
7.2 Duyarlılık Analizi

İkili karşılaştırma matrisleri, bireysel veya grup kararları olsa dahi karar verici veya karar vericilerin geçmiş deneyim, uzmanlık bilgisi ve değer yargısına göre değişkenlik gösteren öznel kararlar olmaktadır. Karşılaştırma matrislerinin değerlendirilmesinde herhangi bir sebeple farklılıklar meydana gelebilir. Bu değişikliklerin, karar sonucunun değişmesinde ne kadar etkin olduğunu tespit edilebilmesi amacıyla “*Duyarlılık Analizi*” yapılmaktadır. Kısacası duyarlılık analizi; her bir ana ölçüt üzerinde meydana gelen değişikliğin diğer ana ölçüt ve seçenekler üzerinde nasıl bir değişikliğe yol açtığını gösteren bir analiz olmaktadır. Uygulamaya konu olan hedeflere ait duyarlılık analizleri, “*Expert Choice*” adlı yazılım ile büyük bir hassasiyet ile gerçekleştirilmiştir (Saaty 1990a, b, Kuruüzüm ve Atsan 2001).

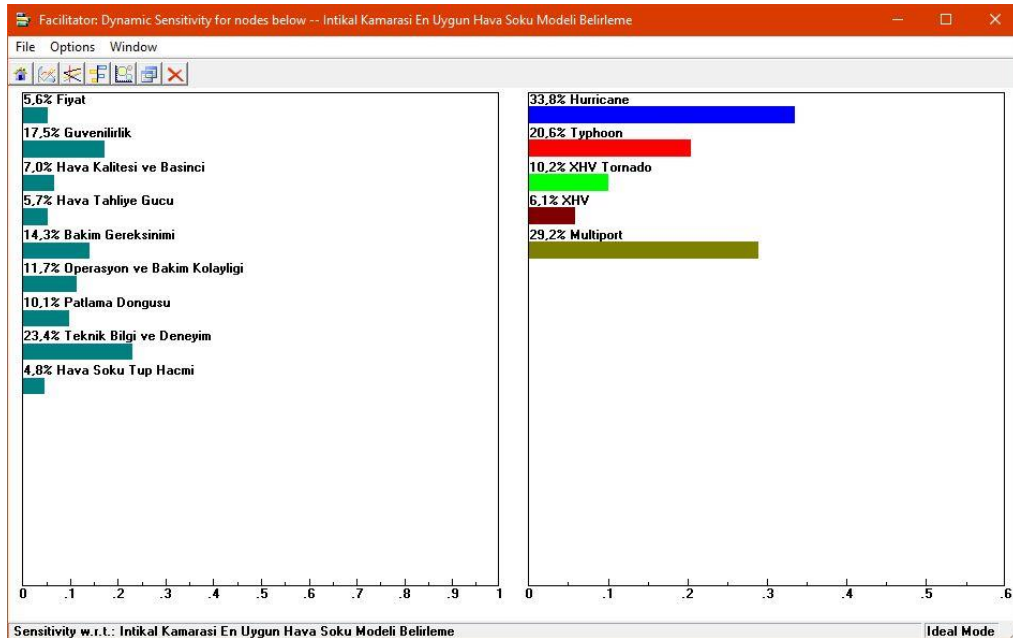
Resim 7.1, ilk hedef için oluşturulan hiyerarşik yapıya ait karşılaştırma matrislerinin sentezlenmesi sonucu açığa çıkan kararın sonucunu göstermektedir. Karar, %7’lik kabul edilebilir bir tutarsızlık oranı ile “*Hurricane*” hava şoku modeli olmaktadır. Ulaşılan sonuç, klasik matris çözüm yöntemi ile elde edilen Çizelge 7.11’ de verilen ilk hedefin

karara varım matris sonucu ile uyum göstermektedir. Resim 7.2 ise ilk hedefe ilişkin duyarlılık analizi ekran görüntüsü olmaktadır. Ekranın sol kısmında ilk hedefe konu olan intikal kamarası bölgesi için ana ölçütlerin ağırlıkları, yüzdesel olarak gösterilmektedir. Ekranın sağ kısmında ise intikal kamarası bölgesi için uygulanabilecek en uygun hava şoku modelleri, yüzdesel olarak belirtilmektedir.



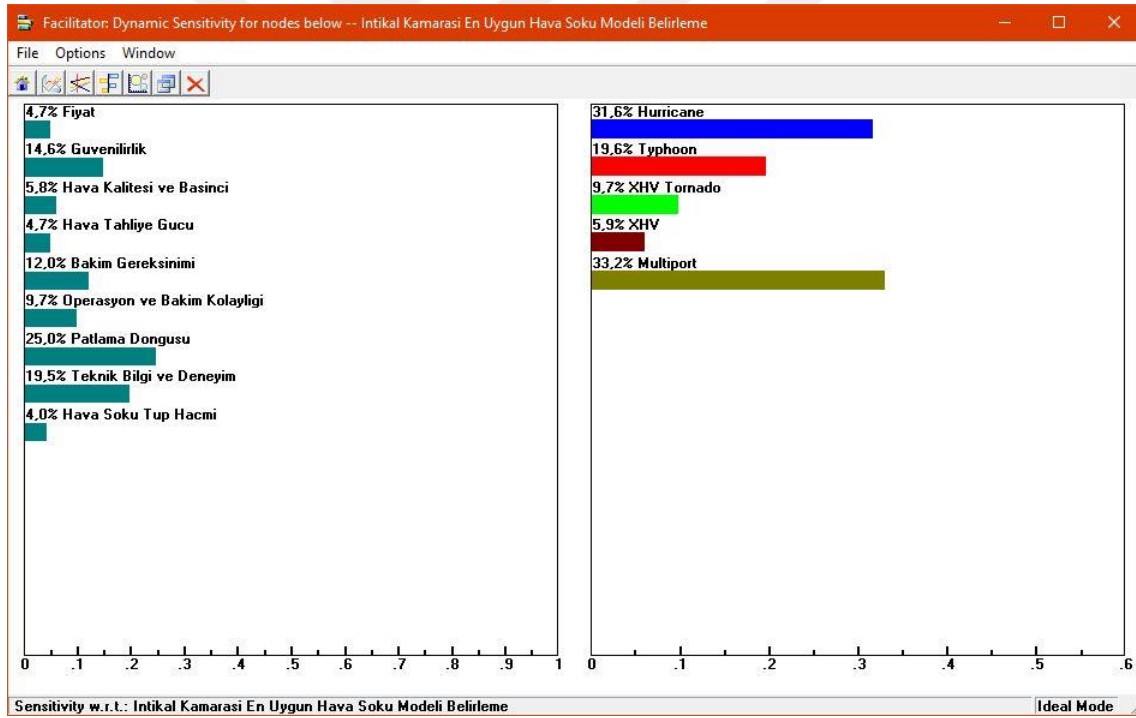


Resim 7.1 İlk hedefe ait AHS uygulamasının bilgisayar yazılımı ile değerlendirilmesi sonucu elde edilen seçenek.



Resim 7.2 İlk hedefe ilişkin duyarlılık analizi.

İntikal kamarası bölgesinde uygulanan hava şoku sisteminin patlama döngüsü kritik önem içermektedir. Bu sebeple bölgede kullanılması gereken hava şoku sistemi, çok yüksek hızlı tahliye gücüne sahip olmalı veya yüksek tank hacmine sahip çoklu valf mekanizmasına sahip olmalıdır. Ancak, çalışmaya konu olan Sivas Çimento' nun intikal kamarası için bu kural, kullanılan hammadde ve sistem tasarımı sebebi ile pek zorunlu olmamaktadır. Grup kararı sonucu intikal kamarası için “Patlama Döngüsü” ana ölçütü %10,1’ lik bir yüzdesel ağırlığa sahip olmaktadır. Ancak bu ölçütün ağırlığı, herhangi bir sebeple %25 ve üzerine çıkarsa karar seçeneğinde değişiklik meydana gelecektir. Yeni karar seçeneği %33,2’ lik bir oran ile yüksek tank hacimli çoklu valf mekanizmasına sahip “Multiport” hava şoku modeli olacaktır. Resim 7.3, “Patlama Döngüsü” ana ölçütünde yapılan ağırlık yüzdesi değer değişikliği sonucu diğer ana ölçütlerin alacağı ağırlık yüzdeleri ve yeni karar seçeneğini göstermektedir.



