

BİR YERALTI KÖMÜR OCAĞININ PLANLANMASI VE BÜYÜKDÜZ SAHASI

UYGULAMASI

Müge ŞAHİN

Maden Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Ocak - 2007

BİR YERALTI KÖMÜR OCAĞININ PLANLANMASI VE BÜYÜKDÜZ SAHASI  
UYGULAMASI

Müge ŞAHİN

Dumlupınar Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Lisansüstü Yönetmeliği Uyarınca  
Maden Mühendisliği Anabilim Dalında  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
Olarak Hazırlanmıştır.

Danışman: Doç. Dr. Kaan ERARSLAN  
Yrd. Danışman: Prof.Dr. İ.Göktay EDİZ

Ocak – 2007

## KABUL VE ONAY SAYFASI

Müge ŞAHİN'in YÜKSEK LİSANS tezi olarak hazırladığı "Bir Yeraltı Kömür Ocağının Planlanması ve Büyükdüz Sahası Uygulaması" başlıklı bu çalışma, jürimizce lisansüstü yönetmeliğin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

24 / 01 / 2007

(Sınav tarihi)

Üye : Prof. Dr. İ.Göktay EDİZ

Üye : Doç.Dr. Kaan ERARSLAN

Üye

Üye

Üye :

Fen Bilimleri Enstitüsün Yönetim Kurulu'nun ...../...../..... gün ve ..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. M. Sabri ÖZYURT.....  
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

## BİR YERALTI KÖMÜR OCAĞININ PLANLANMASI VE BÜYÜKDÜZ SAHASI UYGULAMASI

Müge Şahin

Maden Mühendisliği, Yüksek Lisans Tezi, 2007

Tez Danışmanı: Doç.Dr Kaan ERARSLAN

Yrd. Tez Danışmanı: Prof. Dr. İ.Göktay EDİZ

### ÖZET

Bu çalışmada, ülkemizin önemli linyit rezervlerinden birine sahip olan Tunçbilek Bölgesinde yer alan Büyükdüz Yeraltı Ocağının planlaması yapılmıştır. Özgün bir jeolojik yapıya sahip olan sahanın planlamasında, en yüksek kömür kazanımı, hızlı ve güvenli bir üretim sistemi amaçlanmıştır. Öncelikle saha sınırlarındaki sondaj kuyu verileri dikkate alınarak, sahanın tektonik ve jeolojik yapısı tespit edilmiş ve cevher rezervi hesaplanmıştır. Belirlenen fiziksel şartlara uygulanabilecek çeşitli yeraltı üretim yöntemleri irdelenmiş ve özellikle ortalama damar kalınlığı göz önüne alınarak en uygun üretim yöntemi seçilmiştir. Jeolojik ve tektonik yapıyla birlikte üretim yöntemi de dikkate alınarak, oluşturulacak panoların en uygun konumu ve sayısı belirlenmiştir. Pano planlamasında, güvenlik ve cevher kazanımı yanı sıra, havalandırma ve nakliyenin de mevcut şartlarda en uygun yapıda olması göz önüne alınmıştır. Ocağın hazırlık ve üretim aşamalarında oluşturulacak alt sistemler ve planlamaları detaylı bir şekilde gerçekleştirilmiştir. Her iki aşama için tahkimat ve nakliyat sistemi seçimi, kazı ekipman seçimi, su atımı ve havalandırma yöntemi seçimi yapılmıştır. Ayrıca su atımı, nakliyat ve havalandırma projeleri gerçekleştirilmiştir. Su atımı projesinde, ocakta oluşacak suyun tulumbalar tarafından atılabilmesi için gerekli olan su ihraç sistemi planlanmıştır. Nakliyat projesinde, zincirli konveyör ve bantlı konveyörlerin gereken motor güçleri hesaplanırken, havalandırma projesinde gerekli hava miktarına göre vantilatör seçimi yapılmıştır. Sonuçta, Büyükdüz Yeraltı Ocağının en az kayıp, en güvenilir ve hızlı çalışmayı sağlayacak detaylı yeraltı üretim planı oluşturulmuştur.

**Anahtar kelimeler:** Linyit, planlama, yeraltı madenciliği

## PLANNING A UNDERGROUND COAL MINE AND BUYUKDUZ APPLICATION

Müge ŞAHİN

Mining Engineering, M.S. Thesis, 2007

Thesis Supervisor: Doç.Dr Kaan ERARSLAN

Thesis Vice-Supervisor: Prof.Dr. İ.Göktay EDİZ

### SUMMARY

In this study, planning of Büyükdüz Underground Mine located in Tunçbilek Region, which has one of the most important lignite reserves, was carried out. The purposes of the planning of the mine, having characteristical geological structure, are large quantity, safer and rapid coal production. First of all, a tectonic and a geological structure of the mine were determined and lignite reserve of it was calculated by the taking account of the drill holes in the mine area. Various underground production methods, which are suitable for the physical conditions of the mine, were investigated and the most suitable method was selected especially by considering the thickness of the vein. The most appropriate location and number of the mine panels was determined by taking account of geological, tectonic structure and production method. In panel planning not only production of the lignite and safety are considered, but also ventilation and transportation are considered as suitable as possible for present conditions. Sub-systems of development and production stages and their planning are fully performed. Support and transportation systems selection, excavation equipment selection, water drainage and ventilation methods selection are carried out for both stages. The water drainage, transportation and ventilation projects were also carried out. Water drainage system, which is necessary for draining the water in the mine by the use of pump, was planned. While chain conveyor and belt conveyor engine power were calculated in the transportation planning, the fan tube selection was also performed according to required air amount in the ventilation project. As a result, the planning of the Büyükdüz Underground Mine, which can supply minimum production loss, safer and rapid production, was carried out and explained in a details.

**Key words:** Lignite, planning, underground mining

## TEŞEKKÜR

Her şeyden önce, yoğun uğraşlar sonucunda ortaya çıkan bu tez çalışması sırasında engin bilgi ve birikimlerini benimle paylaşan, zamanlarını ayırarak bana yol gösteren tez danışmalarım Sayın Prof.Dr. İ.Göktay EDİZ ve Doç.Dr. Kaan ERARSLAN'a şükranlarımı sunmayı bir borç bilirim.

Bu çalışmanın özellikle havalandırma, nakliyat ve su atımı aşamalarında büyük yardımları olan Araş.Gör. Şahin YUVKA'ya, yazım aşamasındaki katkıları nedeniyle Araş.Gör. Özer ÖREN'e, sağladığı kaynaklar ve yardımları nedeniyle Yrd.Doç.Dr. Önder UYSAL'ın nezrinde tüm Maden Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyelerine teşekkür ederim.

Tez çalışmalarımın gerçekleşebilmesi için imkanlarını açan ve problemlerin çözümünde önemli katkıları olan Dr. Fatih Bülent TAŞKIN'a, Dr. Salih Selim ŞENKAL'a, Maden Mühendisi Cemalettin SİĞİRCİ'ya ve Maden Mühendisi Mustafa ŞENGÜL'e teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca bu çalışma sırasındaki yardımları ve fedakarlıkları nedeniyle Berna SAKARLI, İbrahim VAROL, Ferhat SAĞLAM ile Özgür Şahin'e ve tüm PARK TEKNİK A.Ş çalışanlarına teşekkürlerimi sunmayı bir borç bilirim.

Çalışmalarım boyunca destek ve görüşlerini benden esirgemeyen sevgili nişanlım Araş.Gör. Oktay ŞAHBAZ'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca bugünlere gelmemi sağlayan, en kötü günlerimde dahi benden maddi ve manevi desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen canım babam Mustafa ŞAHİN'e, güzel annem Lütfiye ŞAHİN'e ve canım kardeşlerim Özge ŞAHİN, Mehmet Melih ŞAHİN'e, dostum Asım Semih DURSUN'a ve biricik anneanneme minnetlerimi sunarım.

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET.....	iv
SUMMARY.....	v
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xii
1. GİRİŞ.....	1
2. SAHANIN JEOLJİSİ.....	4
3. SONDAJ VERİLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ .....	7
3.1 Rezervin Hesaplanması.....	7
3.2 Saha Giriş Noktasının Belirlenmesi.....	11
4. PANOLARIN SEÇİMİ.....	13
4.1 Tektonizma.....	13
4.2 Sahanın Jeolojik Durumu.....	13
4.3 Damarın Kalınlığı ve Kotu.....	15
4.4 Optimum Ayak Uzunluğu.....	15
4.5 Su Geliri ve Damarın Eğimi.....	16
4.6 Üretim Miktarı.....	16
5. ÜRETİM YÖNTEMİNİN SEÇİMİ.....	22
5.1 Üretim Yöntemlerinin Karşılaştırılması.....	22
5.1.1 Oda Topuk Yöntemi.....	22
5.1.2 Uzunayak Yöntemi.....	23
5.1.2.1 İlerletimli ve dönümlü uzunayak yöntemi.....	23
5.1.2.2 Göçertme ve dolgulu uzunayak yöntemleri.....	24
5.1.2.3 Klasik kazı ve tam mekanize kazı uzun ayak yöntemleri.....	25
5.1.3 Büyükdüz sahası için seçilen metotların değerlendirilmesi .....	26
5.2 Uzunayak ile Ayak İçi Üretimi.....	26
5.2.1 Oluk havesi + çekim .....	27

## İÇİNDEKİLER (Devamı)

	<b>Sayfa</b>
5.2.2 Ayna kazısı .....	29
5.2.3 Söküm.....	29
5.2.4 Tavan kömürünün ayak arkasından çekimi.....	30
6. HAZIRLIK AŞAMASI.....	32
6.1 Tahkimat Sistemi .....	32
6.2 Nakliyat Sistemi .....	34
6.3 Kazı Ekipmanlarının Seçimi .....	37
6.4 Su Atımı .....	39
6.5 Havalandırma Yöntemi .....	40
7. ÜRETİM AŞAMASI .....	41
7.1 Tahkimat Sistemi.....	41
7.2 Nakliyat Sistemi .....	43
7.3 Kazı Ekipman Seçimi .....	44
7.4 Su Atımı .....	45
7.5 Havalandırma Yöntemi .....	45
8. SU İHRACININ PROJELENDİRİLMESİ .....	46
8.1 Tulumba Seçimi .....	48
8.2 Su Toplama Havuzu .....	53
9. HAVALANDIRMA PROJELENDİRİLMESİ .....	55
9.1 Pano Dirençlerinin Hesaplanması .....	56
9.1.1 Galeri dirençlerinin hesaplanması .....	56
9.1.2 Şok kayıp dirençlerinin hesaplanması .....	58
9.1.3 Ayak dirençlerinin hesaplanması .....	59
9.2 Pano Yollarının Belirlenmesi ve Dirençlerin Hesaplanması .....	60
9.2.1 A1 Nolu panonun direnç hesaplaması .....	60
9.2.2 A2 Nolu panonun direnç hesaplaması .....	67
9.2.3 A3 Nolu panonun direnç hesaplaması .....	69
9.2.4 A4 Nolu panonun direnç hesaplaması .....	71
9.2.5 C Nolu panonun direnç hesaplaması .....	73
9.2.6 B1 Nolu panonun direnç hesaplaması .....	75
9.2.7 B2 Nolu panonun direnç hesaplaması .....	77
9.2.8 B3 Nolu panonun direnç hesaplaması .....	79



## İÇİNDEKİLER (Devamı)

	<b>Sayfa</b>
9.2.9 D Nolu panonun direnç hesaplaması .....	81
9.2.10 E1 Nolu panonun direnç hesaplaması .....	83
9.2.11 E2 Nolu panonun direnç hesaplaması .....	85
9.2.12 F1 Nolu panonun direnç hesaplaması .....	87
9.2.13 F2 Nolu panonun direnç hesaplaması .....	89
9.2.14 F3 Nolu panonun direnç hesaplaması .....	91
9.2.15 G1 Nolu panonun direnç hesaplaması .....	93
9.2.16 G2 Nolu panonun direnç hesaplaması .....	95
9.2.17 G3 Nolu panonun direnç hesaplaması .....	97
9.2.18 G4 Nolu panonun direnç hesaplaması .....	99
9.2.19 H1 Nolu panonun direnç hesaplaması .....	101
9.2.20 H2 Nolu panonun direnç hesaplaması .....	103
9.2.21 H3 Nolu panonun direnç hesaplaması .....	105
9.2.22 I1 Nolu panonun direnç hesaplaması .....	107
9.2.24 I3Nolu panonun direnç hesaplaması .....	109
9.2.25 J1Nolu panonun direnç hesaplaması .....	111
9.2.26 J2Nolu panonun direnç hesaplaması .....	113
9.2.27 K Nolu panonun direnç hesaplaması .....	115
9.3 Pano Toplam Dirençlerinin Hesaplanması .....	117
9.3.1 A1 nolu panonun toplam direncinin bulunması .....	119
9.3.2 A2 nolu panonun toplam direncinin bulunması .....	120
9.4 Ocak İçin Gerekli Hava Miktarının Hesaplanması .....	120
9.5 Ocakta Kullanılacak Vantilatör Gücünün Hesaplanması .....	123
9.6 Panolara Gönderilen Havanın Kollara Göre Dağılımı ve Yeterlilik Analizi .....	123
9.6.1. A2 nolu panonun hava dağılım analizi .....	125
10. NAKLİYATIN PROJELENDİRİLMESİ .....	127
10.1 Kömür Nakliyatı .....	127
10.1.1 Zincirli oluk seçimi .....	127
10.1.2 Bant seçimi .....	130
11. SONUÇLAR .....	135

## ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
2.1 Tunçbilek sahası konumu .....	4
3.1 Sondaj lokasyonları.....	8
3.2 Netcad bilgisayar programı.....	10
3.3 Tunçbilek ve Büyükdüz yer altı sahaları.....	11
4.1 Büyükdüz sahası kömür sahası kömür stampı .....	14
4.2 Pano Seçiminde Alternatif 1.....	19
4.3 Pano Seçiminde Alternatif 2 .....	20
4.4 Büyükdüz sahası kömür panoları.....	21
5.1 Arkadan göçertmeli dönümlü uzunayak.....	26
6.1 3.40'lık TH çelik profil.....	33
6.2 4.30'luk TH çelik profil.....	34
6.3 Bantlı konveyörler.....	35
6.4 Zincirli konveyörler.....	36
6.5 Kulikar (a) ve monoray(b).....	37
6.6 Galeri Açma Makinesi.....	37
6.7 Yükleyici.....	38
6.8 Vantüp.....	40
7.1 Tahkimat Sistemi.....	42
8.1 Büyükdüz sahası su havuzu.....	48
9.1 A1 nolu panonun hava yolları .....	61
9.2 A2 nolu panonun hava yolları .....	68
9.3 A3 nolu panonun hava yolları .....	70
9.4 A4 nolu panonun hava yolları .....	71
9.5 C nolu panonun hava yolları .....	73
9.6 B1 nolu panonun hava yolları .....	75
9.7 B2 nolu panonun hava yolları .....	77
9.8 B3 nolu panonun hava yolları .....	79
9.9 D nolu panonun hava yolları .....	81
9.10 E1 nolu panonun hava yolları .....	83

**ŞEKİLLER DİZİNİ (Devamı)**

<b><u>Sekil</u></b>	<b><u>Sayfa</u></b>
9.11 E2 nolu panonun hava yolları .....	85
9.12 F1 nolu panonun hava yolları .....	87
9.13 F1 nolu panonun hava yolları .....	89
9.14 F3 nolu panonun hava yolları .....	91
9.15 G1 nolu panonun hava yolları .....	93
9.16 G2 nolu panonun hava yolları .....	95
9.17 G3 nolu panonun hava yolları .....	97
9.18 G4 nolu panonun hava yolları .....	99
9.19 H1 nolu panonun hava yolları .....	101
9.20 H2 nolu panonun hava yolları .....	103
9.21 H3 nolu panonun hava yolları .....	105
9.22 I1 nolu panonun hava yolları .....	107
9.23 I2 nolu panonun hava yolları .....	109
9.24 I3 nolu panonun hava yolları .....	111
9.25 J1 nolu panonun hava yolları .....	113
9.26 J2 nolu panonun hava yolları .....	115
9.27 K nolu panonun hava yolları .....	117
10.1 Bant nakliye yolları.....	130

## ÇİZELGELER DİZİNİ

<b><u>Çizelge</u></b>	<b><u>Sayfa</u></b>
1.1. Türkiye kömür üretimi.....	1
1.2. Ülkemiz birincil enerji üretim ve tüketimi ile önümüzdeki yılların projeksiyonu...	2
2.1. Büyükdüz sahasındaki kömürün teknik bilgileri ve analiz değerleri .....	6
3.1. Sahanın rezerv hesabı.....	9
3.2. Seçilen UPS koordinatları.....	11
4.1. Yıllara göre üretim miktarları.....	17
9.1. Kuyu ve demir bağlı galeriler için sürtünme katsayısı.....	57
9.2. Kuyu ve galeriler için şekil faktörleri.....	57
9.3. Bazı lokal dirençler için eşdeğer uzunluklar.....	59
9.4. Damar kalınlığına bağlı ayak dirençleri.....	59
9.5. A-1 Panosunun direnç değerleri.....	66
9.6. A-2 Panosunun direnç değerleri.....	68
9.7. A-3 Panosunun direnç değerleri .....	70
9.8. A-4 Panosunun direnç değerleri .....	72
9.9. C Panosunun direnç değerleri .....	74
9.10. B-1 Panosunun direnç değerleri .....	76
9.11. B-2 Panosunun direnç değerleri .....	78
9.12. B-3 Panosunun direnç değerleri .....	80
9.13. D Panosunun direnç değerleri .....	82
9.14. E-1 Panosunun direnç değerleri .....	84
9.15. E-2 Panosunun direnç değerleri .....	86
9.16. F-1 Panosunun direnç değerleri.....	88
9.17. F-2 Panosunun direnç değerleri.....	90
9.18. F-3 Panosunun direnç değerleri.....	92
9.19. H-3 Panosunun direnç değerleri.....	94
9.20. G-1 Panosunun direnç değerleri.....	96
9.21. G-2 Panosunun direnç değerleri.....	98
9.22. G-3 Panosunun direnç değerleri.....	100
9.23. H-1 Panosunun direnç değerleri.....	102
9.24. H-2 Panosunun direnç değerleri.....	104

**ÇİZELGELER DİZİNİ (Devamı)**

<b><u>Çizelge</u></b>		<b><u>Sayfa</u></b>
9.25	H-3 Panosunun direnç değerleri.....	106
9.26	I-1 Panosunun direnç değerleri.....	108
9.27	I-2 Panosunun direnç değerleri.....	110
9.28	I-3 Panosunun direnç değerleri.....	112
9.29	J-1 Panosunun direnç değerleri.....	114
9.30	J-2 Panosunun direnç değerleri.....	116
9.31	K Panosunun direnç değerleri.....	118
9.32	A-1 nolu panonun direnç değerleri.....	120
9.33	A-2 nolu panonun direnç değerleri.....	120
9.34	Ocaktaki tüm panoların toplam dirençleri.....	122
9.35	Ocaktaki tüm panoların hava dağılım analiz ve sonuçları.....	126
10.1	Zincirli oluğun motor güçleri.....	129
10.2	Lastik bantlı konveyörlerde hareketli kısmın ağırlıkları.....	132
10.3	Ocaktaki tüm bantların güçleri.....	134

## 1. GİRİŞ

Enerji, çağımızın en önemli gereksinimidir. Ülkelerin gelişmişlik düzeyleri, bir anlamda ellerindeki enerji kaynaklarına ve bunları nasıl değerlendirdiklerine bağlıdır. Dünya'daki enerji talebi ve nüfus artışının geçmişteki gelişimi, enerji ihtiyacının nüfus artışından daha hızlı arttığı sonucunu ortaya koymaktadır. Yapılan istatistiksel çalışmalardan toplam enerji ihtiyacının şu anki enerji talebine göre, 2020 yılında %65, 2050 yılında ise %250'den daha fazla olacağı hesaplanmıştır [1, 2]. Bu durum enerji hammaddelerinin ve enerji üretiminin her geçen yıl biraz daha önem arz edeceğinin bir göstergesidir.

Enerji kaynakları; yenilenemez enerji kaynakları ve yenilenebilir enerji kaynakları olmak üzere ikiye ayrılır. Yenilenebilir enerji kaynakları rüzgâr enerjisi, güneş enerjisi, hidrolik ve jeotermal gibi kullanımı bir defaya mahsus olmayan kaynaklardır. Yenilenemez enerji kaynakları ise kömür, petrol, doğal gaz gibi kullanımı bir defaya mahsus olan kaynaklardır. Dünyada ve Türkiye'deki en önemli enerji kaynağı ise kullanımı bir defaya mahsus kaynaklardan biri olan kömürdür. Dünya enerji gereksiniminin %42'si kömürden karşılanmakta olup, bu değer 2020 yılında Dünya geneli için %48, Türkiye için ise %32 olması beklenmektedir [1]. Bu nedenle, yenilenemez bir enerji kaynağı olan kömürün üretimi ve tüketiminin çok dikkatli bir şekilde yapılması toplumsal bir sorumluluktur.

Ülkemizdeki kömür rezervlerinin miktarı toplam 9,675 milyar ton olup, bunun 1,3 milyar tonu taşkömürü ve 8,375 milyar tonu linyitlerden oluşmaktadır. Enerji ihtiyacımızın çok büyük bir kısmı kömüre dayalı termik santrallerden karşılanmaktadır. Dünya linyit rezervleri bakımından 12.sırada olan ülkemiz, üretimde ön sıralarda değildir. Ülkemizin 1999 – 2001 ve 2003 yılları kömür üretimi Çizelge 1.1' de gösterilmiştir [3].

**Çizelge 1.1** Türkiye kömür üretimi

Yıllar	Linyit (ton)
1999	65 019 000
2001	57 900 000
2003	47 200 000

Örnek olması bakımından söylemek gerekirse, komşumuz Yunanistan'ın 4,5 milyar tonluk kömür rezervine karşın 2001 yılındaki toplam üretimi 67 milyon tondur [4]. Türkiye'deki üretimin 57.9 milyon ton olduğu düşünülürse, üretimimizin artırılması gerektiği ortadadır.

Çağa ayak uydurmaya çalışan ülkemiz sanayisinin hammadde ve enerji talebinin hızla artması, özellikle kömür madenciliğindeki üretim miktarlarının artırılmasını gerektirmektedir. Ülkemiz ekonomik gelişiminin devamlılığı ve sosyal refahı için sahip olduğu kömür zenginliklerini en verimli biçimde kullanması şarttır. Çizelge 1.2 ülkemiz birincil enerji üretimi ve tüketimi ile ilgili detaylı bilgi vermektedir [3]. Çizelge 1.2 enerjide dışa bağımlı bir ülke olduğumuzu göstermektedir.

**Çizelge 1.2** Ülkemiz Birincil Enerji Üretim ve Tüketimi ile Önümüzdeki Yılların Projeksiyonu(1000 TEP=Ton eşdeğer petrol) 5

YILLAR	ÜRETİM (1000 TEP)*	TÜKETİM (1000 TEP)*	TYÜKO**
1980	17.298	31.913	54
1985	21.703	39.167	55
1990	25.123	52.632	48
1995	26.255	63.180	42
2000	31.168	91.014	34
2005	40.367	120.960	33
2010	50.586	167.457	30
2015	62.195	227.782	27
2020	81.053	307.612	26

\*(TEP=Ton Eşdeğer Petrol), \*\*Tüketimin yerli üretimle karşılama oranı (%)

Enerji ihtiyacımızı karşılayacak rezervlere sahip olmamıza karşın, üretimimiz tüketimimizi karşılayamamaktadır. Türkiye enerji ihtiyacının ancak % 30'unu kendi kaynaklarıyla karşılayabilmektedir ve bu oran her geçen yıl azalmaktadır [5]. Bunun en büyük nedeni ise iyi bir üretim planlanmasının yapıp uygulanamamasıdır. Yüksek verimde üretimin en önemli koşulu, iyi bir planlamadır.

Planlamanın amacı, gerekli miktardaki hammaddeyi uygun zamanda yeteri kadar çıkarabilmek için oluşabilecek problemlerin önceden tespit edilmesi ve bu problemlere uygun olarak çözüm yoluna gidilmesidir. İyi bir planlama, verimliliği artırdığı gibi kayıpları da en aza indirmektedir. Planlama ile insanoğlu, içinde yaşadığı doğayı ve toplumu kontrol etme, bu kontrolü günden güne genişletme gücünü elde etmektedir.

Bu nedenle en önemli enerji kaynağımız olan kömürün üretimi ve tüketimi, iyi düşünülmüş bir plan çerçevesinde gerçekleştirilmelidir. Bu amaçla bu çalışmada, ülkemizin önemli linyit rezervlerinden biri olan Tunçbilek Linyit Havzası içerisindeki Büyükdüz sahasının planlanması yapılarak, bu sahadaki kömür zayıtlarının en aza indirgenmesi ve olabildiğince hızlı ve yeterli bir kömür üretiminin gerçekleşmesi düşünülmüştür. Gerekl miktarda kömürün, en kısa sürede ve güvenli bir şekilde çıkarılması amacıyla yapılan planlama çalışmasının ilk bölümünde, saha sınırlarında yapılan sondajlar dikkate alınarak, sahanın jeolojik yapısı ve rezervi tespit edilmiştir. Buna ek olarak jeolojik yapı ve tektonizmaya bağlı olarak da sahadaki panoların konumu ve sayısı belirlenmiştir. Ayrıca çeşitli yeraltı üretim metotlarının karşılaştırılması ve özellikle ortalama damar kalınlığı göz önüne alınarak uygun üretim yöntemi seçilmiştir. Çalışmanın ikinci bölümde hazırlık ve üretim aşamaları detaylı bir şekilde incelenmiştir. Her iki aşama için tahkimat ve nakliyat sistemi seçimi, kazı ekipman seçimi, su atımı ve havalandırma yöntemi seçimi yapılmıştır. Son bölümde ise su atımı, nakliyat ve havalandırma projeleri gerçekleştirilmiştir. Su atımı projesinde; ocakta oluşacak suyun tulumbar tarafından atılması için gerekli olan su ihraç sistemi planlanmıştır. Nakliyat projesinde, zincirli konveyör ve bantlı konveyörlerin gereken motor güçleri hesaplanırken, havalandırma projesinde gerekli hava miktarına göre vantilatör seçimi yapılmıştır. Pratik uygulamalarla, akademik bilgiyi birleştirmeyi amaçlayan bu çalışma bir yardımcı kaynak niteliğindedir.



## 2. SAHANIN JEOLJİSİ

Bu çalışmanın yapıldığı saha Kütahya'nın Tavşanlı ilçesi sınırlarında olan Tunçbilek Kömür Havzası içerisindeki Beke köyünde bulunmaktadır. Beke köyü'nden geçen Beke deresi, havzanın antiklinal eksenidir. Beke deresinin kuzey batısındaki birimler kuzey - doğuya eğimli, güney batısındaki birimler ise güney, güney - batı eğilimindedir [6].



Şekil 2.1 Tunçbilek sahası konumu

Genelde havzanın belirli aralıklarla çökmesine bağlı olarak eğim atımlı gravite fayları gelişmiştir. Genelde yataya yakın olana ( $5^\circ$  ve  $11^\circ$ ) Miyosen çökelleri fay zonlarında eğim kazanabilmektedir ve bu eğimler yer yer oldukça fazladır. Pliyosen birimleri ise tektonizmadan daha az etkilenmiştir. Bunlar, havza kenarlarındaki kısımlar bir kenara bırakılacak olursa genelde yatay konumludur. Tüm faylardaki yaygın doğrultu Kuzeydoğu – Güneybatı (KD – GB)'dir [6].

Çökme özelliği taşıyan bu Neojen havzalarında temel olan dokanaklar çoğu yerde faylıdır. Havzanın ilerlemesinde çökmenin ilerlemesi ile eş yaşta faylar gelişmiştir. Miyosen ve Pliyosen çökelleri arasında, istifin sürekli olduğu kesimlerde belirli bir açılal uyumsuzluk gözlenmemiştir [6].

Bitkilerin, doğa olaylarının etkisi altında zamanla bozularak fiziksel ve kimyasal değişikliklere uğraması sonucu, kömürleri meydana getirdiği bugün kesin olarak bilinmektedir. Kömürlerin bitkilerden kaynaklandığına ilişkin çeşitli kanıtlar vardır. Bazı linyit kömürleri kahverengi görünümde ve yumuşak olup, gözle görülebilen bitki artıkları içerirler. Mikroskop altında, bitümlü kömürlerde de tohum, spor ve reçine parçacıkları ile bitkilerin temel yapı maddeleri olan selüloz kalıntıları içermektedir [1, 7, 8].

Bitkilerde fiziksel ve kimyasal değişimlere yol açan doğa olayları arasında bakteri ve mantar hücrelerinin faaliyetleri, oksitlenme, redüklenme, hidroliz ve damıtım ile su ortamında ısı ve basıncın etkileri sayılabilir. Fiziksel değişimlerden başlıcaları rengin kararması, parlaklık, sertlik, sıklık ve kırılabilirliğin artmasıdır. Kimyasal değişimler ise esas olarak rutubet ve karbon, hidrojen ile oksijen bileşiklerinde oluşan uçucu maddelerin (karbon dioksit ve metan gazları gibi) kaybolarak azalması, geri kalan maddelerin molekül yapılarının değişmesi, sabit karbon ve kül oranlarının artması şeklindedir [1, 7, 8].

Kömürleşme sırasındaki fiziksel ve kimyasal değişimler binlerce, hatta milyonlarca yıl sürer. Belli bir yatağın geçirmiş olduğu değişim süreci, başlangıçta bu yatağı oluşturan bitki türleri ve değişim koşulları gibi faktörlerle birlikte, o yatakta oluşan kömürün özelliklerine etki eder. Kömürleri oluşturmada rol oynayan faktörlerin çok değişik olması çok çeşitli kömür türlerinin meydana gelmesine yol açmıştır. Bu bakımdan, dünyada bulunan kömür yataklarından hiçbirinin bir diğerine tam olarak benzemediği söylenebilir. Hatta kömürlerdeki özellik farkına yataklar arasında olduğu kadar, aynı yatağın değişik kısımları arasında da rastlamak mümkündür [1].

Tunçbilek kömürleri, parlak sert linyit kömür türündendir. Yapılan bilimsel araştırmalarda Tunçbilek kömürünün linyitle taş kömürü sınırında yer aldığı tespit edilmiştir. S 5788 standartlarına uygunluk belgesiyle birinci sınıf linyit kömürü olan Tunçbilek kömürünün nem oranı düşüktür. Taşıma ve depolama sırasında çok az oranda tozlaşmaktadır. Büyükdüz sahasındaki kömürün kimyasal analizi Çizelge 2.1’de verilmiştir.

**Çizelge 2.1** Büyükdüz sahasındaki kömürün teknik bilgileri ve analiz değerleri

<b>Teknik bilgiler</b>	
Ayna Kalınlığı	6-8 m
Kömür Yoğunluğu	1,5 t/m <sup>3</sup>
<b>Analiz değerleri</b>	
Kalori	2900-3050 kcal/kg
Kül Oranı	%51,15
Uçucu Madde	%27,47
Sabit Karbon	%21,38
Kükürt Oranı	%1,56

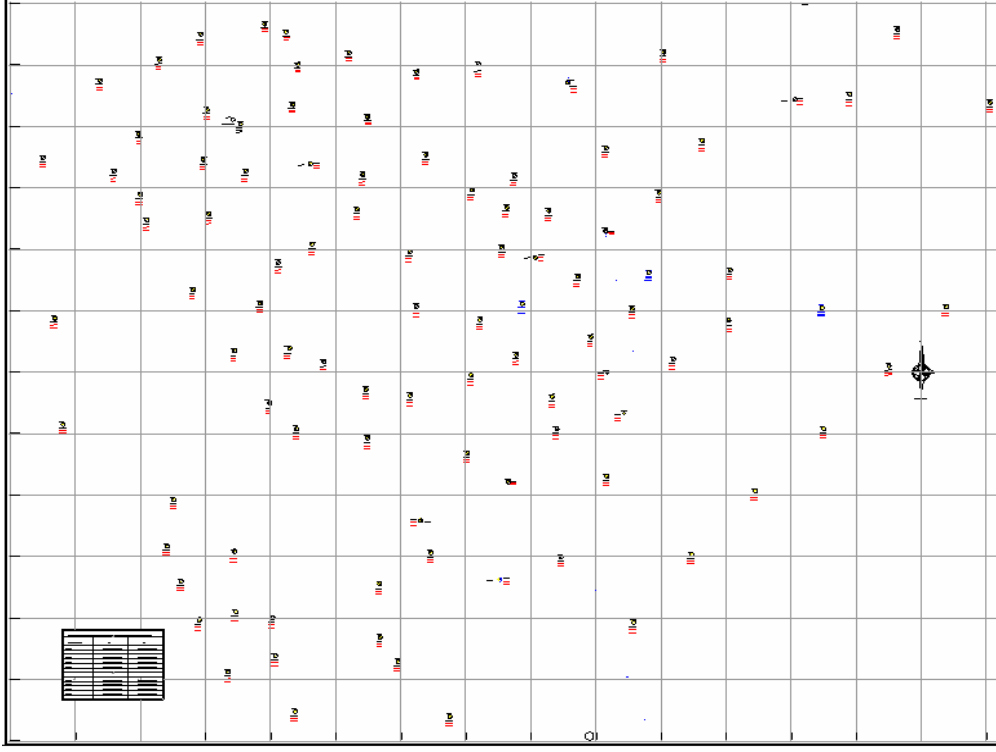
### 3. SONDAJ VERİLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Arama işlerinde maden yatağının varlığı ve yaygınlığı saptandıktan sonra, bunun rezervinin ve tenörünün bulunması için araştırma işlerine gerek vardır. Ayrıca yatağın işletilebilir olabileceği, çalışma kapasitesi, yani senelik üretim miktarının hesaplanabilmesi için araştırma işlerinin önemi büyüktür. Araştırma işlerinin cinsi, maden yatağının şekline, büyüklüğüne ve düzgün veya karışık şekilde yayılıma göre seçilir. Az kalınlıktaki filonlar kuyu ve kuyudan sürülen galerilerle araştırılır. Yatay galeri ile maden yatağına giriş, kuyuya kıyasla su ve ulaşım problemi yönünden daha ucuzdur. Bu nedenle dağlık bölgelerde yatay galeri ile maden yatağına ulaşmak daha fazla uygulanır. Filonun doğrultusu boyunca sürülmüş bir galeri bunun devamını gösterdiği için çok yararlıdır [9, 10].

Bütün araştırma çalışmalarının amacı, maden yatağının şekli, derinliği ve tektoniğinden ayrı olarak yatağın rezervinin ve tenörünün de hesaplanmasıdır. Cevher yataklarında tenör, faydalı metalin yüzdesi (%), altın platin vb. metallerde ise beher ton cevherdeki miktarı (gr/t) olarak gösterilir. Kömür damarlarında ise bu husus kömürün kalorisini, uçucu madde miktarı, koklaşma kabiliyeti, kül ve kükürt miktarı, külün erime derecesi vb. konuları kapsar. Cevherlerde faydalı metal miktarının yanında metalürjik işlemler için zararlı maddeler ile gang cinsinin de dikkate alınması gerekir [9, 10].

#### 3.1 Rezervin Hesaplanması

Bir sahada üretimin gerçekleştirilebilmesi için öncelikle o sahanın topografik yapısı ve jeolojik özelliklerinin bilinmesi gereklidir. Bunun içinde o saha hakkında yeterli bilgiye ulaşılabilecek kadar sondaj yapılmalıdır. Bu saha için 79 adet sondaj yapılmış olup, bu sondajlar yaklaşık olarak 15 m aralıklarla gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.1). Sondajların 15 m aralıklarla gerçekleştirilmesinin sebebi üretilecek olan kömürün, metalik cevherler kadar saçınımlı bir yapıya sahip olmamasıdır.



Şekil 3.1 Sondaj lokasyonları

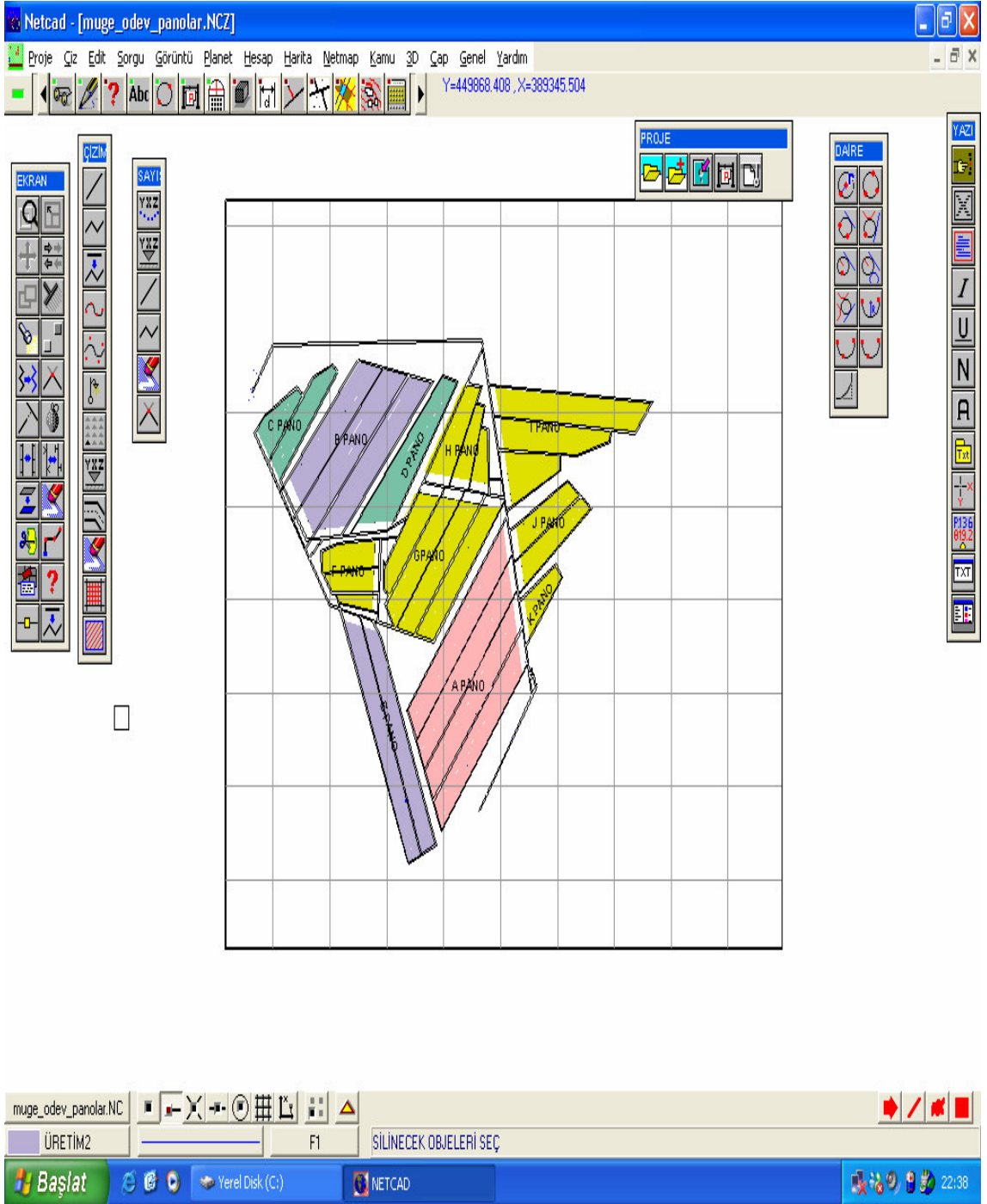
Yapılan sondajlar kullanılarak kömür rezervi hesaplanmıştır. Öncelikle kömürü kesen sondaj logları kullanılarak NETCAD (NC32) bilgisayar programı yardımıyla sahanın alanı hesaplanmıştır (Şekil 3.2). Kömürün yoğunluğu  $1,5 \text{ t/m}^3$  olup, ortalama kömür kalınlığı 6 – 8 metre olarak belirlenmiştir. Her pano için kömür rezervi Eşitlik 1 yardımıyla ayrı ayrı hesaplanmıştır [11] (Çizelge 3.1) (Panoların seçimi daha sonraki bölümlerde anlatılacaktır).

$$\text{Rezerv} = \text{Alan} \times \text{Yoğunluk} \times \text{Kalınlık} \quad \dots \text{Eşitlik 1}$$

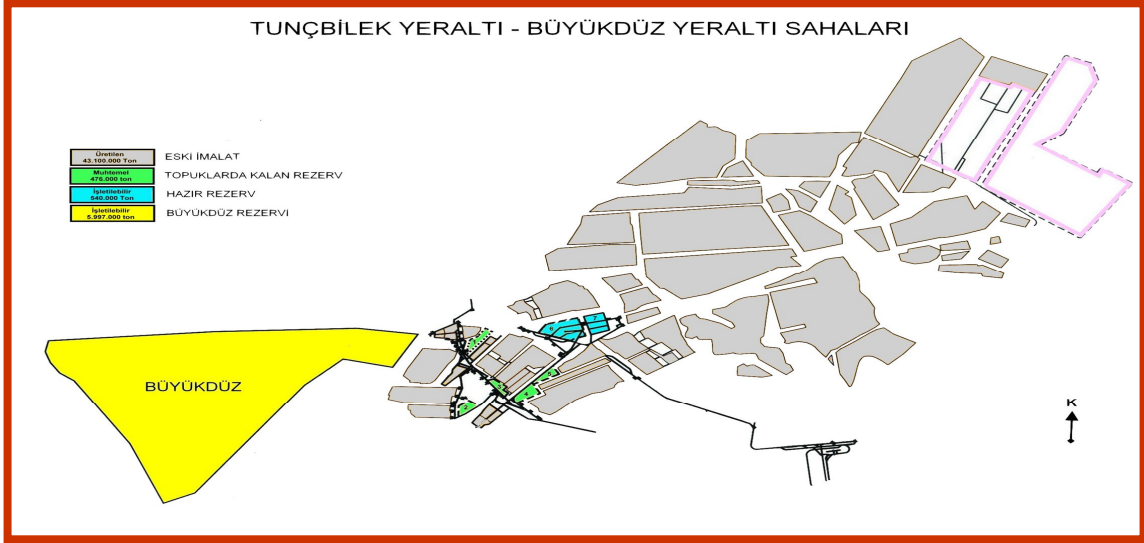
**Çizelge 3.1** Sahanın rezerv hesabı

Pano Adı	Alan (m <sup>2</sup> )	Kalınlık (m)	Yoğunluk (ton/m <sup>3</sup> )	Rezerv (ton)
A Pano	61.294	6	1,5	551.646
B Pano	94.390	6	1,5	849.510
C Pano	27.277	6	1,5	245.493
D Pano	31.310	6	1,5	281.790
E Pano	58.484	6	1,5	526.356
F Pano	23.045	6	1,5	207.405
G Pano	79.778	6	1,5	718.002
H Pano	28.390	6	1,5	255.510
I Pano	73.900	6	1,5	665.100
J Pano	28.250	6	1,5	254.250
K Pano	9.150	6	1,5	82.350
Toplam	515.268	6	1,5	4.637.412

Yapılan hesaplamalar sonucunda kömürün toplam rezervi 4.637.412 ton olarak hesaplanmıştır (Çizelge 3.1). Kömürün sınırları ve rezervi belirlendikten sonra yeraltı madenciliği için sahanın giriş noktalarının belirlenmesi gerekmektedir.