Resim 7.3 İlk hedef için patlama döngüsü ana ölçütü ağırlık yüzdesi değişikliğinde elde edilen yeni seçenek.

Duyarlılık analizi, ilk hedef sonrası diğer hedefler için de gerçekleştirilmiştir. İlk olarak yazılım aracılığıyla en uygun karar seçeneği belirlenmiş olup, hedeflerdeki bölgelerde ekstra kritik önem arz eden spesifik ana ölçütler üzerinden duyarlılık analizleri gerçekleştirilmiştir. İlk hedef için detaylıca açıklanarak yapılan işlemlerin tümü diğer hedefler içinde yapılmış olup, Çizelge 7.15’ de verilen tablo şeklinde verilmiştir.

Çizelge 7.15 Tüm hedeflere ilişkin duyarlılık analizi.

	1. Hedef / İntikal Kam.	2. Hedef / Gaz Kanalı	3. Hedef / Siklonlar	4. Hedef / Klinker Soğ.
En Uygun Hava Şoku Modeli	Hurricane	Hurricane	Typhoon	Multiport
Tutarsızlık Oranı	%7	%7	%7	%7
Kritik Ana Ölçüt	Patlama Döngüsü (%10,1)	Hava Şoku Tüp Hacmi (%4,8)	Hava Tahliye Gücü (%5,7)	Bakım Gereksinimi (%14,3)
Duyarlılık	> %25 (+15,1)	>%50 (+45,2)	>%25 (+19,3)	>%35,1 (+20,8)
Yeni En Uygun Hava Şoku Modeli	Multiport	Multiport	Hurricane	Hurricane

8. TARTIŞMA ve SONUÇ

Sivas çimento fabrikası ön-ısıtıcı kulesi ve klinker soğutma ünitesinde kullanılması gereken hava şoku modelini daha akılcı ve sayısal değerleri referans alarak bilimsel bir şekilde belirlemeye çalışan bu çalışmada elde edilen çıktılarına göre;

- Ön-ısıtıcı Kulesi “*İntikal Kamarası*” bölgesinde optimum verimliliği sağlamak için kullanılması uygun görülen hava şoku modeli; “*Hurricane*” olmaktadır.
 - Ön-ısıtıcı Kulesi “*İntikal Kamarası*” bölgesi için karara varılan “*Hurricane*” modelini ön plâna çıkaran ölçütlerin ağırlıklarına göre önem sırası; “*Güvenilirlik, Hava Tahliye Gücü, Bakım Gereksinimi ve Operasyon ve Bakım Kolaylığı*” olmaktadır.
- Ön-ısıtıcı Kulesi “*Gaz Kanalı*” bölgesinde optimum verimliliği sağlamak için kullanılması uygun görülen hava şoku modeli; “*Hurricane*” olmaktadır.
 - Ön-ısıtıcı Kulesi “*Gaz Kanalı*” bölgesi için karara varılan “*Hurricane*” modelini ön plâna çıkaran ölçütlerin ağırlıklarına göre önem sırası; “*Fiyat, Güvenilirlik, Hava Kalitesi ve Basıncı, Hava Tahliye Gücü, Bakım Gereksinimi, Operasyon ve Bakım Kolaylığı, Patlama Döngüsü, Teknik Bilgi ve Deneyim*” olmaktadır.
- Ön-ısıtıcı Kulesi siklonlarında optimum verimliliği sağlamak için kullanılması uygun görülen hava şoku modeli; “*Typhoon*” olmaktadır.
 - Ön-ısıtıcı Kulesi “*Siklonlar*” bölgesi için karara varılan “*Typhoon*” modelini ön plâna çıkaran ölçütlerin ağırlıklarına göre önem sırası; “*Fiyat Hava Kalitesi ve Basıncı, Operasyon ve Bakım Kolaylığı ve Patlama Döngüsü*” olmaktadır.
- Klinker soğutma ünitesinde optimum verimliliği sağlamak için kullanılması uygun görülen hava şoku modeli; “*Multiport*” olmaktadır.
 - Klinker soğutma ünitesi için karara varılan “*Multiport*” modelini ön plâna çıkaran ölçütlerin ağırlıklarına göre önem sırası; “*Fiyat, Hava Kalitesi ve*

Basıncı, Operasyon ve Bakım Kolaylığı, Patlama Döngüsü, Teknik Bilgi ve Deneyim ve Hava Şoku Tüp Hacmi” olmaktadır.

Çimento fabrikaları ön-ısıtıcı kulesi bölgeleri ve klinker soğutma üniteleri için geçmiş yıllarda gerçekleştirilen hava şoku projelerinde uygulanan hava şoku modelleri, bu çalışmaya konu olan AHS uygulaması sonucunda elde edilen karar seçenekleri ile büyük oranda uyum göstermektedir.

Alanında deneyimli ve yetkin uzman teknisyenlerce geleneksel karar verme yöntemleri ile tercih edilen hava şoku modellerinin uygunluğu, matematiksel istatistiğe dayalı bilimsel bir karar verme yöntemi ile kanıtlanmıştır.

Ancak uzman teknisyenlerin grup tartışması sonucu uzlaşıya vardığı önem derecelendirme matrislerinin tam olarak objektif olarak kabul edilmediği, kişilerin geçmiş deneyimleri ve uzmanlıklarına göre tamamen öznel olduğunu bilinmelidir. Bu sebeple, ölçütler arasında yapılan derecelendirmenin çeşitli sebeplerle (*önceliklerin değişmesi, yanlış bilinen bir teknik, yeni bir teknik kazanımı vb. gibi*) değişikliğe uğraması ile açığa çıkan karar seçeneğinin değişebilmesi mümkün olmaktadır.

AHS Tekniğine başvurularak belirlenen hava şoku modelleri, diğer hava şoku modelleri ile fiyat olarak karşılaştırıldığında daha yüksek etiket fiyatına sahiptirler. Ancak, gelişmiş valf teknolojisine sahip bu modellerin, işletmeye sağlamış oldukları birtakım avantajlar ile (*bakım kolaylığı, bakım gereksinimi azlığı, düşük hava tüketimi vs.*) Toplam Sahip Olma Maliyeti (*Total Cost of Ownership*) açısından kullanımı düşük etiket fiyatına sahip diğer modellere göre daha uygundur. Hava şoku gibi ekipmanlarda odaklanılması gereken en önemli öğe; *Toplam Sahip Olma Maliyeti* olmalıdır. Bu çalışma sonucunda elde edilen uzman kararları ise bu kurala uyar nitelikte olmaktadır.

9. KAYNAKLAR

- Al-Harbi, K.M.A.S. (2001). Application of the AHP in Project Management. *International Journal of Project Management*, **19**: 21.
- Alpay, S., Yavuz, M. (2009). Underground Mining Method Selection by Decision Making Tools. *Tunnelling and Underground Space Technology*, **24**: 173-184.
- Ataei, M. (2005). Multicriteria Selection for an Alumina-Cement Plant Location in East Azerbaijan Province of Iran. *Journal of The South African Institute of Mining and Metallurgy*, **105**: 507-514.
- Azadeh, A., Osanloo, M., Ataei, M. (2010). A New Approach to Mining Method Selection Based on Modifying the Nicholas Technique. *Applied Soft Computing*, **10**: 1040-1061.
- Badri, A., Nadeau, S., Gbodossou, A. (2013). A New Practical Approach to Risk Management for Underground Mining Project in Quebec. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, **26**: 1145-1158.
- Başçetin, A., Kesimal, A. (1999). Açık İşletmelerde Yükleme-Taşıma Sistemi Seçiminde Yeni Bir Yaklaşım. Türkiye 16. Madencilik Kongresi, 15-18 Haziran, Ankara, 57-64.
- Başçetin, A. (2004). An Application of the Analytic Hierarchy Process in Equipment Selection at Orhaneli Open Pit Coal Mine. *Mining Technology*, **113**: 192-199.
- Baylan, E.B. (2015). Türkiye'deki Mermer Sektörü Sorunlarının Tespit Edilip Analitik Hiyerarşi Prosesi Yöntemi ile Önceliklendirilmesi. Türkiye 24. Uluslararası Madencilik Kongresi ve Sergisi, 14-17 Nisan, Antalya, 825-834.
- Belton, V. (1986). A Comparison of the Analytic Hierarchy Process and Simple Multi-Attribute Value Function. *European Journal of Operational Research*, **26**: 7-21.
- Belton, V., and Gear, T. (1982). On a Shortcoming of Saaty' s Method of Analytic Hierarchies. *Omega*, **11**: 226-230.