Şekil 3.2 Netcad bilgisayar programı



**Şekil 3.3** Tunçbilek ve Büyükdüz yeraltı sahaları [5]

### 3.2 Saha Giriş Noktasının Belirlenmesi

Sondaj verileri neticesinde saha girişi ve havalandırma girişi olarak, kömürü yüzeye en yakın kesen yer (Güney girişi) ile havalandırma için (Kuzey girişi) aşağıdaki UPS koordinatları seçilmiştir (Çizelge 3.2). Güney girişinin seçilmesinin bir diğer nedeni ise, çalışmanın yapıldığı yer olan Büyükdüz sahasının eski açık ocak üretiminin bulunduğu yerde olmasıdır. Bu durum formasyonun daha yumuşak olmasına ve dolayısıyla yeraltı ocağı giriş noktası için daha uygun bir ortam yaratmıştır. Kuzey girişinin seçiminde ise bu noktanın yüksek kotta olması nedeniyle havalandırmayı kolaylaştırmasıdır.

**Çizelge 3.2** Seçilen UPS koordinatları

Güney Girişi İçin	Kuzey Girişi İçin
Y 451125,529	Y 450324,513
X 4389147,375	X 4390042,426
Z 915,70	Z 1123,044



Ayrıca malzeme nakliyatı, insan nakliyatı ve kirli hava çıkışı Güney Girişinden yapılacak olup, Kuzey girişi sadece temiz hava geçiş yolu olarak belirlenmiştir. Bu giriş yolları panoların belirlenmesinde de önem taşımaktadır.

## 4. PANOLARIN SEÇİMİ

### 4.1 Tektonizma

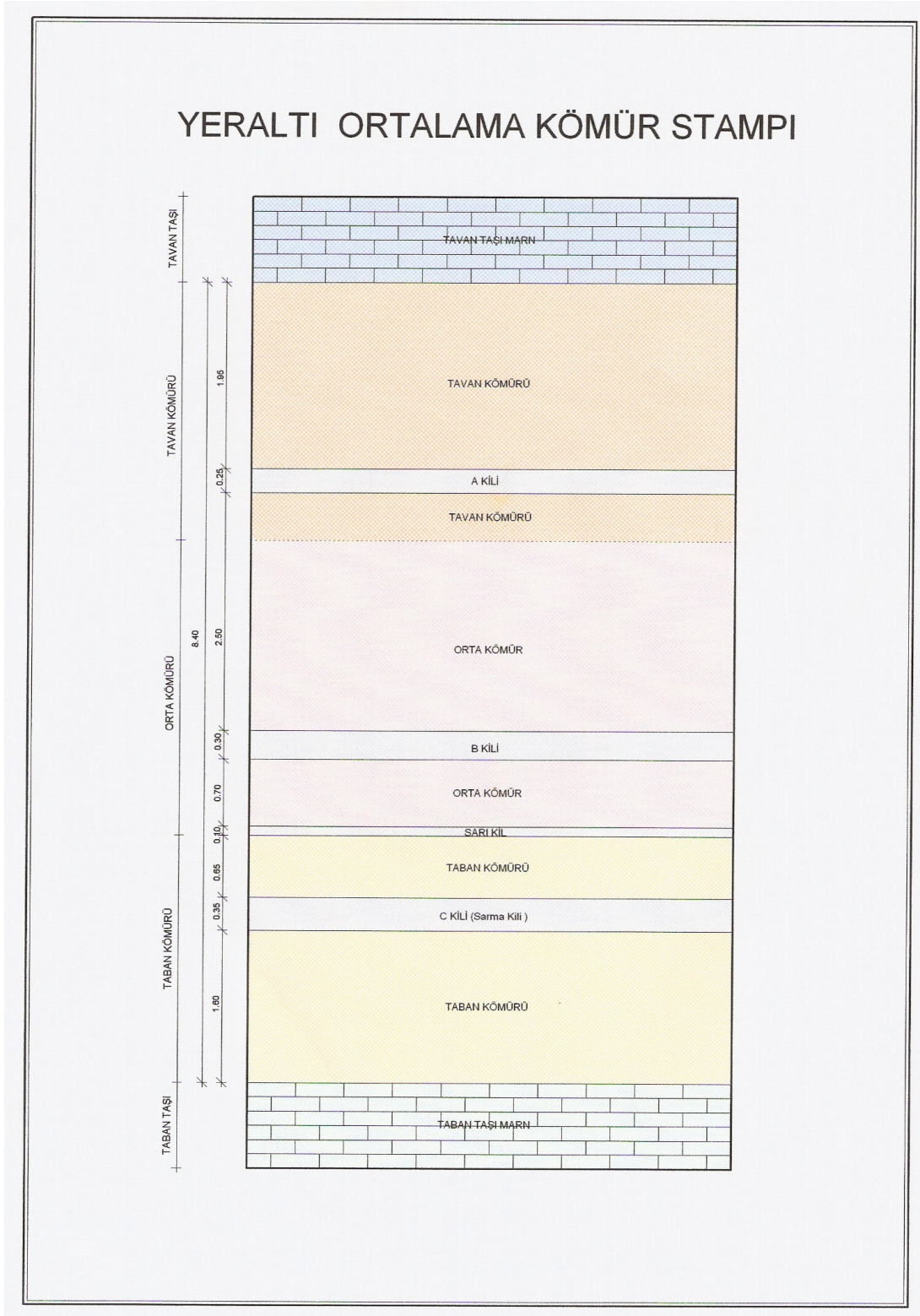
Panoların seçiminde en önemli etken o sahada bulunan faylardır. Fayların belirlenmesinde yapılan sondaj verilerinin çerçevesinde sahanın jeolojik ve topografik özellikleri belirlenmekte ve buna bağlı olarak faylanmanın miktarı, fayların konumu ve fayların uzunluğu belirlenmektedir. Saha üzerinde bulunan faylar seçilecek olan panoların aralarına gelmelidir. Çünkü faylanma seçilen panoların ortasına gelirse, üretim esnasında üretilecek kömürün yönünü değiştirerek ayak yapısını bozabilir ve üretimi engelleyebilecek çeşitli sorunlar ortaya çıkarabilir. Ayrıca faylanmanın olduğu yerde fayın durumuna bağlı olarak su geliri artabilir, cevherde akmalar meydana gelebilir. Bu nedenle pano seçimi, tespit edilen faylardan, hazırlık ve üretim esnasında en az etkilenebilecek şekilde olmalıdır.

Saha içerisinde farklı atımlarda on iki adet fay bulunmaktadır (Şekil 4.1). Panolar oluşturulurken bu fayları kesmemeleri istenmekte ve buna göre düzenleme yapılmaktadır.

Bu çalışmada Şekil 4.1'den de anlaşılacağı üzere on bir adet pano oluşturulabilir. Ayrıca panolar oluşturulurken fayların üretim ayaklarıyla kesişmemesi gerektiğinden, planlama bu doğrultuda yapılacaktır.

### 4.2 Sahanın Jeolojik Durumu

Sondajlar sonucunda elde edilen kömür stampı (Şekil 4.2), formasyon hakkında detaylı bilgi vermekte, dolayısıyla panoların oluşturulmasına ve galerilerin nereden, nasıl sürüleceğine karar verilmesini sağlamaktadır. Kesitler nerede kömür, nerede marn, nerede kil vs. olduğunu gösterirler. Kömürün ve diğer yan kayaçların kotları belirlendikten sonra panoların yönleri ve ana galeri ile ilgili yapılandırma işlemine geçilebilir.



**Şekil 4.1** Büyükdüz sahası kömür stampları

Kömürü kesen kotlara göre sahadaki panoların yönleri belirlenmektedir. Amaç kömürü çıkarmak olduğundan panolar olabildiğince kömür olan yerlere göre belirlenir. Fakat ana galeri sürülürken sağlam kayaçtan gitmek gerekir. Çünkü anayollar sürülürken sağlam bir zeminde ve sağlam bir tavanda işlem yapılmalı, kömürde sürülen galerilerin formasyon olarak zayıf olduğu ve problemlere neden olabileceği dikkate alınmalıdır. Yani ana galeri kömürde sürülürse, tavan da akmalar, göçmeler olabilir. Bu da tahkimatın maliyetini artırabileceği gibi zaman kaybına da neden olabilir. Daha da önemlisi bu tip bir uygulama güvenlik açısından riskler taşımaktadır. Ayrıca taban sağlam zeminde olmazsa, kazı yapan makineler bataabilir ve yine ekonomik sıkıntılar yaşanabilir. Ana galerilerin üretim tamamlanana kadar kalacağı düşünüldüğünde, ana galerileri sağlam formasyonda sürmenin önemi daha iyi anlaşılmaktadır.

### **4.3 Damarın Kalınlığı ve Kotu**

Kömür kesitlerine göre kömür kalınlığı pano seçimi yaparken önemlidir. Çünkü üretim esnasında kömür kayıplarının en az olması gerekmektedir. Kömür kaybının artması ekonomik açıdan istenmediği gibi, kalan kömürün kızışma ihtimali ocak yangını tehlikesini ortaya çıkarmakta, bu da can ve mal güvenliği açısından olumsuzluklara neden olabilmektedir. Bu nedenle pano seçimi yapılırken damar kalınlıkları birbirlerine yakın olan yerler aynı pano içine bulunmalıdır.

Diğer bir önemli noktada formasyon kotlarıdır (EK1, EK2). Pano seçimi yapılırken, pano içerisinde kalan bölgenin kotu birbirine yakın olmalıdır. Eğer kot farkı yüksek olan yerler aynı pano içerisinde bırakılırsa; üst kottaki kömürler alınamaz, ekonomik ve güvenlik riskleri oluşur. Kömürün alınabilmesi için yeni ayak oluşturulması gerekir. Bu da gereksiz bir ek işlem gerektirerek zaman ve para kaybına neden olur. Ayrıca yükseklik artırıldığından tahkimata fazladan yük biner.

### **4.4 Optimum Ayak Uzunluğu**

Panoları belirlerken üretim aşamasını da düşünerek ayak boyu uzunlukları ayarlanmalıdır. Çok uzun seçilen ayaklarda makine miktarı arttığı gibi, nakliyat, su atımı ve havalandırma ekipmanları artmakta ve bu durum maliyeti arttırıp, randımanı düşürmektedir.

Ayrıca ocak kontrolünü güçleştirmekte ve güvenlik tehlikesine neden olmaktadır. Bu nedenle pano seçiminde; üretim şekline ve cevherin cinsine göre optimum ayak uzunluğu belirlenmeli ve bu seçimler doğrultusunda da gerekli ekipmanlar belirlenmelidir.

Bu sahada ayak uzunluğu yaklaşık olarak 60 - 90 m olarak seçilmiş olup, seçilen ekipmanların detayları hazırlık ve üretim aşamalarında anlatılacaktır.

#### 4.5 Su Geliri ve Damarın Eğimi

Pano seçimi esnasında çok önemli gibi görünmese de üretim aşamasına gelindiğinde ayak içerisine dolan su üretimi yavaşlatmakta, hatta ayakların kapanmasına bile sebep olmaktadır . Pano seçimi esnasında üretim yönünün su gelirin ters yönünde olmasına dikkat edilmelidir (EK1, EK2). Hatta gerekirse sondaj verilerine göre saha içerisindeki en düşük kot belirlenerek bütün su o kısımda toplanacak şekilde pano konumları ayarlanmalıdır. Bu çalışmada da üretim yönü güneyden kuzeye olacak şekilde belirlenmiştir ve en düşük kot olan güney noktasına bir tulumba dairesi kurulması planlanmıştır (Şekil 4.4).

#### 4.6 Üretim Miktarı

Panoların seçiminde çıkarılması gereken yıllık kömür miktarı da etkilidir. Çünkü panolar çok büyük tutulursa işçi ve ekipman sayısı artacağı gibi, pano kontrolü de zorlaşacaktır. Bu nedenle seçilecek üretim miktarı makul bir düzeyde tutulmalı ve buna göre de pano dizaynı yapılmalıdır.

Üretim miktarını belirleyebilmek için öncelikle yıllık çalışma günü belirlenmeli ve buna göre plan yapılmalıdır. Pazar günlerini (52 gün), bayram tatillerini (10 gün) ve arızalar nedeniyle olabilecek duraklamalar (Park Teknik şirketinin son dört yılında bu yaklaşık olarak 33 gündür) düşünülürse, bu planlamada yıllık çalışma günü 270 gün/yıl olarak belirlenmiş olunur. Kömürün kalınlığı yaklaşık olarak 6 m, yoğunluğu 1,5 ton/m<sup>3</sup> ve günlük 3 vardiya çalışıldığı düşünüldüğünde, günlük ilerleme miktarı:

$$\text{İlerleme miktarı} = (\text{vardiya} \times \text{have}) / 4 = (3 \times 1,25) / 4 = 0,94 \text{ m/gün}$$

olarak belirlenir. Bu işlemdeki 4 rakamı, bir havede yapılan ayna, söküm, arka kömür ve oluk havesi çekimi işlemlerini ifade eder. Optimum işçilik, optimum makine teçhizat ve emniyetin sağlanabilmesi için 4 ayağın aynı anda çalıştırılması uygundur. Ayak uzunluğunun 60 m olduğu düşünüldüğünde;

$$\text{Yıllık Üretim} = \text{ayak uzunluğu} \times \text{yıllık ilerleme} \times \text{damar kalınlığı} \times \text{yoğunluk}$$

$$\text{Yıllık Üretim} = (60 \text{ m} \times 4) \times 0,94 \text{ m/gün} \times 6 \text{ m} \times 1,5 \text{ ton/m}^3 = 2030,4 \text{ ton/gün' dür.}$$

Bu da yıllık 548.208 ton olup yaklaşık olarak 550.000 ton/yıl olarak alınabilir. Bir başka ifade ile her yıl 550.000 ton üretim yapıldığında dokuzuncu yıldaki 240.000 tonluk üretimle sahadaki kömür rezervi tüketilmiş olunacaktır. Bu çalışmada üretilecek kömür miktarı aşağıda görüldüğü gibi planlanmıştır (Çizelge 4.1)

**Çizelge 4.1** Yıllara göre üretim miktarları

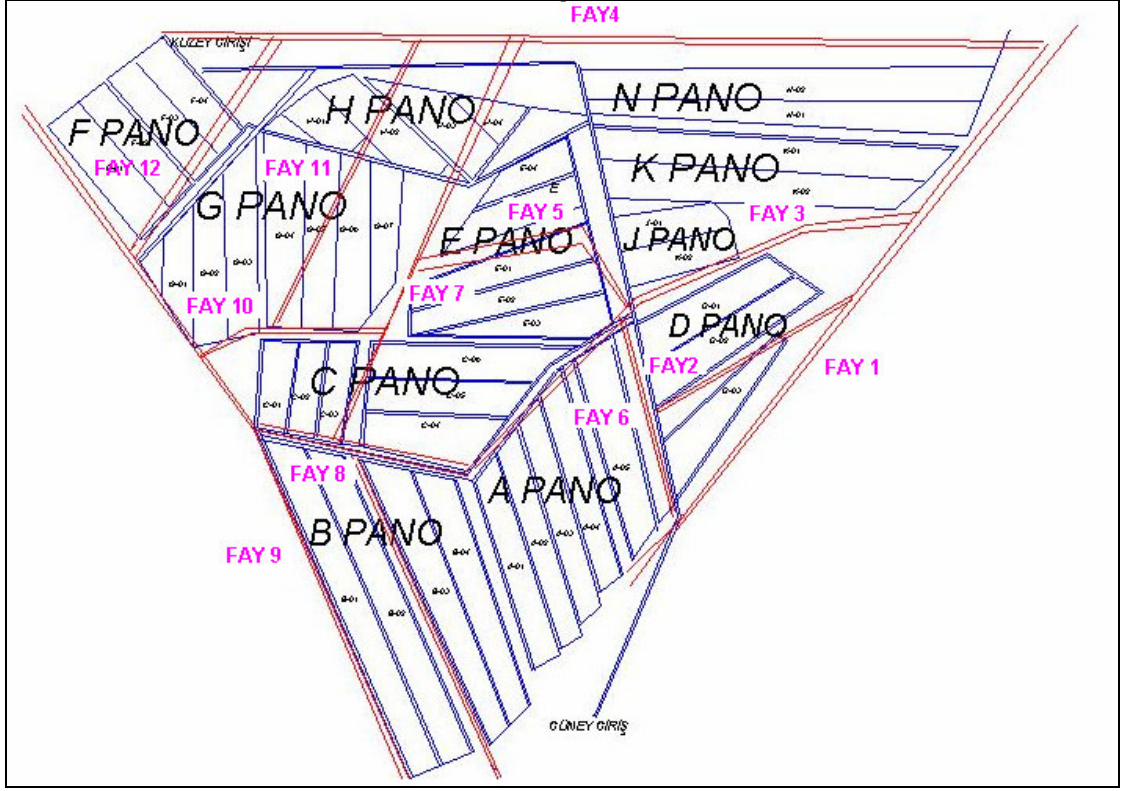
<b>YILLAR</b>	<b>ÜRETİM MİKTARI (ton)</b>
2006	550.000
2007	550.000
2008	550.000
2009	550.000
2010	550.000
2011	550.000
2012	550.000
2013	550.000
2014	240.000
<b>Toplam</b>	<b>4.640.000</b>

Büyükdüz sahasının tektonizması, jeolojik durumu, damar kalınlıkları ve kotları, su miktarı ve damar eğimi, optimum ayak uzunluğu ve üretim miktarları göz önünde

bulundurularak, panoların seçiminde aşağıdaki gibi iki alternatif düşünülmüştür (Şekil 4.2 ve 4.3).

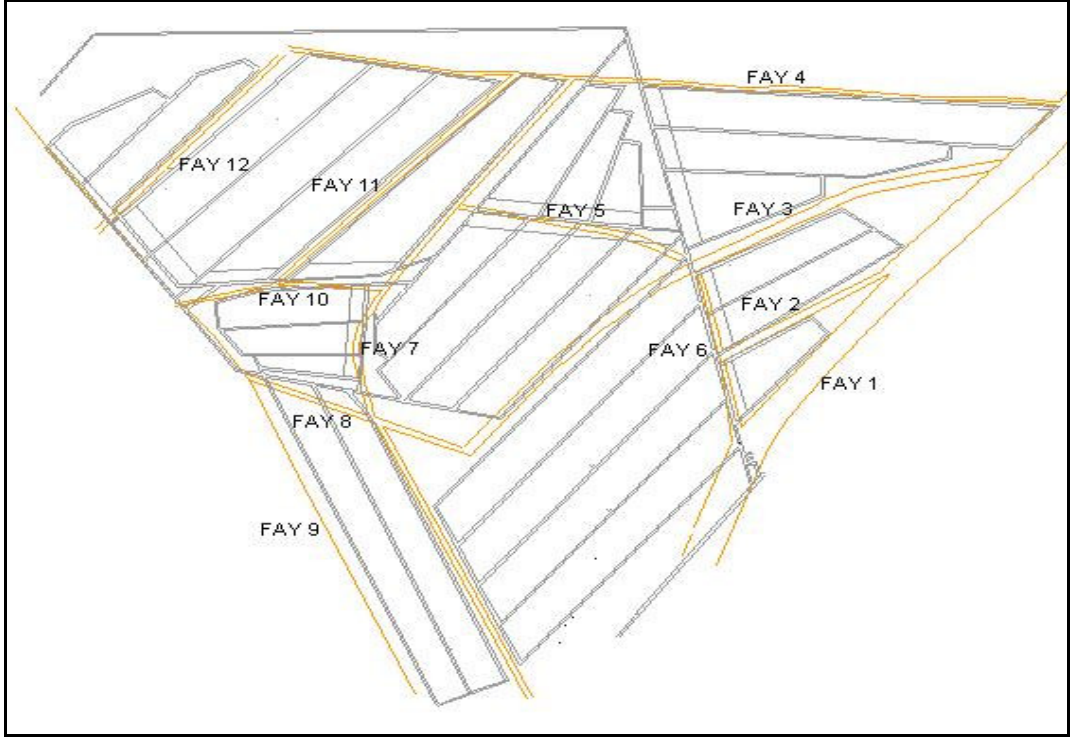
Alternatif 1’de fayların oluşumuna göre 11 adet pano belirlenmiştir (Şekil 4.2). Fayların konumuna göre oluşturulmuş 43 ayakiçinin uzunlukları 20 ile 90 metre arasında değişmektedir. Alternatif 1’de aralardaki kömürleri üretebilmek ve daha güvenli bir üretim yapabilmek için ayak uzunlukları kısa tutulmuştur. Fayların konumuna bağlı olarak ayakiçlerinde ani daralmalar meydana gelmektedir. Bu daralmalar üretimde düzensizlikler meydana getirip kömür kaybına neden olabilir. Ayak uzunluklarının kısa olması ise önceden yapılan hazırlık işlemlerinin süresinin, ayaktaki üretim süresinden daha fazla olmasına, dolayısıyla zaman kaybına neden olmaktadır. Fakat Alternatif 1’de ayak uzunluklarının artırılması faylar nedeniyle pek mümkün değildir. Ayrıca 11 ve 7 numaralı fayların ayak içinden geçmesi aynanın konumunu değiştirerek kömür kaybına neden olabilir. Ayrıca fayların ayakiçlerini kesmesi tahkimat giderlerini de artırır. Özellikle A Pano düşünüldüğünde, ki üretimin başladığı panodur, çalışacak işçi sayısının fazla olması başka bir dezavantaj olarak düşünülebilir.

Alternatif 1 arada kalan küçük miktarlarda kömürün de alınabilmesi için dizayn edilmekle birlikte, uygulamada dezavantajlı olacağı öngörülebilir. Ayak uzunluklarının küçülmesi ile hazırlık masrafı ve işgücü zayıtı artacaktır. Ayak uzunluklarının çok artması ise (90 metreden büyük) güvenlik risklerini meydana getirecek ve kontrolü güçleştirecektir. Bu nedenle panolar oluşturulurken ayak uzunluklarının 60-90 metre arasında seçilmesi, hem yeterli üretim hem de güvenlik açısından daha uygundur. Ayrıca panoların fay aralarına gelecek şekilde konumlandırılması üretimin sürekliliği ve kayıpların azaltılması açısından önemlidir. Bu nedenle Alternatif 2 düşünülmüş ve bahsi geçen saha için 11 adet pano Şekil 4.3’deki gibi oluşturulmuştur.

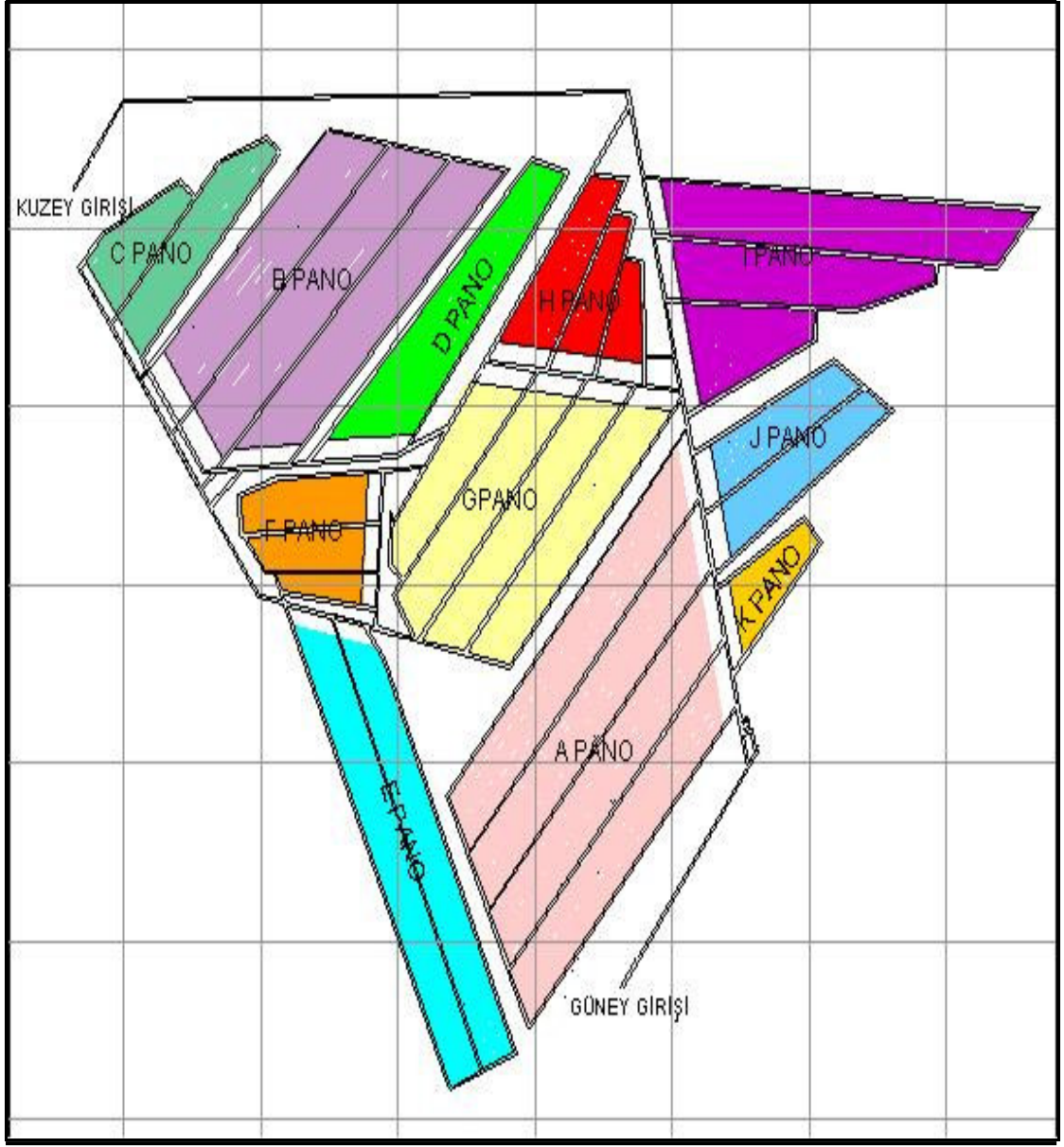


Şekil 4.1 Pano Seçiminde Alternatif 1





**Şekil 4.3** Pano Seçiminde Alternatif 2



Şekil 4.4 Büyükdüz sahası kömür panoları

## 5. ÜRETİM YÖNTEMİNİN SEÇİMİ

Yeraltı ocaklarının planlanmasındaki en önemli unsurlardan biri de üretim yöntemi seçimidir. En uygun yöntemin belirlenmesi planın verimliliği açısından büyük önem taşımaktadır. Uygun olmayan bir yöntemin seçimi, kömür kayıplarına neden olacağı gibi başka olumsuzluklara da neden olabilir. Bunu engellemek için üretim yöntemlerinin karşılaştırılması ve Büyükdüz Sahası için uygulanacak yöntemin belirlenmesi gerekmektedir. Karşılaştırma için baz alınan parametreler;

- Jeolojik şartlar açısından sistemin uygulanabilirliği,
- İşletme kaybı,
- İş emniyeti,
- Malzeme sarfiyatı,
- İşçilik,
- İşgücünün sistem yoğunluğu,
- Sağlanan üretim artış miktarı'dır [12].

### 5.1 Üretim Yöntemlerinin Karşılaştırılması

#### 5.1.1 Oda topuk yöntemi

Oda topuk yöntemi; tavan ve taban formasyonunun çok sağlam olduğu, damar kalınlığının fazla olduğu maden yataklarına uygulanır. Yöntemde damar içine büyük kapasiteli iş makineleri ve ağır iş kamyonları girebilmekte ve tahkimat masrafı gerektirmemektedir. Fakat bu yöntemde işletme kaybı çok fazladır. Bu kayıp ülkemizdeki uygulamalarda %60 - 75'leri bulabilmektedir. Yöntem A.B.D.'de uygulanmaktadır [12, 13, 14]. Ülkemizde ise kalın kömür damarlarında ilkel bir şekilde uygulanabilmektedir. Madenciler arasında adı Kara Tumba metodudur. İlkel bir yöntem olduğundan A.B.D.'de dahi yavaş yavaş terk edilmektedir. İşletme kaybının çok olan Oda Topuk Yöntemi, Büyükdüz sahası için uygun bir üretim yöntemi değildir.

### **5.1.2 Uzunayak yöntemi**

Uzun ayak işletme yöntemi; tabaka şeklinde oluşmuş maden yataklarında uygulanmakta olup, ülkemizde ve dünya’da en çok tercih edilen yeraltı üretim yöntemidir.

Pano ilerleme yönüne göre; ilerletimli ve dönümlü, yeryüzündeki tasman etkisine göre; göçertmeli veya dolgulu, damar yatımı ve kalınlığına göre; eğimli veya yatay dilimli, üretim ve tahkimat sistemlerine göre; klasik veya tam mekanize uzun ayak işletme yöntemleri kullanılmaktadır [13, 14, 15].

#### **5.1.2.1 İlerletimli ve dönümlü uzunayak yöntemleri**

Uzunayak yeraltı üretim yöntemi pano ilerleme yönüne göre; ilerletimli ve dönümlü olmak üzere iki çeşidi vardır.

İlerletimli uzunayak yönteminin esası, panoya girer girmez ayağın oluşturulmasıdır. Ayağın alt ve üst taban yolları yatay veya dilimli ise hava giriş ve hava dönüş yolları ayak ilerledikçe geride eski imalat içinde bırakılarak oluşturulur. Hava girişi ve çıkışı pano imalatını takip ederek sağlanır. Bu durum eski imalata bir miktar havanın sızması demektir. Hava sızması da ocak yangını tehlikesi meydana getirebilir. Ocak yangını tehlikesini düşünerek uzun ayak yönteminin ilerletimli olarak uygulanması uygun görülmemiştir.

Dönümlü uzunayak yönteminde çalışacak panoya girilerek hazırlıklar panonun sınırlarına kadar yapılır. Pano sınırında uzun ayak oluşturulur. Uzunayak ilerleme istikameti geriye dönüş şeklinde ve pano başlangıcına doğrudur [8, 9]. Ayak; panonun giriş noktasına ulaştığında panonun rezervi imal edilmiş olur. Üretim için hazırlıkların bitmesi beklenir. Bu durum bir dezavantaj oluşturur. Ancak ocak havasının göçükle temas etmemesi; yani yangına karşı emniyetli olması, damar içi yollarda tamir bakım masraflarının az olması, damarın panoda tam tanındıktan sonra üretime geçilmesi ile sürekli ve dengeli üretime imkan vermesi gibi avantajları mevcuttur [12, 13, 14].

Bahsedilen avantajları nedeniyle Büyükdüz sahasında dönümlü sistem uygulaması tercih edilmiştir.

### **5.1.2.2. Göçertme ve dolgulu uzunayak yöntemleri**

Uzunayak yeraltı üretim yöntemi yeryüzündeki tasman etkisine göre; göçertmeli veya dolgulu olmak üzere ikiye ayrılır. Üretimin yapılacağı alanın, üretim yapıldıktan sonra stabil tutulabilmesi için, yaratılan boşluğa dışarıdan malzeme getirilerek doldurulması veya kalan tavan boşluğunun göçertilmesi gerekir [13, 14].

Göçertme işlemi ile tavan askıda kalarak kazı arınına büyük basınçların gelmesinin önüne geçilmekte, dolayısıyla daha rahat bir çalışma ortamı elde edilmektedir. Kömür alındıktan sonra tavanın göçertilerek boşluğu iyi bir şekilde doldurması, ancak tavanın mümkün olduğu kadar yüksek olması ile mümkündür. Kırılmış kayacın kapladığı hacim yerinde kapladığı hacimden daha büyük olduğundan, boşluğun göçükle dolması kolaylaşır ve daha üst tabakaların üzerine oturacağı bir destek veya yatak meydana gelmiş olur. Tavan formasyonunun yapısına bağlı olarak bu durumun oluşmaması halinde, tavan askıda kaldığından basınç birikiminden dolayı tehlikeli durumlar meydana getirebilir. Eğer tavan formasyonu sağlam ise ve göçertmenin güçlkle yapılabileceği durumlar varsa dolgulu çalışmak daha uygun olur. Fakat dolgu uygulamasının en büyük dezavantajı pahalı ve komplike bir sistem olmasıdır. Ayrıca göçertmeli sistemlere göre kaza sayısı daha fazladır [12, 13, 14].

Göçertmeli uzunayağın en önemli üstünlüğü ise dolgu malzemesine gerek olmaması, dolayısıyla ayak uzunluğu ve günlük ilerlemeyi etkilememesidir. Ayrıca tahkimat yoğunluğu fazla tutulabildiğinden tavan daha iyi kontrol edilebilmekte, taş düşme tehlikesi daha az olmaktadır. En önemli sakıncaları da yeryüzünde görülen çökmeler (tasman) ve yeraltında hava dönüş yollarındaki arızalardır. Bunların yanı sıra tasmandan dolayı gelen ek masraflar, tahkimat yoğunluğunun %20 – 25 daha fazla olması ile tahkimat işlerinin buna paralel olarak artması gibi dezavantajları olmaktadır [12, 13, 14].

Büyükdüz sahası sınırları içerisinde yerleşim yerleri ve yerüstü tesisleri bulunmamaktadır. Tasman etkisinde kalabilecek alanlar ise orman, çalılık vb. olduğundan

yukarıda bahsedildiği gibi dolgu uygulamasının pahalı olmasından dolayı göçertmeli sistem tercih edilmiştir.

### **5.1.2.3. Klasik kazı ve tam mekanize kazı uzun ayak yöntemleri**

Uzunayak yeraltı üretim yöntemi üretim ve tahkimat sistemlerine göre; klasik veya tam mekanize uzun ayak işletme yöntemleri olarak ikiye ayrılır.

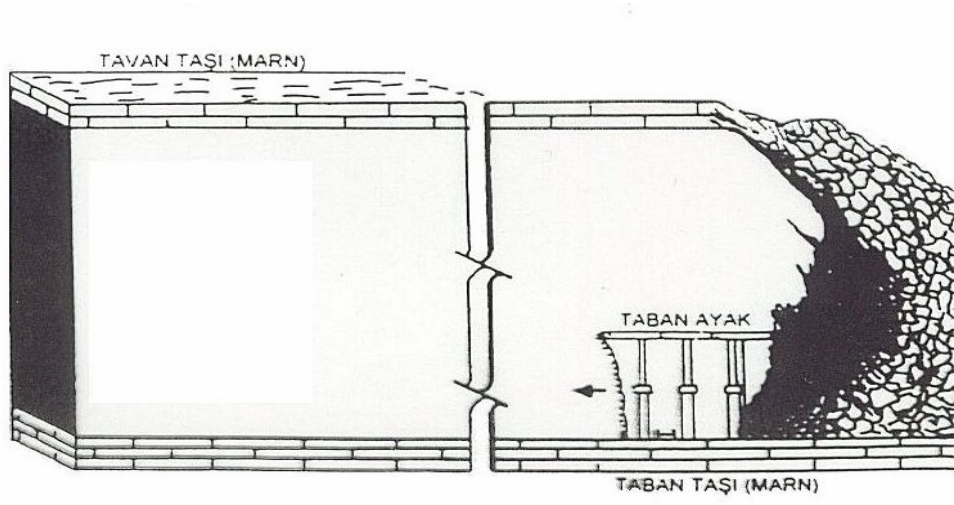
Klasik damar meyiline uygun uzunayaklarda damar kalınlığı 6 – 8 m kalınlığındadır. Burada 2 m'lik kısım aynadan dinamitle gevşetmek ve hava tabancasıyla kazmak suretiyle alınacaktır. Damarın geri kalan kısmı olan 4 – 6 m'lik bölüm ise arkadan göçertilerek alınmaktadır [12, 13]. Büyükdüz sahası damar kalınlığı da yaklaşık olarak 6 – 8 m kalınlığında olduğu için Klasik kazı yönteminin uygulanması tercih edilmiştir. Burada klasik kazı yöntemiyle beraber tek katlı üretim metodu uygulanacaktır. Çift katlı üretim yöntemi de düşünülebilirdi, fakat yapacağımız ikinci kat içinde ayrı bir hazırlık galerisi sürmek, bu sürülecek galeri için ayrı bir kazı ekipman ve sarf malzeme ihtiyacının olması, bununla birlikte üretim aşamasına geçildiğinde ikinci ayak hazırlığı ve bu ayak için suni tavan oluşturulması, ayak içinde kullanılacak malzeme miktarı ve yine bu ayak ve galerilerde çalışacak ek işçi sayısına ihtiyaç olması çift katlı yöntemin tercih edilmemesine sebep olmuştur. Bu yapılacak işlemler maliyeti arttırmaktadır. Ayrıca göçertilecek 4 – 6 m'lik kısım tek katlı üretim yöntemiyle rahatlıkla alınabilir. Eğer damar kalınlığı 12 m'ye ulaşmış olsaydı, o zaman çift katlı üretim yönteminin tercih edilmesi gerekecekti. Fakat damar kalınlığı 8 m'yi geçmediğinden ve yukarıda sıralanan nedenlerden ötürü, Büyükdüz Sahası için tek katlı klasik kazı yönteminin uygulanması daha doğru bir yaklaşımdır.

İnsan gücü ile yüksek üretim kapasitelerine ulaşmak zor ve çok ekonomik değildir. Sürekli, dengeli ve bol üretim düzeyine ulaşabilmek için mekanizasyona gidilmek kaçınılmazdır. Mekanizasyon uygulaması çok sayıda küçük fayların pano boylarını kısalttığı yerlerde uygulanmaktadır. Ayrıca damar tabanının kum, çakıl ve kil yapısında bulunması mekanizasyon kazısının tercih edilmesini daha da artırmıştır [12, 13, 15]. Fakat Büyükdüz sahası formasyonunda küçük faylar bulunmamakta, pano boyu da kısa olmamakta ve tabanda marnlı bir yapı bulunmaktadır. Ayrıca, ilk kurulum maliyetlerinin ve bakım masraflarının daha yüksek olması nedeniyle mekanik sistem tercih edilmemiştir.

### 5.1.3. Büyükdüz sahası için seçilen metotların değerlendirilmesi

Yukarıda bahsedilen bilgiler ışığında yöntem aşağıdaki şekliyle belirlenmiştir (Şekil 5.1)

Üretim Metodu	:	Arkadan Göçertmeli Dönümlü Uzun Ayak
İlerleme Yönü	:	Dönümlü, damar doğrultusu boyunca
Ayak Dizaynı	:	Damar meyiline uygun ayaklar
Dilim kalınlığı	:	6 – 8 m
Ayak Yüksekliği	:	2 m
Göçertilecek Tavan Kalınlığı	:	4 – 6 m
Ayak Boyu	:	Faylanmanın durumuna göre ayak uzunlukları farklıdır. Ortalama ayak uzunluğu 60 – 90 metredir.



Şekil 5.1 Arkadan göçertmeli dönümlü uzun ayak [6]

### 5.2 Uzunayak ile Ayak İçi Üretimi

Ayak içerisinde üretim

- 1- Oluk Havesi + Çekim,
- 2- Ayna Kazısı,
- 3- Söküm,

- 4- Tavan kömürünün ayak arkasından çekimi olmak üzere dört kademedен oluşmaktadır.

Yukarıdaki dört kademe tam bir üretim döngüsünü teşkil etmekte ve her bir döngüde ayakta 1.25 m'lik bir ilerleme sağlanmaktadır. Bu üretim döngüsü 5 periyotta (vardiyada) mutlaka bitirilmelidir. Ayak arkasından yapılan göçertme işlemi tehlikeli bir işlem olduğu için bu döngü uzarsa arkadan göçertilmek istenen yer çok uzun süre askıda kalamayacağından kömürle birlikte yan kayaç ta göçecektir, döngü istenilen süreden kısa olduğunda ise kömür olan kısım tam olarak göçmeyebilir. Bu nedenle ayak üretimindeki bu döngü tam 5 periyotta (vardiyada) gerçekleşmelidir. Bu döngüde oluk havesi + çekim 2 periyotta, ayna kazısı, söküm, tavan kömürünün arkadan çekimi 1 periyotta gerçekleştirilmelidir [6, 16].