- Bhutta, K.S., Huq, F. (2002). Supplier Selection Problem: A Comparison of the Total Cost of Ownership and Analytic Hierarchy Process Approaches. *Supply Chain Management: International Journal*, **7**: 134.
- Bogdanovic, D., Nikolic, D., Ilic, I. (2012). Mining Method Selection by Integrated AHP and PROMETHEE Method. *Anais da Academia Brasileira de Ciencias*, **84**: 219-233.
- Demir, R. (1994). Çok Amaçlı Karar Vermede Etkileşimli Beklenti Düzeyi Yaklaşımı. Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli.
- De-shun, L., Kai-li, X. (2011). Research on the Subjective Weight of the Risk Assessment in the Coal Mine System Based on GSPA-IAHP. *Procedia Engineering*, **26**: 1956-1963.
- Dyer, J.S. (1990). Remarks on the Analytic Hierarchy Process. *Management Science*, **36**: 249-258.
- Ersoy, M. (2013). The Role of Occupational Safety Measures on Reducing Accidents in Marble Quarries of Iscehisar Region. *Safety Science*, **57**: 293-302.
- Esen, Ö. (1998). İşletme Yönetiminde Sistem Yaklaşımı. Alfa Basım Yayım Dağıtım, İstanbul.
- Forman, E., Peniwati, K. (1998). Aggregating Individual Judgments and Priorities with the Analytic Hierarchy Process. *European Journal of Operational Research*, **108**: 165-169.
- Görener, A. (2009). Kesici Takım Tedarikçisi Seçiminde Analitik Ağ Sürecinin Kullanımı. *Havacılık ve Uzay Teknolojileri Dergisi*, **4**: 99-110.
- Gupta, S., Kumar, U. (2012). An Analytical Hierarchy Process (AHP) Guided Decision Model for Underground Mining Method Selection. *International of Mining, Reclamation and Environment*, **26**: 324-336.
- Hafeez, K., Zhang, Y.B., Malak, N. (2002). Determining Key Capabilities of A Firm Using Analytic Hierarchy Process. *International Journal of Production Economics*, **76**: 43.

- Hyun, K.C., Min, S., Choi, H., Park, J., Lee, I.M. (2015). Risk Analysis Using Fault-Tree Analysis (FTA) and Analytic Hierarchy Process (AHP) Applicable to Shield TBM Tunnels. *Tunnelling and Underground Space Technology*, **49**: 121-129.
- Karadoğan, A., Başçetin, A., Kahriman, A., Görgün, S. (2001). Bulanık Küme Teorisinin Yeraltı Üretim Yöntemi Seçiminde Kullanılabilirliği. Türkiye 17. Uluslararası Madencilik Kongresi ve Sergisi, 11-14 Nisan, Antalya, 95-102.
- Kazakidis, V.N., Mayer, Z., Scoble, M.J. (2004). Decision Making Using the Analytic Hierarchy Process in Mining Engineering. *Mining Technology*, **113**: 30-42.
- Kocamustafaoğulları, E. (2007). Çok Amaçlı Karar Verme. Çok Kriterli Karar Verme Semineri, TEPAV.
- Koçel, T. (2001). İşletme Yöneticiliği. Beta Yayın Dağıtım, İstanbul.
- Kurşunoğlu, N., Önder, M. (2014). Yeraltı Maden İşletmelerinde Analitik Hiyerarşi Prosesi Yöntemi ile Uygun Vantilatör Seçimi. Türkiye 19. Kömür Kongresi, 21-23 Mayıs, Zonguldak, 115-122.
- Kurşunoğlu, N., Önder, M. (2015). Selection of an Appropriate fan for an Underground Coal Mine Using the Analytic Hierarchy Process. *Tunnelling and Underground Space Technology*, **48**: 101-109.
- Kuruüzüm, A. (1998). Karar Destek Sistemlerinde Çok Amaçlı Yöntemler. Akdeniz Üniversitesi Yayınları, Antalya.
- Kuruüzüm, A., ve Atsan N. (2001). Analitik Hiyerarşi Prosesi ve İşletmecilik Alanındaki Uygulamaları. *Akdeniz İ.İ.B.F. Dergisi*, **1**: 83-105.
- Mohsen, J., Mohammad, A., Farhang, S., Esmail, J.S.M. (2009). The Application of AHP Approach to Selection of Optimum Underground Method. Case Study: JAJARM Bauxite Mine (Iran). *Arc. Min. Sci.*, **54**: 103-117.
- Mutlu, M., Sarı, M. (2017). Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ve Madencilik Sektöründe Kullanımı. *Bilimsel Madencilik Dergisi*, **56**: 181-196.
- Özdemir, A.İ., Deste, M. (2009). Gri İlişkisel Analiz ile Çok Kriterli Tedarikçi Seçimi: Otomotiv Sektöründe bir Uygulama. *İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi*, **38**: 147-156.

- Saaty, T.L. (1972). An Eigenvalue Allocation Model for Prioritization and Planning Energy Management and Policy Center. University of Pennsylvania, USA.
- Saaty, T.L. (1980). The Analytic Hierarchy Process. RWS Publications, Pittsburg.
- Saaty, T.L. (1982). Decision Making for Leaders. Lifetime Learning Publications, CA.
- Saaty, T.L. (1986). Axiomatic Foundation of the Analytic Hierarchy Process. *Management Science*, **32**: 841-855.
- Saaty, T.L. (1990a). How to Make A Decision: The Analytic Hierarchy Process. *European Journal of Operational Research*, **48**: 9-26.
- Saaty, T.L. (1990b). Multicriteria Decision Making: The Analytic Hierarchy Process. RWS Publications, Pittsburg.
- Saaty, T.L. (1994). Fundamentals of Decision Making and Priority Theory. RWS Publications, Pittsburgh.
- Saaty, T.L. (2000). Fundamentals of Decision Making and Priority Theory with the Analytic Hierarchy Process. RWS Publications, Pittsburgh.
- Saaty, T.L. (2001). Models, Methods, Concepts & Applications of the Analytic Hierarchy Process. Kluwer Academic Publishers, USA.
- Saaty, T.L. (2008). Decision Making with the Analytic Hierarchy Process. *International Journal Services Sciences*, **1**: 95.
- Saaty, T.L. and Niemira, M.P. (2006). A Framework for Making a Better Decision. *Research Review*, **13**: 44-48.
- Saaty, T.L. Vargas, G.L. (2001). Model, Methods, Concepts & Applications of The Analytic Hierarchy Process. Kluwer's International Series, Denmark.
- Samanta, B., Sarkar, B., Mukherjee, S.K. (2002). Selection of Opencast Mining Equipment by a Multi-Criteria Decision Making Process. *Mining Technology*, **111**: 136-142.
- Shen, L., Muduli, K., Barve, A. (2015). Developing a Sustainable Development Framework in the Context of Mining Industries: AHP Approach. *Resources Policy*, **46**: 15-26.

- Swinderman, R.T., Marti, A.D., Goldbeck, L.J., Marshall, D., Strebel, M.G. (2009). Foundations™ The Practical Resource for Cleaner, Safer, More Productive Dust & Material Control. Martin Engineering Company, Neponset, Illinois, USA.
- Timor, M. (2001). Yöneylem Araştırması ve İşletmecilik Uygulamaları. İ.Ü. İşletme Fakültesi Yayın No: 280, İstanbul.
- Timor, M. (2004). Şehir içi Alışveriş Merkezi Yer Seçimi Faktörlerinin AHP Yardımıyla Sıralanması. *Yönetim Dergisi*, **48**: 3-18.
- Timor, M. (2010). Yöneylem Araştırması. Türkmen Kitabevi, İstanbul.
- Timor, M. (2011). Analitik Hiyerarşi Prosesi. Türkmen Kitabevi, İstanbul.
- Yavuz, M., Alpay, S. (2007). A Decision Support System for Underground Mining Method Selection. International Conference on Industrial, Engineering and Other Applications of Applied Intelligent, 26-29th June, Kyoto, Japan, 334-343.
- Yavuz, M., Iphar, M., Once, G. (2008). The Optimum Support Design Selection by Using AHP Method for the Main Haulage Road in WLC Tuncbilek Colliery, *Tunnelling and Underground Space Technology*, **23**: 111-119.
- Yavuz, M. (2008). Selection of Plant Location in the Natural Stone Industry Using the Fuzzy Multiple Attribute Decision Making Method. *Journal of the South African Institute of Mining & Metallurgy*, **108**: 641-649.
- Yavuz, M. (2015). The Application of the Analytic Hierarchy Process (AHP) and Yager's Method in Underground Mining Method Selection Problem. *International of Mining, Reclamation and Environment*, **29**: 453-475.
- Yetim, S. (2004). Tek Değişkenli Reel Değerli Fonksiyonlarda Türev Kavramına Etki Eden Bazı Matematik Kavramların Analitik Hiyerarşi Süreci ile Analizi. *Kastamonu Eğitim Dergisi*, **12**: 137-156.
- Yozgat, U. (1994). Yönetimde Karar Verme Teknikleri. Beta Basım Dağıtım, İstanbul.
- Zahedi, F. (1986). The Analytic Hierarchy Process: A Survey of the Method and its Applications. *Interfaces*, **16**: 99.
- Zhou, P., Ang B.W., Poh K.L. (2006). Decision Analysis in Energy and Environmental Modeling: an Update. *Energy*, **31**: 2604-2622.