### 5.2.1 Oluk havesi + çekim

Bu kademedeki ayak içerisinde, ayna ile ayak arasında iki hidrolik direk sırası bulunur. İki hidrolik direk sırası arasında bulunan zincirli konveyör aynanın hemen önüne taşınacağı için ayna önündeki zemin zincirli konveyörün yerleştirilebileceği gibi düzenlenir. Zemin mümkün olduğunca düz hale getirilir [6, 16].

Ayna önü zemin düzenlenmesinden sonra zincirli konveyörün sökümüne başlanır. Motor başı dişlisinden zincirlerin çıkarılmasıyla motor ve oluk zincir takımları birbirinden bağımsız hale gelir. Daha sonra motor oluk havesi sırasında düzenlenen zemin doğrultusuna gelecek şekilde, pano ilerleme yönünde ötelenir. Öteleme işlemi sonrasında motor ağaç tomruklar üzerine yerleştirilir [6, 16].

Motor ötelenmesinden sonra konveyör zincirleri parça parça kuyruktan motor başına doğru palet birleşim yerinden ayrılarak hazırlanan zemin üzerine düzenli bir şekilde serilir. Zincirlerinden bağımsız hale gelen oluklar yere serilmiş zincirlerin tekrar birleştirilmesinden sonra ayna önüne taşınır. Her bir oluk birbirine geçebilecek şekilde imal edilmiştir. Zincirlerin üzerine taşınan oluklar birbirine birleştirilmeye başlanır. Bu birleştirme sırasında altta kalan zincirler gergin hale getirilir. Olukların her biri taşıyıp birleştirildikten sonra konveyörün motorla bağlantısı sağlanır ve zincir motor dişlisine takılmasından sonra tüm zincirlerin



gerdirilmesi işleri tamamlanır. Böylelikle oluk havesi + çekim işlemleri tamamlanmış olur [6, 16].

Bu işlemler sırasında dikkati çeken üç önemli husus vardır. Bunlardan ilki zincirli konveyörün yukarıya meyilli bir şekilde motora monte edilmesidir. Böylelikle malzemenin bir sonraki zincire dökülebilmesi, aynı zamanda oluk altında kalan zincirler tarafından istenmeyen malzeme taşınmasının engellenmesi gerçekleştirilebilmektedir. Oluklarla motor başı arasında oluşan boşlukta biriken malzeme, ayak çalışması sırasında konveyörün hareketinden sorumlu olan işçi tarafından sürekli temizlenmelidir [6, 16].

İkinci önemli husus motorun ağaç tomrukların üzerine yerleştirilmesidir. Şayet zincirli konveyöre ani yükleme olursa veya gereğinden fazla yük binerse motor zorlanmakta ve oluşan kuvvetten dolayı bazen anlık olarak havalanıp tekrar tomruğun üzerine düşmektedir. Böylelikle ağaç tomruğun kullanılmasıyla düşme sırasında oluşan darbenin sönümlenmesi sayesinde gerek motor korunmuş olmakta, gerekse ekstra bir yükseklik sağlanmış olmaktadır [6, 16].

Üçüncü önemli husus ise zincirli konveyörün demontajı sırasında zincirlerin motor dışından ayrılmasıdır. Böylelikle hem rahatlıkla çalışabilmesi için gerekli olan zincir bolluğu sağlanmakta, hem de olası motor çalışması ile oluşabilecek kaza riski engellenmiş olmaktadır.

Zincirli konveyörün montajı sırasında ise dikkat edilmesi gereken hususlar:

- Olukların mümkün olduğunca tek bir doğrultuda olması (düz bir hat oluşturacak şekilde),
- Oluk birleşim yerlerinin tam ve eksiksiz bir şekilde birbirine geçmesi,
- Zincir gerginliğinin optimum değerinde olması,
- Zincirlerin oluklara çok düzgün bir şekilde yerleştirilmesi ve burulma olmamasıdır.

### 5.2.2 Ayna kazısı

Zincirli konveyörün ayna önüne taşınmasından sonraki kademedir. Ayna kazısının amacı pano ilerlemesinin sağlanmasıdır. Kazı işlemi ayak motor başından başlayıp, ayak kuyruk kısmında sona ermektedir. Kazı işlemi aynanın üst kısmından bir sarmanın rahat girebileceği şekilde boşluklar oluşturmakla başlar. İki ya da üç sarmanın ayna boyunca yerleşebileceği kadar uzunlukta ayna üstünde boşluklar açıldığında yeni sarmalar, galerideki sarmalara pimleri vasıtasıyla bağlanır. Daha sonra yeni eklenen sarmaların alt kısmında kömür kazı işlemine tabi tutularak ayna boyunca iki ya da üç sarmalık bir boşluk oluşturulur. Oluşturulan boşluğun üzerindeki sarmalar hidrolik direkler vasıtasıyla desteklenir. Hidrolik direklerin kurulmasıyla ayna boyunca 2 – 3 sarmalık mesafe pano üretim boyunca ilerletilmiş olur. Bu şekilde 2 – 3 sarmada bir, birbirini tekrarlayan işlemlerle motor başından kuyruğa kadar tüm ayna boyunca pano ilerlemesi gerçekleştirilir. Bu işlem sonunda ayak içerisinde üç sıra hidrolik direk sıralanması oluşur ve zincirli konveyörde ayna kazısından sonra iki hidrolik direk sırası arasında kalmış olur [6, 16].

Ayna kazısı işlemi sonrasında 1.25 m kadar pano ilerlemesi gerçekleştirilmiş olur. Üretim süresince ayak içerisindeki en büyük boşluk ayna kazısı işlemi sonunda meydana gelir. Ayna kazısı işleminden sonra söküm yapılır.

### 5.2.3 Söküm

Ayna kazısı sonrasında ayak içerisinde oluşan üç sıra hidrolik direk sıralamasından sonra ayak arakasındaki hidrolik direk sırasının demontajı (sökümü) işlemidir.

Söküm işlemi motor başından başlayıp ayak kuyruğunda sona erer. Söküm işlemine başlamadan önce orta sıra hidrolik direk sırası, emniyet takviye tahkimatıyla desteklenir. Destekleme işinden sonra motor başındaki ilk hidrolik direğin çekme zincirindeki kanca vasıtasıyla havalı vinç ile bağlantısı sağlanan direğin içerisindeki akışkan çelik çubuk aracılığıyla direk üzerinde bulunan açıklıktan boşaltılır. Akışkanın boşaltılmasıyla tavan – taban arasına sıkıştırılmış direk yükten kurtulur. Yükten kurtulan direk havalı vinç aracılığıyla ayak içerisine çekilir [16].

Hidrolik direğin alınmasıyla tüm yük sadece sarma tarafından karşılanır hale gelir. Sarmalar birbirlerine alt ve üst pimleri vasıtasıyla bağlı konumdadır. Havalı vincin sarmaya kanca vasıtasıyla bağlantısının sağlanmasından sonra, önce alt pim sonra üst pim sökülür ve göçme işlemi başlar. Daha sonra göçük içerisinde sıkışan sarma yine havalı vinç aracılığıyla çekilerek göçükten kurtarılır ve ayak içerisine taşınır. Göçük tarafında bulunan bütün hidrolik direk ve sarma çiftinin ayak kuyruğuna kadar sökülmesiyle söküm işlemi tamamlanmış olur [16].

Söküm işlemi üretim en riskli kademesidir. Bu nedenle göçük işlemi sırasında güvenli bir ortam yaratılmak zorundadır.

- Emniyet tahkimatları kurulmadan söküm işlemi gerçekleştirilmelidir.
- Sökümü yapılan tahkimat sırasının altında durulmamalıdır.
- Hidrolik direğin akışkanı boşalırken sarmanın üst pimi mutlaka takılı olmalıdır.
- Sökümü yapılan ayakta arın kazısı var ise en az 5 m yakınında söküm yapılmamalıdır.

#### **5.2.4 Tavan kömürünün ayak arkasından çekimi**

Arka kömür çekimi ancak söküm işleminden sonra yapılabilir. Söküm sırasında tavanın göçmesiyle birlikte öncelikle tavan kömürü geliri söz konusudur. Çünkü üretim taban ayak şeklinde gerçekleşmekte olup ayak üstünde tavan kömürü bulunmaktadır. Göçükle gelen kömür çekim küreğiyle ayak arkasından çekilerek zincirli konveyöre aktarılır. Kömür çekimi devam ettikçe tavan taşı oturmaya ve parçalanmaya başlar. Tavan kömürü çekimi bittiğinde göçükte sadece tavan taşı bulunur. Tavan taşından oluşan göçüğün zincirli konveyöre akması istenmediğinden hidrolik tahkimatlar arasına ağaç kamalar yerleştirilerek tavan taşı göçüğü stabil hale getirilir. Arka kömür çekimi söküm işlemi takip ettiğinden tıpkı söküm işlemi gibi motor başından başlayıp ayak kuyruğunda sona erer. Kömür çekiminde dikkat edilmesi gereken üç önemli husus vardır. Bunlardan biri kömür çekimi sonrasında tavan taşının tavan taşı göçtüğüne iyice oturduğundan emin olmaktır. Çünkü tavan taşı göçüğe oturmazsa ayağa baskı artmakta hatta kazı arınında ufalanmalar kırıklar ve zeminde kabarmalar meydana gelmektedir. Bazı durumlarda baskı o kadar artmaktadır ki tahkimatlar zemine batmakta ayak yüksekliği azalmaktadır. Böyle bir durumda tavan taraması zorunlu hale gelmektedir. Şayet tavanın

kendiliğinden göçerek oturması söz konusu değilse ayak arkasında top atımı diye tabir edilen patlatma işlemi gerçekleştirilmekte ve tavanın göçük üzerine oturması sağlanmaktadır [6, 16].

İkinci önemli husus ise kömür çekimi sırasında kömürle birlikte tavan taşının alınmamasıdır. Çünkü kömüre karışan tavan taşı kömürün kül oranını artırır kalitesini düşürür ve kömür yıkama maliyetinin artmasına neden olur.

Son önemli husus ise göçük içerisinde mümkün olduğunca az kömür bırakılmasıdır. Şayet çekim sonrasında göçük içerisinde fazla miktarda kömür bırakılırsa ocak yangını riski artmaktadır. Çünkü göçük içerisinde kalan kömür oksidasyona ve dolayısıyla CO miktarını artışına neden olur [17, 18].

## 6. HAZIRLIK AŞAMASI

Ön etüt çalışması ve üretim planlaması önceki bölümlerde anlatılan çalışmanın bu bölümünde, ön çalışmalardan elde edilen bilgiler ışığında yapılacak olan ocak içi galeri hazırlıkları aktarılacaktır. İlk olarak saha giriş yerine yakın olması ve en kısa sürede üretime başlanacak pano olması nedeniyle A pano hazırlığına başlanmıştır. Daha sonra en yüksek kot olan yer C Pano hazırlığına, devamında ise sırasıyla, B Pano, D Pano, E Pano, F Pano, G Pano, H Pano, I Pano, J Pano ve son olarak ta K Pano hazırlığı ile saha hazırlıkları tamamlanacaktır. Ocak hazırlık galerilerinde kullanılacak tahkimat tipi, kazı metodu, nakliyat sistemi, havalandırma sistemi ve son olarak su atımından bahsedilecektir.

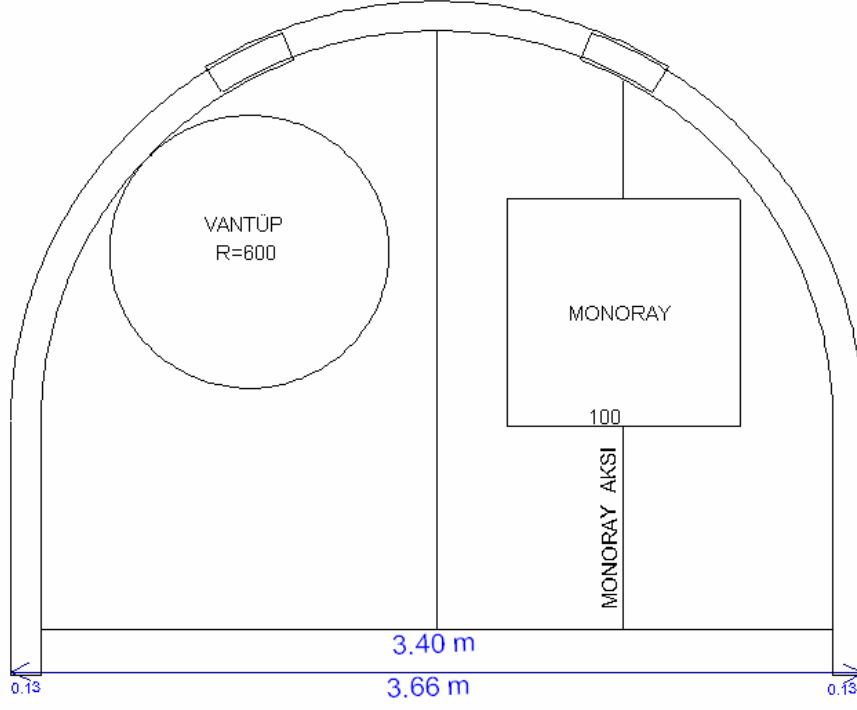
### 6.1 Tahkimat Sistemi

Hazırlık galerilerindeki tahkimat tipi uzun ömürlü olmalıdır. Çünkü hazırlık galerileri ocak başlangıcında açılacak olup, ocakta üretim tamamlanıncaya kadar kalacaktır. Bu nedenle hazırlık galerinde tahkimat tipi, çelik tahkimat olarak belirlenmiştir. Çelik tahkimatlar diğer mühendislik malzemelerine göre (ahşap, beton) oldukça homojen özellikte olup, diğer malzemelere göre doğal şartlardan daha az etkilenirler. Ayrıca aşırı deformasyona uğrayan çelik malzemeler düzeltilip tekrar kullanılabilirler [19]. Dezavantajı ise çelik malzemenin diğer malzemelere göre oldukça pahalı olmasıdır. Fakat hazırlık galerilerinin devamlılığı düşünüldüğünde, çelik tahkimatın üstünlüğü ortadadır.

Çelik tahkimat türlerinden ise özellikle dayanıklılığından dolayı geçme (TH) tahkimat sistemi uygun bulunmuştur. Geçme tahkimat sistemi kavisli profil üniteleri birbirlerine bağlantı elemanı ile bağlanmaktadır. Bu bağlantılar zaman zaman somunlarından gevşetilmekte ve profillerin iç içe geçmesi sağlanmakta, böylece tahkimat sistemi deformasyon ile bozulmamakta ve kesit düzenli bir şekilde daraldığından sisteme etkiyen dış yüklerin dağılımı üniform olmaktadır. Ayrıca (TH) tahkimat sistemi ile yapılan tahkimata yardımcı olarak iki tahkimat arasına ve yan cidarlara, zemini kaplayarak zeminden düşebilecek malzemeyi önlemek için çelik hasır kullanılmaktadır [19].

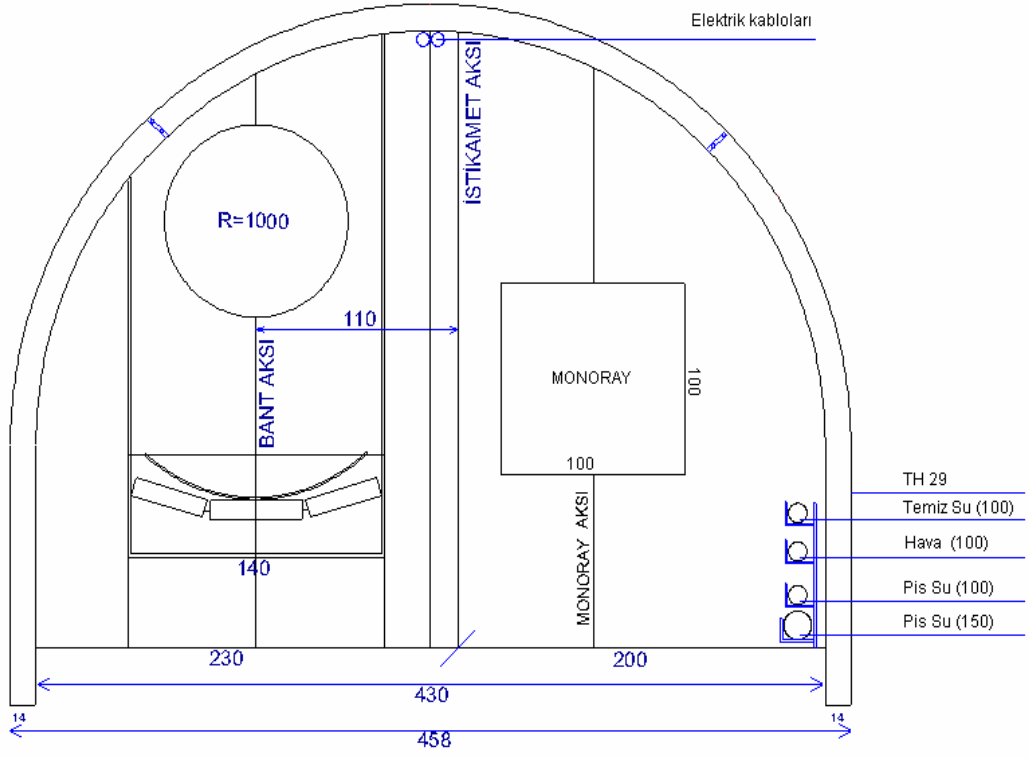
Galeri kesiti seçilirken hazırlık aşamasında galerilerin ana nakliye ve yardımcı nakliye galerileri olmak üzere 2 kısımdan oluştuğu dikkate alınmalıdır. Yardımcı nakliye galerisi

içinde, ocak havalandırma sistemi ve malzeme nakliyatı sistemi bulunmaktadır. Bu nedenle galeri kesiti 3.40'lık (taban genişliği 3.40 m) kullanılması yeterlidir (Şekil 6.1).



**Şekil 6.1** 3.40'lık TH çelik profil kesiti

Ana nakliye galerileri kesitinde ise yardımcı nakliye galerisi içinde bulunan sistemlerin dışında ocak içi ana nakliye bandı bulunacaktır. Bu nedenle ana nakliye galerilerinde galeri kesiti olarak 4.30'lık (taban genişliği 4.30 m) kullanılmasıyla uygun galeri kesiti elde edilmiş olunur (Şekil 6.2).



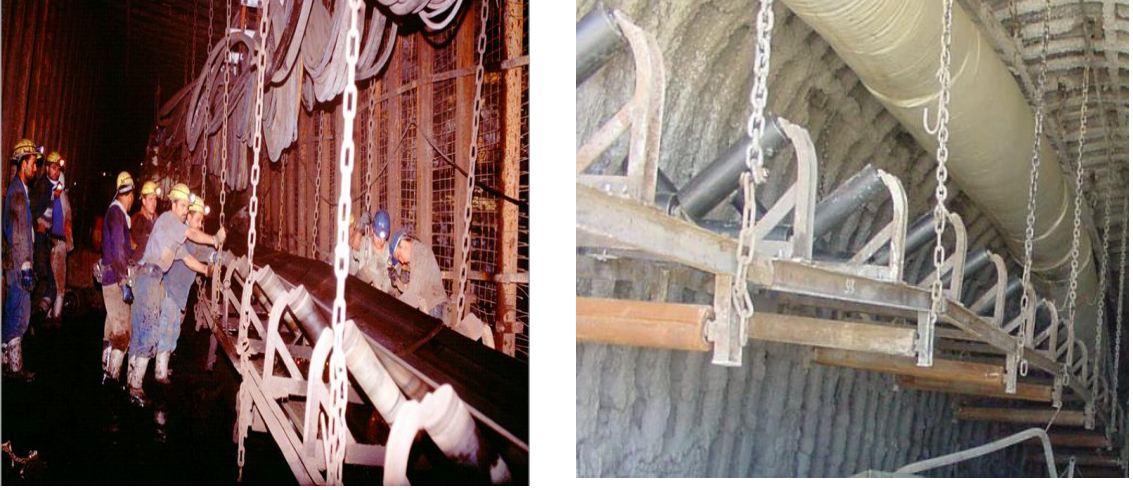
Şekil 6.2 4.30'lük TH çelik profil kesiti

## 6.2 Nakliyat Sistemi

Yeraltında hacim darlığı ve her gün değişebilen işletme koşullarının getirdiği dinamizme uyma zorunluluğu vardır. Üretim yerinde, ana ve yardımcı nakliyat yollarında farklı nakliyat sistemleri uygulamak gerekebilir. Seçilecek nakliyat yönteminin üretim kapasitesine uygun olmasına, ekonomik, basit teknoloji ve güvenli olmasına özen gösterilmelidir [21, 22]. Nakliyat sisteminin kurulması, tıpkı tahkimat sisteminde olduğu gibi ana nakliye galerisinde ve yardımcı nakliye galerilerinde ayrı ayrı değerlendirilmelidir.

Sürekli nakliyat sistemlerinden olan bantlı konveyör, büyük miktarlarda yığma malzemelerin uzun mesafelere yatay ve eğimli olarak nakledilmesinde başarılı uygulama alanları bulmaktadır. Bantlı konveyörler uzun iletim sistemleridir (Şekil 6.3). Uzun iletim mesafelerinde ve büyük kapasitelerde oldukça ucuz ve verimli bir nakliyata olanak sağladığından, günümüz madencilik uygulamalarında yaygın kullanım alanı bulmaktadırlar.

Bantlı konveyörler yukarıdan aşağıya doğru yapılan nakliyatta  $-14^\circ$ , aşağıdan yukarıya doğru yapılan nakliyatta ise  $+18^\circ$  eğime kadar sorunsuz olarak kullanılabilirler [21, 22]. Ana nakliye galerilerinde bantlı konveyörlerin kullanımı ucuz ve verimli bir nakliyata olanak sağladığı için kullanımları uygun olmaktadır. Ayrıca ana nakliye yollarına, yardımcı nakliye yollarından gelecek olan malzemelerde birleştirilerek yeryüzüne doğru taşınacağından kapasitesi yüksek olan bantlı konveyörün kullanılması avantajlıdır .



**Şekil 6.3** Bantlı konveyörler

Yardımcı nakliye yollarında ise uzunayaktaki engebelere kolayca uyum sağlayabilmesi, kurulum kolaylığı ve daha dayanıklı olması nedeniyle zincirli konveyörlerin kullanılması uygun bulunmuştur. Zincirli konveyörler çelik saçtan yapılmış oluk ve oluk içinde hareket eden zincirlerle bağlanmış çekme elemanlarından oluşan bir iletim sistemidir. Ayrıca yardımcı nakliye galerilerinde kullanılacak olan galeri açma makinelerinin standart nakliye tertibatı olarak ta zincirli konveyörler kullanılacaktır (Şekil 6.4).





**Şekil 6.4** Zincirli Konveyör

Hazırlık aşamasında sürülen bacalardan yan kayacın yeryüzüne nakliye bantları yardımıyla çıkarılmasının yanı sıra, ocak içerisinde kullanılacak malzemelerin yeryüzünden yeraltına ya da yeraltından yeryüzüne taşınması ve ocak içerisine insan nakliyatı yapılabilmesi için de taşıma ekipmanlarına gereksinim vardır. Ana nakliye galerilerinde malzeme nakliyatı iki şekilde yapılabilir. İlki hava hattı yoluyla, ikincisi ise tabana ray sistemi kurulması yoluyla.

Bu çalışmada hava hattı olarak monoray, tabana yerleştirilen sistem olarak ta kulikar sistemleri tercih edilmiştir (Şekil 6.5 a-b). Ağır olan malzeme güvenlik açısından monoray ile taşınıp, patlayıcı madde, hafif olan malzeme ve insan nakliyatı kulikarla yapılacaktır. Ayrıca yardımcı nakliye galerilerinde kesit darlığı ve kazının yapıldığı baca olması nedeniyle bu bacalarda malzeme nakliyatı insan gücü ile sağlanacaktır.



(a)



(b)

**Şekil 6.5** Kulikar (a) ve monoray (b)

### 6.3 Kazı Ekipmanlarının Seçimi

Hazırlık aşamasında iki tip galeri bulunmaktadır ve kazı ekipmanları bunlara göre seçilmelidir. Bunlar; ana nakliye galerisi ve yardımcı nakliye galerileri olup, bunların kesitlerine göre ekipmanlar seçilmelidir. Ana nakliye galerisinde galeri açma makinesi yardımıyla 4.30'lük galeri kesiti açılacaktır (Şekil 6.6).



**Şekil 6.6** Galeri açma makinesi

Galeri Açma Makineleri damar içinde oyuk açmak yerine damarın tamamını belirli bir derinlikte kazan ve kazılan kömürü mekanize olarak yükleyip nakleden makinelerdir. Makine gövdesi genellikle bir zincirli oluk üzerinde bir zincirin çekilmesiyle hareket ettirilir. Gövdedeki bir kola bağlı olarak dönen tamburda ise kazıyı sağlayan dişler bulunmaktadır. Kazılan kömür bir küreyici yardımıyla zincirli oluğa beslenmekte ve zincirli oluk ile nakledilmektedir. Ayrıca kazı esnasında oluşan tozların bastırılması için makineye su püskürtme donanımı monte edilmiştir. Tambur üzerindeki dişler sökülüp takılabilmekte, tambur bir kol yardımıyla aşağı yukarı hareket ettirilerek kazı işlemi yapılmaktadır [21].

Yardımcı nakliyat galerinde ise 3.40'lik galeri kesitinin açılmasında, kazı işlemi delme-patlatma yöntemi ile yapılmaktadır. Galeriyi kesiti daha küçük olduğu için galeri içerisinde galeriyi açma makinesinin çalışmasına gerek yoktur. Galerinin kazılması işlemi delme-patlatma ile yapıp, açılan galerilerin pasası yükleyici (Şekil 6.7) ile oluklara, oluklardan da bantlara aktararak yeryüzüne çıkarılmaktadır.



Şekil 6.7 Yükleyici

#### 6.4 Su Atımı

Madencilikte su problemi en az cevheri çıkartmaya verilen önem kadar üzerinde durulması gereken bir konudur. İşletmelerin ekonomisinde mutlaka bir önemi olup, bazı hallerde madenin kapatılmasına kadar varan problemlere neden olabilir [23]. Yeraltında su atımı için çeşitli yöntemler vardır. Bu yöntemlerden birincisi ihraç makinesi yoluyla su atımıdır. İhraç makinesi az miktardaki suyun, ucuz ve az sermaye yatırımı kullanarak yeryüzüne kadar sevkini sağlar. Fakat bu yöntemin başlıca sakıncası ocak içerisinde kuyu dibinde oluşan çamur birikintileridir. Bu çamur birikintileri kömüre yapışarak kömürün kalitesini düşürür ve makinelerde batma problemlerine neden olur. Su atımı yöntemlerinden ikincisi olan sifon metodunda ise üst seviyedeki bir havuz ile alt seviyedeki bir havuz bir boru ile birbirine bağlanır. İki kot arasında basınç farkı oluşturularak suyun üst havuzdan alttaki havuza akması sağlanır. Suyun uzaklaştırılması alttan yukarı doğru yapıldığından bu yöntem pek uygulanan bir yöntem değildir. Üçüncü yöntem tulumbalarla su atımıdır. Yeraltında su tulumbalarının kullanılabilmesi için su toplama havuzu ve tulumba dairesinin bulunması gereklidir. Bu yöntemde tulumba çeşitlerine göre bir işlem seçilir. Eğer dalgıç tipi tulumba kullanılacaksa açmış olunan su havuzunun içerisine pompa yerleştirilir ve su yeryüzüne çıkarılır. Eğer tulumba havalı tip ise su havuzu içerisine konulan borular yardımıyla su atımı gerçekleştirilir [23]. Bu yöntemler arasında saha için en uygun olanı tulumba yöntemi olup, bu saha planlamasında hem elektrik, hem de hava hattı olduğu için elektrikli ve havalı pompaların kullanılabileceği öngörülmüştür.

#### 6.5 Havalandırma Yöntemi

Hazırlık aşamasında, yeni sürülmekte olan ve henüz başka bir galeri ile bağlantısı olmayan galerilerin, kuyuların, oda – topuk yönteminde kazı arınlarının, dilimli göçertmeli v.b. üretim yöntemlerinde ise galerilerin havalandırılması yardımcı havalandırma yöntemiyle yapılmaktadır [17, 18, 24]. Yardımcı havalandırmanın amacı, kısa bir yol boyunca (10 metreden birkaç 100 metreye kadar) havanın sevk edilmesi ve ters yönde geri alınmasıdır. Yardımcı havalandırma çeşitlerinde ise üretim yöntemimize uygun olarak ve üretim aşamasında düşünerek yardımcı vantilatörlerle yapılan havalandırmada, genellikle ana vantilatörün havalandırılmadığı kuyu, galeri gibi yerler havalandırılır. Yardımcı vantilatörlerle birlikte hava boruları, vantüpler kullanılır (Şekil 6.8).



**Şekil 6.8** Vantüp

## 7. ÜRETİM AŞAMASI

Büyükdüz Sahası ile ilgili olarak ön etüt çalışması ve ocak planlaması yapılmış olup, hazırlık aşaması anlatılmıştır. Bu bölümde üretim aşamasından bahsedilecektir. Hazırlık aşaması tamamlanan panolardaki kömürün alınma işlemi üretim aşamasında gerçekleştirilir. Üretimde de hazırlık aşamasında olduğu gibi üretim ayaklarında kullanılacak tahkimat tipi, kazı metodu, nakliyat sistemi, havalandırma sistemi ve son olarak da su atımı yöntemlerin belirlenmesi gerekmektedir.

### 7.1 Tahkimat Sistemi

Herhangi bir tahkimat sisteminde iki önemli unsur göz önünde tutulmalıdır.

- İyi bir tahkimat; sistem üzerine etkileyen yükleri emniyetle taşımalıdır (Taşıyıcılık şartı),
- Malzeme tüketimi ve işçilik masrafları da minimum olmalıdır.

Uygulamada ise bu iki şart genellikle bir arada sağlanamaz. Daha açık bir ifadeyle taşıyıcılık şartı için gerekli boyutlar ekonomik olmayabilir. Üretim aşamasında tahkimat sisteminin emniyetli olması çok önemlidir. Öncelikle üretimin gerçekleştiği ayakta seçtiğimiz üretim metodu kısmen tehlikeli olan göçertmeli sistem olduğu için, çalıştığımız ayak içlerinin güvenli olması gerekmektedir. Ahşabın düşük dayanım özellikleri, pahalı oluşu ve uzun ayak işletmeciliğinde artan mekanizasyon istekleri, ayak tahkimatlarında çelik malzemenin kullanılmasına yol açmıştır. Ayak içi tahkimatta ise hidrolik direkler ve çelik sarmaların kullanılması güvenlidir (Şekil 7.1).





**Şekil 7.1** Tahkimat sistemi

Hidrolik direkler, birbirini içinde kayabilen iki borudan ibaret olup, dış boru silindir, iç boru piston vazifesi görmektedir. Bunlar merkezi pompalıdır. Hidrolik direklerin açılmış maksimum uzunlukları 2500 mm, minimum kapalı uzunlukları 1440 mm ve hareket yolu (uzama miktarı) 1060 mm'dir. Kapalı durumdaki ağırlığı ise 87 kg'dır. Hidrolik direğin dikimi için, dikim tabancası dikim ventili yuvasına yerleştirilir ve tabanca 90° döndürülerek, tabancanın ventil yuvasına tam yerleştirilmesi sağlanır. Merkezi pompadan borularla gelen hidrolik (%4 bor yağ+ % 96 su), tabanca vasıtasıyla ventilden dış direğe basılır. Hidroliğin dış direğe sürekli basılması şartıyla artan basınçtan dolayı, iç direk yükselmeye başlar. Hidrolik direğin sökümü içinde söküm ventili ve söküm kolundan yararlanılmaktadır. Söküm kolu, ventil yuvasına yerleştirildikten sonra kolun döndürülmesiyle ventil açılmakta ve hidrolik boşalmaktadır. Söküm sırasında, söküm kolu ilk konumuna getirilerek söküm işleminin durdurulması mümkündür [19].

Hidrolik direklerin avantajları;

- Tavan baskısını homojen olarak karşılar.
- Dikim ve söküm işi tek kişi tarafından yapılabilir.
- Tavan homojen olarak tutulduğundan daha seyrek dikim yapılabilir.
- Direklerin mukavemeti ayaktaki basınca göre 20-40 ton arasında ayarlanabilir.

- Tavan basıncına göre yükü kendi üstüne çok kolay alır.
- Ayakların mekanize edilebilmesine imkan sağlar.

Hidrolik direklerin dezavantajları;

- Tamirleri zordur.
- Ventillerde meydana gelen arıza, hidrolik direklerin en önemli avantajı olan homojen mukavemet özelliği devre dışı bırakır.
- 40 tondan daha fazla yük taşıyamazlar.
- Fazla meyillerde kullanılması pek elverişli değildir.

Çelik sarma ise ayak içi tahkimatının hidrolik direklerden sonra ikinci kısmını teşkil eden tahkimat üniteleridir (Şekil 7.1). Çelik sarma tahkimat sırasında direklerin üzerine konularak tavanı desteklemektedir. Çelik sarmaların ayak içlerinde kullanılabilmesi için bazı özellikler aranır. Bunlar;

- Takma kolaylığı ve hızı,
- Dikey düzlemde +15 ° hareket,
- İyi kavrama,
- Sökülme kolaylığı,
- Mafsal sağlamlığı,
- Kullanışlılık,
- Ucuzluk'dur [12].

## 7.2 Nakliyat Sistemi

Üretim yapılacak ayak içlerinde nakliyat sistemi olarak en uygun olanı zincirli konveyörlerdir. Zincirli konveyörlerin kömür cephesine iyi yaklaşabilmesi, yüklemeye büyük kolaylık sağlamaktadır. Ayrıca ayak içi kesitlerin dar olması ve nakliyat sistemi olan zincirli konveyörün ayak içinde az yer kaplaması, zincirli konveyörün ayak içi tahkimat için uygunluğunu gösterir. Ayak içlerinde üretim esnasında zincirli konveyörlerde aranacak özellikler;

- Çok büyük blokların darbe etkisine karşı mukavim olması,
- Yüksek çekme mukavemetine uygun olması,



- Yüksek taşıma kapasitesine sahip olması,
- Uzun ayaktaki engebelere kolayca uyum sağlaması,
- Nakliyesi, kurulması, sökülmesi ve ayak içinde ötelenmesinin kolay olmasıdır [21,23, 25, 26].

Ayak içerisine kurulan zincirli konveyörler sayesinde nakledilen kömür, ayak sonuna geldiğinde ana nakliye üzerinde bulunan banda çeşitli şekillerde aktarılır. Bunlar;

- Sondan boşaltmalı sistem
- Yandan boşaltmalı sistem
- Açık şasili boşaltma sistemi
- Dönemeç sistemi'dir.

Bu sistemler arasında en sık kullanılanı ve bizim bu saha içinde seçtiğimiz sistem, arın sonu aktarma sistemi olan sondan boşaltmalı sistemdir. Bu yerleştirme sırasında ya rekup konveyörü ile ayak zincirli konveyörü seviyeleri arasında kot farkı olmalıdır, ya da ayak ve rekup zeminleri eş kotta ise zincirli konveyörün uç kısmı yukarıya doğru kaldırılmalıdır. Eğer malzeme az bir yükseklikten aktarılacaksa, büyük miktarlarda malzemenin geri dönen paletler vasıtasıyla boşalma ucunun yüksekliği iyi ayarlanmalıdır. Bu sistemde üretim yönüyle aktarma sistemi yönü aynı olduğundan malzemenin paletler arasına sıkışması söz konusu değildir ve sıkışma söz konusu olmadığı için ayak içi üretimi esnasında duraklama olmamakta, üretim kesintisiz olarak gerçekleşmektedir [23, 26].

Ayak içlerinde insan ve malzeme nakliyatı için ise kesit darlığından dolayı ekipman kullanmak mümkün değildir. Bu nedenle malzeme nakliyatı insan gücü ile ayak içlerine taşınmaktadır.

### **7.3 Kazı Ekipman Seçimi**

Üretim aşamasında üretim yöntemi olarak damar kalınlığına uygun olarak klasik yöntem seçilmiştir. Bu sistemde damarın 2 m'lik kısmı delme patlatma ile gevşetilip hava tabancalarıyla kazılarak alınmaktadır. Bunun için üretim aşamasında kullanılacak kazı ekipman

seçimi olarak delme patlatma uygulamasına yardımcı olma amaçlı, patlatma esnasında gevşememiş zemini gevşetmek üzere hava tabancaları kullanılmaktadır.

#### **7.4 Su Atımı**

Önceleri madencilik çalışmaları ancak sığ derinliklerde su gelirinin fazla olmadığı durumlarda yapılabiliyordu. Tulumbaların kullanılmaya başlanması ile birlikte, güçleri ve su sevk yükseklikleri arttıkça, derinliklerde su geliri yüksek maden ocaklarını çalıştırmak mümkün olmuştur. Yeraltında tulumba kullanabilmek için su toplama havuzu ve tulumba dairesi bulunması gerekmektedir. Bu çalışmada tulumba dairesi saha içinde en düşük kot olan yer belirlenerek (845 m) kurulmuştur. Tulumba dairelerinin hacmi, tulumbaları rahatça alacak şekilde olmalıdır. Genellikle tulumbalar uzun eksenleri boyunca, arka arkaya dizilirler. Böylece tulumba daireleri dar ve uzun bir görünüm kazanırlar. Böyle bir düzen, pompaların yanına yaklaşmayı, dolayısıyla tamir ve bakım işlerini kolaylaştırır [23]. Daireler beton tahkimatlı olmalıdır. Tulumbalar daire tabanından 15 – 20 cm kadar yüksek olan temel üzerine monte edilmelidirler. Tulumba dairesinin yüksekliği 3 – 5 m olmalıdır. Bu saha planlamasında hem elektrik, hem de hava hattı olduğu için elektrikli ve havalı pompalar tulumba dairesi içine yerleştirilirler.

#### **7.5 Havalandırma Yöntemi**

Üretim aşamasında, hazırlık aşamasında sürülmüş olan galeriler uç uca gelerek birleştirilmiş ve böylece üretim ayağını oluşturmuşlardır. Üretim yapılan yerin çok iyi bir şekilde havalandırılması gerekmektedir. Üretim yapılan yerde ve kazı ve patlatma esnasında çeşitli gazlar açığa çıkmaktadır. Ayak içinde çalışan insanlar ve ekipmanlar için yeterli miktarda havaya ihtiyaç bulunmaktadır. Üretim yapılan ayaklarda kesitlerin dar olması nedeniyle hazırlık aşamasında kullanılan yardımcı havalandırma malzemeleri ihtiyaç için uygun değildir. Bu nedenlerden dolayı alternatif bir havalandırma yöntemi kurulması gerekmektedir. Aynı zamanda hazırlık aşamasında kurulan yardımcı havalandırma malzemeleri ayak kesiti daraltıp üretimi engelleyecektir. Bu nedenle ocak için maksimum hava miktarı belirlenmeli ve buna göre ana vantilatör gücü ve cinsi seçilmelidir.

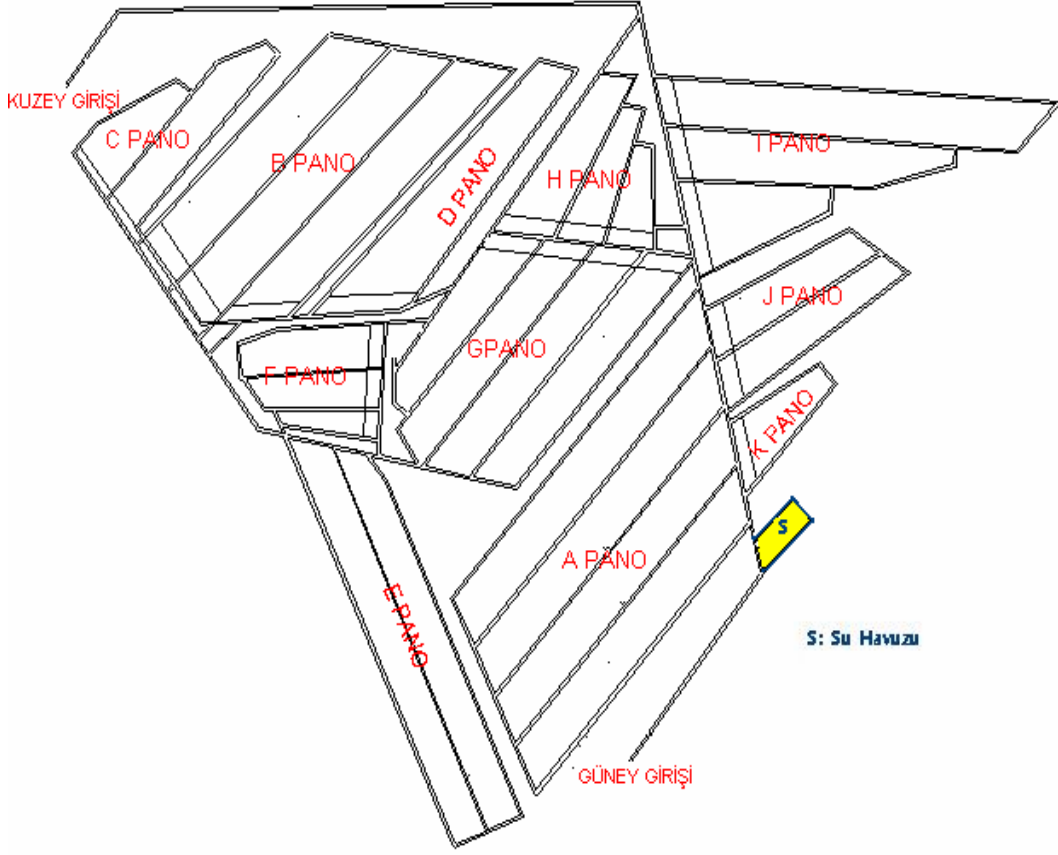
## 8. SU İHRACININ PROJELENDİRİLMESİ

Madencilik faaliyetleri sırasında ortaya çıkan su probleminin önemi, uygun bir yöntemin bu problemin çözümü için belirlenmesinin gerekliliği daha önceki aşamalarda da vurgulanmıştır. Madencilik faaliyetlerinin durmasına dahi neden olabilecek bu problemin çözümü üzerinde detaylı bir çalışmanın yapılması gerekliliği ortadadır.