İnternet Kaynakları

- 1) http://www.tepav.org.tr/tur/admin/dosyabul/upload/Cok_Amacli_Karar_Verme.pdf, 15.01.2019
- 2) <https://www.martin-eng.com>, 20.02.2019
- 3) <http://customer.martin-eng.com.tr/F4-TR.pdf>, 25.02.2019
- 4) <https://www.votorantimcimentos.com.tr>, 05.03.2019
- 5) <https://www.google.com/maps>, 05.03.2019
- 6) <https://www.flsmidth.com>, 16.03.2019
- 7) <https://www.refra.com>, 19.03.2019
- 8) <https://www.expertchoice.com>, 25.03.2019
- 9) <https://www.tcma.org.tr>, 10.04.2019

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Mustafa KÖYLÜ
Doğum Yeri ve Tarihi : KONYA / 18.06.1989
Yabancı Dili : İngilizce
İletişim (Telefon/e-posta) : +90532 255 1682 / info@mustafakoylu.com

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Afyon Kocatepe Anadolu Lisesi (2003 – 2007)
Önlisans : Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyon MYO
Turizm ve Otel İşletmeciliği (2008 – 2010)
Lisans : Anadolu Üniversitesi, İktisat Fakültesi, İktisat
(2010 – 2014)
Lisans : Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik
Fakültesi, Maden Mühendisliği (2010 – 2015)
Yüksek Lisans : Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri
Enstitüsü, Maden Mühendisliği Anabilim Dalı
(2016 – 2019)

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl : Martin Engineering Makina Sanayi Ltd.Şti.
(2016 – Devam Ediyor)

Yayınları (SCI ve diğer) : “İş Güvenliğinde Sanal Gerçeklik Uygulamaları”
– Maden Hukuku Sempozyumu 2015 – 3 Ekim / 4
Ekim, Afyonkarahisar

Ulusal Akademik Projeler : “Orta Ölçekli bir Mermer İşleme Tesisindeki
Üretim Plânlamasının Lineer Programlama
Yöntemiyle Belirlenmesi” – TÜBİTAK 2209-A
ÜNİVERSİTE ÖĞRENCİLERİ YURT İÇİ
ARAŞTIRMA PROJELERİ DESTEK
PROGRAMI

EKLER

EK 1. Ön-ısıtıcı kulesi intikal kamarası bölgesi için grup olarak değerlendirilen karar seçenekleri karşılaştırma matrisleri

Ölçütlerin ağırlığının belirlendiği ikili karşılaştırma matrisi															
Kriterler	Ölçüt 1	Ölçüt 2	Ölçüt 3	Ölçüt 4	Ölçüt 5	Ölçüt 6	Ölçüt 7	Ölçüt 8	Ölçüt 9	Geo. Ort.	GÖV (W)	A*W	λmax	TG	TO
Ölçüt 1	1	0.333	0.500	2.000	0.333	0.333	0.333	0.333	2.000	0.587	0.057	0.557	9.757	0.095	0.065
Ölçüt 2	3.000	1	3.000	2.000	2.000	3.000	2.000	2.000	3.000	2.217	0.216	2.081	9.646	0.081	0.056
Ölçüt 3	2.000	0.333	1	2.000	0.500	0.333	0.500	0.333	2.000	0.749	0.073	0.691	9.491	0.061	0.042
Ölçüt 4	0.500	0.500	0.500	1	0.333	0.500	0.333	0.500	2.000	0.576	0.056	0.559	9.979	0.122	0.084
Ölçüt 5	3.000	0.500	2.000	3.000	1	2.000	3.000	0.333	2.000	1.489	0.145	1.438	9.927	0.116	0.080
Ölçüt 6	3.000	0.333	3.000	2.000	0.500	1	2.000	0.500	2.000	1.220	0.119	1.157	9.745	0.093	0.064
Ölçüt 7	3.000	0.500	2.000	3.000	0.333	0.500	1	0.333	3.000	1.046	0.102	1.008	9.904	0.113	0.078
Ölçüt 8	3.000	0.500	3.000	2.000	3.000	2.000	3.000	1	2.000	1.901	0.185	1.868	10.101	0.138	0.095
Ölçüt 9	0.500	0.333	0.500	0.500	0.500	0.500	0.333	0.500	1	0.493	0.048	0.471	9.812	0.101	0.070
										10.279	1.000		9.818		0.071
Herbir ölçütün seçeneklerle karşılaştırdığı n tane (5) ikili karşılaştırma matrisi															
Ölçüt 1	A	B	C	D	E	Geo. Ort.	GÖV (W)	A*W	λmax	TG	TO				
A	1	3.000	4.000	6.000	0.333	1.888	0.264	1.379	5.229	0.057	0.051				
B	0.333	1	3.000	4.000	0.250	1.000	0.140	0.728	5.212	0.053	0.047				
C	0.250	0.333	1	2.000	0.167	0.488	0.068	0.349	5.113	0.028	0.025				
D	0.167	0.250	0.500	1	0.143	0.312	0.044	0.226	5.176	0.044	0.039				
E	3.000	4.000	6.002	7.003	1	3.472	0.485	2.549	5.258	0.065	0.058				
						7.161	1.000		5.198		0.044				
Ölçüt 2	A	B	C	D	E	Geo. Ort.	GÖV (W)	A*W	λmax	TG	TO				
A	1	3.000	4.000	5.000	5.000	3.129	0.475	2.470	5.203	0.051	0.045				
B	0.333	1	3.000	4.000	3.000	1.644	0.249	1.312	5.261	0.065	0.058				
C	0.250	0.333	1	3.000	2.000	0.871	0.132	0.698	5.286	0.072	0.064				
D	0.200	0.250	0.333	1	2.000	0.506	0.077	0.412	5.361	0.090	0.081				
E	0.200	0.333	0.500	0.500	1	0.441	0.067	0.349	5.223	0.056	0.050				
						6.591	1.000		5.267		0.060				
Ölçüt 3	A	B	C	D	E	Geo. Ort.	GÖV (W)	A*W	λmax	TG	TO				
A	1	3.000	4.000	5.000	0.250	1.719	0.224	1.187	5.298	0.074	0.066				
B	0.333	1	2.000	4.000	0.167	0.850	0.111	0.575	5.188	0.047	0.042				
C	0.250	0.500	1	5.000	0.143	0.617	0.080	0.442	5.493	0.123	0.110				
D	0.200	0.250	0.200	1	0.125	0.263	0.034	0.192	5.598	0.150	0.133				
E	4.000	6.002	7.003	8.000	1	4.224	0.551	2.949	5.356	0.089	0.079				
						7.673	1.000		5.387		0.086				
Ölçüt 4	A	B	C	D	E	Geo. Ort.	GÖV (W)	A*W	λmax	TG	TO				
A	1	3.000	5.000	7.000	3.000	3.160	0.468	2.428	5.187	0.047	0.042				
B	0.333	1	4.000	5.000	2.000	1.679	0.249	1.288	5.181	0.045	0.040				
C	0.200	0.250	1	3.000	0.500	0.596	0.088	0.459	5.199	0.050	0.044				
D	0.143	0.200	0.333	1	0.333	0.316	0.047	0.242	5.168	0.042	0.037				
E	0.333	0.500	2.000	3.000	1	1.000	0.148	0.746	5.033	0.008	0.007				
						6.751	1.000		5.154		0.034				
Ölçüt 5	A	B	C	D	E	Geo. Ort.	GÖV (W)	A*W	λmax	TG	TO				
A	1	2.000	3.000	4.000	3.000	2.352	0.394	2.027	5.150	0.037	0.033				
B	0.500	1	3.000	4.000	2.000	1.644	0.275	1.466	5.332	0.083	0.074				
C	0.333	0.333	1	3.000	2.000	0.922	0.154	0.820	5.316	0.079	0.071				
D	0.250	0.250	0.333	1	2.000	0.530	0.089	0.484	5.467	0.117	0.104				
E	0.333	0.500	0.500	0.500	1	0.530	0.089	0.479	5.403	0.101	0.090				
						5.977	1.000		5.333		0.074				
Ölçüt 6	A	B	C	D	E	Geo. Ort.	GÖV (W)	A*W	λmax	TG	TO				
A	1	3.000	5.000	7.000	6.000	3.630	0.495	2.632	5.323	0.081	0.072				
B	0.333	1	4.000	5.000	6.000	2.091	0.285	1.492	5.235	0.059	0.053				
C	0.200	0.250	1	2.000	3.000	0.786	0.107	0.551	5.141	0.035	0.031				
D	0.143	0.200	0.500	1	2.000	0.491	0.067	0.341	5.097	0.024	0.022				
E	0.167	0.167	0.333	0.500	1	0.341	0.046	0.246	5.281	0.070	0.063				
						7.339	1.000		5.215		0.048				
Ölçüt 7	A	B	C	D	E	Geo. Ort.	GÖV (W)	A*W	λmax	TG	TO				
A	1	2.000	3.000	4.000	0.333	1.516	0.210	1.065	5.077	0.019	0.017				
B	0.500	1	3.000	4.000	0.200	1.037	0.143	0.745	5.195	0.049	0.044				
C	0.333	0.333	1	2.000	0.143	0.502	0.069	0.354	5.107	0.027	0.024				
D	0.250	0.250	0.500	1	0.125	0.330	0.046	0.235	5.152	0.038	0.034				
E	3.000	5.000	7.003	8.000	1	3.845	0.532	2.729	5.131	0.033	0.029				
						7.229	1.000		5.132		0.030				
Ölçüt 8	A	B	C	D	E	Geo. Ort.	GÖV (W)	A*W	λmax	TG	TO				
A	1	2.000	3.000	4.000	0.250	1.431	0.194	0.997	5.135	0.034	0.030				
B	0.500	1	3.000	4.000	0.200	1.037	0.141	0.731	5.198	0.050	0.044				
C	0.333	0.333	1	2.000	0.143	0.502	0.068	0.348	5.115	0.029	0.026				
D	0.250	0.250	0.500	1	0.125	0.330	0.045	0.232	5.174	0.043	0.039				
E	4.000	5.000	7.003	8.000	1	4.073	0.552	2.867	5.189	0.047	0.042				
						7.372	1.000		5.162		0.036				