Su atımı stratejisinin geliştirilmesi için öncelikle madencilik faaliyeti sırasında ortaya çıkacak su gelirinin bilinmesi gerekmektedir. Su gelirinin belirlenmesinin ardından su havuzu sayısı, mevkii ve tulumba seçimi gibi işlemlerin belirlenmesi gerekmektedir.

Ocağın su geliri ( $Q_1$ ), 10 lt/sn olarak tespit edilmiştir [16]. Büyükdüz Sahası Panoları en düşük kotta su havuzu oluşturulmasının mantıklı olduğu görülmektedir. Su havuzu sayısının çok olması kontrol zorluğu, işçi sayısının gereksiz artırılması ve pompa sayısının artmasıyla maliyeti olumsuz etkileyeceğinden tercih edilmez. Su atımını yapılacak yerin ana nakliye yolu üzerinden seçilmesinin nedeni ocak başlangıcından ocak terk edilene kadar bu yol kapatılmaması ve bu yol sahayı iki kısma ayırmasıdır. Bu sayede A, C, B, D, E, F, G, H panolarda üretim tamamlandıktan sonra, I, J, K panolarında üretime geçildiğinde de, bu havuzu vasıtasıyla su atımı yapılabilir olacaktır. Eğer havuz yeri ana nakliye galerisi dışında bir yer seçilirse, göçertme işlemi sırasında havuzlar göçük içinde kalacağından, her yeni aşamada yeni bir havuz oluşturma sorunu ortaya çıkacaktır.

Şekil 8.1’de görüldüğü üzere su havuzu ocak içindeki en düşük kot olan yer 845m kotu olarak belirlenmiştir. Gerekli havuz yüzey alanları ve derinlikleri uygun tulumbaların seçiminin ardından belirlenmiştir.



Şekil 8.1. Büyükdüz Sahası Su Havuzu

### 8.1 Tulumba Seçimi

Tulumba seçiminde normal (ortalama) su miktarı, maksimum su miktarı, kuyu derinliğinin bilinmesi önem taşımaktadır.

Tulumbanın motor gücü aşağıdaki formüller yardımıyla bulunur [23].

a) Tulumba kapasitesi ( $Q_p$ )

$$Q_p = \frac{24}{20} \times Q_t \quad (\text{m}^3/\text{saat})$$

Kapasitenin kontrolü:

$$t = \frac{24 \times Q_{h\max}}{2 \times Q_p}$$

$t < 24$  saat olmalı. İki tulumba arasında çalıştığı zaman toplanan maksimum suyu çekebilmeli veya gerekirse  $Q_p$  daha büyük seçilir.

b) Tulumbanın çalışma zamanı (T)

$$T = \frac{24 \times Q_h}{Q_p}$$

c) Sevk borusu çapı (basınç borusu çapı)

$$d_D = \sqrt{[(4 \times Q_p) / (\pi \times c_D \times 3600)]}$$

$c_D$ : Sevk borusundaki suyun hızı 1 ile 2.2 m/sn arasında değişebilir.

d) Gerçek hızın hesabı ( $c_D$ )

$$c_D = \frac{4 \times Q_p}{3600 \times \pi \times d_D^2} \quad (\text{m/sn})$$

e) Emme boru çapı

$$d_s = d_D + 25 \text{ mm}$$

f) Emme borusundaki hız

$$c_s = \frac{4 \times Q_p}{3600 \times \pi \times d_s^2}$$

g) Basınç (sevk) borularındaki basınçlar

$\psi_1$  = hız mukavemet katsayısı = 1 olarak kabul edilmiştir.

$\psi_2$  = bütün tesisin mukavemet katsayısı = 0.03 olarak kabul edilmiştir.

$$l_d = H_{sch} + L + L_{\ddot{u}} + L_x + h_1$$

$H_{sch}$  = Kuyu derinliği

$L$  = Tulumba dairesinin uzunluğu

$L_{\ddot{u}}$  = Yeryüzündeki borunun uzunluğu

$L_x$  = Tulumba dairesinden kuyu dibine kadar olan mesafe

$h_1$  = Kuyu ağzından sonra çıkan kısım

$n_3$  = tesisteki dirsek sayısı

$n_4$  = Tesisteki sürgü sayısı

$\psi_3$  = Dirseğin mukavemet katsayısı 0.3 olarak kabul edilmiştir.

$\psi_4$  = Sürgü mukavemet katsayısı 0.5 olarak kabul edilmiştir.

$\psi_5$  = emniyet mukavemet vanası 6 olarak kabul edilmiştir.

$$h = 0.002 \frac{LxQ^2}{d^5}$$

$$h_d = (\psi_1 + \psi_2 + \psi_3 \times n_3 + \psi_4 \times n_4 + \psi_5) \frac{c_d^2}{2xg}$$

h) Emme yüksekliği

$H_s = 5,5$  m olarak kabul edilmiştir.

1) Emme borusundaki kayıplar

$$h_d = \frac{c_s^2}{2xg} (\psi_1 + \psi_2 + \psi_3 \times n_3 + \psi_4) \text{ (m)}$$

k) Toplam sevk yüksekliği

$$H = H_{sch} + H_s + h_1 + h_d + h_s$$

l) Tulumba milindeki güç

$$N_p = \frac{Q_p \times \Sigma H_m \times \gamma_s}{3600 \times 102 \times \eta} \quad (\text{kW})$$

Burada  $\gamma_s$  : Suyun yoğunluğu = 1000 kg/m<sup>3</sup>

$\eta$  : Randıman = 0.65

m) Motor gücü

$$N_m = 1.1 \frac{N_p}{\eta_d}$$

$\eta_d$  = Debriyaj veya dişli randımanı = 1 olarak kabul edilmiştir.

Ocağın ortalama su geliri ( $Q_h$ ) = 10 lt/sn (G.L.İ verilerine göre) buda 36 m<sup>3</sup> / saat tir.

Ocağın maksimum su geliri ( $Q_{hmax}$ ) = 15 lt/sn = 54 m<sup>3</sup> /saat

Ocağın Kuyu derinliği ( $H_{sch}$ ) = En yüksek kot – En düşük kot

= 1022m – 854 m

= 168 m olarak bulunur.

$$a) Q_p = \frac{24 \times Q_h}{20}$$

$$Q_p = \frac{24 \times 36}{20}$$

$$Q_p = 43,2 \text{ m}^3/\text{saat}$$

$O_p = 50 \text{ m}^3/\text{saat}$  olarak seçilebilir.

b) Maksimum su gelirine göre

$$t = \frac{Q_{hmax} \times 24}{2 \times Q_p}$$

$$t = \frac{54 \times 24}{2 \times 36}$$

$$t = 18 \text{ saat} < 24 \text{ saat} \quad Q_p \text{ yeterli}$$

c) Basınç borusu çapı

$$c_D = 1,8 \text{ m/sn olarak kabul edilmiştir.}$$

$$d_D = \sqrt{[(4 \times Q_p) / (\pi \times c_D \times 3600)]}$$

$$d_D = \sqrt{[(4 \times 36) / (\pi \times 1.8 \times 3600)]}$$

$$d_D = 0.08 \text{ m}$$

Katalogdan  $d_D = 85 \text{ mm}$  alınır.

d) Basınç borusundaki hız

$$c_D = \frac{4 \times Q_p}{3600 \times \pi \times d_D^2}$$

$$c_D = \frac{4 \times 36}{3600 \times \pi \times 0.085^2}$$

$$c_D = 1,76 \text{ m/sn}$$

e)  $d_s = d_D + 25$

$$d_s = 85 + 25$$

$$d_s = 110 \text{ mm}$$

$d_s = 150 \text{ mm}$  olarak kabul edilir.

$$f) c_s = \frac{4 \times Q_p}{3600 \times \pi \times d_s^2}$$

$$c_s = \frac{4 \times 36}{3600 \times \pi \times 0.15^2}$$



$$c_s = 0.56 \text{ m/sn}$$

$$g) h_d = (\psi_1 + \psi_2 \times \frac{l_d}{d_D} + \psi_3 \times n_3 + \psi_4 \times n_4 + \psi_5) \frac{c_d^2}{2 \times g}$$

$$\begin{aligned} l_d &= H_{sch} + h_1 + L + L_{ü} + L_x \\ &= 168 + 5 + 20 + 25 + 20 \\ &= 238 \text{ m} \end{aligned}$$

$$h_d = (1 + 0.03 \times \frac{238}{0.085} + 5 \times 0.3 + 2 \times 0.5 + 6) \frac{1.76^2}{2 \times 9.81}$$

$$h_d = 14.76 \text{ m}$$

h) Emme Yüksekliği

$H_s = 5.5 \text{ m}$  olarak kabul edilmiştir.

ı) Emme borusundaki kayıplar

$$h_d = \frac{c_s^2}{2 \times g} (\psi_1 + \psi_2 + \psi_3 \times n_3 + \psi_4) \text{ (m)}$$

$$h_d = \frac{0.56^2}{2 \times 9.81} (1 + 0.03 \times \frac{6}{0.15} + 1 \times 0.3 + 8)$$

$$h_d = 0.16 \text{ m}$$

k) Toplam yükseklik

$$H = H_{sch} + H_s + h_1 + h_d + h_s$$

$$H = 168 + 5.5 + 5 + 14.76 + 0.16$$

$$H = 188.42 \text{ m} \quad (\text{kayıplar düşünülerek \%10 ilave yapılır}) \quad H = 207 \text{ m}$$

l) Tulumba milindeki güç (kw)

$$N_p = \frac{Q_p \times \Sigma H_m \times \gamma_s}{3600 \times 102 \times \eta}$$

$$= \frac{36 \times 207 \times 1000}{3600 \times 102 \times 0.65}$$

$$= 31.22$$

$$m) N_m = 1.1 \frac{N_p}{\eta_d}$$

$$N_m = 1.1 \frac{31.22}{1}$$

$$N_m = 34.34 \approx 35 \text{ kW}$$

## 8.2 Su Toplama Havuzu

Ocakta kullanılacak su havuzlarının kesit alanları ( $F_s$ ) ve uzunlukları ( $U_s$ ) aşağıdaki formüllerle hesaplanmıştır [23].

$$F_s = 0.14 \text{ h/m}^2 \times (Q_p - Q_h)$$

$$U_s = 28 \text{ m} \times \frac{Q_h}{Q_p - Q_h}$$

Burada;

$F_s$ : Su havuzunun kesit alanı ( $\text{m}^2$ )

$U_s$ : Su havuzunun uzunluğu (m)

$Q_p$ : Pompanın çalışma kapasitesi ( $\text{m}^3/\text{h}$ )

$Q_h$ : Toplam su geliri ( $\text{m}^3/\text{h}$ )

$$F_s = 0.14 \text{ h/m}^3 \times (Q_p - Q_h)$$

$$F_s = 0.14 \text{ h/m}^3 \times (50 - 36)$$

$$F_s = 1.96 \text{ m}^2$$

$$U_s = 28 \left( \frac{36}{50 - 36} \right)$$

$$U_s = 129 \text{ m}$$

Bu sonuçlara göre su atımı için gereken toplam havuz hacminin (Su havuzu kesit alanı x su havuzu uzunluğu =  $1.96 \text{ m}^2 \times 129 \text{ m}$ )  $253 \text{ m}^3$  olduğu belirlenmiştir. Kurulacak havuz ana nakliye galerisi üzerinden bir cep oluşturularak yapılacaktır. Bunun nedeni ise yapılacak havuzun nakliyatı engellememesi gereklidir. Küçük kesit alanlarında ve büyük uzunluklarda, galeri kesitlerinin açılma zorluğu ve ocak sularının bırakacağı tortuların temizleme güçlüğü göz önünde tutularak, pratik uygulamalarda havuz derinliğinin  $5 - 7 \text{ m}^2$  ve kesitinin  $40 - 28 \text{ m}$  alınması uygundur. Sonuç olarak; açılacak havuzların kesit alanı  $36 \text{ m}^2$  ve derinliğin  $7 \text{ m}$  olması planlanmıştır.

## 9 – HAVALANDIRMA PROJELENDİRİLMESİ

Ocağın yeryüzü bağlantıları, hava girişinin sağlandığı ve vantilatörün konulacağı yer en yüksek kot olan (1022 m) kuzey ana nakliye galerisi girişi ve hava çıkışının, insan – malzeme naklinin gerçekleştiği güney ana galerisi girişi (ocak girişi başlangıç noktası) olarak planlanmıştır. Bu iki girişin seçilmesindeki amaç dizaynı yapılan panoların çevrelenmesi, bu ana nakliye galerisinin kapanmayacak olması ve böylece tüm panolarda üretim bitene kadar yeni bir havalandırma galerisi ve yeni bir havalandırma planı yapmaya gerek olmamasıdır. Hava girişi kuzeyden güneye doğru olmaktadır (kuzey noktası yüksekte güney noktası alçaktadır), böylece hava yüksek kottan alçak kota doğru ilerleyecek ve baş-aşağı havalandırma gerçekleşmiş olacaktır. Metan ve yangın tehlikesi riski az olan ocaklarda G.L.İ Bölgesindeki linyit kömürlerinde 1940'lı yıllardan bu yana metan ve kömür yangını tehlikesiyle karşılaşmamıştır. Bu sebeple başaşağı havalandırmanın yararlı yönleri bulunmaktadır. Birincisi toz yönündedir. Üst katlardaki yeraltı çalışmaları çok az olduğundan, hava giriş yollarında toz bulunmaz ve dolayısıyla ayaklara taşınmaz. Nakliyat, hava yönüyle aynı yönde olduğundan toz oluşumu da fazla olmaz. İkincisi hava dönüş yolarındaki havanın hacmi, sıcaklık ve basınçlı havanın eklenmesiyle % 5 – 15 artış gösterebilir [17, 18, 24, 27]. Hava hızlarının kısıtlanmış olması, dönüş havası için daha geniş yollar gerektirebilir. Başaşağı havalandırmada dönüş havası, daha geniş kesitli anakat galeri içinde olduğundan, kesit genişleme zorunluluğuna gerek yoktur.

Vantilatörler yardımıyla yapılan havalandırmada üfleyici ve emici tip vantilatörlerden yararlanılmaktadır. Üfleyici havanın üstünlüğü, boru çıkışında havanın oldukça fazla hıza sahip olması, belirli bir galeri uzunluğuna kadar etki edebilmesidir. Bu nedenle kazı arınımı emici tip vantilatöre göre daha çabuk temizler. Kazı arınından yapılan patlamalarda taş parçalarının havalandırma borusuna zarar vermemesi için, borunun galeri arınına kadar uzatılması gerekir. Bu durumda, emici havalandırmada, sadece boru ağızı yakınlarında kirli hava emildiği halde, kazı arınında patlatma sonrası gazların birikmesi söz konusu olur. Üfleyici havalandırmada, kirli hava galeriden geçer. Bu durumda da havalandırma süresi uzar. Buna karşılık emici havalandırmada galeri, gaz ve tozlardan yavaş olarak temizlenir, fakat galerinin tamamı üfleyici tipe göre daha hızlı olarak havalandırılır [17, 24, 27]. Ayrıca üfleyici vantilatörde hava sürekli göçüğe üflendiğinden ancak kor haline geldiğinde ayak sıcaklığı artmaktadır. Fakat emici sistemde sürekli emme olduğu için sürekli göçük içindeki hava emildiğinden ayak içinde sürekli

sıcaklık olur. Bu da üretim yapılan ortamın sıcaklığının artmasına, sıcaklığın artması da ortamdaki çalışmayı olumsuz yönde etkilemektedir.

## 9.1 Pano Dirençlerinin Hesaplanması

Ocaktaki her panonun direnci; o panodaki galeri ve ayak dirençlerinin ayrı ayrı hesaplanmasıyla bulunmuştur. Ayrıca, pano yollarında oluşabilecek şok kayıp dirençleri de eş değer uzunluk yöntemine bağlı olarak hesap edilmiştir.

### 9.1.1 Galeri dirençlerinin hesaplanması

Ocaktaki mevcut galerinin direnç hesabı yapılırken, aşağıdaki formülden yararlanılmıştır [17, 23, 29,30]. Bu eşitlik havalandırma hesaplamalarında kullanılan temel bir eşitlik ve galeri boyutları ile sürtünme katsayısının bilinmesi durumunda, gerekli hava miktarının geçirilmesi için vantilatörün yaratması gereken depresyonun hesaplanmasının mümkün kılar.

$$R = \frac{kxUxl}{F^3}$$

Burada;

R: Galeri direnci (gaul)

U: Galeri çevresi (m). Galeriler 4.30 ve 3.40 olarak iki tiptedir.

4.30 tabam genişliğinde olan ana nakliye galerisi r= 2.29 m alınmıştır. (Şekil 6.2 4.30'lük bağ) böylece U= 16.4 m bulunur.

F: Galeri kesit alanı (m<sup>2</sup>) (Şekil 4.30 'lük bağ) F= 11.76 m<sup>2</sup>

l: Galeri uzunluğu (m). Ocaktaki galerinin metre cinsinden uzunluğunu ifade eder. Ancak yol üzerinde şok ayıpları mevcut ise, bu şok kayıplarını yaratan yolun durumuna bağlı olarak Çizelge 9.3'te eş değer uzunluk (l<sub>e</sub>) değeri seçilerek, galeri uzunluğuna eklenir. Eklenen bu değer (l+l<sub>e</sub>) galerinin toplam uzunluğunu ifade eder.

k: Sürtünme katsayısı ( $\text{kg/m}^3$ ). Galerideki direnç hesaplamalarında koşullara uygun ve doğru sürtünme katsayısının seçilmesi havalandırma hesapları açısından çok önemlidir. Değişik tip ve kuyular için hazırlanmış sürtünme katsayıları (k) Çizelge 9.1’de verilmiştir.

**Çizelge 9.1** Kuyu ve demir bağlı galeriler için sürtünme katsayısı [23,29,30]

<b>1. KUYULAR</b>	<b>k (<math>\text{kg/m}^3</math>)</b>
Düz beton kaplama (pürüzsüz, temiz)	0.0030
Tuğla örme (pürüzsüz temiz)	0.0037
Düz beton kaplama (kılavuz makaralar ve borular mevcut)	0.0065
Tuğla örme (kılavuz makaralar ve borular mevcut)	0.0074
Ahşap kaplama (orta desteği yok)	0.0167
Ahşap kaplama (orta desteği var)	0.0223
<b>2.DEMİR BAĞLI GALERİLER</b>	<b>k (<math>\text{kg/m}^3</math>)</b>
Her tarafı düz beton kaplama (muntazam)	0.0037
Bağlar arasında beton yada ahşap kama (her tarafta)	0.0074
Bağlar arasında beton yada ahşap kama (yan kısımlarda)	0.0093
Düzensiz tavan, taban ve yan yüzey	0.0158
<b>3.DÖRTGEN GALERİLER</b>	<b>k (<math>\text{kg/m}^3</math>)</b>
Düz beton kaplama	0.0037
Yan tarafları muntazam kaplanmış yollar	0.0121
Muntazam olmayan, kaplanmamış yollar	0.0158

Yukarıda verilen k değerleri, görelî şekil faktörü ile düzeltilmelidir. Şekil faktörleri değişik şekiller için aşağıda verilmiştir.

**Çizelge 9.2** Kuyu ve galeriler için şekil faktörleri [23,29,30]

<b>KUYU VE GALERİ ŞEKLİ</b>	<b>ŞEKİL FAKTÖRÜ</b>
Dairesel	1.00
Üst tarafı yarım daire şeklinde	1.08
Kare	1.13
Dikdörtgen	
Genişlik /yükseklik = 1.5:1	1.15
Genişlik /yükseklik = 2:1	1.20
Genişlik /yükseklik = 3:1	1.30
Genişlik / yükseklik = 4:1	1.40

Sonuç olarak ocaktaki galeriler demir bağılı olup, düzensiz tavan, taban ve yan yüzeye sahiptir. Dolayısıyla, direnç hesaplamalarında kullanılacak sürtünme katsayısı,  $0.0158 \text{ kg/m}^3$  seçilmiştir (Çizelge 9.1). Galeriler, üst tarafı yarım daire şeklinde olup, şekil faktörü olarak 1.08 değeri seçilmiştir (Çizelge 9.2)

$$k = 0.0158 \times \text{şekil faktörü}$$

$$k = 0.0158 \times 1.08$$

$$k = 0.0171 \text{ kg /m}^3$$

Seçilen  $0.0158 \text{ kg / m}^3$  lük sürtünme katsayısı, şekil faktörü ile çarpılarak sürtünme katsayısı değeri elde edilmiş olur. Dolayısıyla direnç hesaplamalarında kullanılacak sürtünme katsayısı değeri (k)  $0.0171 \text{ kg/m}^3$  olarak belirlenmiştir.

### 9.1.2 Şok kayıp dirençlerinin hesaplanması

Ayaklarda ve galerilerde oluşan dirençlere ek olarak ayrı bir direnç yaratan şok kayıpları kaynağı; hava yönünün, hava yolu kesitinin değişmesi ve yol üzerindeki engellerdir. Bu gibi şok kayıp kaynaklarına lokal dirençler denir.

Eş değer uzunluk yöntemi kullanılarak şok kayıp dirençleri hesaplanmıştır. Bu yöntemin esası, şok kayıplarının, eşdeğer düz hava yolu uzunluğu cinsinden ifade etmektedir. Başka bir deyişle, gerçek hava yolu uzunluğuna şok kaybı kadar uzunluk eklenir. Bazı lokal dirençler için eşdeğer uzunluklar Çizelge 9.3'te verilmiştir.

**Çizelge 9.3** Bazı lokal dirençler için eşdeğer uzunluklar [23, 29, 30]

TANIM	EŞDEĞER UZUNLUK (le) (m)
Keskin yuvarlak dönüş	1
Keskin köşeli dönüş	50
Dik yuvarlak dönüş	0.3
Dik köşeli dönüş	23.5
Hava Köprüsü	21.7
Hava Girişi	1
Hava çıkışı	21.7
Giderek daralma	0.3
Ani daralma	3.3
Giderek genişleme	0.3
Ani genişleme	6.7
Yollara ayrılma	10
Dik yollara ayrılma	67

Yani panolardaki yolların lokal direnç durumuna bağlı olarak Çizelge 9.3'ten bir eşdeğer uzunluk değeri seçilmiş ve seçilen bu değer galeri uzunluğuna ilave edilerek direnç hesabı yapılmıştır.

### 9.1.3 Ayak dirençlerinin hesaplanması

Ayaklardaki dirençler, çalışılan damar kalınlığına bağlı olarak hesaplanmıştır. Çizelge 9.4'te değişik damar kalınlıkları ve 1 m uzunluktaki ayakların dirençleri verilmektedir.

**Çizelge 9.4** Damar kalınlığına bağlı ayak dirençleri [23, 29, 30]

Çalışılan damar kalınlığı (m)	Ayak direnci (gaul) (1 m ayak uzunluğu için)
0.75	0.0848
0.92	0.0470
1.00	0.0360
1.15	0.0242
1.30	0.0164
1.45	0.0124
1.53	0.0105
1.68	0.0078
1.83	0.0065
1.98	0.0052
2.14	0.0046



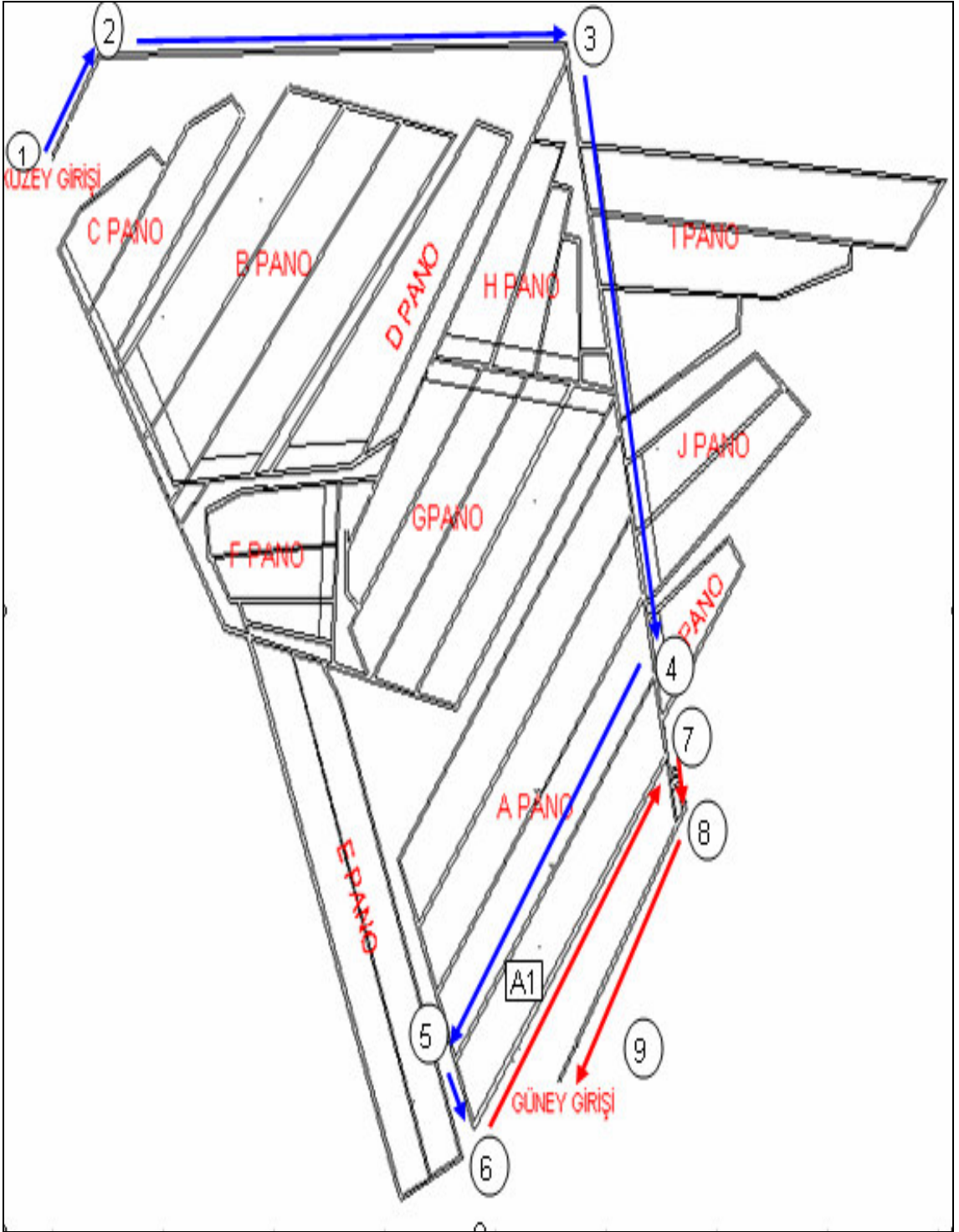
Ocakta çalışılan damar kalınlığı yapılan sondajların ışığında 2 m olarak belirlenmiştir. Çizelge 9.4'te, bu değere en yakın değer 1.98 m değeridir. Dolayısıyla, panolardaki ayakların direnç hesapları, 2 m uzunluğundaki ayak için 0.0052 gaul'luk direnç değeri göz önüne alınarak yapılmıştır.

## **9.2 Pano Yollarının Belirlenmesi Ve Dirençlerin Hesaplanması**

Ocaktaki her panonun havalandırması ayrı ayrı yapılmıştır. İlk olarak havaya giren ve çıkan yolları tespit edilmiş ve numaralandırılmıştır. Numara verilen yolların durumuna bağlı olarak (galeri ya da ayak) göre dirençleri hesaplanmıştır. Havanın pano içinde dağılımına bağlı olarak pano dirençleri tespit edilmiş ve bu dirençler seri veya paralel olarak gösterildiği basit diyagramlar oluşturulmuştur.

### **9.2.1 A1 Nolu panonun direnç hesaplaması**

1 nolu panonun hava yolları Şekil 9.1'de gösterildiği gibidir. Hava yolları numaralandırılmış ve numaralanan yolların dirençleri hesaplanmıştır. Havanın A1 nolu panosu içinde dağılımına bağlı olarak pano dirençleri ( $R_1, R_2, R_3, R_4, R_5, R_6, R_7, R_8$ ) belirlenmiş ve bu dirençlerin seri olarak gösterildiği basit diyagram oluşturulmuştur. (Şekil 9.1)



Şekil 9.1 A1 nolu panonun hava yolları

**1- 2 yolu direnç hesabı (R<sub>1-2</sub>) :** Bu yol bir galeridir. Dolayısıyla, bu yolun direncini bulmak için, galeri direncinin hesapladığı formülden yararlanılmıştır [23].

Sürtünme katsayısı (k) : 0.017 kg/m<sup>3</sup>

Galeri çevresi (U) : 16.4 m

Galeri kesit alanı (F) : 11.76 m<sup>2</sup>

Galeri uzunluğu (l) : 100 m dir. Ancak bu yol üzerinde iki önemli şok direnci mevcuttur. Birincisi, bu yol keskin yuvarlak dönüşe sahiptir. İkincisi ise, bu yoldan hava girişi sağlanacaktır. Çizelge 9.3'te bu dirençlere karşılık gelen eş değer uzunluk değerleri sırasıyla, (l<sub>e1</sub>) 1 m ve (l<sub>e2</sub>) 1 m'dir . Bu değerler galeri uzunluğuna ilave edildiğinde, toplam galeri uzunluğu bulunur.

$$l_t = l + l_{e1} + l_{e2}$$

$$l_t = 100 + 1 + 1$$

$$l_t = 102 \text{ m}$$

$$R_{1-2} = \frac{kxUxl}{F^3}$$

$$R_{1-2} = \frac{0.017 \times 16.4 \times 102}{11.76^3}$$

$$R_{1-2} = 0.018 \text{ gaul}$$

**2-3 yolu direnç hesabı (R<sub>2-3</sub>):** Bu yol bir galeridir. Dolayısıyla, bu yolun direncini bulmak için galeri direncinin hesaplandığı formülden yararlanılmıştır [23].

Sürtünme katsayısı (k) : 0.017 kg/m<sup>3</sup>

Galeri çevresi (U) : 16.4 m

Galeri kesit alanı (F) : 11.76 m<sup>2</sup>

Galeri uzunluğu (l) : 500 m dir. Ancak bu yol üzerinde keskin yuvarlak dönüş mevcut olduğundan, bu şok dirence karşılık gelen eşdeğer uzunluk değeri (l<sub>e1</sub>) 1 m'dir (Çizelge 9.3). Bu değer galeri uzunluğuna ilave edildiğinde, toplam galeri uzunluğu (l<sub>t</sub>) bulunmuştur.

$$l_t = l + l_{e1}$$

$$l_t = 500 + 1$$

$$l_t = 501 \text{ m}$$

$$R_{2-3} = \frac{kxUxl}{F^3}$$

$$R_{2-3} = \frac{0.017 \times 16.4 \times 501}{11.76^3}$$

$$R_{2-3} = 0.086 \text{ gaul}$$

**R<sub>3-4</sub> yolu direnç hesabı (R<sub>3-4</sub>):** Bu yol bir galeridir. Dolayısıyla, bu yolun direncini bulmak için galeri direncinin hesaplandığı formülden yararlanılmıştır [23].

Sürtünme katsayısı (k) : 0.017 kg/m<sup>3</sup>

Galeri çevresi (U) : 16.4 m

Galeri kesit alanı (F) : 11.76 m<sup>2</sup>

Galeri uzunluğu (l) : 500 m dir. Ancak bu yol üzerinde keskin yuvarlak dönüş mevcut olduğundan, bu şok dirence karşılık gelen eşdeğer uzunluk değeri (l<sub>e1</sub>) 1 m'dir (Çizelge 9.3). Bu değer galeri uzunluğuna ilave edildiğinde, toplam galeri uzunluğu (l<sub>t</sub>) bulunmuştur.

$$l_t = l + l_{e1}$$

$$l_t = 500 + 1$$

$$l_t = 501 \text{ m}$$

$$R_{3-4} = \frac{kxUxl}{F^3}$$

$$R_{3-4} = \frac{0.017 \times 16.4 \times 501}{11.76^3}$$

$$R_{3-4} = 0.086 \text{ gaul}$$

**R<sub>4-5</sub> yolu direnç hesabı (R<sub>4-5</sub>):** Bu yol bir galeridir. Dolayısıyla, bu yolun direncini bulmak için galeri direncinin hesaplandığı formülden yararlanılmıştır [23].

Sürtünme katsayısı (k) : 0.017 kg/m<sup>3</sup>

Galeri çevresi (U) : 10.34 m

Galeri kesit alanı (F) : 7.25 m<sup>2</sup>

Galeri uzunluğu (l) : 500 m dir. Ancak bu yol üzerinde iki önemli şok direnci mevcuttur. Birincisi, bu yol keskin köşeli dönüşe sahiptir. İkincisi ise, bu yolda ani daralma

bulunmaktadır. Çizelge 9.3'te bu dirençlere karşılık gelen eş değer uzunluk değerleri sırasıyla, ( $l_{e1}$ ) 50 m ve ( $l_{e2}$ ) 3.3 m'dir . Bu değerler galeri uzunluğuna ilave edildiğinde, toplam galeri uzunluğu bulunur.

$$l_t = l + l_{e1} + l_{e2}$$

$$l_t = 500 + 50 + 3.3$$

$$l_t = 553,3 \text{ m}$$

$$R_{4.5} = \frac{kxUxl}{F^3}$$

$$R_{4.5} = \frac{0.017 \times 7.25 \times 553.3}{10.34^3}$$

$$R_{4.5} = 0.256 \text{ gaul}$$

**R<sub>5.6</sub> yolu direnç hesabı (R<sub>5.6</sub>) :** Bu yol bir ayaktır. Ocağın çalışılan damar kalınlığı 2m olduğundan, ayağın 1m'sinin direnci 0.0052 gaul olduğu belirlenmiştir (Çizelge 9.4). O halde ayak uzunluğu (l): 66 m ise

$$R_{5.6} = 1 \times 0.0052$$

$$R_{5.6} = 66 \times 0.0052$$

$$R_{5.6} = 0.343 \text{ gaul}$$

**R<sub>6.7</sub> yolu direnç hesabı (R<sub>6.7</sub>) :** Bu yol bir galeridir. Dolayısıyla, bu yolun direncini bulmak için galeri direncinin hesaplandığı formülden yararlanılmıştır [23].

$$\text{Sürtünme katsayısı (k) : } 0.017 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Galeri çevresi (U) : } 10.34 \text{ m}$$

$$\text{Galeri kesit alanı (F) : } 7.25 \text{ m}^2$$

Galeri uzunluğu (l) : 470 m dir. Ancak bu yol üzerinde iki önemli şok direnci mevcuttur. Birincisi, bu yol keskin köşeli dönüşe sahiptir. İkincisi ise, bu yolda ani genişleme bulunmaktadır. Çizelge 9.3'te bu dirençlere karşılık gelen eş değer uzunluk değerleri sırasıyla, ( $l_{e1}$ ) 50 m ve ( $l_{e2}$ ) 6.7 m'dir. Bu değerler galeri uzunluğuna ilave edildiğinde, toplam galeri uzunluğu bulunur.

$$l_t = l + l_{e1} + l_{e2}$$

$$l_t = 470 + 50 + 6.7$$

$$l_t = 526.7 \text{ m}$$

$$R_{6-7} = \frac{kxUxl}{F^3}$$

$$R_{6-7} = \frac{0.017 \times 7.25 \times 526.7}{10.34^3}$$

$$R_{6-7} = 0.343 \text{ gaul}$$

**R<sub>7,8</sub> yolu direnç hesabı (R<sub>7,8</sub>):** Bu yol bir galeridir. Dolayısıyla, bu yolun direncini bulmak için galeri direncinin hesaplandığı formülden yararlanılmıştır [23].

$$\text{Sürtünme katsayısı (k) : } 0.017 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Galeri çevresi (U) : } 16.4 \text{ m}$$

$$\text{Galeri kesit alanı (F) : } 11.76 \text{ m}^2$$

Galeri uzunluğu (l) : 100 m dir. Ancak bu yol üzerinde keskin yuvarlak dönüş mevcut olduğundan, bu şok dirence karşılık gelen eşdeğer uzunluk değeri ( $l_{e1}$ ) 1 m'dir (Çizelge 9.3). Bu değer galeri uzunluğuna ilave edildiğinde, toplam galeri uzunluğu ( $l_t$ ) bulunmuştur.

$$l_t = l + l_{e1}$$

$$l_t = 100 + 1$$

$$l_t = 101 \text{ m}$$

$$R_{7-8} = \frac{kxUxl}{F^3}$$

$$R_{7-8} = \frac{0.017 \times 16.4 \times 101}{11.76^3}$$

$$R_{7-8} = 0.017 \text{ gaul}$$

**R<sub>8,9</sub> yolu direnç hesabı (R<sub>8,9</sub>) :** Bu yol bir galeridir. Dolayısıyla, bu yolun direncini bulmak için galeri direncinin hesaplandığı formülden yararlanılmıştır [23].

$$\text{Sürtünme katsayısı (k) : } 0.017 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Galeri çevresi (U) : } 16.4 \text{ m}$$

$$\text{Galeri kesit alanı (F) : } 11.76 \text{ m}^2$$

Galeri uzunluğu (l) : 300 m dir. Ancak bu yol üzerinde iki önemli şok direnci mevcuttur. Birincisi, bu yol keskin yuvarlak dönüşü sahiptir. İkincisi ise, bu yolda hava çıkışı bulunmaktadır. Çizelge 9.3'te bu dirençlere karşılık gelen eş değer uzunluk değerleri sırasıyla, (le1) 1 m ve (le2) 21.7 m'dir. Bu değerler galeri uzunluğuna ilave edildiğinde, toplam galeri uzunluğu bulunur.

$$l_t = l + l_{e1} + l_{e2}$$

$$l_t = 300 + 1 + 21.7$$

$$l_t = 322.7 \text{ m}$$

$$R_{8-9} = \frac{kxUxl}{F^3}$$

$$R_{8-9} = \frac{0.017 \times 16.4 \times 322.7}{11.76^3}$$

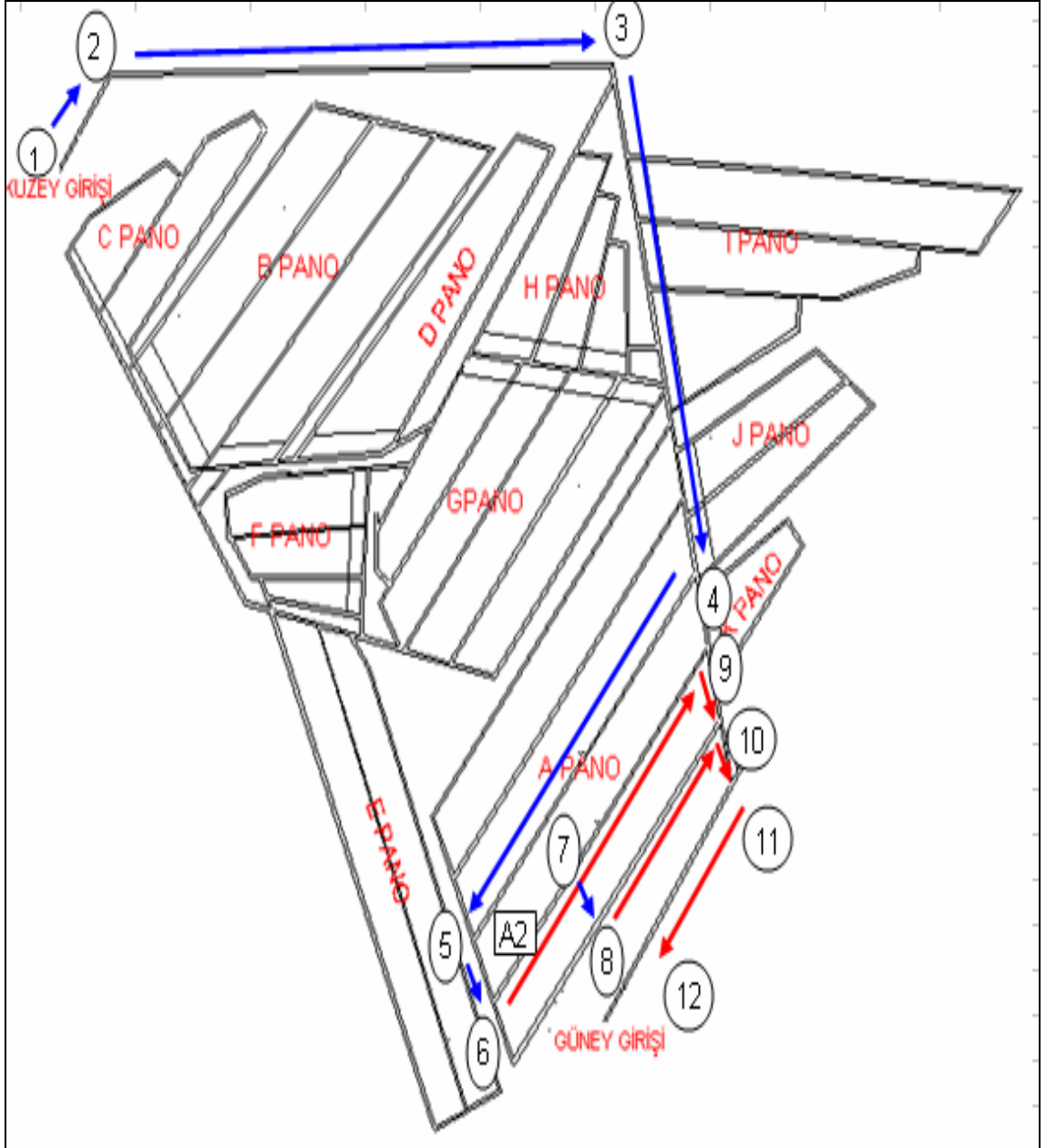
$$R_{8-9} = 0.056 \text{ gaul}$$

A1 nolu panoda havanın dağılımına bakıldığında, galeriler ve ayaktan geçen hava birbirine paralel olduğundan bütün dirençlerin hepsi toplanır.