Ölçüt 9	A	B	C	D	E	Geo. Ort.	GÖV (W)	A*W	λmax	TG	TO			
A	1	3.000	4.000	5.000	0.200	1.644	0.211	1.130	5.355	0.089	0.079			
B	0.333	1	3.000	4.000	0.167	0.922	0.118	0.631	5.325	0.081	0.073			
C	0.250	0.333	1	3.000	0.143	0.513	0.066	0.351	5.327	0.082	0.073			
D	0.200	0.250	0.333	1	0.125	0.291	0.037	0.202	5.409	0.102	0.091			
E	5.000	6.002	7.003	8.000	1	4.417	0.567	3.094	5.455	0.114	0.101			
						7.787	1.000		5.374		0.083			
Karar matrisi														
Ölçüt 1	Ölçüt 2	Ölçüt 3	Ölçüt 4	Ölçüt 5	Ölçüt 6	Ölçüt 7	Ölçüt 8	Ölçüt 9	GÖV (W)					
A	0.264	0.475	0.224	0.468	0.394	0.495	0.210	0.194	0.211	0.057	0.343	1		
B	0.140	0.249	0.111	0.249	0.275	0.285	0.143	0.141	0.118	0.216	0.204	3		
C	0.068	0.132	0.080	0.088	0.154	0.107	0.069	0.068	0.066	0.073	0.101	4		
D	0.044	0.077	0.034	0.047	0.089	0.067	0.046	0.045	0.037	0.056	0.060	5		
E	0.485	0.067	0.551	0.148	0.089	0.046	0.532	0.552	0.567	0.145	0.292	2		
										0.119				
										0.102				
										0.185				
										0.048				

EK 2. Ön-ısıtıcı kulesi gaz kanalı bölgesi için grup olarak değerlendirilen karar seçenekleri karşılaştırma matrisleri

Ölçütlerin ağırlığının belirlendiği ikili karşılaştırma matrisi															
Kriterler	Ölçüt 1	Ölçüt 2	Ölçüt 3	Ölçüt 4	Ölçüt 5	Ölçüt 6	Ölçüt 7	Ölçüt 8	Ölçüt 9	Geo. Ort.	GÖV (W)	A*W	λmax	TG	TO
Ölçüt 1	1	0.333	0.500	2.000	0.333	0.333	0.333	0.333	2.000	0.587	0.057	0.557	9.757	0.095	0.065
Ölçüt 2	3.000	1	3.000	2.000	2.000	3.000	2.000	2.000	3.000	2.217	0.216	2.081	9.646	0.081	0.056
Ölçüt 3	2.000	0.333	1	2.000	0.500	0.333	0.500	0.333	2.000	0.749	0.073	0.691	9.491	0.061	0.042
Ölçüt 4	0.500	0.500	0.500	1	0.333	0.500	0.333	0.500	2.000	0.576	0.056	0.559	9.979	0.122	0.084
Ölçüt 5	3.000	0.500	2.000	3.000	1	2.000	3.000	0.333	2.000	1.489	0.145	1.438	9.927	0.116	0.080
Ölçüt 6	3.000	0.333	3.000	2.000	0.500	1	2.000	0.500	2.000	1.220	0.119	1.157	9.745	0.093	0.064
Ölçüt 7	3.000	0.500	2.000	3.000	0.333	0.500	1	0.333	3.000	1.046	0.102	1.008	9.904	0.113	0.078
Ölçüt 8	3.000	0.500	3.000	2.000	3.000	2.000	3.000	1	2.000	1.901	0.185	1.868	10.101	0.138	0.095
Ölçüt 9	0.500	0.333	0.500	0.500	0.500	0.500	0.333	0.500	1	0.493	0.048	0.471	9.812	0.101	0.070
										10.279	1.000		9.818		0.071
Herbir ölçütün seçeneklerle karşılaştırdığı n tane (5) ikili karşılaştırma matrisi															
Ölçüt 1	A	B	C	D	E	Geo. Ort.	GÖV (W)	A*W	λmax	TG	TO				
A	1	2.000	2.000	3.000	2.000	1.888	0.327	1.746	5.332	0.083	0.074				
B	0.500	1	2.000	4.000	3.000	1.644	0.285	1.570	5.508	0.127	0.113				
C	0.500	0.500	1	2.000	0.250	0.660	0.114	0.618	5.401	0.100	0.089				
D	0.333	0.250	0.500	1	0.333	0.425	0.074	0.378	5.124	0.031	0.028				
E	0.500	0.333	4.000	3.000	1	1.149	0.199	1.137	5.707	0.177	0.158				
						5.766	1.000		5.414		0.092				
Ölçüt 2	A	B	C	D	E	Geo. Ort.	GÖV (W)	A*W	λmax	TG	TO				
A	1	2.000	4.000	5.000	5.000	2.885	0.445	2.262	5.084	0.021	0.019				
B	0.500	1	3.000	4.000	3.000	1.783	0.275	1.416	5.153	0.038	0.034				
C	0.250	0.333	1	3.000	2.000	0.871	0.134	0.707	5.270	0.067	0.060				
D	0.200	0.250	0.333	1	2.000	0.506	0.078	0.416	5.333	0.083	0.074				
E	0.200	0.333	0.500	0.500	1	0.441	0.068	0.355	5.218	0.054	0.049				
						6.486	1.000		5.212		0.047				
Ölçüt 3	A	B	C	D	E	Geo. Ort.	GÖV (W)	A*W	λmax	TG	TO				
A	1	2.000	3.000	4.000	2.000	2.169	0.356	1.865	5.233	0.058	0.052				
B	0.500	1	3.000	4.000	2.000	1.644	0.270	1.416	5.246	0.061	0.055				
C	0.333	0.333	1	5.000	0.333	0.714	0.117	0.653	5.573	0.143	0.128				
D	0.250	0.250	0.200	1	0.250	0.315	0.052	0.283	5.461	0.115	0.103				
E	0.500	0.500	3.000	4.000	1	1.246	0.205	1.077	5.262	0.066	0.059				
						6.088	1.000		5.355		0.079				
Ölçüt 4	A	B	C	D	E	Geo. Ort.	GÖV (W)	A*W	λmax	TG	TO				
A	1	2.000	5.000	7.000	3.000	2.914	0.431	2.195	5.096	0.024	0.021				
B	0.500	1	5.000	6.000	2.000	1.974	0.292	1.495	5.121	0.030	0.027				
C	0.200	0.200	1	3.000	0.500	0.570	0.084	0.438	5.201	0.050	0.045				
D	0.143	0.167	0.333	1	0.333	0.305	0.045	0.233	5.157	0.039	0.035				
E	0.333	0.500	2.000	3.000	1	1.000	0.148	0.741	5.013	0.003	0.003				
						6.763	1.000		5.117		0.026				
Ölçüt 5	A	B	C	D	E	Geo. Ort.	GÖV (W)	A*W	λmax	TG	TO				
A	1	2.000	3.000	4.000	3.000	2.352	0.366	1.990	5.432	0.108	0.096				
B	0.500	1	4.000	6.000	5.000	2.268	0.353	1.879	5.318	0.080	0.071				
C	0.333	0.250	1	3.000	2.000	0.871	0.136	0.712	5.248	0.062	0.055				
D	0.250	0.167	0.333	1	2.000	0.488	0.076	0.409	5.378	0.095	0.084				
E	0.333	0.200	0.500	0.500	1	0.441	0.069	0.367	5.348	0.087	0.078				
						6.420	1.000		5.345		0.077				
Ölçüt 6	A	B	C	D	E	Geo. Ort.	GÖV (W)	A*W	λmax	TG	TO				
A	1	2.000	5.000	7.000	6.000	3.347	0.446	2.337	5.240	0.060	0.053				
B	0.500	1	5.000	7.000	7.000	2.616	0.349	1.809	5.191	0.048	0.043				
C	0.200	0.200	1	2.000	3.000	0.752	0.100	0.514	5.129	0.032	0.029				
D	0.143	0.143	0.500	1	2.000	0.459	0.061	0.313	5.115	0.029	0.026				
E	0.167	0.143	0.333	0.500	1	0.331	0.044	0.232	5.266	0.066	0.059				
						7.505	1.000		5.188		0.042				

Ölçüt 7	A	B	C	D	E	Geo. Ort.	GÖV (W)	A*W	λmax	TG	TO				
A	1	2.000	3.000	4.000	2.000	2.169	0.363	1.982	5.454	0.113	0.101				
B	0.500	1	3.000	4.000	3.000	1.783	0.299	1.583	5.302	0.075	0.067				
C	0.333	0.333	1	3.000	3.000	1.000	0.168	0.900	5.371	0.093	0.083				
D	0.250	0.250	0.333	1	2.000	0.530	0.089	0.474	5.339	0.085	0.076				
E	0.500	0.333	0.333	0.500	1	0.488	0.082	0.463	5.662	0.166	0.148				
						5.970	1.000		5.426		0.095				
Ölçüt 8	A	B	C	D	E	Geo. Ort.	GÖV (W)	A*W	λmax	TG	TO				
A	1	2.000	3.000	4.000	2.000	2.169	0.356	1.864	5.234	0.058	0.052				
B	0.500	1	3.000	4.000	3.000	1.783	0.293	1.590	5.433	0.108	0.097				
C	0.333	0.333	1	2.000	0.200	0.536	0.088	0.476	5.399	0.100	0.089				
D	0.250	0.250	0.500	1	0.333	0.401	0.066	0.338	5.127	0.032	0.028				
E	0.500	0.333	5.000	3.000	1	1.201	0.197	1.111	5.633	0.158	0.141				
						6.091	1.000		5.365		0.082				
Ölçüt 9	A	B	C	D	E	Geo. Ort.	GÖV (W)	A*W	λmax	TG	TO				
A	1	2.000	5.000	6.000	0.200	1.644	0.215	1.149	5.346	0.087	0.077				
B	0.500	1	4.000	5.000	0.250	1.201	0.157	0.815	5.193	0.048	0.043				
C	0.200	0.250	1	3.000	0.143	0.464	0.061	0.324	5.347	0.087	0.077				
D	0.167	0.200	0.333	1	0.125	0.268	0.035	0.189	5.391	0.098	0.087				
E	5.000	4.000	7.003	8.000	1	4.073	0.532	2.940	5.522	0.130	0.116				
						7.649	1.000		5.360		0.080				
Karar matrisi	Ölçüt 1	Ölçüt 2	Ölçüt 3	Ölçüt 4	Ölçüt 5	Ölçüt 6	Ölçüt 7	Ölçüt 8	Ölçüt 9	GÖV (W)					
A	0.327	0.445	0.356	0.431	0.366	0.446	0.363	0.356	0.215	0.057	0.384	1			
B	0.285	0.275	0.270	0.292	0.353	0.349	0.299	0.293	0.157	0.216	0.296	2			
C	0.114	0.134	0.117	0.084	0.136	0.100	0.168	0.088	0.061	0.073	0.117	4			
D	0.074	0.078	0.052	0.045	0.076	0.061	0.089	0.066	0.035	0.056	0.069	5			
E	0.199	0.068	0.205	0.148	0.069	0.044	0.082	0.197	0.532	0.145	0.135	3			
										0.119					
										0.102					
										0.185					
										0.048					

EK 3. Ön-ısıtıcı kulesi siklonlar bölgesi için grup olarak değerlendirilen karar seçenekleri karşılaştırma matrisleri