**Çizelge 9.5** A1 panosunun direnç değerleri

A1 PANOSU									
Yol No	Yol Adı	k (kg/m <sup>3</sup> )	U (m)	F (m <sup>2</sup> )	l (m)	le1 (m)	le2 (m)	lt (m)	R (gaul)
1-2 yolu	Galeri	0,0171	16,4	11,76	100	1	1	102	0,018
2-3 yolu	Galeri	0,0171	16,4	11,76	500	1	0	501	0,086
3-4 yolu	Galeri	0,0171	16,4	11,76	500	1	0	501	0,086
4-5 yolu	Galeri	0,0171	10,34	7,25	500	3,3	50	553,3	0,256
5-6 yolu	Ayak	0,0052			66			66	0,343
6-7yolu	Galeri	0,0171	10,34	7,250	470	6,7	50	526,7	0,244
7-8 yolu	Galeri	0,0171	16,4	11,76	100	1	0	101	0,017
8-9 yolu	Galeri	0,0171	16,4	11,76	300	1	21,7	322,7	0,056
<b>Rt direnci</b>									<b>1,106</b>

### 9.2.2 A2 Nolu panonun direnç hesaplaması

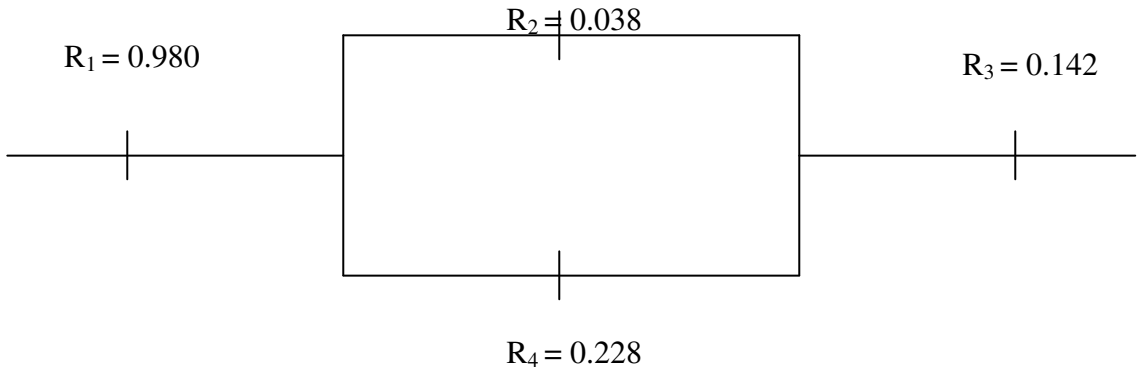


Şekil 9.2 A2 nolu panonun hava yolları

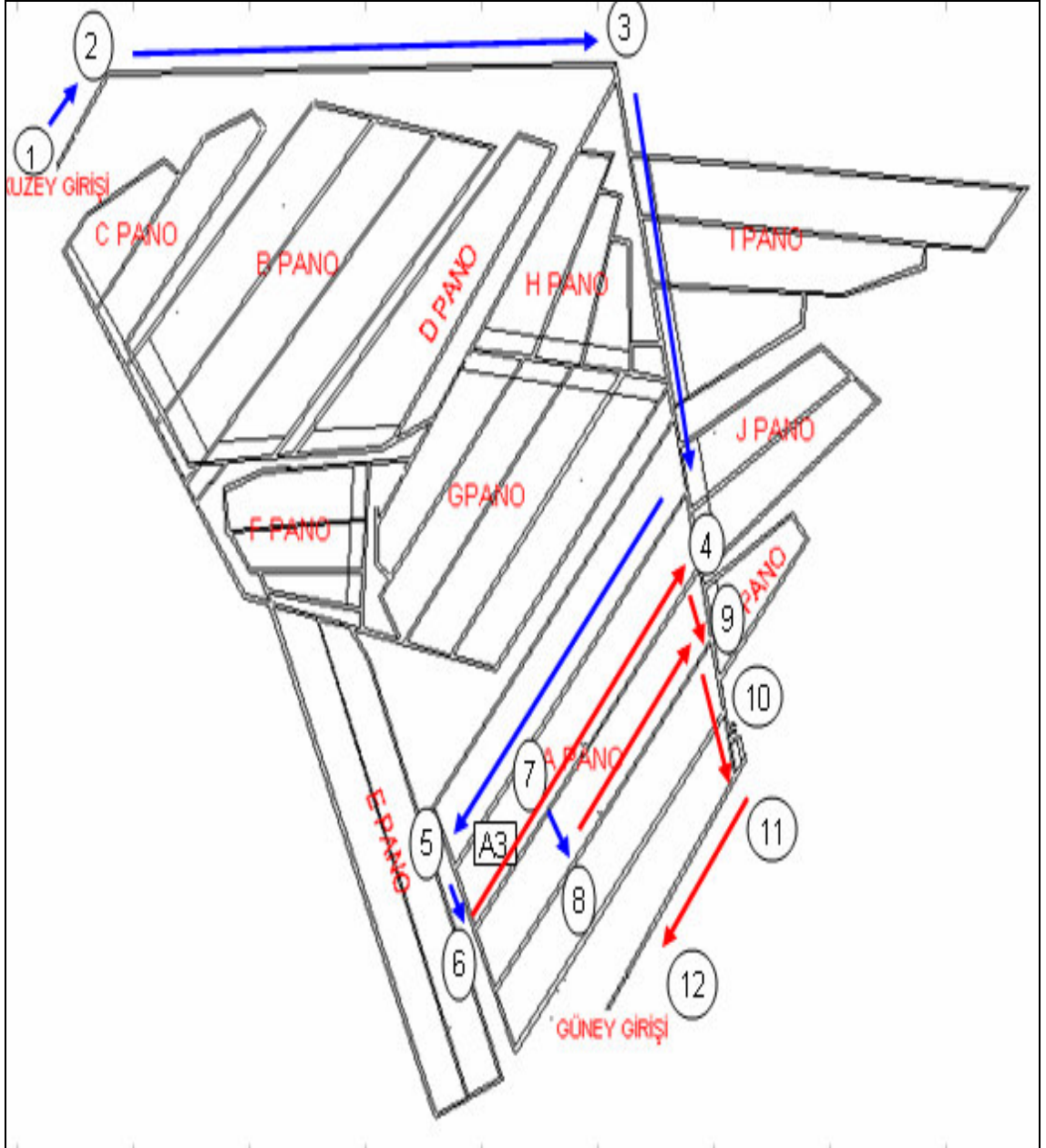


Çizelge 9.6 A2 panosunun direnç değerleri

A2 PANOSU									
Yol No	Yol Adı	k (kg/m <sup>3</sup> )	U (m)	F (m <sup>2</sup> )	l (m)	le1 (m)	le2 (m)	lt (m)	R (gaul)
1-2 yolu	galeri	0,0171	16,4	11,76	100	1	1	102	0,018
2-3 yolu	galeri	0,0171	16,4	11,76	500	1	0	501	0,086
3-4 yolu	galeri	0,0171	16,4	11,76	435	1	0	436	0,075
4-5 yolu	galeri	0,0171	10,34	7,25	500	3,3	50	553,3	0,256
5-6 yolu	ayak	0,0052			72			72	0,374
6-7 yolu	galeri	0,0171	10,34	7,25	250	50	67	367	0,170
<b>R1direnci</b>									<b>0,980</b>
7-8 yolu	ayak	0,0052			65			65	0,338
<b>R2direnci</b>									<b>0,038</b>
7- 9 yolu	galeri	0,0171	10,34	7,25	250	6,7	50	306,7	0,142
<b>R3direnci</b>									<b>0,142</b>
8-10 yolu	galeri	0,0171	10,34	7,25	250	6,7	50	306,7	0,142
9-10 yolu	galeri	0,0171	16,4	11,76	65	10	0	75	0,013
10-11 yolu	galeri	0,0171	16,4	11,76	100	1	0	101	0,017
11-12 yolu	galeri	0,0171	16,4	11,76	300	1	21,7	322,7	0,056
<b>R4direnci</b>									<b>0,228</b>



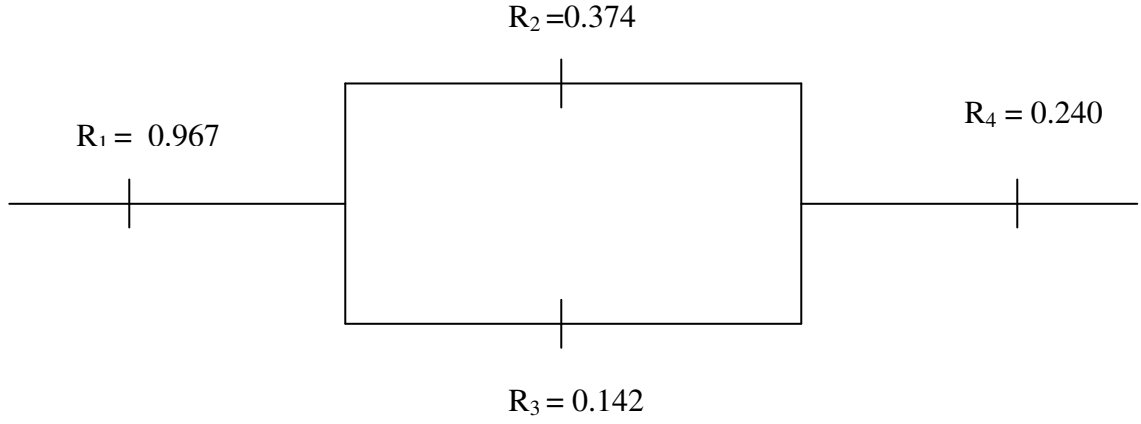
### 9.2.3 A3 Nolu panonun direnç hesaplaması



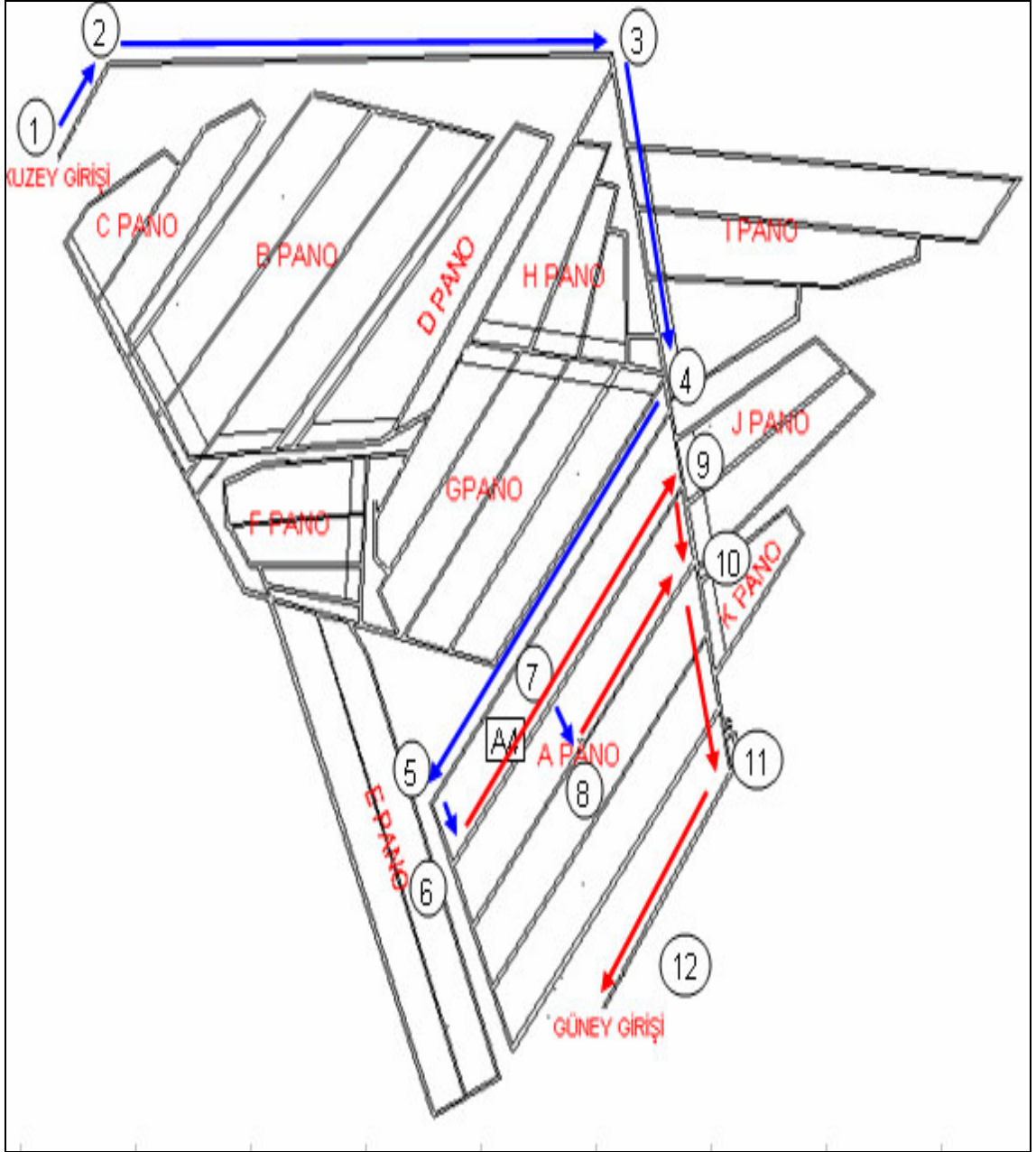
Şekil 9.3 A3 nolu panonun hava yolları

Çizelge 9.7 A3 panosunun direnç değerleri

A3 PANOSU									
Yol No	Yol Adı	k (kg/m <sup>3</sup> )	U (m)	F (m <sup>2</sup> )	l (m)	le1 (m)	le2 (m)	lt (m)	R (gaul)
1-2 yolu	Galeri	0,0171	16,400	11,76	100	1	1	102	0,018
2-3 yolu	Galeri	0,0171	16,400	11,76	500	1	0	501	0,086
3-4 yolu	Galeri	0,0171	16,400	11,76	363	1	0	364	0,063
4-5 yolu	Galeri	0,0171	10,340	7,25	500	3,3	50	553,3	0,256
5-6 yolu	ayak	0,0052			72			72	0,374
6-7 yolu	Galeri	0,0171	10,340	7,25	250	50	67	367	0,170
<b>R1 direnci</b>									<b>0,967</b>
7-8 yolu	ayak	0,0052			72			72	0,374
<b>R2 direnci</b>									<b>0,374</b>
7-9 yolu	Galeri	0,0171	10,340	7,25	250	6,7	50	306,7	0,142
<b>R3 direnci</b>									<b>0,142</b>
8-10 yolu	Galeri	0,0171	10,340	7,25	250	6,7	50	306,7	0,142
9-10 yolu	Galeri	0,0171	16,400	11,76	72	10	0	82	0,014
10-11 yolu	Galeri	0,0171	16,400	11,76	165	1	0	166	0,029
11-12 yolu	Galeri	0,0171	16,400	11,76	300	1	21,7	322,7	0,056
<b>R4 direnci</b>									<b>0,240</b>



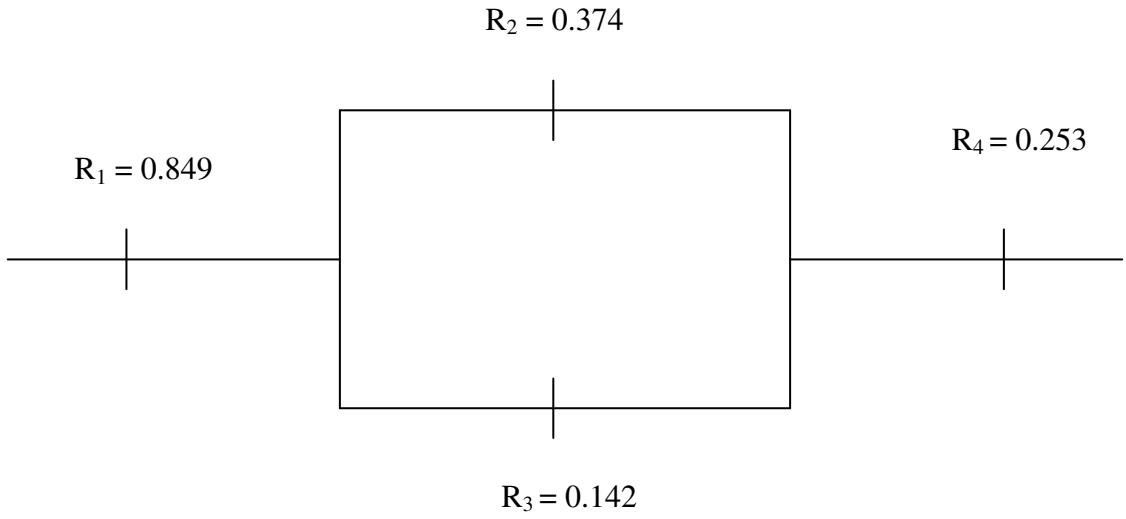
### 9.2.4 A4 Nolu panonun direnç hesaplaması



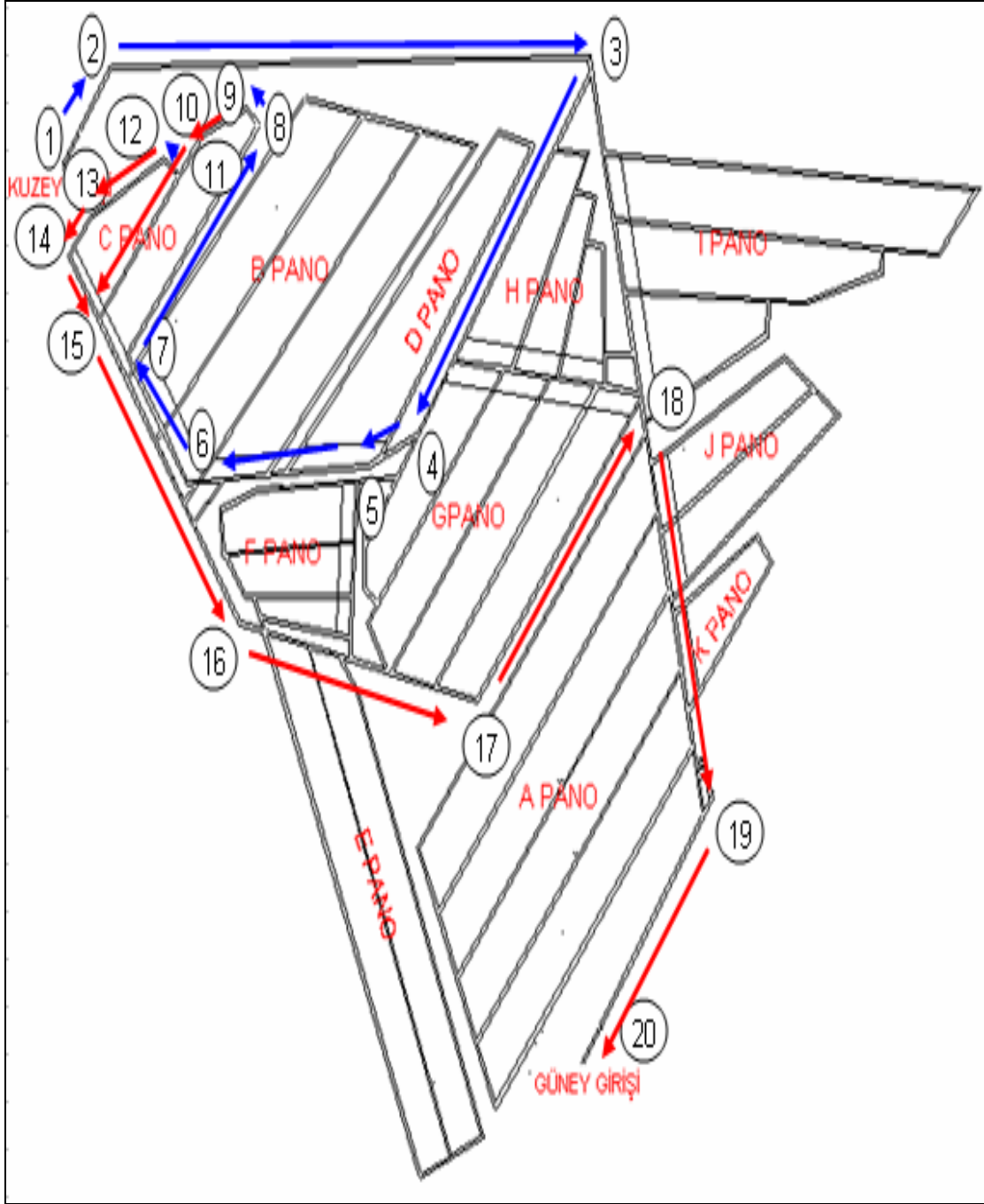
Şekil 9.4 A4 nolu panonun hava yolları

Çizelge 9.8 A4 panosunun direnç değerleri

A4 PANOSU									
Yol No	Yol Adı	k (kg/m <sup>3</sup> )	U (m)	F (m <sup>2</sup> )	l (m)	le1 (m)	le2 (m)	lt (m)	R (gaul)
1-2 yolu	Galeri	0,0171	16,400	11,76	100	1	1	102	0,018
2-3 yolu	Galeri	0,0171	16,400	11,76	500	1	0	501	0,086
3-4 yolu	Galeri	0,0171	16,400	11,76	298	1	0	299	0,051
4-5 yolu	Galeri	0,0171	10,340	7,25	291	3,3	50	344,3	0,159
5-6 yolu	ayak	0,0052			70			70	0,364
6-7 yolu	Galeri	0,0171	10,340	7,25	250	50	67	367	0,170
<b>R1 direnci</b>									<b>0,849</b>
7-8 yolu	ayak	0,0052			72			72	0,374
<b>R2 direnci</b>									<b>0,374</b>
7-9 yolu	Galeri	0,0171	10,340	7,25	250	6,7	50	306,7	0,142
<b>R3 direnci</b>									<b>0,142</b>
8-10 yolu	Galeri	0,0171	10,340	7,25	250	6,7	50	306,7	0,142
9-10 yolu	Galeri	0,0171	16,400	11,76	72	10	0	82	0,014
10-11 yolu	Galeri	0,0171	16,400	11,76	237	1	0	238	0,041
11-12 yolu	Galeri	0,0171	16,400	11,76	300	1	21,7	322,7	0,056
<b>R4 direnci</b>									<b>0,253</b>



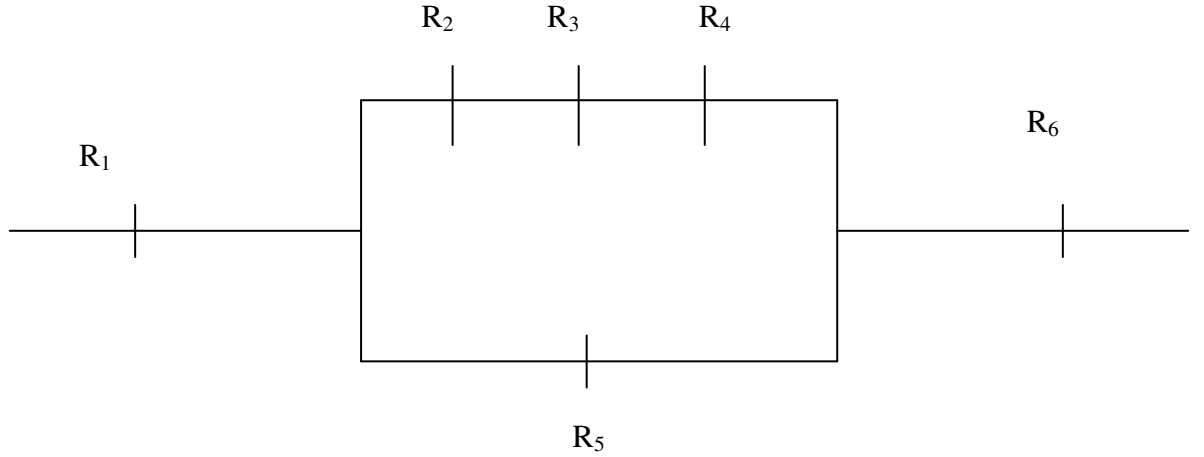
### 9.2.5 C Nolu panonun direnç hesaplaması



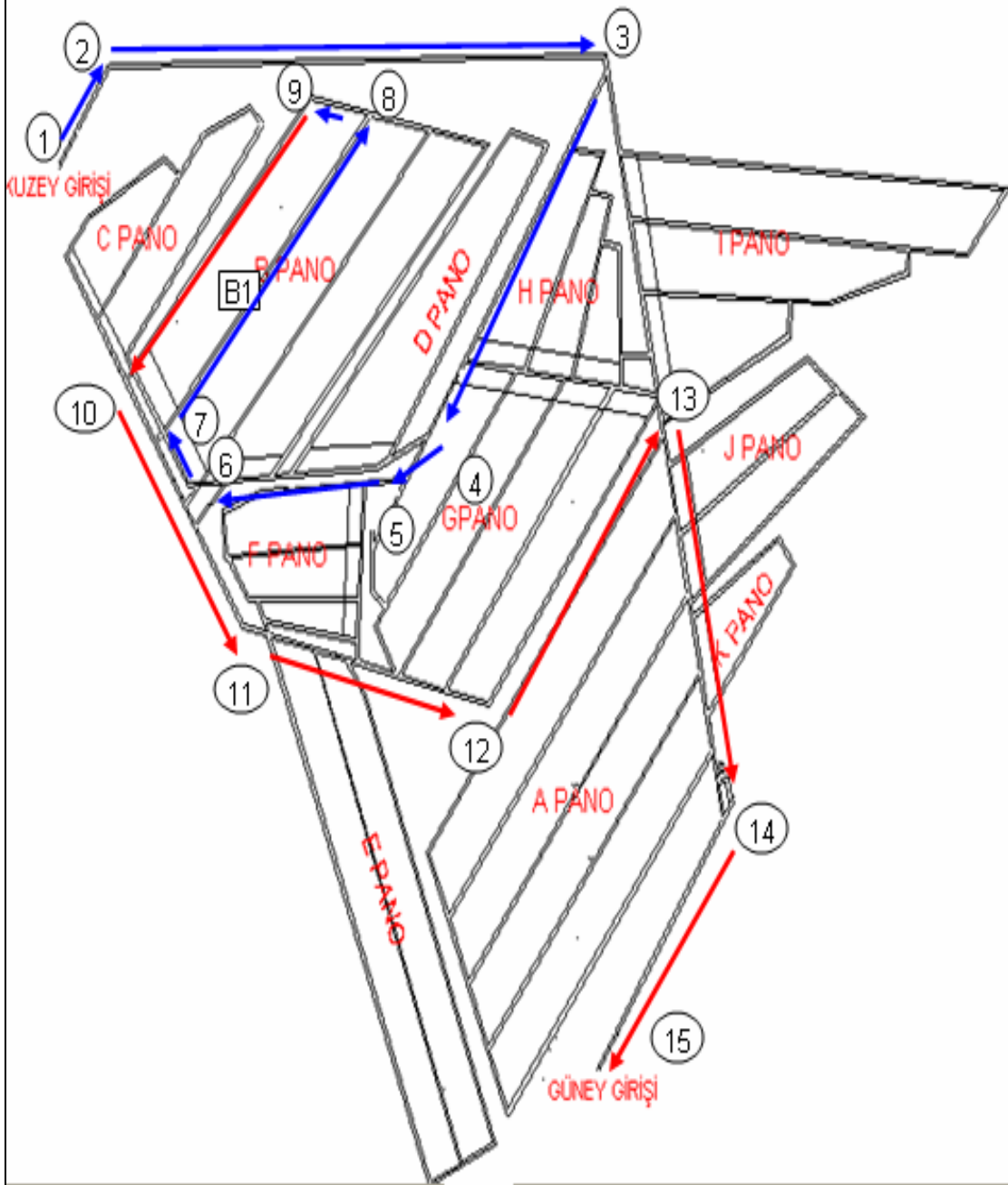
Şekil 9.5 C nolu panonun hava yolları

Çizelge 9.9 C panosunun direnç değerleri

C PANOSU									
Yol No	Yol Adı	k (kg/m <sup>3</sup> )	U (m)	F (m <sup>2</sup> )	l (m)	le1 (m)	le2 (m)	lt (m)	R (gaul)
1-2 yolu	Galeri	0,0171	16,400	11,76	100	1	1	102	0,018
2-3 yolu	Galeri	0,0171	16,400	11,76	500	1	0	501	0,086
3-4 yolu	Galeri	0,0171	10,340	7,25	420	3,3	50	473,3	0,219
4-5 yolu	Galeri	0,0171	10,340	7,25	115	0	1	116	0,054
5-6 yolu	Galeri	0,0171	10,340	7,25	280	0	1	281	0,130
6-7 yolu	Galeri	0,0171	10,340	7,25	160	0	1	161	0,075
7-8 yolu	Galeri	0,0171	10,340	7,25	310	0	50	360	0,167
8-9 yolu	ayak	0,0052			30			30	0,156
9-10 yolu	Galeri	0,0171	10,340	7,25	45	0	1	46	0,021
10-11 yolu	Galeri	0,0171	10,340	7,25	55	67	1	123	0,057
<b>R1 direnci</b>									<b>0,982</b>
11-12 yolu	ayak	0,0052			30			30	0,156
<b>R2 direnci</b>									<b>0.156</b>
12-13 yolu	Galeri	0,0171	10,340	7,25	65	0	1	66	0,031
<b>R3 direnci</b>									<b>0.031</b>
13-14 yolu	Galeri	0,0171	10,340	7,25	105	50	1	156	0,072
<b>R4 direnci</b>									<b>0.072</b>
14-15 yolu	Galeri	0,0171	10,340	7,25	60	50	67	177	0,082
<b>R5 direnci</b>									<b>0.082</b>
11-15 yolu	Galeri	0,0171	10,340	7,25	220	50	0	270	0,125
15-16 yolu	Galeri	0,0171	10,340	7,25	340	1	0	341	0,158
16-17 yolu	Galeri	0,0171	10,340	7,25	200	50	0	250	0,116
17-18 yolu	Galeri	0,0171	10,340	7,25	190	50	6,7	246,7	0,114
18-19 yolu	Galeri	0,0171	16,400	11,76	380	1	0	381	0,066
19-20yolu	Galeri	0,0171	16,400	11,76	300	1	21,7	322,7	0,056
<b>R6 direnci</b>									<b>0,634</b>



### 9.2.6 B1 Nolu panonun direnç hesaplaması



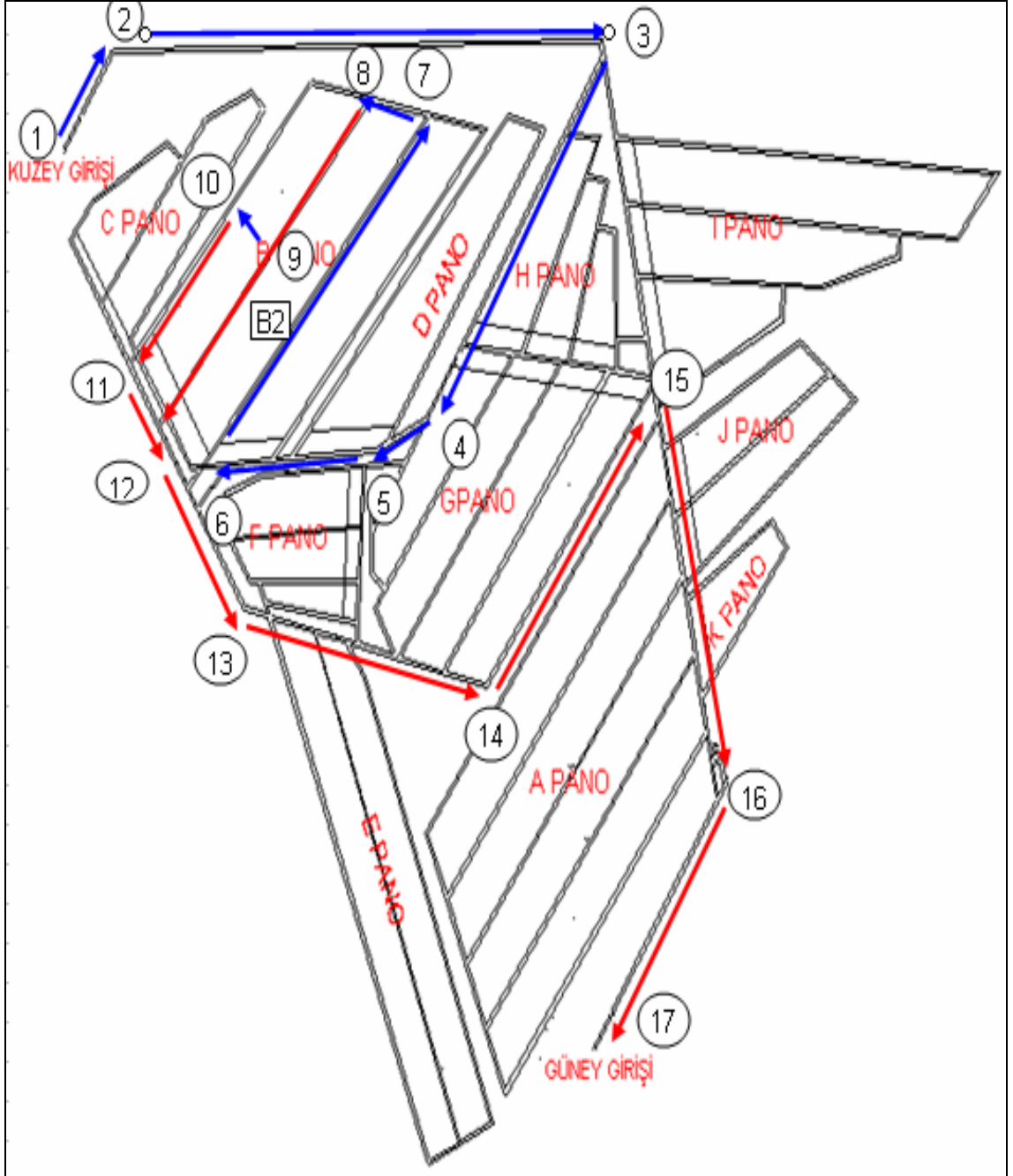
Şekil 9.6 B1 nolu panonun hava yolları



Çizelge 9.10 B1 panosunun direnç değerleri

B1 PANOSU									
Yol No	Yol Adı	k (kg/m3)	U (m)	F (m2)	l (m)	le1 (m)	le2 (m)	lt (m)	R (gaul)
1-2 yolu	Galeri	0,0171	16,400	11,760	100	1	1	102	0,018
2-3 yolu	Galeri	0,0171	16,400	11,760	500	1	0	501	0,086
3-4 yolu	Galeri	0,0171	10,340	7,250	420	3,3	50	473,3	0,219
4-5 yolu	Galeri	0,0171	10,340	7,250	115	0	1	116	0,054
5-6 yolu	Galeri	0,0171	10,340	7,250	280	0	1	281	0,130
6-7yolu	Galeri	0,0171	10,340	7,250	85	0	1	86	0,040
7-8 yolu	Galeri	0,0171	10,340	7,250	450	0	50	500	0,232
8-9 yolu	Ayak	0,0052			90			90	0,468
9-10 yolu	Galeri	0,0171	10,340	7,250	400	0	50	450	0,208
10-11 yolu	Galeri	0,0171	10,340	7,250	280	1	0	281	0,130
11-12 yolu	Galeri	0,0171	10,340	7,250	200	50	0	250	0,116
12-13 yolu	Galeri	0,0171	16,400	11,760	190	50	6,7	246,7	0,042
13-14 yolu	Galeri	0,0171	16,400	11,760	380	1	0	381	0,066
14-15 yolu	Galeri	0,0171	16,400	11,760	300	1	21,7	322,7	0,056
<b>R1 direnci</b>									<b>1,864</b>

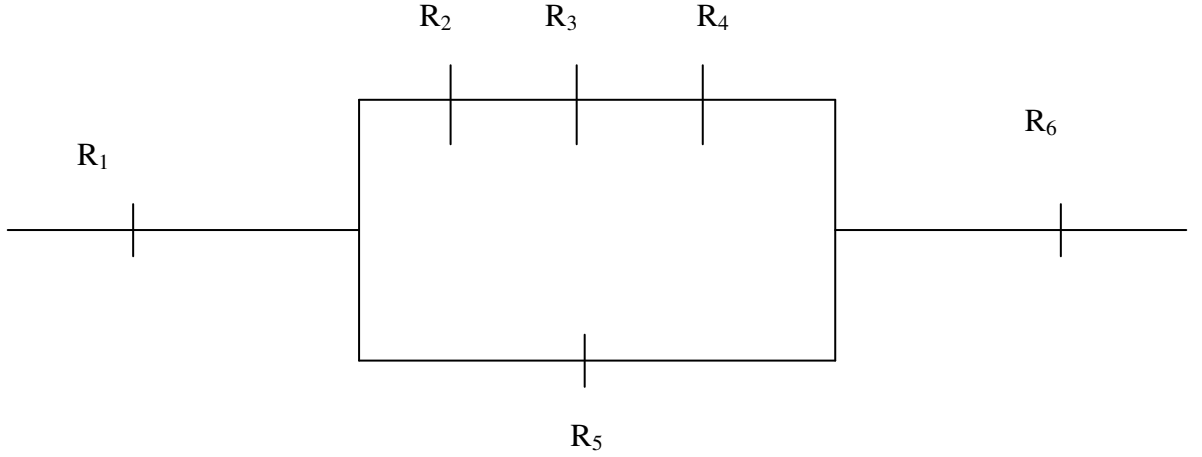
### 9.2.7 B2 Nolu panonun direnç hesaplaması