Ölçütlerin ağırlığının belirlendiği ikili karşılaştırma matrisi															
Kriterler	Ölçüt 1	Ölçüt 2	Ölçüt 3	Ölçüt 4	Ölçüt 5	Ölçüt 6	Ölçüt 7	Ölçüt 8	Ölçüt 9	Geo. Ort.	GÖV (W)	A*W	λmax	TG	TO
Ölçüt 1	1	0.333	0.500	2.000	0.333	0.333	0.333	0.333	2.000	0.587	0.057	0.557	9.757	0.095	0.065
Ölçüt 2	3.000	1	3.000	2.000	2.000	3.000	2.000	2.000	3.000	2.217	0.216	2.081	9.646	0.081	0.056
Ölçüt 3	2.000	0.333	1	2.000	0.500	0.333	0.500	0.333	2.000	0.749	0.073	0.691	9.491	0.061	0.042
Ölçüt 4	0.500	0.500	0.500	1	0.333	0.500	0.333	0.500	2.000	0.576	0.056	0.559	9.979	0.122	0.084
Ölçüt 5	3.000	0.500	2.000	3.000	1	2.000	3.000	0.333	2.000	1.489	0.145	1.438	9.927	0.116	0.080
Ölçüt 6	3.000	0.333	3.000	2.000	0.500	1	2.000	0.500	2.000	1.220	0.119	1.157	9.745	0.093	0.064
Ölçüt 7	3.000	0.500	2.000	3.000	0.333	0.500	1	0.333	3.000	1.046	0.102	1.008	9.904	0.113	0.078
Ölçüt 8	3.000	0.500	3.000	2.000	3.000	2.000	3.000	1	2.000	1.901	0.185	1.868	10.101	0.138	0.095
Ölçüt 9	0.500	0.333	0.500	0.500	0.500	0.500	0.333	0.500	1	0.493	0.048	0.471	9.812	0.101	0.070
										10.279	1.000		9.818		0.071
Herbir ölçütün seçeneklerle karşılaştırdığı n tane (5) ikili karşılaştırma matrisi															
Ölçüt 1	A	B	C	D	E	Geo. Ort.	GÖV (W)	A*W	λmax	TG	TO				
A	1	0.333	3.000	4.000	2.000	1.516	0.230	1.236	5.368	0.092	0.082				
B	3.000	1	5.000	6.000	4.000	3.245	0.493	2.578	5.231	0.058	0.052				
C	0.333	0.200	1	2.000	3.000	0.833	0.126	0.673	5.320	0.080	0.071				
D	0.250	0.167	0.500	1	2.000	0.530	0.080	0.423	5.264	0.066	0.059				
E	0.500	0.250	0.333	0.500	1	0.461	0.070	0.391	5.580	0.145	0.129				
						6.584	1.000		5.353		0.079				
Ölçüt 2	A	B	C	D	E	Geo. Ort.	GÖV (W)	A*W	λmax	TG	TO				
A	1	2.000	3.000	4.000	4.000	2.491	0.403	2.067	5.132	0.033	0.029				
B	0.500	1	3.000	4.000	3.000	1.783	0.288	1.503	5.215	0.054	0.048				
C	0.333	0.333	1	3.000	2.000	0.922	0.149	0.785	5.268	0.067	0.060				
D	0.250	0.250	0.333	1	2.000	0.530	0.086	0.457	5.339	0.085	0.076				
E	0.250	0.333	0.500	0.500	1	0.461	0.075	0.389	5.214	0.054	0.048				
						6.187	1.000		5.234		0.052				
Ölçüt 3	A	B	C	D	E	Geo. Ort.	GÖV (W)	A*W	λmax	TG	TO				
A	1	2.000	2.000	3.000	2.000	1.888	0.316	1.773	5.605	0.151	0.135				
B	0.500	1	3.000	5.000	5.000	2.064	0.346	1.857	5.368	0.092	0.082				
C	0.500	0.333	1	3.000	2.000	1.000	0.168	0.871	5.198	0.050	0.044				
D	0.333	0.200	0.333	1	2.000	0.536	0.090	0.481	5.347	0.087	0.077				
E	0.500	0.200	0.500	0.500	1	0.478	0.080	0.436	5.444	0.111	0.099				
						5.967	1.000		5.392		0.088				
Ölçüt 4	A	B	C	D	E	Geo. Ort.	GÖV (W)	A*W	λmax	TG	TO				
A	1	3.000	5.000	7.000	3.000	3.160	0.468	2.428	5.187	0.047	0.042				
B	0.333	1	4.000	5.000	2.000	1.679	0.249	1.288	5.181	0.045	0.040				
C	0.200	0.250	1	3.000	0.500	0.596	0.088	0.459	5.199	0.050	0.044				
D	0.143	0.200	0.333	1	0.333	0.316	0.047	0.242	5.168	0.042	0.037				
E	0.333	0.500	2.000	3.000	1	1.000	0.148	0.746	5.033	0.008	0.007				
						6.751	1.000		5.154		0.034				

Ölçüt 5	A	B	C	D	E	Geo. Ort.	GÖV (W)	A*W	λmax	TG	TO				
A	1	2.000	3.000	5.000	2.000	2.268	0.377	2.029	5.375	0.094	0.084				
B	0.500	1	3.000	4.000	3.000	1.783	0.297	1.547	5.216	0.054	0.048				
C	0.333	0.333	1	3.000	2.000	0.922	0.153	0.807	5.261	0.065	0.058				
D	0.200	0.250	0.333	1	2.000	0.506	0.084	0.461	5.474	0.118	0.106				
E	0.500	0.333	0.500	0.500	1	0.530	0.088	0.495	5.612	0.153	0.137				
						6.009	1.000		5.387		0.086				
Ölçüt 6	A	B	C	D	E	Geo. Ort.	GÖV (W)	A*W	λmax	TG	TO				
A	1	0.250	4.000	5.000	6.000	1.974	0.278	1.520	5.468	0.117	0.104				
B	4.000	1	4.000	5.000	6.000	3.438	0.484	2.718	5.613	0.153	0.137				
C	0.250	0.250	1	2.000	3.000	0.822	0.116	0.598	5.170	0.043	0.038				
D	0.200	0.200	0.500	1	2.000	0.525	0.074	0.380	5.142	0.036	0.032				
E	0.167	0.167	0.333	0.500	1	0.341	0.048	0.251	5.215	0.054	0.048				
						7.100	1.000		5.322		0.072				
Ölçüt 7	A	B	C	D	E	Geo. Ort.	GÖV (W)	A*W	λmax	TG	TO				
A	1	2.000	3.000	4.000	0.333	1.516	0.210	1.065	5.077	0.019	0.017				
B	0.500	1	3.000	4.000	0.200	1.037	0.143	0.745	5.195	0.049	0.044				
C	0.333	0.333	1	2.000	0.143	0.502	0.069	0.354	5.107	0.027	0.024				
D	0.250	0.250	0.500	1	0.125	0.330	0.046	0.235	5.152	0.038	0.034				
E	3.000	5.000	7.003	8.000	1	3.845	0.532	2.729	5.131	0.033	0.029				
						7.229	1.000		5.132		0.030				
Ölçüt 8	A	B	C	D	E	Geo. Ort.	GÖV (W)	A*W	λmax	TG	TO				
A	1	0.250	2.000	3.000	2.000	1.246	0.195	1.030	5.293	0.073	0.065				
B	4.000	1	4.000	5.000	4.000	3.170	0.495	2.606	5.263	0.066	0.059				
C	0.500	0.250	1	2.000	3.000	0.944	0.147	0.766	5.197	0.049	0.044				
D	0.333	0.200	0.500	1	2.000	0.582	0.091	0.472	5.200	0.050	0.045				
E	0.500	0.250	0.333	0.500	1	0.461	0.072	0.388	5.383	0.096	0.086				
						6.402	1.000		5.267		0.060				
Ölçüt 9	A	B	C	D	E	Geo. Ort.	GÖV (W)	A*W	λmax	TG	TO				
A	1	3.000	4.000	5.000	0.200	1.644	0.211	1.130	5.355	0.089	0.079				
B	0.333	1	3.000	4.000	0.167	0.922	0.118	0.631	5.325	0.081	0.073				
C	0.250	0.333	1	3.000	0.143	0.513	0.066	0.351	5.327	0.082	0.073				
D	0.200	0.250	0.333	1	0.125	0.291	0.037	0.202	5.409	0.102	0.091				
E	5.000	6.002	7.003	8.000	1	4.417	0.567	3.094	5.455	0.114	0.101				
						7.787	1.000		5.374		0.083				
Karar matrisi															
	Ölçüt 1	Ölçüt 2	Ölçüt 3	Ölçüt 4	Ölçüt 5	Ölçüt 6	Ölçüt 7	Ölçüt 8	Ölçüt 9	GÖV (W)					
A	0.230	0.403	0.316	0.468	0.377	0.278	0.210	0.195	0.211	0.057	0.304	2			
B	0.493	0.288	0.346	0.249	0.297	0.484	0.143	0.495	0.118	0.216	0.342	1			
C	0.126	0.149	0.168	0.088	0.153	0.116	0.069	0.147	0.066	0.073	0.130	4			
D	0.080	0.086	0.090	0.047	0.084	0.074	0.046	0.091	0.037	0.056	0.076	5			
E	0.070	0.075	0.080	0.148	0.088	0.048	0.532	0.072	0.567	0.145	0.147	3			
										0.119					
										0.102					
										0.185					
										0.048					

EK 4. Klinker soğutma bölgesi için grup olarak değerlendirilen karar seçenekleri karşılaştırma matrisleri

Ölçütlerin ağırlığının belirlendiği ikili karşılaştırma matrisi															
Kriterler	Ölçüt 1	Ölçüt 2	Ölçüt 3	Ölçüt 4	Ölçüt 5	Ölçüt 6	Ölçüt 7	Ölçüt 8	Ölçüt 9	Geo. Ort.	GÖV (W)	A*W	λmax	TG	TO
Ölçüt 1	1	0.333	0.500	2.000	0.333	0.333	0.333	0.333	2.000	0.587	0.057	0.557	9.757	0.095	0.065
Ölçüt 2	3.000	1	3.000	2.000	2.000	3.000	2.000	2.000	3.000	2.217	0.216	2.081	9.646	0.081	0.056
Ölçüt 3	2.000	0.333	1	2.000	0.500	0.333	0.500	0.333	2.000	0.749	0.073	0.691	9.491	0.061	0.042
Ölçüt 4	0.500	0.500	0.500	1	0.333	0.500	0.333	0.500	2.000	0.576	0.056	0.559	9.979	0.122	0.084
Ölçüt 5	3.000	0.500	2.000	3.000	1	2.000	3.000	0.333	2.000	1.489	0.145	1.438	9.927	0.116	0.080
Ölçüt 6	3.000	0.333	3.000	2.000	0.500	1	2.000	0.500	2.000	1.220	0.119	1.157	9.745	0.093	0.064
Ölçüt 7	3.000	0.500	2.000	3.000	0.333	0.500	1	0.333	3.000	1.046	0.102	1.008	9.904	0.113	0.078
Ölçüt 8	3.000	0.500	3.000	2.000	3.000	2.000	3.000	1	2.000	1.901	0.185	1.868	10.101	0.138	0.095
Ölçüt 9	0.500	0.333	0.500	0.500	0.500	0.500	0.333	0.500	1	0.493	0.048	0.471	9.812	0.101	0.070
										10.279	1.000		9.818		0.071
Herbir ölçütün seçeneklerle karşılaştırıldığı n tane (5) ikili karşılaştırma matrisi															
Ölçüt 1	A	B	C	D	E	Geo. Ort.	GÖV (W)	A*W	λmax	TG	TO				
A	1	3.000	4.000	6.000	0.333	1.888	0.258	1.344	5.212	0.053	0.047				
B	0.333	1	3.000	4.000	0.250	1.000	0.137	0.709	5.195	0.049	0.044				
C	0.250	0.333	1	2.000	0.167	0.488	0.067	0.341	5.112	0.028	0.025				
D	0.167	0.250	0.500	1	0.111	0.297	0.041	0.206	5.088	0.022	0.020				
E	3.000	4.000	6.002	9.001	1	3.651	0.498	2.583	5.183	0.046	0.041				
						7.324	1.000		5.158		0.035				
Ölçüt 2	A	B	C	D	E	Geo. Ort.	GÖV (W)	A*W	λmax	TG	TO				
A	1	3.000	3.000	4.000	4.000	2.702	0.442	2.290	5.183	0.046	0.041				
B	0.333	1	3.000	3.000	2.000	1.431	0.234	1.272	5.437	0.109	0.098				
C	0.333	0.333	1	3.000	2.000	0.922	0.151	0.815	5.404	0.101	0.090				
D	0.250	0.333	0.333	1	2.000	0.561	0.092	0.494	5.385	0.096	0.086				
E	0.250	0.500	0.500	0.500	1	0.500	0.082	0.430	5.265	0.066	0.059				
						6.116	1.000		5.335		0.075				

Ölçüt 3	A	B	C	D	E	Geo. Ort.	GÖV (W)	A*W	λmax	TG	TO				
A	1	2.000	3.000	4.000	0.200	1.369	0.173	0.889	5.148	0.037	0.033				
B	0.500	1	2.000	3.000	0.125	0.822	0.104	0.537	5.173	0.043	0.039				
C	0.333	0.500	1	5.000	0.125	0.636	0.080	0.449	5.594	0.148	0.133				
D	0.250	0.333	0.200	1	0.125	0.291	0.037	0.206	5.620	0.155	0.138				
E	5.000	8.000	8.000	8.000	1	4.804	0.606	3.236	5.336	0.084	0.075				
						7.922	1.000		5.374		0.084				
Ölçüt 4	A	B	C	D	E	Geo. Ort.	GÖV (W)	A*W	λmax	TG	TO				
A	1	3.000	4.000	5.000	0.200	1.644	0.209	1.110	5.308	0.077	0.069				
B	0.333	1	2.000	4.000	0.167	0.850	0.108	0.560	5.177	0.044	0.040				
C	0.250	0.500	1	3.000	0.125	0.542	0.069	0.358	5.197	0.049	0.044				
D	0.200	0.250	0.333	1	0.125	0.291	0.037	0.201	5.431	0.108	0.096				
E	5.000	6.002	8.000	8.000	1	4.536	0.577	3.119	5.406	0.102	0.091				
						7.863	1.000		5.304		0.068				
Ölçüt 5	A	B	C	D	E	Geo. Ort.	GÖV (W)	A*W	λmax	TG	TO				
A	1	3.000	3.000	4.000	3.000	2.551	0.428	2.238	5.230	0.058	0.051				
B	0.333	1	2.000	3.000	2.000	1.320	0.221	1.160	5.238	0.060	0.053				
C	0.333	0.500	1	3.000	2.000	1.000	0.168	0.881	5.252	0.063	0.056				
D	0.250	0.333	0.333	1	2.000	0.561	0.094	0.508	5.403	0.101	0.090				
E	0.333	0.500	0.500	0.500	1	0.530	0.089	0.473	5.325	0.081	0.073				
						5.961	1.000		5.290		0.065				
Ölçüt 6	A	B	C	D	E	Geo. Ort.	GÖV (W)	A*W	λmax	TG	TO				
A	1	3.000	4.000	5.000	0.500	1.974	0.288	1.497	5.192	0.048	0.043				
B	0.333	1	3.000	4.000	0.333	1.059	0.155	0.803	5.189	0.047	0.042				
C	0.250	0.333	1	2.000	0.200	0.506	0.074	0.377	5.099	0.025	0.022				
D	0.200	0.250	0.500	1	0.125	0.315	0.046	0.234	5.080	0.020	0.018				
E	2.000	3.000	5.000	8.000	1	2.993	0.437	2.216	5.071	0.018	0.016				
						6.848	1.000		5.126		0.028				
Ölçüt 7	A	B	C	D	E	Geo. Ort.	GÖV (W)	A*W	λmax	TG	TO				
A	1	2.000	3.000	4.000	0.333	1.516	0.210	1.065	5.077	0.019	0.017				
B	0.500	1	3.000	4.000	0.200	1.037	0.143	0.745	5.195	0.049	0.044				
C	0.333	0.333	1	2.000	0.143	0.502	0.069	0.354	5.107	0.027	0.024				
D	0.250	0.250	0.500	1	0.125	0.330	0.046	0.235	5.152	0.038	0.034				
E	3.000	5.000	7.003	8.000	1	3.845	0.532	2.729	5.131	0.033	0.029				
						7.229	1.000		5.132		0.030				
Ölçüt 8	A	B	C	D	E	Geo. Ort.	GÖV (W)	A*W	λmax	TG	TO				
A	1	2.000	3.000	4.000	0.250	1.431	0.194	0.997	5.135	0.034	0.030				
B	0.500	1	3.000	4.000	0.200	1.037	0.141	0.731	5.198	0.050	0.044				
C	0.333	0.333	1	2.000	0.143	0.502	0.068	0.348	5.115	0.029	0.026				
D	0.250	0.250	0.500	1	0.125	0.330	0.045	0.232	5.174	0.043	0.039				
E	4.000	5.000	7.003	8.000	1	4.073	0.552	2.867	5.189	0.047	0.042				
						7.372	1.000		5.162		0.036				
Ölçüt 9	A	B	C	D	E	Geo. Ort.	GÖV (W)	A*W	λmax	TG	TO				
A	1	3.000	4.000	5.000	0.200	1.644	0.208	1.111	5.336	0.084	0.075				
B	0.333	1	3.000	4.000	0.167	0.922	0.117	0.619	5.303	0.076	0.068				
C	0.250	0.333	1	3.000	0.125	0.500	0.063	0.337	5.316	0.079	0.071				
D	0.200	0.250	0.333	1	0.125	0.291	0.037	0.201	5.445	0.111	0.099				
E	5.000	6.002	8.000	8.000	1	4.536	0.575	3.119	5.427	0.107	0.095				
						7.893	1.000		5.365		0.082				
Karar matrisi															
	Ölçüt 1	Ölçüt 2	Ölçüt 3	Ölçüt 4	Ölçüt 5	Ölçüt 6	Ölçüt 7	Ölçüt 8	Ölçüt 9	GÖV (W)					
A	0.258	0.442	0.173	0.209	0.428	0.288	0.210	0.194	0.208	0.057	0.298	2			
B	0.137	0.234	0.104	0.108	0.221	0.155	0.143	0.141	0.117	0.216	0.169	3			
C	0.067	0.151	0.080	0.069	0.168	0.074	0.069	0.068	0.063	0.073	0.102	4			
D	0.041	0.092	0.037	0.037	0.094	0.046	0.046	0.045	0.037	0.056	0.061	5			
E	0.498	0.082	0.606	0.577	0.089	0.437	0.532	0.552	0.575	0.145	0.371	1			
										0.119					
										0.102					
										0.185					
										0.048					