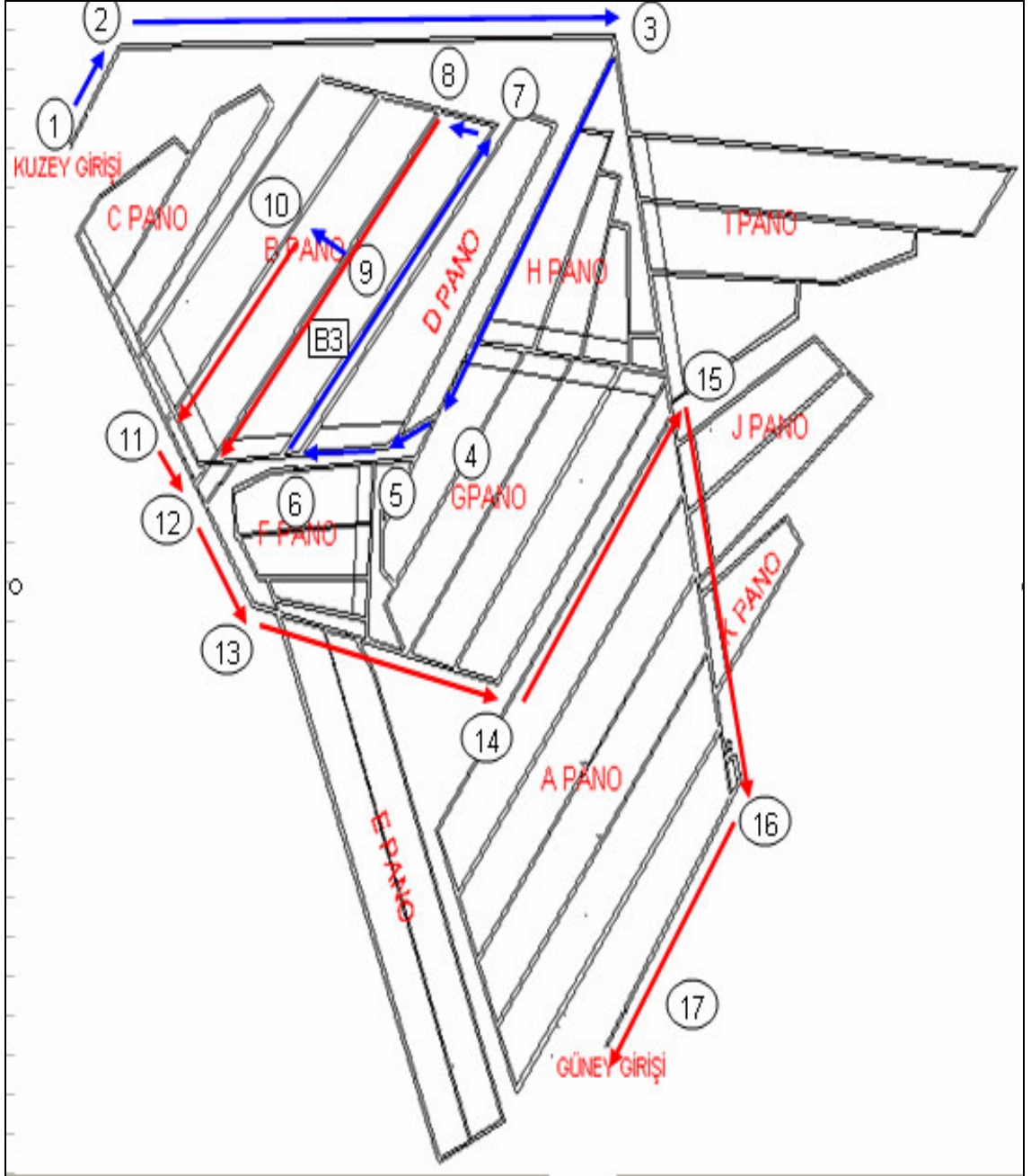
Şekil 9.7 B2 nolu panonun hava yolları

Çizelge 9.11 B2 panosunun direnç değerleri

B2 PANOSU									
Yol No	Yol Adı	k (kg/m <sup>3</sup> )	U (m)	F (m <sup>2</sup> )	l (m)	le1 (m)	le2 (m)	lt (m)	R (gaul)
1-2 yolu	Galeri	0,0171	16,400	11,760	100	1	1	102	0,018
2-3 yolu	Galeri	0,0171	16,400	11,760	500	1	0	501	0,086
3-4 yolu	Galeri	0,0171	10,340	7,250	420	3,3	50	473,3	0,219
4-5 yolu	Galeri	0,0171	10,340	7,250	115	0	1	116	0,054
5-6 yolu	Galeri	0,0171	10,340	7,250	280	0	1	281	0,130
6-7yolu	Galeri	0,0171	10,340	7,250	510	0	50	560	0,259
7-8 yolu	Ayak	0,0052			85			85	0,442
8-9 yolu	Galeri	0,0171	10,340	7,250	225	67	50	342	0,158
<b>R1 direnci</b>									<b>1,366</b>
9-10 yolu	Ayak	0,0052			90			90	0,468
<b>R2 direnci</b>									<b>0,468</b>
10-11 yolu	Galeri	0,0171	10,340	7,250	200	0	50	250	0,116
<b>R3 direnci</b>									<b>0,116</b>
11-12 yolu	Galeri	0,0171	10,340	7,250	90	50	67	207	0,096
<b>R4 direnci</b>									<b>0,096</b>
9-12 yolu	Galeri	0,0171	10,340	7,250	225	0	50	275	0,127
<b>R5 direnci</b>									<b>0,127</b>
12-13 yolu	Galeri	0,0171	10,340	7,250	150	1	0	151	0,070
13-14 yolu	Galeri	0,0171	10,340	7,250	200	50	0	250	0,116
14-15 yolu	Galeri	0,0171	10,340	7,250	190	50	6,7	246,7	0,114
15-16 yolu	Galeri	0,0171	16,400	11,760	380	1	0	381	0,066
16-17 yolu	Galeri	0,0171	16,400	11,760	300	1	21,7	322,7	0,056
<b>R6 direnci</b>									<b>0,421</b>



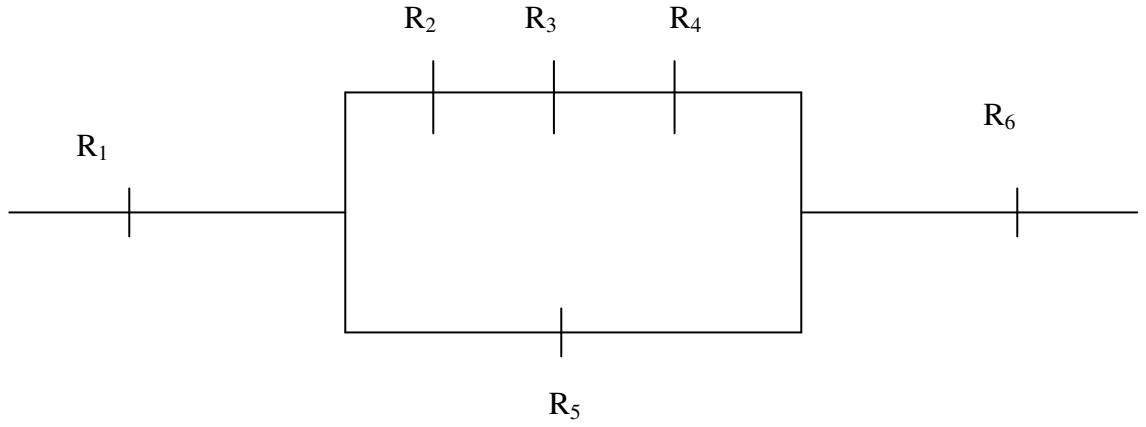
### 9.2.8 B3 Nolu panonun direnç hesaplaması



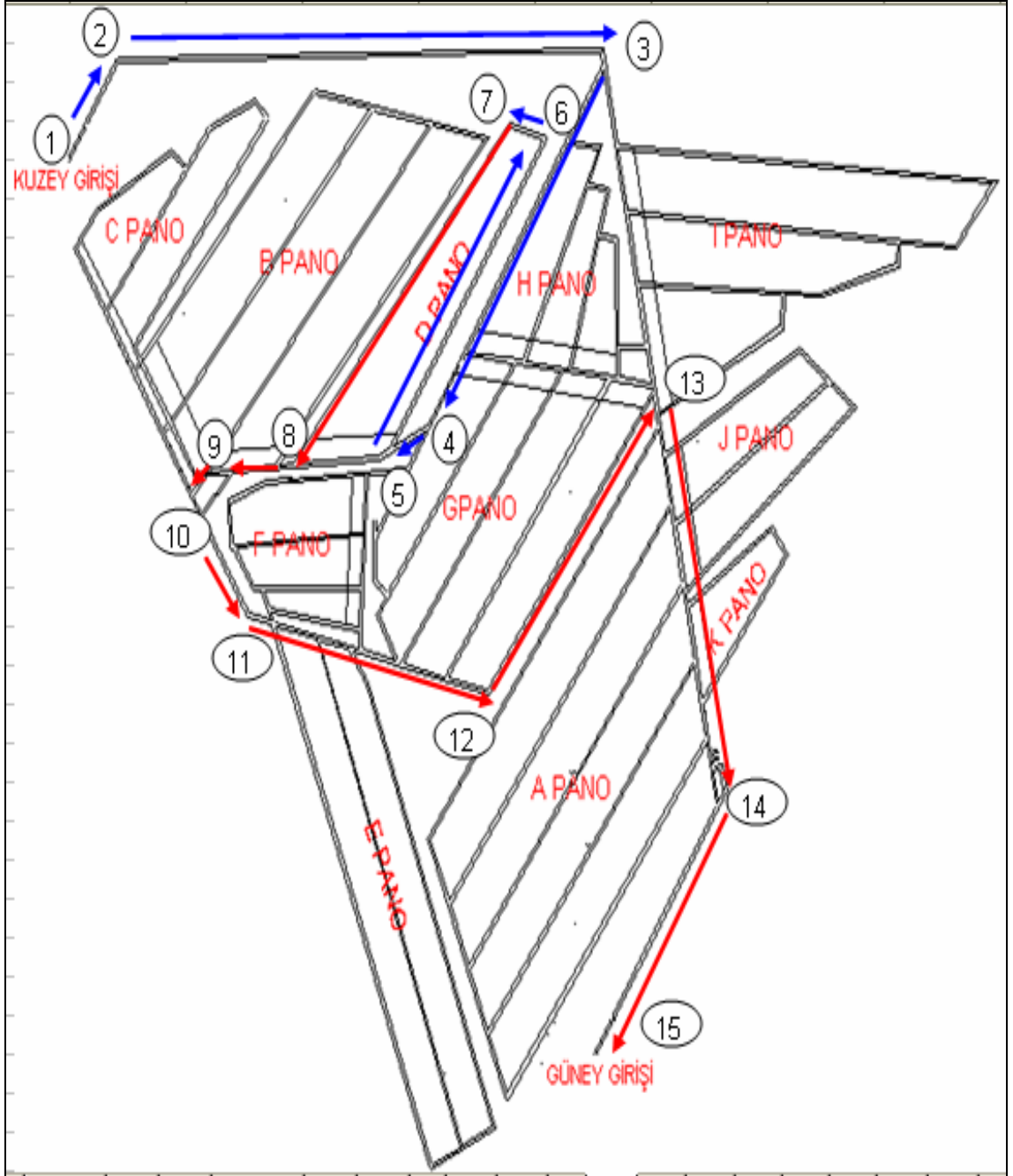
Şekil 9.8 B3 nolu panonun hava yolları

Çizelge 9.12 B3 panosunun direnç değerleri

B3 PANOSU									
Yol No	Yol Adı	k (kg/m <sup>3</sup> )	U (m)	F (m <sup>2</sup> )	l (m)	le1 (m)	le2 (m)	lt (m)	R (gaul)
1-2 yolu	Galeri	0,0171	16,400	11,760	100	1	1	102	0,018
2-3 yolu	Galeri	0,0171	16,400	11,760	500	1	0	501	0,086
3-4 yolu	Galeri	0,0171	10,340	7,250	420	3,3	50	473,3	0,219
4-5 yolu	Galeri	0,0171	10,340	7,250	115	0	1	116	0,054
5-6 yolu	Galeri	0,0171	10,340	7,250	280	0	1	281	0,130
6-7yolu	Galeri	0,0171	10,340	7,250	460	0	50	510	0,236
7-8 yolu	Ayak	0,0052			80			80	0,416
8-9 yolu	Galeri	0,0171	10,340	7,250	225	67	50	342	0,158
<b>R1 direnci</b>									<b>1,317</b>
9-10 yolu	Ayak	0,0052			85			85	0,442
<b>R2 direnci</b>									<b>0.442</b>
9-12 yolu	Galeri	0,0171	10,340	7,250	250	0	50	300	0,139
<b>R3 direnci</b>									<b>0.139</b>
10-11 yolu	Galeri	0,0171	10,340	7,250	225	0	50	275	0,127
<b>R4 direnci</b>									<b>0.127</b>
11-12 yolu	Galeri	0,0171	10,340	7,250	85	50	67	202	0,094
<b>R5 direnci</b>									<b>0.094</b>
12-13 yolu	Galeri	0,0171	10,340	7,250	150	1	0	151	0,070
13-14 yolu	Galeri	0,0171	10,340	7,250	200	50	0	250	0,116
14-15 yolu	Galeri	0,0171	10,340	7,250	190	50	6,7	246,7	0,114
15-16 yolu	Galeri	0,0171	16,400	11,760	380	1	0	381	0,066
16-17 yolu	Galeri	0,0171	16,400	11,760	300	1	21,7	322,7	0,056
<b>R6 direnci</b>									<b>0,421</b>



### 9.2.9 D Nolu panonun direnç hesaplaması

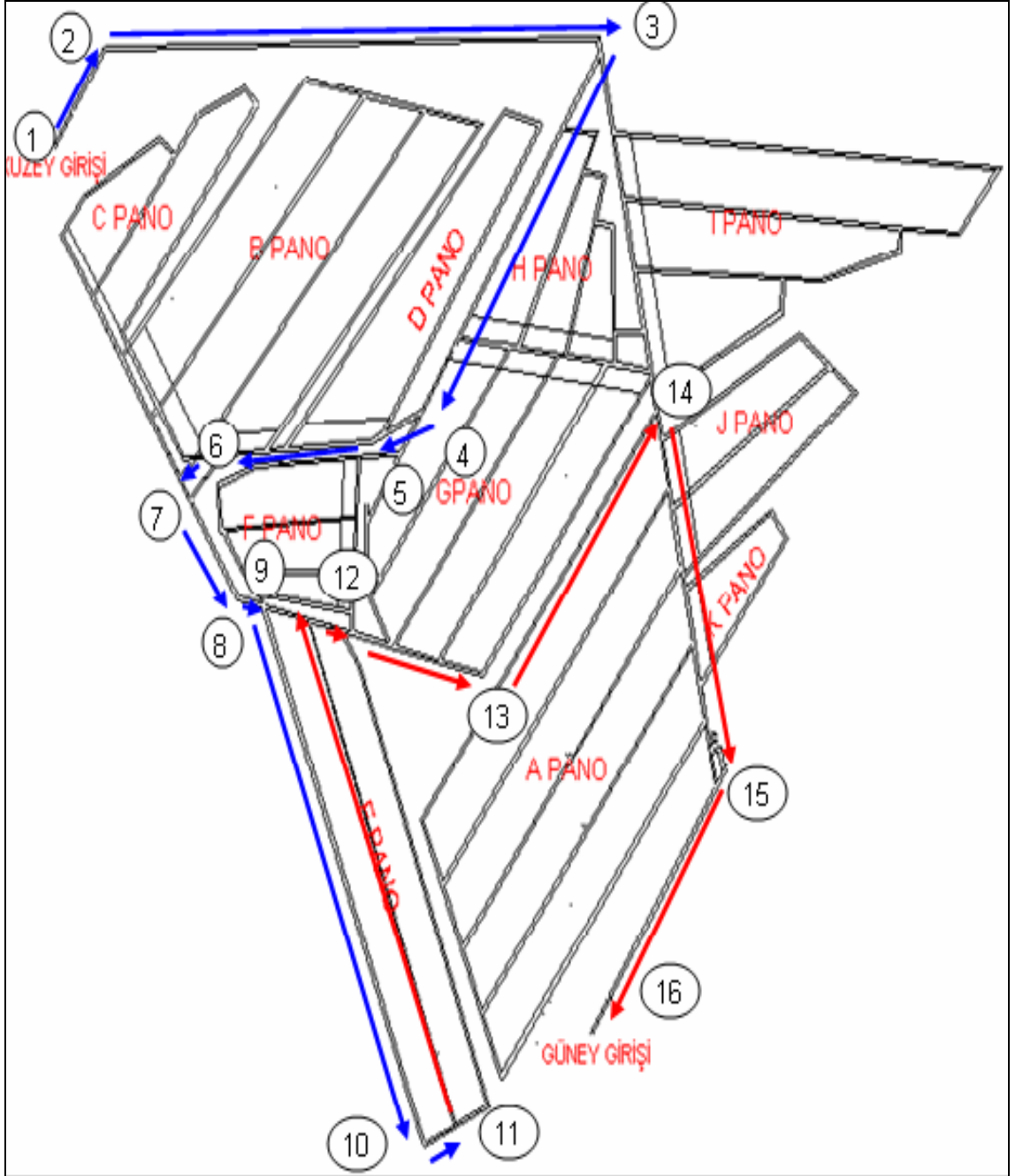


Şekil 9.9 D nolu panonun hava yolları

Çizelge 9.13 D panosunun direnç değerleri

D PANOSU									
Yol No	Yol Adı	k (kg/m <sup>3</sup> )	U (m)	F (m <sup>2</sup> )	l (m)	le1 (m)	le2 (m)	lt (m)	R (gaul)
1-2 yolu	Galeri	0,0171	16,400	11,760	100	1	1	102	0,018
2-3 yolu	Galeri	0,0171	16,400	11,760	500	1	0	501	0,086
3-4 yolu	Galeri	0,0171	10,340	7,250	420	3,3	50	473,3	0,219
4-5 yolu	Galeri	0,0171	10,340	7,250	115	0	1	116	0,054
5-6 yolu	Galeri	0,0171	10,340	7,250	375	0	50	425	0,197
6-7yolu	Ayak	0,0052			50			50	0,260
7-8 yolu	Galeri	0,0171	10,340	7,250	470	0	50	520	0,241
8-9 yolu	Galeri	0,0171	10,340	7,250	100	0	50	150	0,069
9-10 yolu	Galeri	0,0052	10,340	7,250	65	0	50	115	0,016
10-11 yolu	Galeri	0,0171	10,340	7,250	70	0	1	71	0,033
11-12 yolu	Galeri	0,0171	10,340	7,250	200	50	0	250	0,116
12-13 yolu	Galeri	0,0171	10,340	7,250	190	50	6,7	246,7	0,114
13-14 yolu	Galeri	0,0171	16,400	11,760	380	1	0	381	0,066
14-15 yolu	Galeri	0,0171	16,400	11,760	300	1	21,7	322,7	0,056
<b>R1 direnci</b>									<b>1,544</b>

### 9.2.10 E1 Nolu panonun direnç hesaplaması



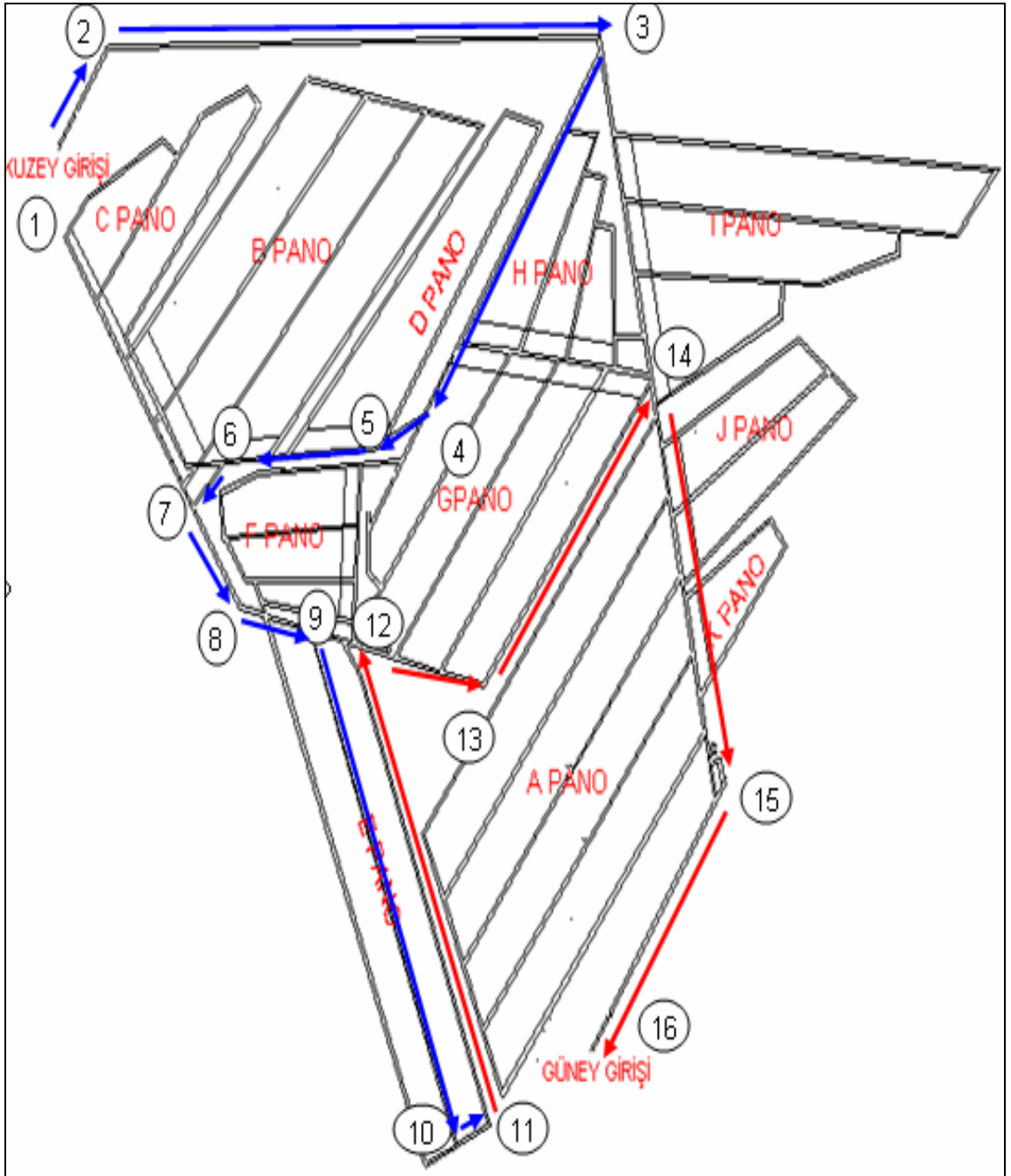
Şekil 9.10 E1 nolu panonun hava yolları



Çizelge 9.14 E1 panosunun direnç değerleri

E1 PANOSU									
Yol No	Yol Adı	k (kg/m <sup>3</sup> )	U (m)	F (m <sup>2</sup> )	l (m)	le1 (m)	le2 (m)	lt (m)	R (gaul)
1-2 yolu	Galeri	0,0171	16,400	11,760	100	1	1	102	0,018
2-3 yolu	Galeri	0,0171	16,400	11,760	500	1	0	501	0,086
3-4 yolu	Galeri	0,0171	10,340	7,250	420	3,3	50	473,3	0,219
4-5 yolu	Galeri	0,0171	10,340	7,250	115	0	1	116	0,054
5-6 yolu	Galeri	0,0171	10,340	7,250	230	0	50	280	0,130
6-7yolu	Galeri	0,0171	10,340	7,250	65	0	50	115	0,053
7-8 yolu	Galeri	0,0171	10,340	7,250	70	0	1	71	0,033
8-9 yolu	Galeri	0,0171	10,340	7,250	30	0	50	80	0,037
9-10 yolu	Galeri	0,0171	10,340	7,250	590	0	50	640	0,090
10-11 yolu	Ayak	0,0052			50			50	0,260
11-12 yolu	Galeri	0,0171	10,340	7,250	550	0	50	600	0,278
12-13 yolu	Galeri	0,0171	10,340	7,250	120	50	0	170	0,079
13-14 yolu	Galeri	0,0171	10,340	7,250	190	50	6,7	246,7	0,114
14-15 yolu	Galeri	0,0171	16,400	11,760	380	1	0	381	0,066
15-16 yolu	Galeri	0,0171	16,400	11,760	300	1	21,7	322,7	0,056
<b>R1 direnci</b>									<b>1,572</b>

### 9.2.11 E2 Nolu panonun direnç hesaplaması

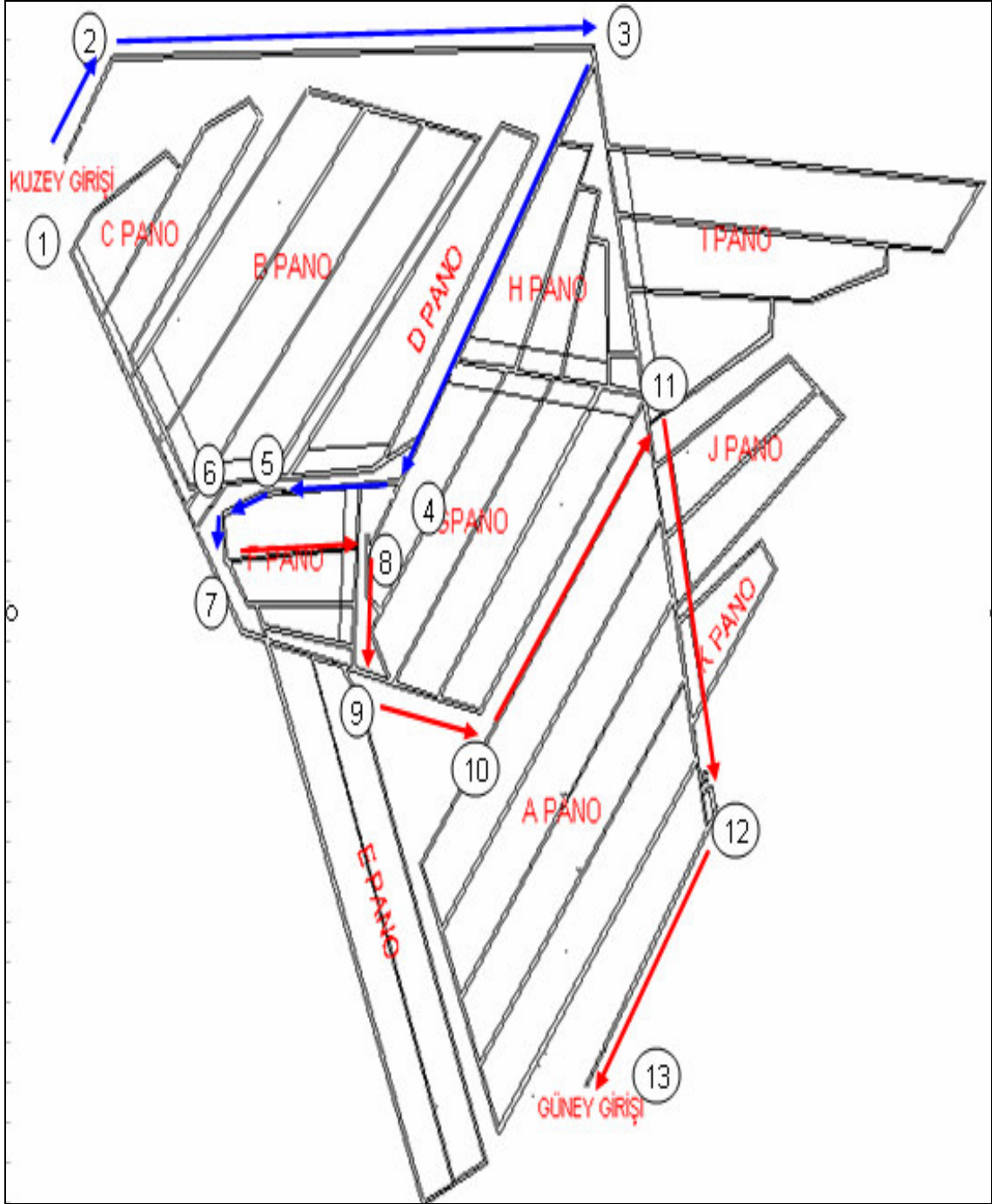


Şekil 9.11 E2 nolu panonun hava yolları

Çizelge 9.15 E2 panosunun direnç değerleri

E2 PANOSU									
Yol No	Yol Adı	k (kg/m <sup>3</sup> )	U (m)	F (m <sup>2</sup> )	l (m)	le1 (m)	le2 (m)	lt (m)	R (gaul)
1-2 yolu	Galeri	0,0171	16,400	11,760	100	1	1	102	0,018
2-3 yolu	Galeri	0,0171	16,400	11,760	500	1	0	501	0,086
3-4 yolu	Galeri	0,0171	10,340	7,250	420	3,3	50	473,3	0,219
4-5 yolu	Galeri	0,0171	10,340	7,250	115	0	1	116	0,054
5-6 yolu	Galeri	0,0171	10,340	7,250	230	0	50	280	0,130
6-7yolu	Galeri	0,0171	10,340	7,250	65	0	50	115	0,053
7-8 yolu	Galeri	0,0171	10,340	7,250	70	0	1	71	0,033
8-9 yolu	Galeri	0,0171	10,340	7,250	80	0	50	130	0,060
9-10 yolu	Galeri	0,0171	10,340	7,250	550	0	50	600	0,085
10-11 yolu	Ayak	0,0052			50			50	0,260
11-12 yolu	Galeri	0,0171	10,340	7,250	525	0	50	575	0,266
12-13 yolu	Galeri	0,0171	10,340	7,250	70	50	0	120	0,056
13-14 yolu	Galeri	0,0171	10,340	7,250	190	50	6,7	246,7	0,114
14-15 yolu	Galeri	0,0171	16,400	11,760	380	1	0	381	0,066
15-16 yolu	Galeri	0,0171	16,400	11,760	300	1	21,7	322,7	0,056
<b>R1 direnci</b>									<b>1,554</b>

### 9.2.12 F1 Nolu panonun direnç hesaplaması

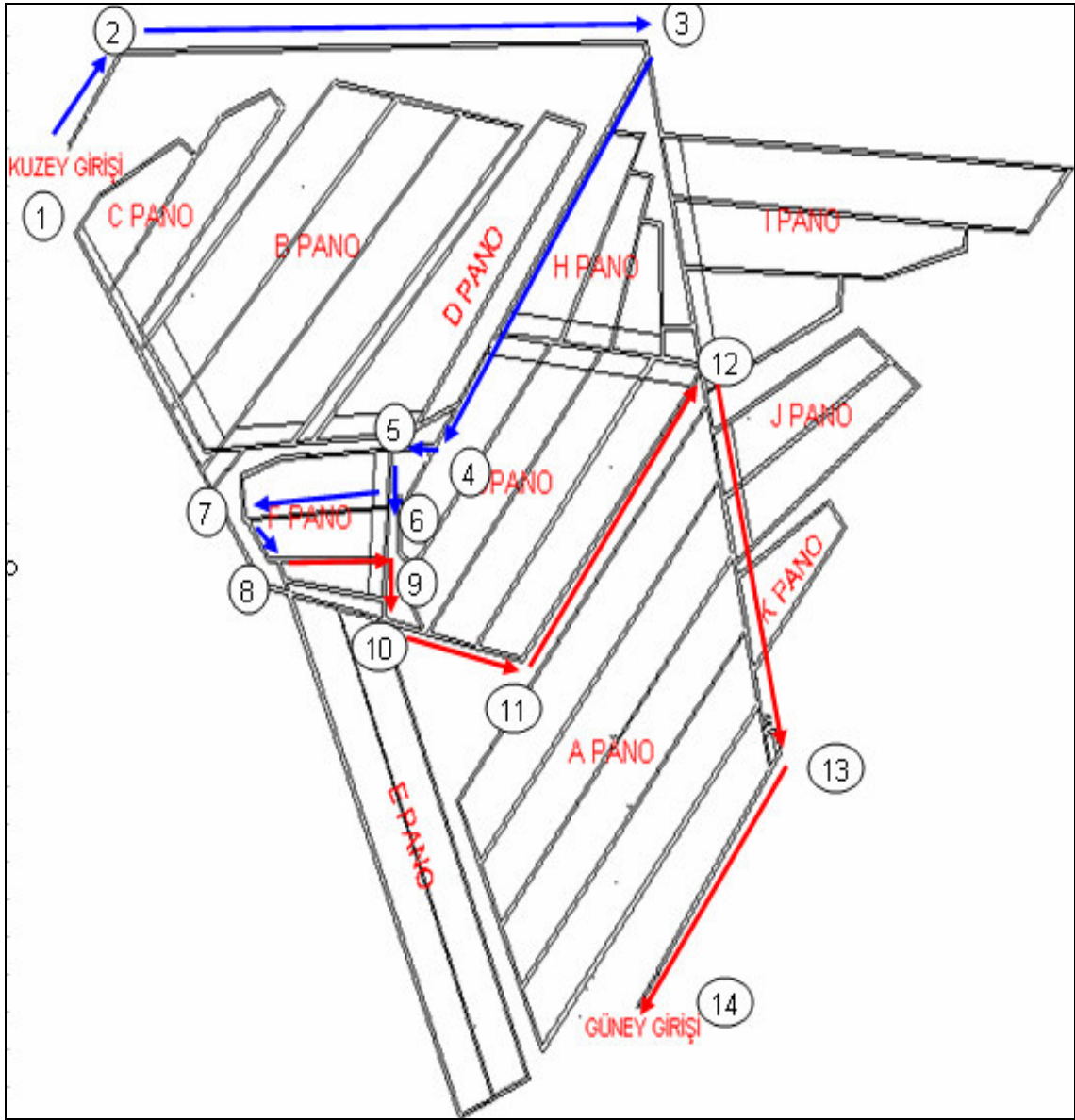


Şekil 9.12 F1 nolu panonun hava yolları

Çizelge 9.16 F1 panosunun direnç değerleri

F1 PANOSU									
Yol No	Yol Adı	k (kg/m <sup>3</sup> )	U (m)	F (m <sup>2</sup> )	l (m)	le1 (m)	le2 (m)	lt (m)	R (gaul)
1-2 yolu	Galeri	0,0171	16,400	11,760	100	1	1	102	0,018
2-3 yolu	Galeri	0,0171	16,400	11,760	500	1	0	501	0,086
3-4 yolu	Galeri	0,0171	10,340	7,250	420	3,3	50	473,3	0,219
4-5 yolu	Galeri	0,0171	10,340	7,250	120	0	1	121	0,056
5-6 yolu	Galeri	0,0171	10,340	7,250	80	0	1	81	0,038
6-7yolu	Ayak	0,0052			50			50	0,260
7-8 yolu	Galeri	0,0171	10,340	7,250	170	0	50	220	0,102
8-9 yolu	Galeri	0,0171	10,340	7,250	100	0	50	150	0,070
9-10 yolu	Galeri	0,0171	10,340	7,250	70	50	0	120	0,056
10-11 yol	Galeri	0,0171	10,340	7,250	190	50	6,7	246,7	0,114
11-12 yolu	Galeri	0,0171	16,400	11,760	380	1	0	381	0,066
12-13 yolu	Galeri	0,0171	16,400	11,760	300	1	21,7	322,7	0,056
<b>R1 direnci</b>									<b>1,140</b>

### 9.2.13 F2 Nolu panonun direnç hesaplaması

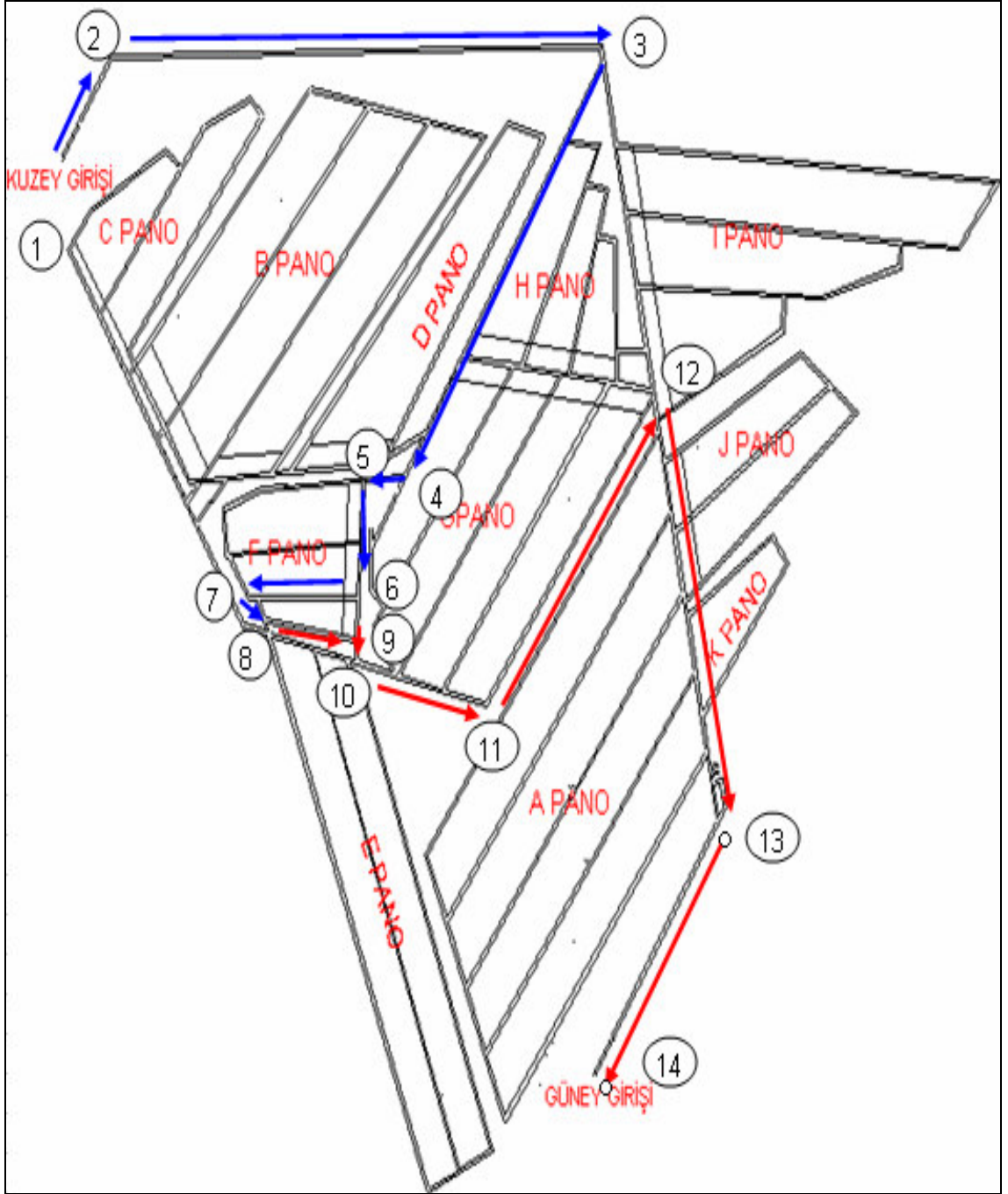


Şekil 9.13 F2 nolu panonun hava yolları

Çizelge 9.17 F2 panosunun direnç değerleri

F2 PANOSU									
Yol No	Yol Adı	k (kg/m <sup>3</sup> )	U (m)	F (m <sup>2</sup> )	l (m)	le1 (m)	le2 (m)	lt (m)	R (gaul)
1-2 yolu	Galeri	0,0171	16,400	11,760	100	1	1	102	0,018
2-3 yolu	Galeri	0,0171	16,400	11,760	500	1	0	501	0,086
3-4 yolu	Galeri	0,0171	10,340	7,250	420	3,3	50	473,3	0,219
4-5 yolu	Galeri	0,0171	10,340	7,250	115	0	50	165	0,076
5-6 yolu	Galeri	0,0171	10,340	7,250	50	0	50	100	0,046
6-7yolu	Galeri	0,0171	10,340	7,250	170	0	50	220	0,102
7-8 yolu	Ayak	0,0052			50			50	0,260
8-9 yolu	Galeri	0,0171	10,340	7,250	100	0	50	150	0,070
9-10 yolu	Galeri	0,0171	10,340	7,250	50	0	50	100	0,046
10-11 yol	Galeri	0,0171	10,340	7,250	70	50	0	120	0,056
11-12 yolu	Galeri	0,0171	10,340	7,250	190	50	6,7	246,7	0,114
12-13 yolu	Galeri	0,0171	16,400	11,760	380	1	0	381	0,066
13-14 yolu	Galeri	0,0171	16,400	11,760	300	1	21,7	322,7	0,056
<b>R1 direnci</b>									<b>1,215</b>

### 9.2.14 F3 Nolu panonun direnç hesaplaması



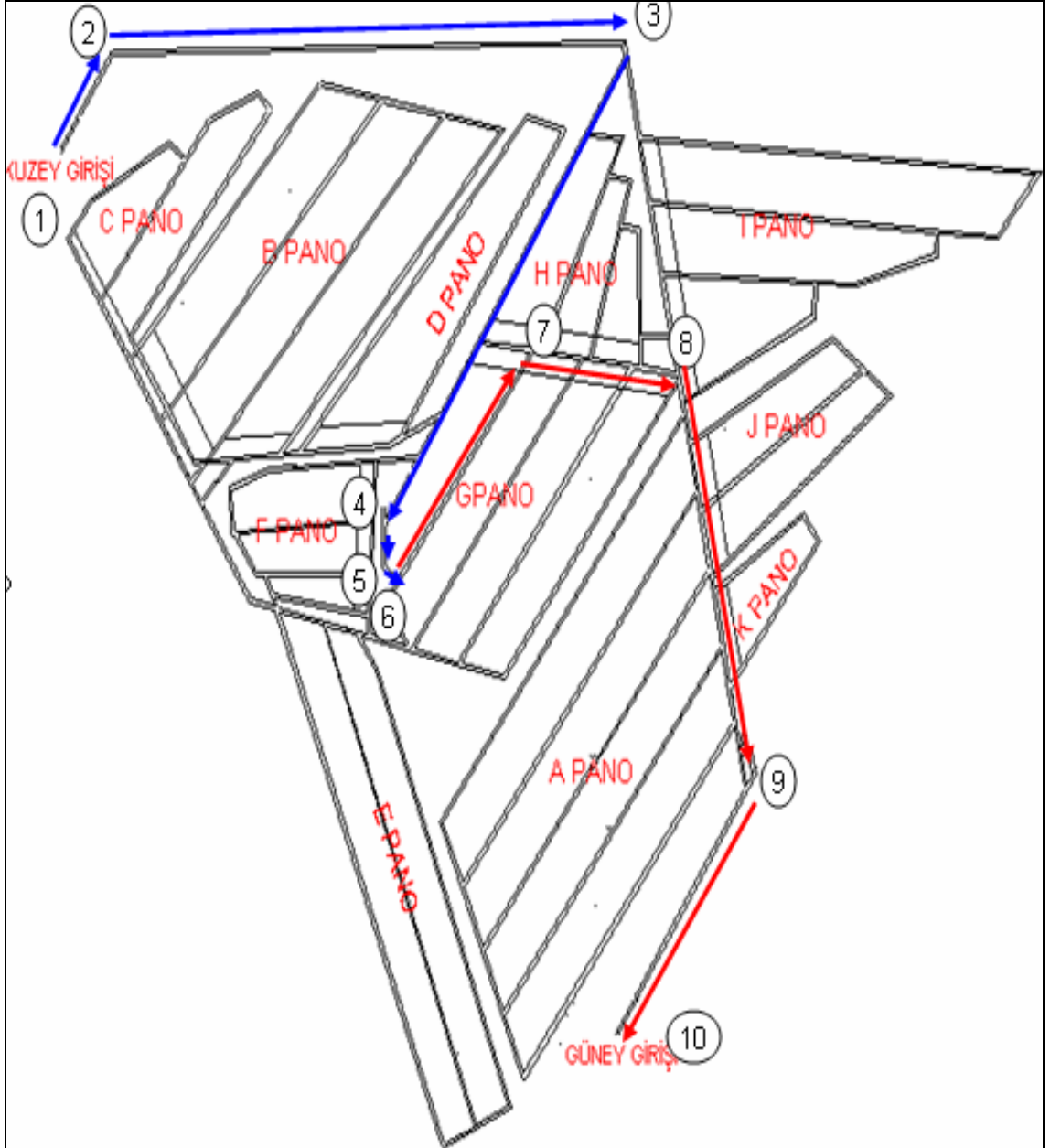
Şekil 9.14 F3 nolu panonun hava yolları



Çizelge 9.18 F3 panosunun direnç değerleri

F3 PANOSU									
Yol No	Yol Adı	k (kg/m3)	U (m)	F (m2)	l (m)	le1 (m)	le2 (m)	lt (m)	R (gaul)
1-2 yolu	Galeri	0,0171	16,400	11,760	100	1	1	102	0,018
2-3 yolu	Galeri	0,0171	16,400	11,760	500	1	0	501	0,086
3-4 yolu	Galeri	0,0171	10,340	7,250	420	3,3	50	473,3	0,219
4-5 yolu	Galeri	0,0171	10,340	7,250	115	0	50	165	0,076
5-6 yolu	Galeri	0,0171	10,340	7,250	100	0	50	150	0,069
6-7yolu	Galeri	0,0171	10,340	7,250	100	0	50	150	0,069
7-8 yolu	Ayak	0,0052			30			30	0,156
8-9 yolu	Galeri	0,0171	10,340	7,250	100	0	50	150	0,070
9-10 yolu	Galeri	0,0171	10,340	7,250	20	0	50	70	0,032
10-11 yol	Galeri	0,0171	10,340	7,250	70	50	0	120	0,056
11-12 yolu	Galeri	0,0171	10,340	7,250	190	50	6,7	246,7	0,114
12-13 yolu	Galeri	0,0171	16,400	11,760	380	1	0	381	0,066
13-14 yolu	Galeri	0,0171	16,400	11,760	300	1	21,7	322,7	0,056
<b>R1 direnci</b>									<b>1,088</b>

### 9.2.15 G1 Nolu panonun direnç hesaplaması

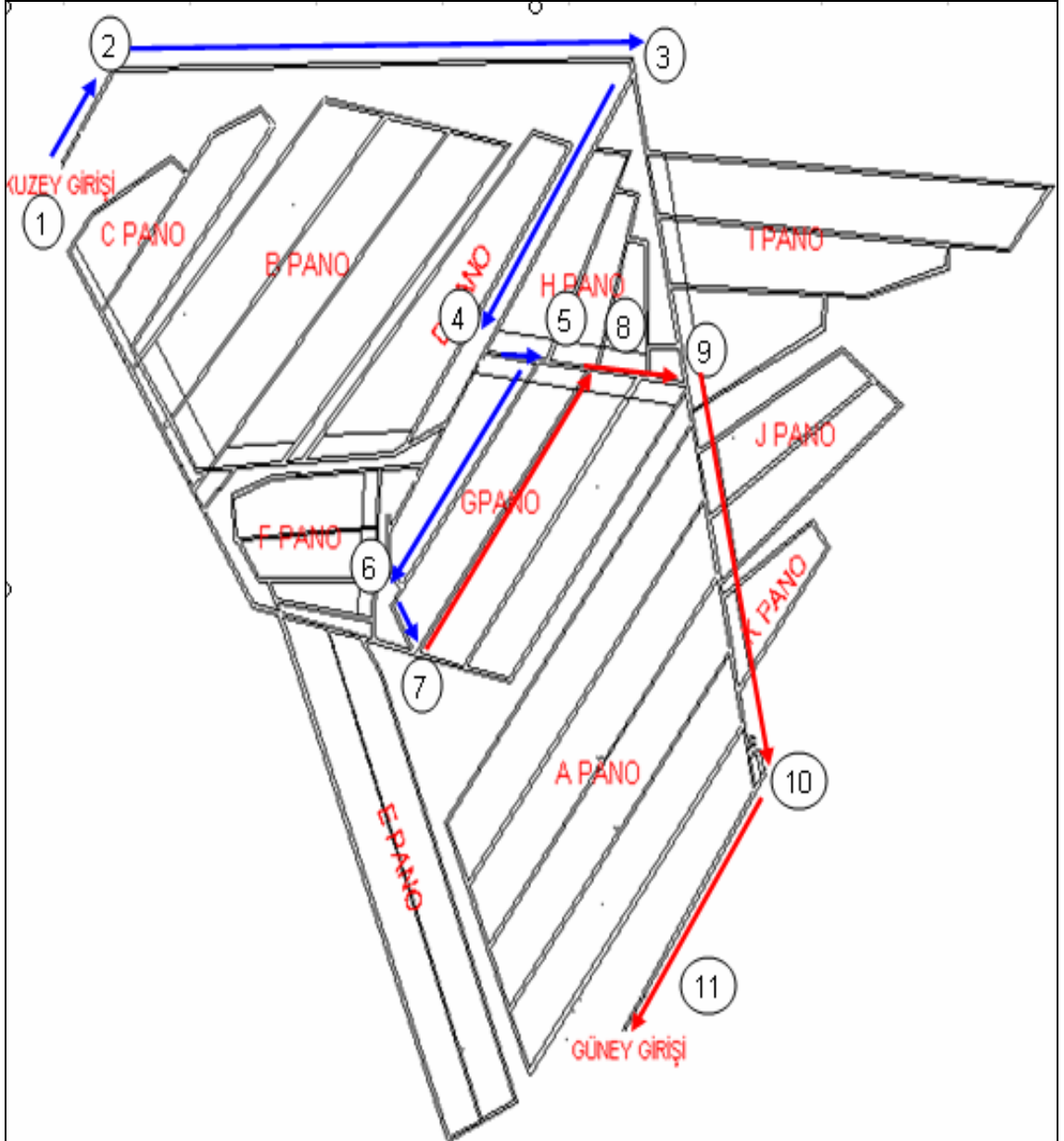


Şekil 9.15 G1 nolu panonun hava yolları

Çizelge 9.19 G1 panosunun direnç değerleri

G1 PANOSU									
Yol No	Yol Adı	k (kg/m <sup>3</sup> )	U (m)	F (m <sup>2</sup> )	l (m)	le1 (m)	le2 (m)	lt (m)	R (gaul)
1-2 yolu	Galeri	0,0171	16,400	11,760	100	1	1	102	0,018
2-3 yolu	Galeri	0,0171	16,400	11,760	500	1	0	501	0,086
3-4 yolu	Galeri	0,0171	10,340	7,250	570	3,3	50	623,3	0,289
4-5 yolu	Galeri	0,0171	10,340	7,250	50	0	1	51	0,024
5-6 yolu	Ayak	0,0052			40			40	0,208
6-7yolu	Galeri	0,0171	10,340	7,250	200	0	50	250	0,116
7-8 yolu	Galeri	0,0171	10,340	7,250	210	6,7	50	266,7	0,123
8-9 yolu	Galeri	0,0171	16,400	11,760	380	1	0	381	0,066
9-10 yolu	Galeri	0,0171	16,400	11,760	300	1	21,7	322,7	0,056
<b>R1 direnci</b>									<b>0,984</b>

### 9.2.16 G2 Nolu panonun direnç hesaplaması

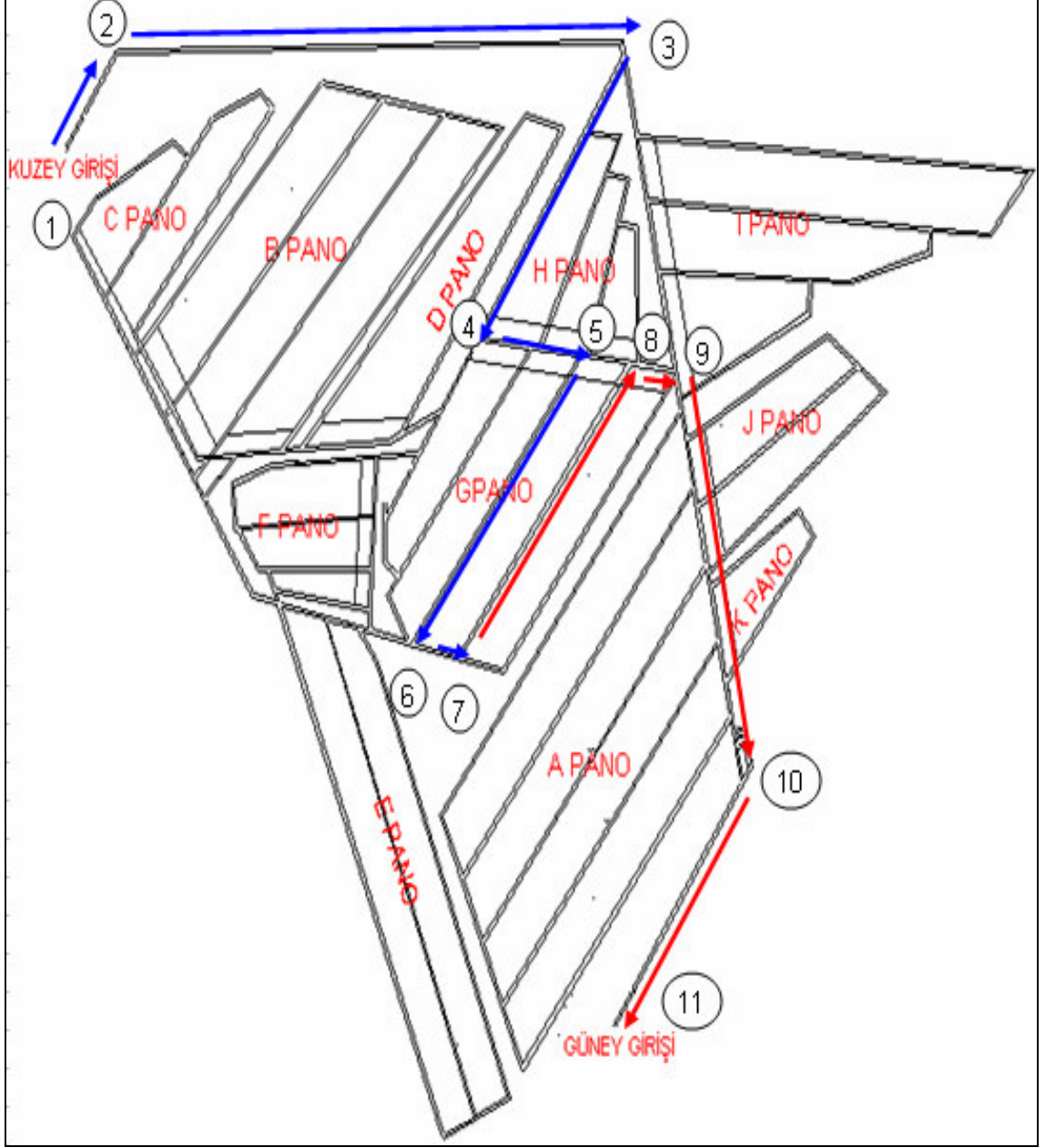


Şekil 9.16 G2 nolu panonun hava yolları

Çizelge 9.20 G2 panosunun direnç değerleri

G2 PANOSU									
Yol No	Yol Adı	k (kg/m <sup>3</sup> )	U (m)	F (m <sup>2</sup> )	l (m)	le1 (m)	le2 (m)	lt (m)	R (gaul)
1-2 yolu	Galeri	0,02	16,40	11,76	100,00	1,00	1,00	102,00	0,02
2-3 yolu	Galeri	0,02	16,40	11,76	500,00	1,00	0,00	501,00	0,09
3-4 yolu	Galeri	0,02	10,34	7,25	370,00	3,30	50,00	423,30	0,20
4-5 yolu	Galeri	0,02	10,34	7,25	50,00	0,00	50,00	100,00	0,05
5-6 yolu	Galeri	0,02	10,34	7,25	200,00	0,00	50,00	250,00	0,12
6-7yolu	Ayak	0,01			70,00			70,00	0,36
7-8 yolu	Galeri	0,02	10,34	7,25	250,00	0,00	50,00	300,00	0,14
8-9 yolu	Galeri	0,02	10,34	7,25	140,00	6,70	50,00	196,70	0,09
9-10 yolu	Galeri	0,02	16,40	11,76	380,00	1,00	0,00	381,00	0,07
10-11 yolu	Galeri	0,02	16,40	11,76	300,00	1,00	21,70	322,70	0,06
<b>R1 direnci</b>									<b>1,18</b>

### 9.2.17 G3 Nolu panonun direnç hesaplaması

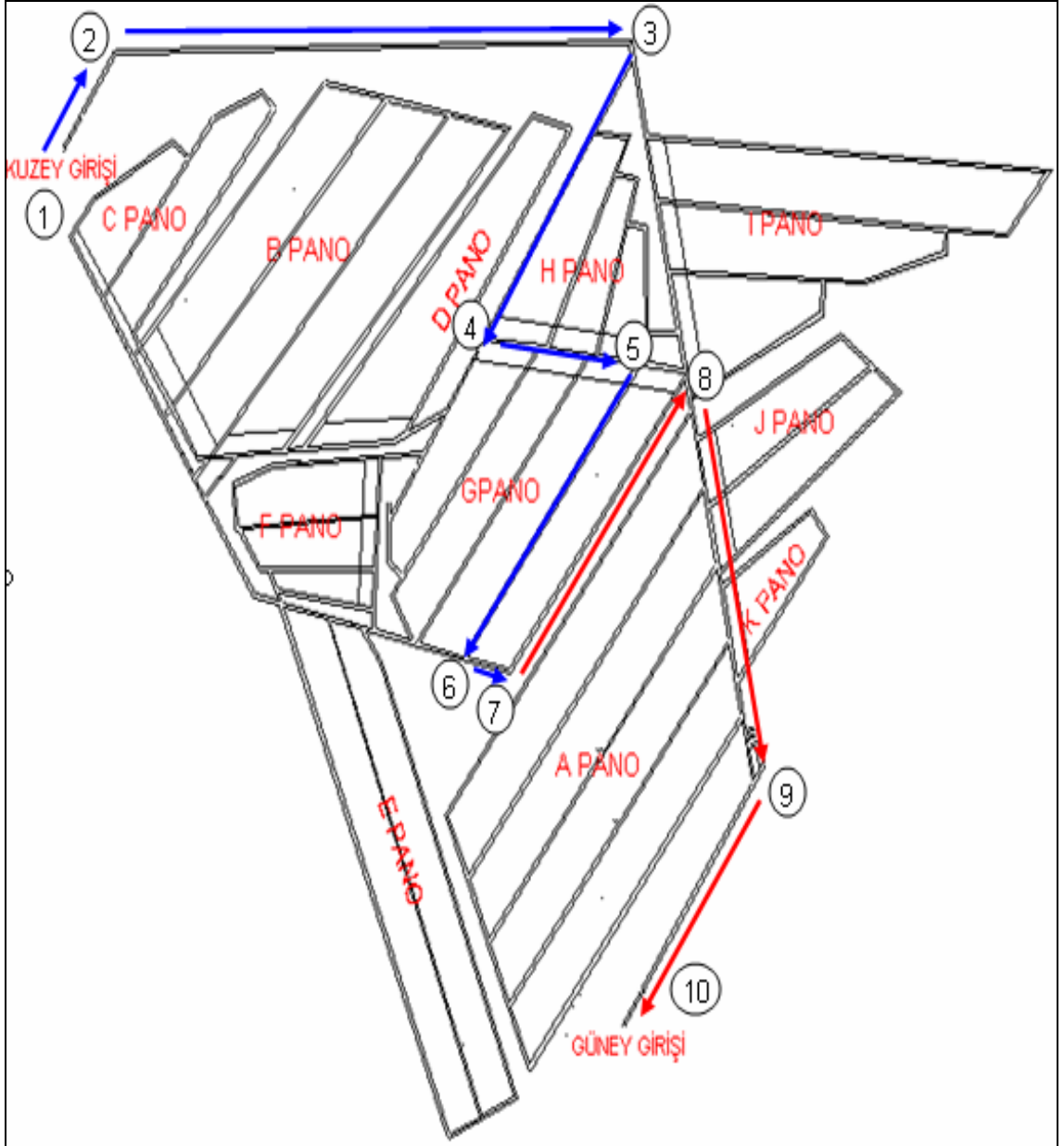


Şekil 9.17 G3 nolu panonun hava yolları

Çizelge 9.21 G3 panosunun direnç değerleri

G3 PANOSU									
Yol No	Yol Adı	k (kg/m <sup>3</sup> )	U (m)	F (m <sup>2</sup> )	l (m)	le1 (m)	le2 (m)	lt (m)	R (gaul)
1-2 yolu	Galeri	0,0171	16,400	11,760	100	1	1	102	0,018
2-3 yolu	Galeri	0,0171	16,400	11,760	500	1	0	501	0,086
3-4 yolu	Galeri	0,0171	10,340	7,250	370	3,3	50	423,3	0,196
4-5 yolu	Galeri	0,0171	10,340	7,250	120	0	50	170	0,079
5-6 yolu	Galeri	0,0171	10,340	7,250	250	0	50	300	0,139
6-7yolu	Ayak	0,0052			70			70	0,364
7-8 yolu	Galeri	0,0171	10,340	7,250	250	0	50	300	0,139
8-9 yolu	Galeri	0,0171	16,400	11,760	70	6,7	50	126,7	0,022
9-10 yolu	Galeri	0,0171	16,400	11,760	380	1	0	381	0,066
10-11 yolu	Galeri	0,0171	16,400	11,760	300	1	21,7	322,7	0,056
<b>R1 direnci</b>									<b>1,163</b>

### 9.2.18 G4 Nolu panonun direnç hesaplaması



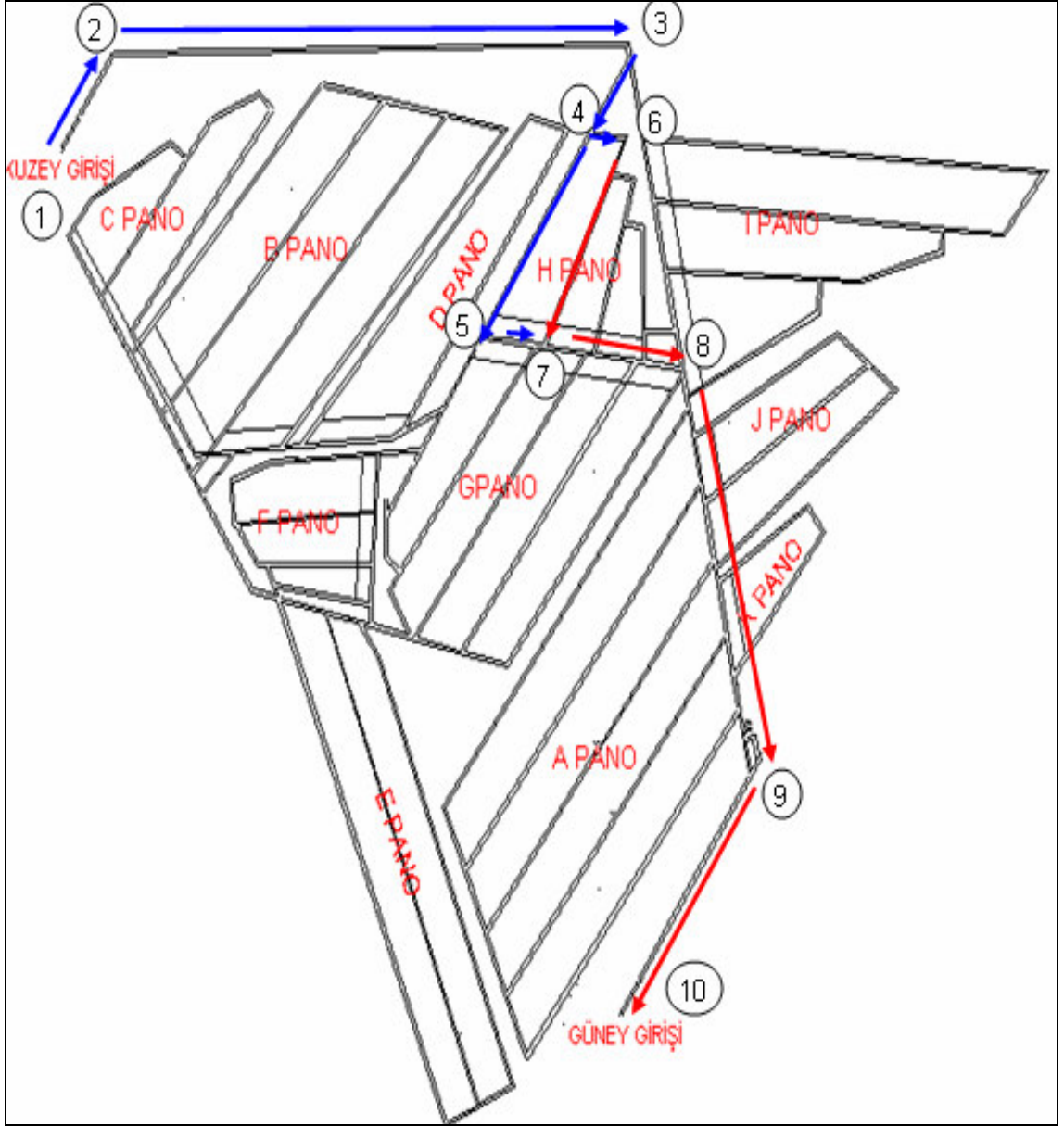
Şekil 9.18 G4 nolu panonun hava yolları



Çizelge 9.22 G4 panosunun direnç değerleri

<b>G4 PANOSU</b>									
<b>Yol No</b>	<b>Yol Adı</b>	<b>k (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>U (m)</b>	<b>F (m<sup>2</sup>)</b>	<b>l (m)</b>	<b>le1 (m)</b>	<b>le2 (m)</b>	<b>lt (m)</b>	<b>R (gaul)</b>
1-2 yolu	Galeri	0,02	16,40	11,76	100,00	1,00	1,00	102,00	0,02
2-3 yolu	Galeri	0,02	16,40	11,76	500,00	1,00	0,00	501,00	0,09
3-4 yolu	Galeri	0,02	10,34	7,25	370,00	3,30	50,00	423,30	0,20
4-5 yolu	Galeri	0,02	10,34	7,25	190,00	0,00	50,00	240,00	0,11
5-6 yolu	Galeri	0,02	10,34	7,25	250,00	0,00	50,00	300,00	0,14
6-7yolu	Ayak	0,01			70,00			70,00	0,36
7-8 yolu	Galeri	0,02	10,34	7,25	250,00	6,70	50,00	306,70	0,14
8-9 yolu	Galeri	0,02	16,40	11,76	380,00	1,00	0,00	381,00	0,07
9-10 yolu	Galeri	0,02	16,40	11,76	300,00	1,00	21,70	322,70	0,06
<b>R1 direnci</b>									<b>1,18</b>

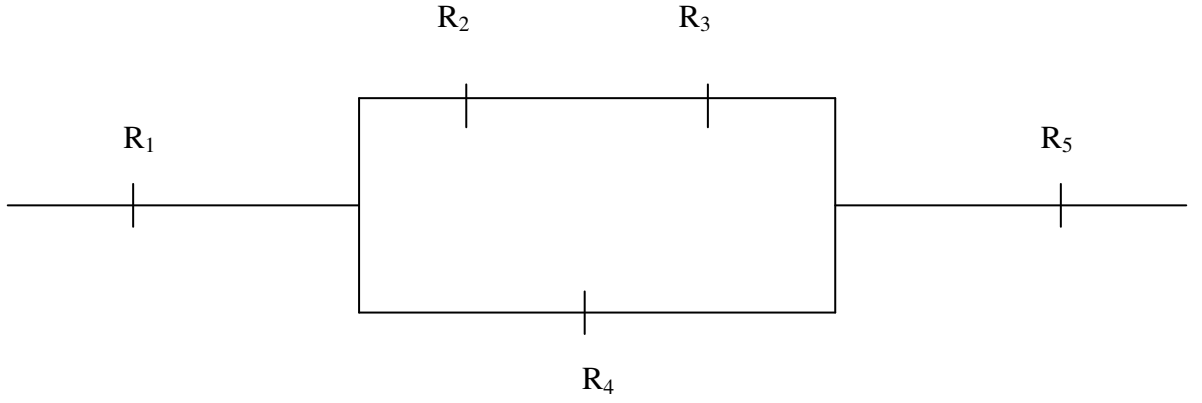
### 9.2.19 H1 Nolu panonun direnç hesaplaması



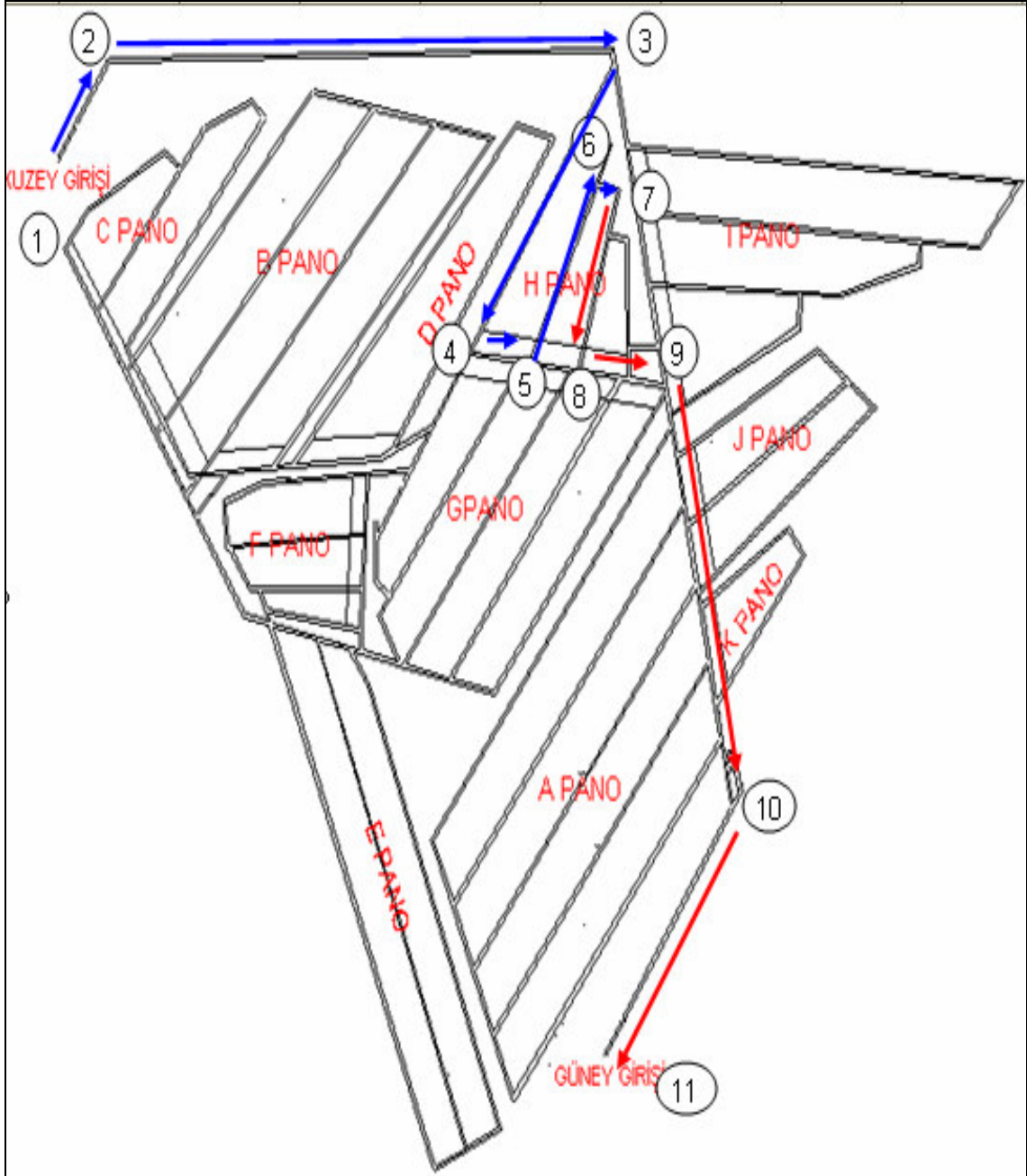
Şekil 9.19 H1 nolu panonun hava yolları

Çizelge 9.23 H1 panosunun direnç değerleri

H1 PANOSU									
Yol No	Yol Adı	k (kg/m3)	U (m)	F (m2)	l (m)	le1 (m)	le2 (m)	lt (m)	R (gaul)
1-2 yolu	Galeri	0,0171	16,400	11,760	100	1	1	102	0,018
2-3 yolu	Galeri	0,0171	16,400	11,760	500	1	0	501	0,086
3-4 yolu	Galeri	0,0171	10,340	7,250	100	3,3	50	153,3	0,071
4-5 yolu	Galeri	0,0171	10,340	7,250	300	67	50	417	0,193
<b>R1 direnci</b>									<b>0,368</b>
4-6yolu	Ayak	0,0052			70			70	0,364
<b>R2 direnci</b>									<b>0,364</b>
5-7 yolu	Galeri	0,0171	10,340	7,250	70	67	50	187	0,087
<b>R3 direnci</b>									<b>0,087</b>
6-7 yolu	Galeri	0,0171	10,340	7,250	250	0	50	300	0,139
<b>R4 direnci</b>									<b>0,139</b>
7-8 yolu	Galeri	0,0171	10,340	7,250	250	6,7	50	306,7	0,142
8-9 yolu	Galeri	0,0171	16,400	11,760	380	1	0	381	0,066
9-10 yolu	Galeri	0,0171	16,400	11,760	300	1	21,7	322,7	0,056
<b>R5 direnci</b>									<b>0,263</b>



### 9.2.20 H2 Nolu panonun direnç hesaplaması

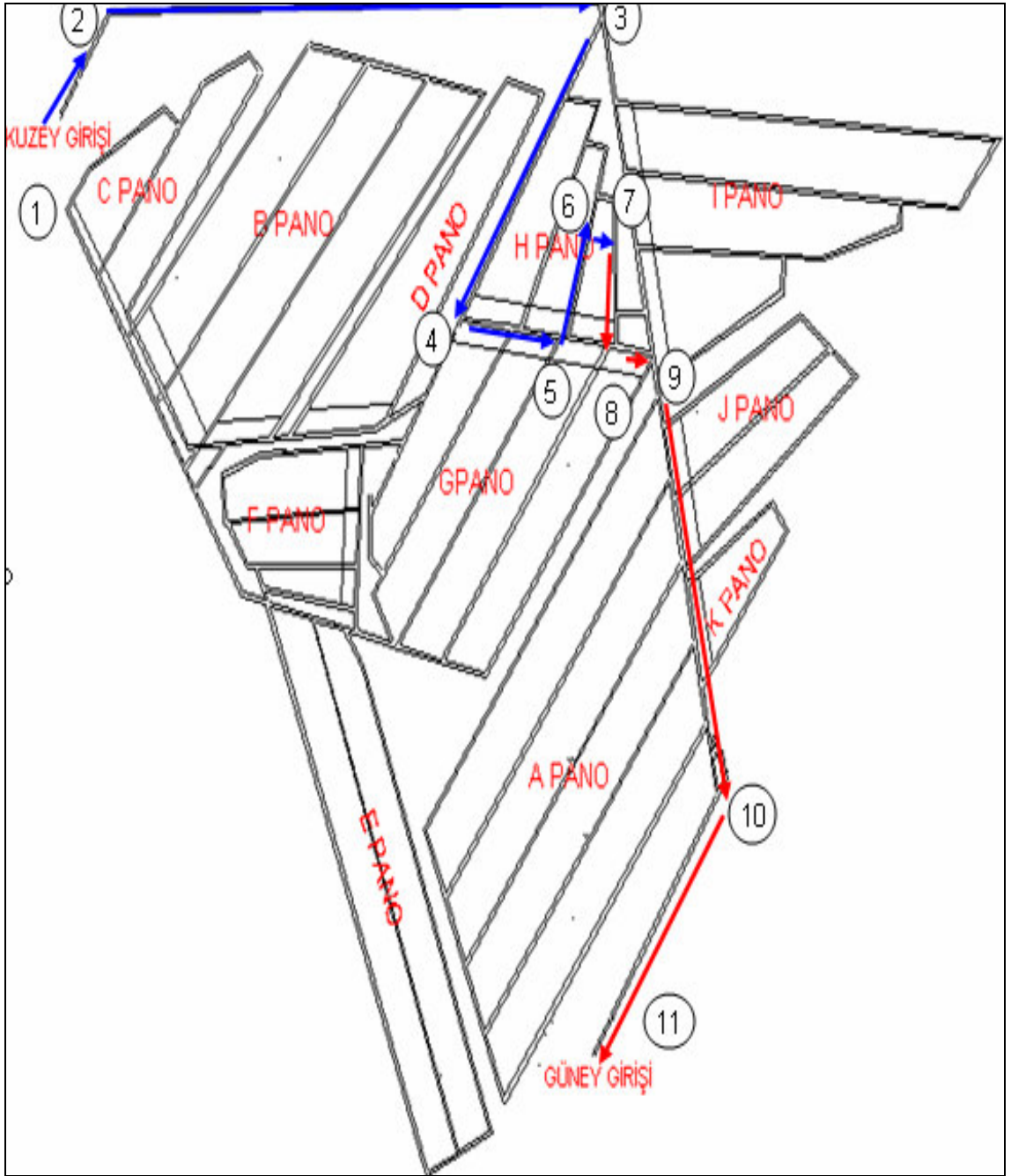


Şekil 9.20 H2 nolu panonun hava yolları

Çizelge 9.24 H2 panosunun direnç değerleri

H2 PANOSU									
Yol No	Yol Adı	k (kg/m <sup>3</sup> )	U (m)	F (m <sup>2</sup> )	l (m)	le1 (m)	le2 (m)	lt (m)	R (gaul)
1-2 yolu	Galeri	0,0171	16,400	11,760	100	1	1	102	0,018
2-3 yolu	Galeri	0,0171	16,400	11,760	500	1	0	501	0,086
3-4 yolu	Galeri	0,0171	10,340	7,250	400	3,3	50	453,3	0,210
4-5 yolu	Galeri	0,0171	10,340	7,250	70	0	50	120	0,056
5-6 yolu	Galeri	0,0171	10,340	7,250	200	0	50	250	0,116
6-7 yolu	Ayak	0,0052			60			60	0,312
7-8 yolu	Galeri	0,0171	10,340	7,250	150	0	50	200	0,093
8-9 yolu	Galeri	0,0171	10,340	7,250	190	6,7	50	246,7	0,114
9-10 yolu	Galeri	0,0171	16,400	11,760	380	1	0	381	0,066
10-11 yolu	Galeri	0,0171	16,400	11,760	300	1	21,7	322,7	0,056
<b>R1 direnci</b>									<b>1,125</b>

### 9.2.21 H3 Nolu panonun direnç hesaplaması

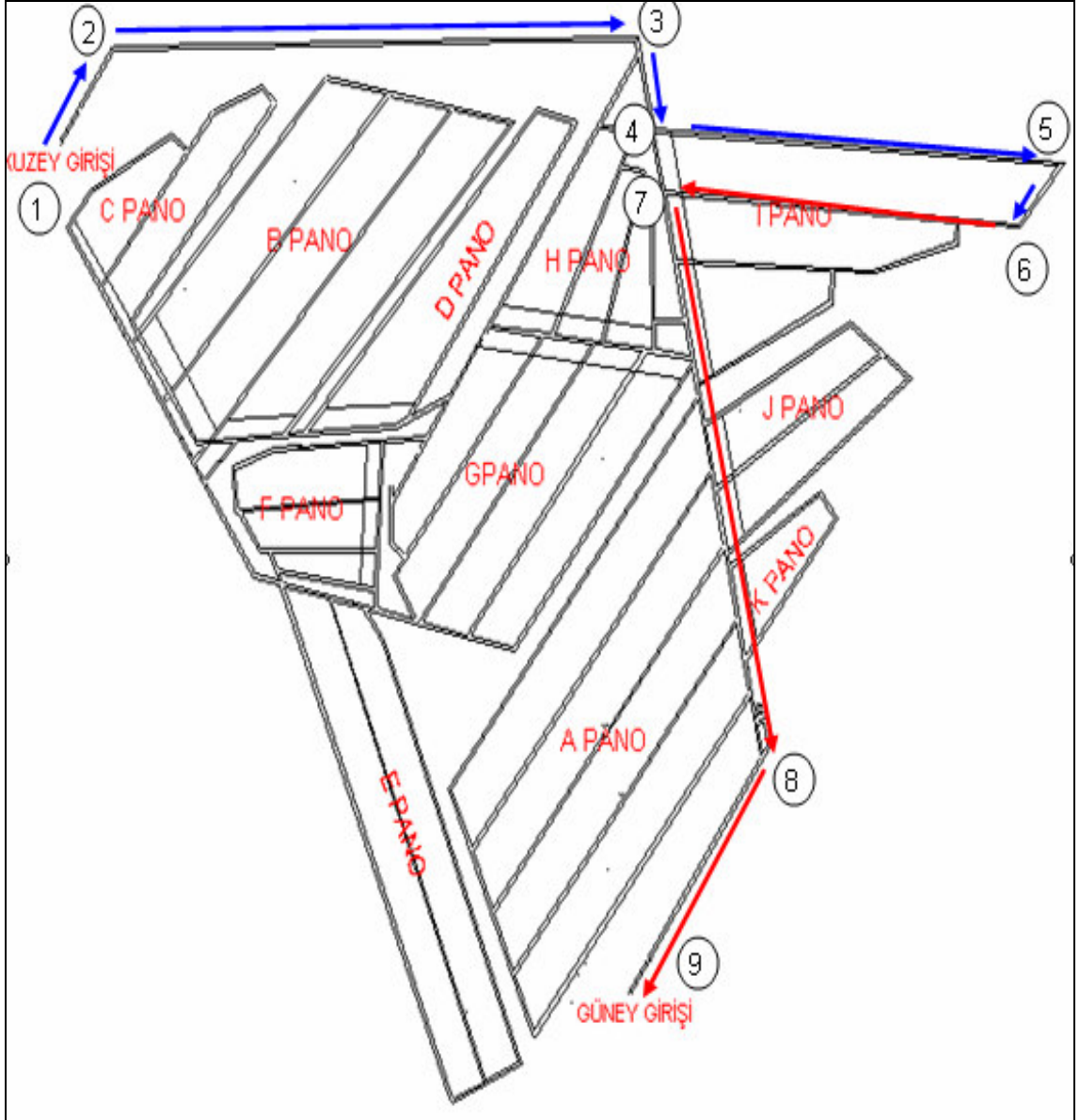


Şekil 9.21 H3 nolu panonun hava yolları

Çizelge 9.25 H3 panosunun direnç değerleri

<b>H3 PANOSU</b>									
<b>Yol No</b>	<b>Yol Adı</b>	<b>k (kg/m3)</b>	<b>U (m)</b>	<b>F (m2)</b>	<b>l (m)</b>	<b>le1 (m)</b>	<b>le2 (m)</b>	<b>lt (m)</b>	<b>R (gaul)</b>
1-2 yolu	Galeri	0,0171	16,400	11,760	100	1	1	102	0,018
2-3 yolu	Galeri	0,0171	16,400	11,760	500	1	0	501	0,086
3-4 yolu	Galeri	0,0171	10,340	7,250	400	3,3	50	453,3	0,210
4-5 yolu	Galeri	0,0171	10,340	7,250	130	0	50	180	0,083
5-6 yolu	Galeri	0,0171	10,340	7,250	100	0	50	180	0,083
6-7 yolu	Ayak	0,0052			60			150	0,312
7-8 yolu	Galeri	0,0171	10,340	7,250	100	0	50	60	0,028
8-9 yolu	Galeri	0,0171	10,340	7,250	130	6,7	50	150	0,069
9-10 yolu	Galeri	0,0171	16,400	11,760	380	1	0	186,7	0,032
10-11 yolu	Galeri	0,0171	16,400	11,760	300	1	21,7	381	0,066
<b>R1 direnci</b>									<b>0,987</b>

### 9.2.22 I1 Nolu panonun direnç hesaplaması



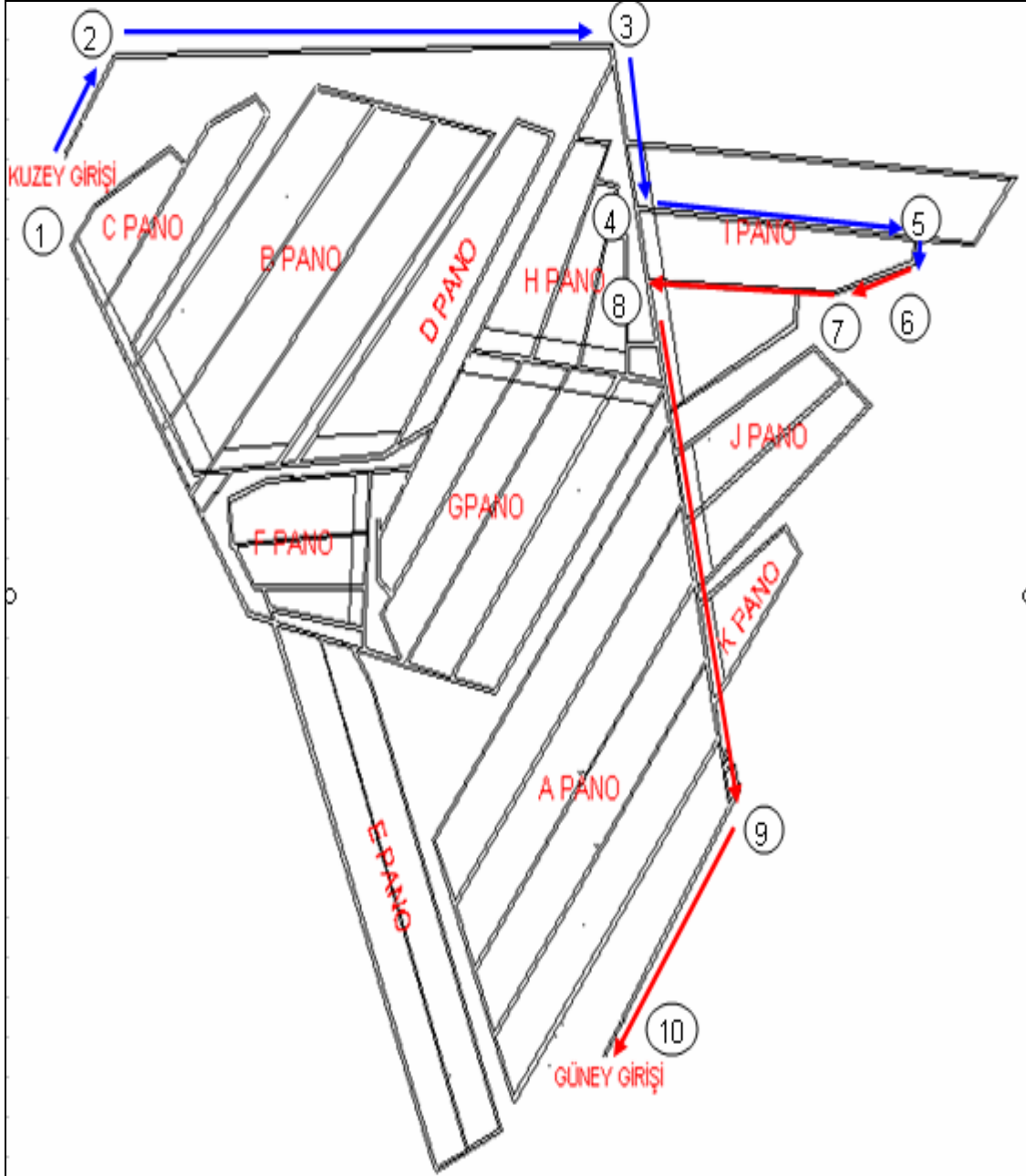
Şekil 9.22 I1 nolu panonun hava yolları



Çizelge 9.26 I1 panosunun direnç değerleri

I1 PANOSU									
Yol No	Yol Adı	k (kg/m <sup>3</sup> )	U (m)	F (m <sup>2</sup> )	l (m)	le1 (m)	le2 (m)	lt (m)	R (gaul)
1-2 yolu	Galeri	0,0171	16,400	11,760	100	1	1	102	0,018
2-3 yolu	Galeri	0,0171	16,400	11,760	500	1	0	501	0,086
3-4 yolu	Galeri	0,0171	16,400	11,760	80	0	50	130	0,022
4-5 yolu	Galeri	0,0171	10,340	7,250	550	3,3	50	603,3	0,279
5-6 yolu	Ayak	0,0052			80			80	0,416
6-7yolu	Galeri	0,0171	10,340	7,250	450	6,7	50	506,7	0,235
7-8 yolu	Ayak	0,0052	16,400	11,760	440	1	0	441	0,023
8-9 yolu	Galeri	0,0171	16,400	11,760	300	1	21,7	322,7	0,056
<b>R1 direnci</b>									<b>1,135</b>

### 9.2.22 I1 Nolu panonun direnç hesaplaması

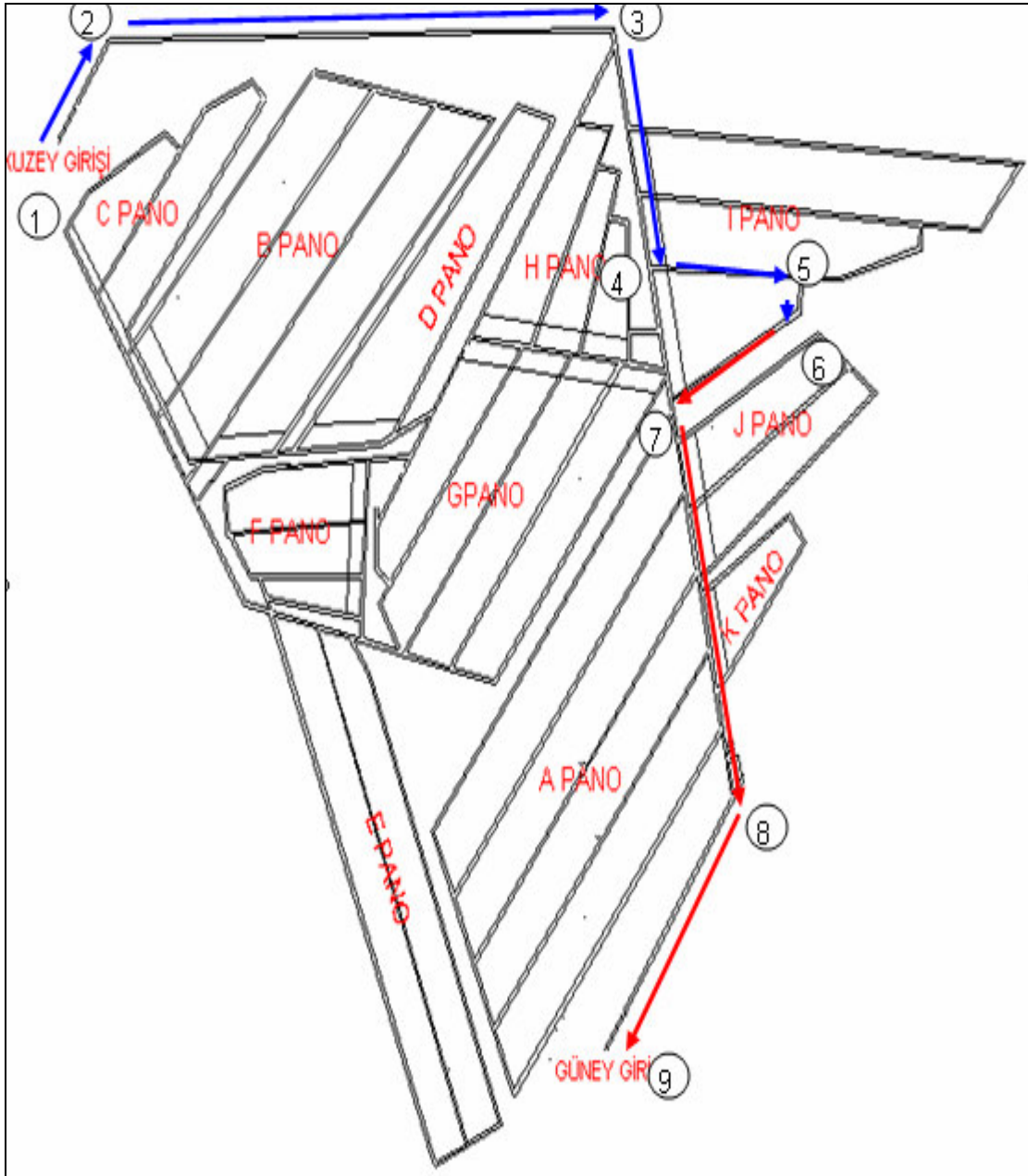


Şekil 9.23 I2 nolu panonun hava yolları

Çizelge 9.27 I2 panosunun direnç değerleri

<b>I2 PANOSU</b>									
<b>Yol No</b>	<b>Yol Adı</b>	<b>k (kg/m3)</b>	<b>U (m)</b>	<b>F (m2)</b>	<b>l (m)</b>	<b>le1 (m)</b>	<b>le2 (m)</b>	<b>lt (m)</b>	<b>R (gaul)</b>
1-2 yolu	Galeri	0,0171	16,400	11,760	100	1	1	102	0,018
2-3 yolu	Galeri	0,0171	16,400	11,760	500	1	0	501	0,086
3-4 yolu	Galeri	0,0171	16,400	11,760	160	0	50	210	0,036
4-5 yolu	Galeri	0,0171	10,340	7,250	500	3,3	50	553,3	0,256
5-6 yolu	Ayak	0,0052			80			80	0,416
6-7yolu	Galeri	0,0171	10,340	7,250	200	0	1	201	0,093
7-8 yolu	Galeri	0,0171	10,340	7,250	250	6,7	50	306,7	0,142
8-9 yolu	Galeri	0,0171	16,400	11,760	360	1	0	361	0,062
9-10 yolu	Galeri	0,0171	16,400	11,760	300	1	21,7	322,7	0,056
<b>R1 direnci</b>									<b>1,165</b>

### 9.2.24 I3Nolu panonun direnç hesaplaması

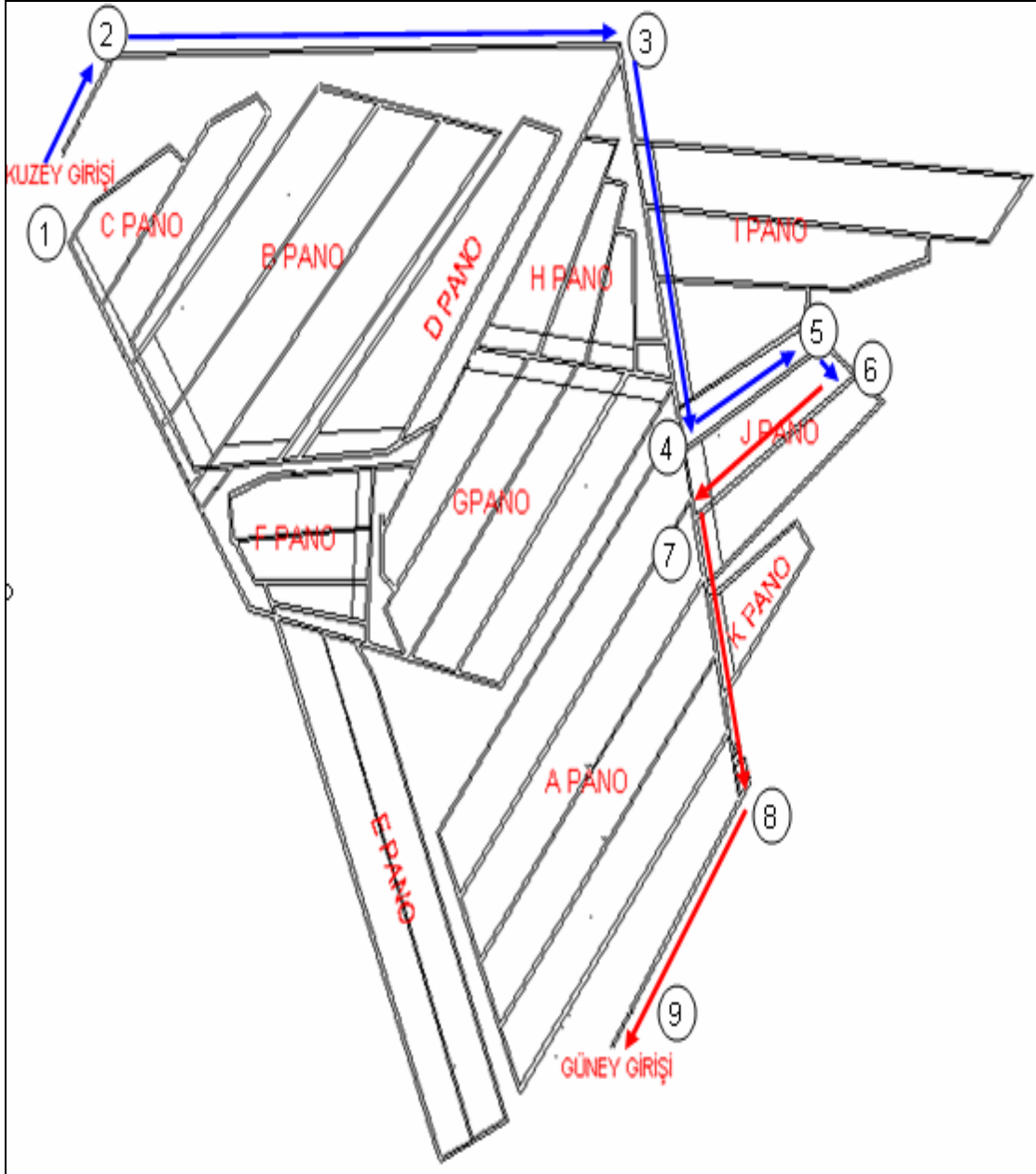


Şekil 9.24 I3 nolu panonun hava yolları

Çizelge 9.28 I3 panosunun direnç değerleri

I3 PANOSU									
Yol No	Yol Adı	k (kg/m <sup>3</sup> )	U (m)	F (m <sup>2</sup> )	l (m)	le1 (m)	le2 (m)	lt (m)	R (gaul)
1-2 yolu	Galeri	0,0171	16,400	11,760	100	1	1	102	0,018
2-3 yolu	Galeri	0,0171	16,400	11,760	500	1	0	501	0,086
3-4 yolu	Galeri	0,0171	16,400	11,760	240	0	50	290	0,050
4-5 yolu	Galeri	0,0171	10,340	7,250	250	3,3	50	303,3	0,140
5-6 yolu	Ayak	0,0052			80			80	0,416
6-7yolu	Galeri	0,0171	10,340	7,250	180	6,7	50	236,7	0,110
7-8 yolu	Galeri	0,0171	10,340	7,250	280	1	0	281	0,130
8-9 yolu	Galeri	0,0171	16,400	11,760	300	1	21,7	281	0,048
<b>R1 direnci</b>									<b>0,998</b>

### 9.2.25 J1Nolu panonun direnç hesaplaması

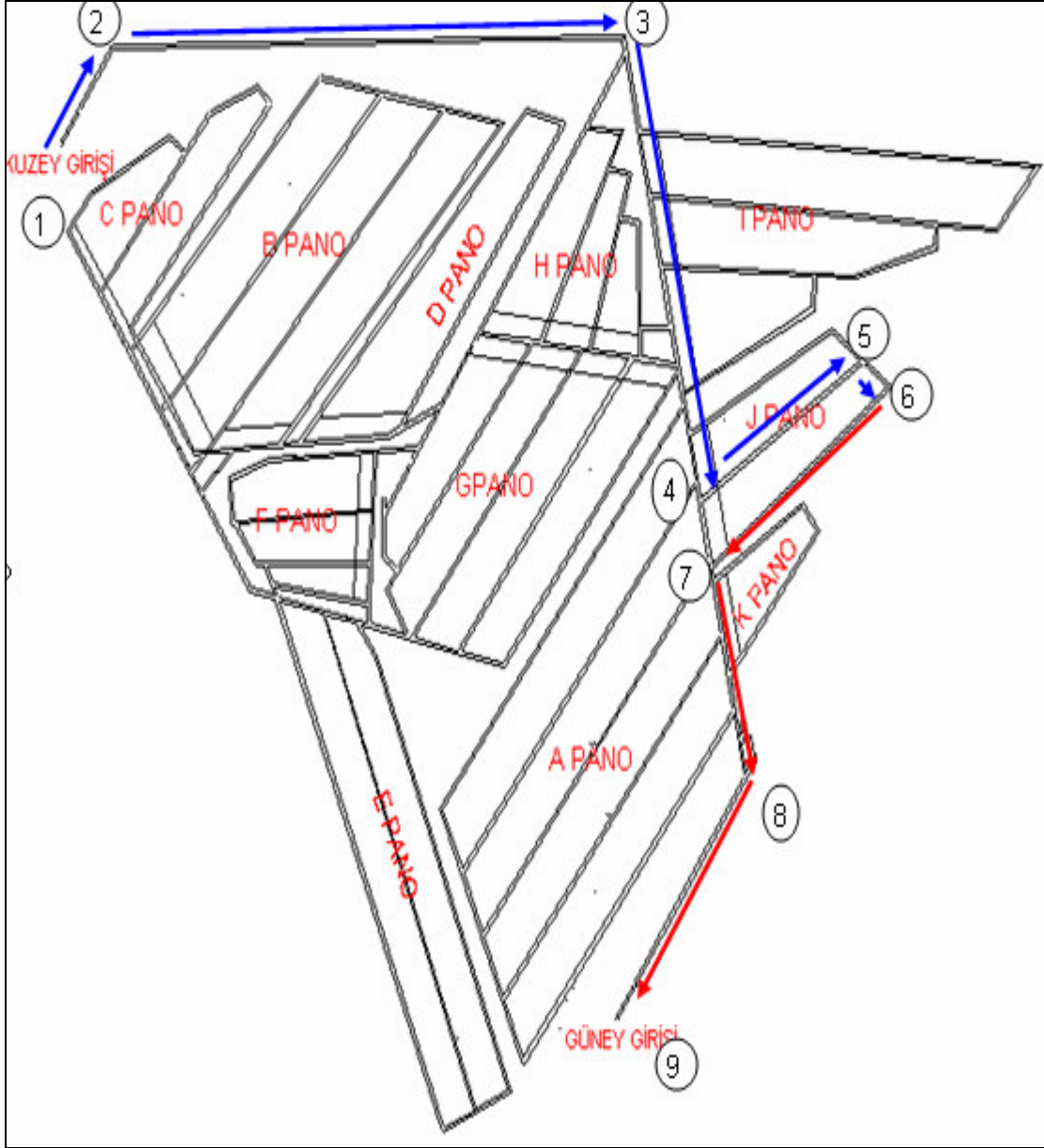


Şekil 9.25 J1 nolu panonun hava yolları

Çizelge 9.29 J1 panosunun direnç değerleri

J1PANOSU									
Yol No	Yol Adı	k (kg/m <sup>3</sup> )	U (m)	F (m <sup>2</sup> )	l (m)	le1 (m)	le2 (m)	lt (m)	R (gaul)
1-2 yolu	Galeri	0,0171	16,400	11,760	100	1	1	102	0,018
2-3 yolu	Galeri	0,0171	16,400	11,760	500	1	0	501	0,086
3-4 yolu	Galeri	0,0171	16,400	11,760	450	0	50	500	0,086
4-5 yolu	Galeri	0,0171	10,340	7,250	200	3,3	50	253,3	0,117
5-6 yolu	Ayak	0,0052			60			60	0,312
6-7yolu	Galeri	0,0171	10,340	7,250	200	6,7	50	256,7	0,119
7-8 yolu	Galeri	0,0052	16,400	11,760	310	0	1	311	0,016
8-9 yolu	Galeri	0,0171	16,400	11,760	300	1	21,7	322,7	0,056
<b>R1 direnci</b>									<b>0,810</b>

### 9.2.26 J2Nolu panonun direnç hesaplaması



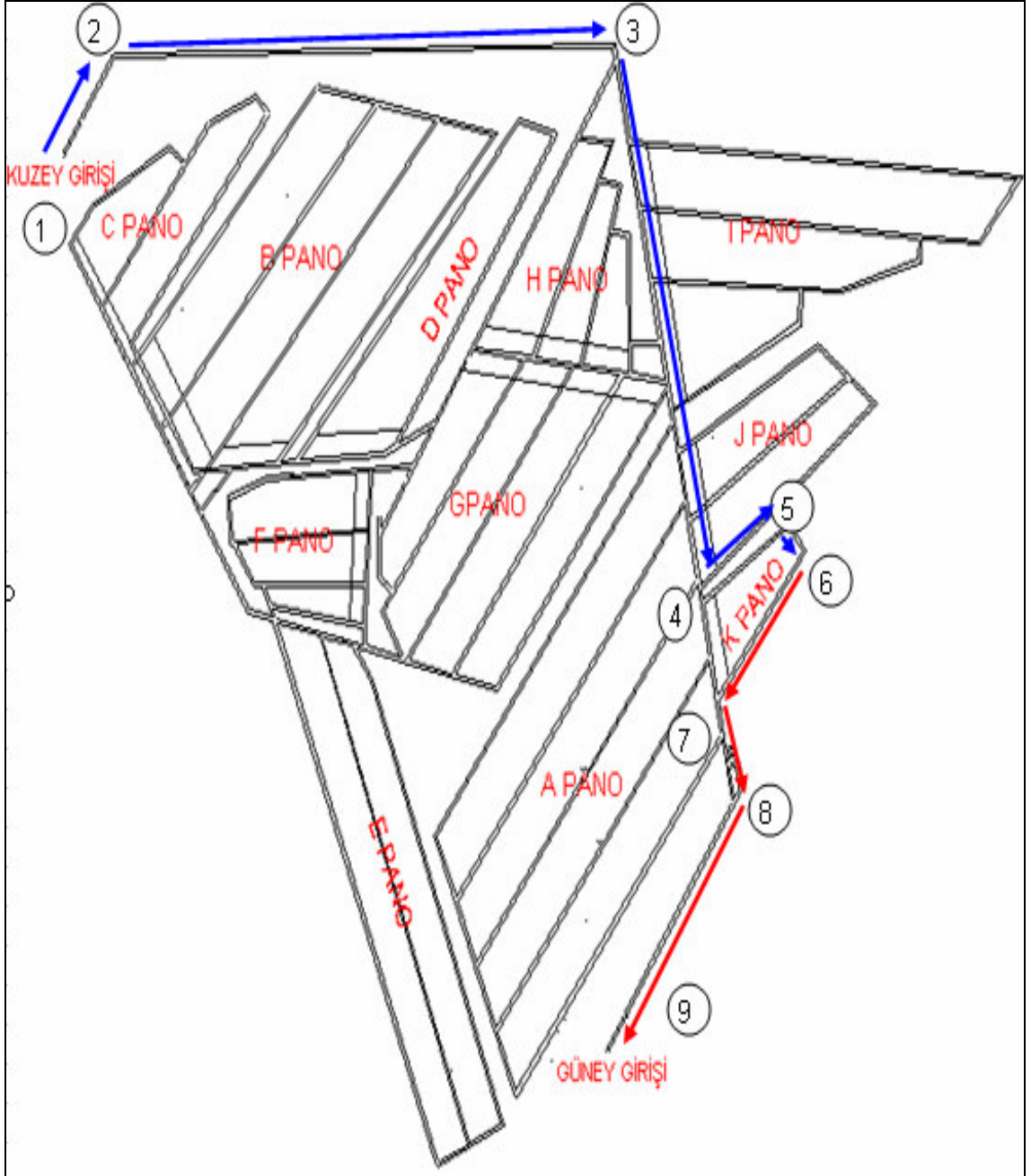
Şekil 9.26 J2 nolu panonun hava yolları



Çizelge 9.30 J2 panosunun direnç değerleri

J2PANOSU									
Yol No	Yol Adı	k (kg/m <sup>3</sup> )	U (m)	F (m <sup>2</sup> )	l (m)	le1 (m)	le2 (m)	lt (m)	R (gaul)
1-2 yolu	Galeri	0,0171	16,400	11,760	100	1	1	102	0,018
2-3 yolu	Galeri	0,0171	16,400	11,760	500	1	0	501	0,086
3-4 yolu	Galeri	0,0171	16,400	11,760	510	0	50	560	0,096
4-5 yolu	Galeri	0,0171	10,340	7,250	200	3,3	50	253,3	0,117
5-6 yolu	Ayak	0,0052			60			60	0,312
6-7yolu	Galeri	0,0171	10,340	7,250	250	6,7	50	306,7	0,142
7-8 yolu	Galeri	0,0052	16,400	11,760	245	0	1	246	0,013
8-9 yolu	Galeri	0,0171	16,400	11,760	300	1	21,7	322,7	0,056
<b>R1 direnci</b>									<b>0,840</b>

### 9.2.27 K Nolu panonun direnç hesaplaması



Şekil 9.27 K nolu panonun hava yolları

Çizelge 9.31 K panosunun direnç değerleri

K PANOSU									
Yol No	Yol Adı	k (kg/m <sup>3</sup> )	U (m)	F (m <sup>2</sup> )	l (m)	le1 (m)	le2 (m)	lt (m)	R (gaul)
1-2 yolu	Galeri	0,0171	16,400	11,760	100	1	1	102	0,018
2-3 yolu	Galeri	0,0171	16,400	11,760	500	1	0	501	0,086
3-4 yolu	Galeri	0,0171	16,400	11,760	592	0	50	642	0,110
4-5 yolu	Galeri	0,0171	10,340	7,250	150	3,3	50	203,3	0,094
5-6 yolu	Ayak	0,0052			50			50	0,260
6-7yolu	Galeri	0,0171	10,340	7,250	180	6,7	50	236,7	0,110
7-8 yolu	Galeri	0,0171	16,400	11,760	50	1	0	51	0,009
8-9 yolu	Galeri	0,0171	16,400	11,760	300	1	21,7	322,7	0,056
<b>R1 direnci</b>									<b>0,742</b>

### 9.3 Pano Toplam Dirençlerinin Hesaplanması

Ocak içinde, gerek nakliyat gerekse üretim aşamasında ekstra dirençler oluşabileceğinden, bulunan pano dirençlerinin değerleri %5 artırılmıştır. Her panonun toplam direnci hesaplanırken, artırılmış direnç değerleri kullanılmıştır. Panoların basit direnç diyagramlarından yararlanarak pano direnci hesaplanmıştır.

Havalandırma devrelerinin analizinde elektrik şebekeleri prensiplerinden yararlanır. Elektrik şebekelerinde olduğu gibi, hava yolları uç uca bağlı ise; yani hava hiçbir kola ayrılmadan akıyorsa sistemdeki kollar birbirine seri olarak bağlıdır. Eğer hava kollara ayrılıyorsa paralel bağlantı söz konusudur.

Seri bağlantılı hava yollarına sahip panoların toplam direnci aşağıdaki formülle hesaplanmıştır [29, 30].

$$R_T = R_1 + R_2$$

Burada;

$R_T$ : Toplam direnç (gaul)

$R_1$ : Seri bağlı birinci kolun toplam direnci (gaul)

$R_2$ : Seri bağlı ikinci kolun toplam direnci (gaul)

Paralel bağlı hava yollarında toplam dirençler aşağıdaki formülle hesaplanmıştır [29, 30].

$$\frac{1}{\sqrt{R_T}} = \frac{1}{\sqrt{R_1}} + \frac{1}{\sqrt{R_2}}$$

Havalandırmasını planladığımız ocakta 11 adet pano bulunmaktadır. Bu panolardan A1, B1, D, E1, E2, F1, F2, F3, G1, G2, G3, G4, H2, H3, I1, I2, I3, J1, J2, K' da havalandırma devreleri hiçbir kola ayrılmadığı için seri bağlantılı hava yollarına sahiptir. A2, A3, A4, C, B2, B3, H1 panolarında hava kollara ayrılmaktadır bu nedenle paralel bağlantı söz konusudur.

### 9.3.1 A1 nolu panonun toplam direncinin bulunması

A1 panosunun toplam direnci hesaplanmıştır. (Çizelge 9.5). Çizelge 9.32'de A1 nolu panonun direnç değeri ve %5 artırılmış direnç değeri verilmiştir.

**Çizelge 9.32** A1 nolu panonun direnç değerleri

Direnç	Değer (gaul)	%5 artırılmış değer (gaul)
R <sub>t</sub>	1.106	1.161

### 9.3.2 A2 nolu panonun toplam direncinin bulunması

A2 panosunun toplam direnci hesaplanmıştır (Çizelge 9.6) . Çizelge 9.33'de A2 nolu panonun direnç değeri ve %5 artırılmış direnç değeri verilmiştir.

**Çizelge 9.33** A2 nolu panonun direnç değerleri

Direnç	Değer (gaul)	%5 artırılmış değer (gaul)
R <sub>1</sub>	0.980	1.029
R <sub>2</sub>	0.338	0.354
R <sub>3</sub>	0.142	0.149
R <sub>4</sub>	0.228	0.239

Bu diyagrama göre R<sub>2</sub> ve R<sub>3</sub> dirençlerinin bulunduğu kollar, paralel kollardır. Bu iki kolun eşdeğer direnci (R<sub>eş</sub>) bulunduktan sonra R<sub>1</sub> ve R<sub>4</sub> dirençleri seri bağlanarak, A2 nolu panosunun toplam direnci (R<sub>t</sub>) bulunmuştur.

$$\frac{1}{\sqrt{R_{eş}}} = \frac{1}{\sqrt{R_1}} + \frac{1}{\sqrt{R_2}}$$

$$\frac{1}{\sqrt{R_{eş}}} = \frac{1}{\sqrt{0.354}} + \frac{1}{\sqrt{0.149}}$$

$$R_{eş} = 0.054 \text{ gaul}$$

$$R_t = R_1 + R_{eş} + R_4$$

$$R_t = 1.322 \text{ gaul}$$

Ocaktaki diğer panoların toplam dirençleri de bu şekilde bulunmuştur. Yani paralel kollara sahip panoların toplam direnci; eşdeğer dirençleri ( $R_{eş}$ ) bulunduktan sonra seri kollarındaki dirençleri ile toplanarak hesaplanmıştır. Seri kollara sahip panoların toplam direnci ise; kollarındaki dirençlerin toplanması ile hesaplanmıştır.

Pano Adı	Pano direnç değerleri (gaul)						% 5 artırılmış direnç değerleri (gaul)						Reş (gaul)	Rt (gaul)
	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R1	R2	R3	R4	R5	R6		
A 1Pano	1,106	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,161	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	<b>0,000</b>	<b>1,106</b>
A2 Pano	0,980	0,338	0,142	0,228	0,000	0,000	1,029	0,355	0,149	0,239	0,000	0,000	<b>0,054</b>	<b>1,322</b>
A3 Pano	0,967	0,374	0,142	0,240	0,000	0,000	1,015	0,393	0,149	0,252	0,000	0,000	<b>0,057</b>	<b>1,264</b>
A4 Pano	0,849	0,374	0,142	0,254	0,000	0,000	0,891	0,393	0,149	0,267	0,000	0,000	<b>0,057</b>	<b>1,159</b>
C Pano	0,982	0,156	0,031	0,072	0,082	0,634	1,031	0,164	0,033	0,076	0,086	0,666	<b>0,500</b>	<b>1,666</b>
B1 Pano	2,771	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	2,910	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	<b>0,000</b>	<b>1,864</b>
B2 Pano	1,366	0,468	0,116	0,096	0,127	0,412	1,434	0,491	0,122	0,101	0,133	0,433	<b>0,065</b>	<b>1,852</b>
B3 Pano	1,317	0,442	0,139	0,127	0,094	0,421	1,383	0,464	0,146	0,133	0,099	0,442	<b>0,068</b>	<b>1,806</b>
D Pano	1,544	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,621	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	<b>0,000</b>	<b>1,544</b>
E1 Pano	1,571	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,650	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	<b>0,000</b>	<b>1,571</b>
E2 Pano	1,554	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,632	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	<b>0,000</b>	<b>1,554</b>
F1 Pano	1,140	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,197	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	<b>0,000</b>	<b>1,140</b>
F2 Pano	1,215	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,276	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	<b>0,000</b>	<b>1,215</b>
F3 Pano	1,088	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,142	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	<b>0,000</b>	<b>1,088</b>
G1 Pano	0,984	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,033	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	<b>0,000</b>	<b>0,984</b>
G2 Pano	1,177	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,236	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	<b>0,000</b>	<b>1,177</b>
G3 Pano	1,613	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,694	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	<b>0,000</b>	<b>1,613</b>
G4 Pano	1,177	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,236	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	<b>0,000</b>	<b>1,177</b>
H1 Pano	0,368	0,364	0,087	0,139	0,263	0,000	0,386	0,382	0,091	0,146	0,276	0,000	<b>0,096</b>	<b>0,700</b>
H2 Pano	1,125	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,181	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	<b>0,000</b>	<b>1,125</b>
H3 Pano	0,987	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,036	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	<b>0,000</b>	<b>0,987</b>
I1 Pano	1,135	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,192	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	<b>0,000</b>	<b>1,135</b>
I2 Pano	1,165	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,223	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	<b>0,000</b>	<b>1,165</b>
I3 Pano	0,998	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,048	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	<b>0,000</b>	<b>0,998</b>
J1 Pano	0,810	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,851	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	<b>0,000</b>	<b>0,810</b>
J2 Pano	0,840	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,882	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	<b>0,000</b>	<b>0,840</b>
K Pano	0,742	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,779	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	<b>0,000</b>	<b>0,742</b>

Çizelge 9.34 Ocaktaki tüm kolların toplam direnci

#### 9.4 Ocak İçin Gerekli Hava Miktarının Hesaplanması

Üretim yapılacak linyit damarlarında metan çıkışı oldukça düşük olduğundan, gerekli hava miktarının hesaplanmasında, üretim bölgelerinde çalışacak işçi sayıları temel alınmıştır.

Bir işçi için hava gereksinimi ( $q_i$ )  $0.1 \text{ m}^3 / \text{sn}$  ( $6 \text{ m}^3 / \text{dakika}$ ) olduğu kabulüne dayanarak gerekli hava miktarı hesaplanmıştır.

Ocakta çalışacak işçi sayısı ( $n_i$ ) 65 olduğuna göre, ocak için gerekli hava miktarı aşağıdaki formülle hesaplanmıştır [29, 30].

$$Q = n_i \times q_i$$

$$Q = 65 \times 0.1$$

$$Q = 6.5 \text{ m}^3 / \text{sn}$$

Burada;

Q: Ocak için gerekli hava miktarı ( $\text{m}^3 / \text{sn}$ )

$q_i$ : 1 işçi için gerekli hava miktarı ( $\text{m}^3 / \text{sn}$ )

$n_i$ : Ocakta çalışacak işçi sayısı (adet)

Hesaplanan hava miktarı ( $5 \text{ m}^3 / \text{sn}$ ) , %50 artırılarak ocak içindeki hava emniyetli hale getirilmiştir.

$$Q = 9.75 \text{ m}^3 / \text{sn} \text{ olarak hesaplanmıştır.}$$

#### 9.5 Ocakta Kullanılacak Vantilatör Gücünün Hesaplanması

Ocakta kullanılması planlanan vantilatörün motor gücü aşağıdaki formüllerle hesaplanmıştır [29, 30].

$$N_v = \frac{Q \times P_h}{102 \times \eta_R}$$

$$P_h = R_o + Q^2$$



Burada;

$N_v$ : Vantilatörün motor gücü (kW)

$Q$ : Ocak için gerekli hava miktarı ( $m^3 / sn$ )

$n_R$ : Vantilatörün randımanı. Hesaplamalarda, 0.80 alınmıştır.

$P_h$ : Basınç düşüşü ( $N/m^2$ )

$R_o$  : Ocağın en yüksek direnci (gaul). Bunun için; ocaktaki en yüksek direnç değerine sahip olan, B1 panosu  $R$ : 1.864 gaul alınmıştır. (Çizelge 9.34). Çünkü, ocağa gönderilecek havanın kolaylıkla dolaşabilmesi için, seçilecek vantilatörün gücü, bu direnci yenmek mecburiyetindedir.

$$P_h = R_o + Q^2$$

$$P_h = 1.864 + (9.75)^2$$

$$P_h = 96.9 \text{ N/m}^2$$

$$N_v = \frac{Q \times P_h}{102 \times n_R}$$

$$N_v = \frac{9.75 \times 96.9}{102 \times 0.80}$$

$$N_v = 11.5 \approx 12 \text{ kW}$$

Sonuç olarak 12 kW'lık bir üfleyici vantilatör seçilmesi uygun olacaktır. Üfleyici vantilatör seçilmesinin iki önemli nedeni vardır. Birincisi, daha az maliyetle ocak havalandırmasının sağlanmasıdır. Eğer emici vantilatör kullanılırsa, iki adet nefeslik olduğundan minimum iki adet vantilatör çalıştırılacaktır. Hâlbuki ocak girişine konulacak sadece üfleyici vantilatör ile ocak havalandırması sağlanacaktır. İkinci önemli neden ise, üretim yapılacak bölgelere devamlı temiz hava göndermek istenmesidir. Çünkü bu iş verimi ve iş emniyeti açısından oldukça önemlidir.

## 9.6 Panolara Gönderilen Havanın Kollara Göre Dağılımı Ve Yeterlilik Analizi

Ocağa gönderilen hava, yolların dirençlerine bağlı olarak doğal bir dağılım gösterir. Bu işlem “serbest dağılım” olarak bilinmektedir. Ancak bu dağılım, genellikle istenilen bir dağılımı yansıtamaz. Başka bir deyişle, gerekli yerlerde yeterli miktardaki havayı sağlamaktan uzaktır. Bu nedenle, havayı yeraltında değişik yerlerde kontrollü olarak göndermek gerekmektedir [29,30].

Hava miktarlarının ayarlama işlemleri üç yöntemle yapılır.

- Hava miktarının artırılması istenen yolun direncini azaltarak (pozitif ayarlama),
- Hava miktarının artırılması istenen yola kol pervanesi koyarak,
- Hava miktarının azaltılması istene yola ayarlı kapı (regülatör) koyarak (negatif ayarlama).

Hesaplanan hava miktarı ( $9.75 \text{ m}^3 / \text{s}$ ), paralel kollara sahip panolarda direnç değerleri göz önüne alınarak dağıtılmıştır. Kollara dağılan hava miktarının yeterlilik analizi; o kolda çalışılan işçi sayısına bağlı olarak yapılmıştır.

Seri kollara sahip panolarda hava dağılımı olmadığı için hesaplanan hava miktarı sabit kalacak değişmeyecektir.

### 9.6.1. A2 nolu panonun hava dağılım analizi

A2 nolu panoda hava paralel iki kola ayrılmıştır. Paralel iki kol arasında dağılan hava miktarları ( $Q_2$  ve  $Q_1$ ) aşağıdaki formüllerle hesaplanmıştır [29, 30].

$$Q_2 = Q \times \sqrt{R_{eş}} / \sqrt{R_2}$$

$$Q_3 = Q - Q_2$$

Burada;

$Q_2$ :  $R_2$  direncinin bulunduğu kola giden hava miktarı ( $\text{m}^3 / \text{s}$ )

$Q_3$ :  $R_3$  direncinin bulunduğu kola giden hava miktarı ( $\text{m}^3 / \text{s}$ )

$Q$ : Ocak için gerekli hava miktarı ( $\text{m}^3 / \text{s}$ )

$R_{eş}$ : Paralel iki kolun eş değer direnci (gaul).

$R_2$  : Paralel bağı ikinci kolun direnci (gaul)

$$Q_2 = Q \times \sqrt{R_{eş}} / \sqrt{R_2}$$

$$Q_2 = 3.834 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_3 = Q - Q_2$$

$$Q_3 = 5.915 \text{ m}^3/\text{s}$$

$R_2$  ve  $R_3$  dirençlerinin bulunduğu kollara dağılan hava miktarı ( $Q_2$  ve  $Q_3$ ) yeterlilik analizi aşağıda yapılmıştır. Buna göre  $R_2$  direncinin bulunduğu kolda 15 işçi çalıştırılması planlanmıştır. 15 işçi için gerekli hava miktarları;

$$Q_i = n_i \times q_i$$

$$Q_i = 15 \times 0.1$$

$$Q_i = 1.5 \text{ m}^3/\text{s} \text{ olarak hesaplanmıştır.}$$

Sonuçta, 15 işçi için gerekli hava miktarı  $1.5 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $R_2$  direncinin bulunduğu kola gönderilen hava miktarından  $3.834 \text{ m}^3/\text{s}$  küçüktür. Dolayısıyla,  $R_2$  direncinin bulunduğu kola giden hava miktarı yeterli olacaktır.

**Çizelge 9.35** Ocaktaki tüm panoların hava dağılım analiz sonuçları

Pano No	Reş (gaul)	Dağıtılan hava miktarı (m3/s)	İşçi sayısı	İşçi sayısına göre hava miktarı (m3/s)	Havanın Yeterliliği
A2	0,054	3,83	15	1,5	Yeterli
		5,92	15	1,5	Yeterli
A3	0,057	3,71	15	1,5	Yeterli
		6,04	15	1,5	Yeterli
A4	0,057	3,71	15	1,5	Yeterli
		6,04	15	1,5	Yeterli
C	0,050	3,67	15	1,5	Yeterli
		6,08	15	1,5	Yeterli
B2	0,965	2,95	15	1,5	Yeterli
		6,8	15	1,5	Yeterli
B3	0,068	3,07	15	1,5	Yeterli
		6,68	15	1,5	Yeterli
H1	0,096	5,58	15	1,5	Yeterli
		4,17	15	1,5	Yeterli

Bu sonuçlara göre ocağa gönderilen hava miktarı yeterli gelmektedir.

## 10. NAKLİYATIN PROJELENDİRİLMESİ

### 10.1 Kömür Nakliyatı

Ayak içindeki kömür, zincirli oluklara alınacaktır. Zincirli oluklara alınan kömür, bant nakliye sistemiyle ocaktan ihracı sağlanacaktır.

#### 10.1.1 Zincirli oluk seçimi

Zincirli oluk motor güçleri; oluğun boşta, doluda ve kot farkını yenecek şekilde çalıştırılmak üzere üç aşamada hesaplanır. Bulunan gücün, ilk hareket takımlar ve kömür yığılması gibi bilinmeyen faktörler göz önüne alınarak iki misli alınır [21, 25].

Aşağıdaki verilere bağlı olarak zincirli oluk seçimi yapılmıştır.

- 1) Ocağın saatlik üretim kapasitesi ( $Q_k$ )
  - 2) Oluk uzunluğu ( $L_o$ )
  - 3) Oluk uzunluğunun iki katı ( $L_o'$ )
  - 4) Oluğun genişliği
  - 5) Oluk hızı ( $V$ )
  - 6) Oluktaki her bir grubun ağırlığı ( $K$ )
  - 7) Zincir ve palet grubuyla oluk arasındaki sürtünme katsayısı ( $f_1$ )
  - 8) Kömürle oluk arasındaki sürtünme katsayısı ( $f_2$ )
  - 9) Motor ve redüktör randımanı
- a) Boş haldeki oluğun motor gücü ( $G_1$ ) aşağıdaki formülle hesaplanmıştır [21].

$$G_1 = K \times L_o' \times f_1 \times \frac{V}{75} \times 0.746$$

Burada;

$G_1$ : Boş haldeki oluğun motor gücü (kW)

$K$ : Oluktaki her bir grubun ağırlığı (kg)

$L_o'$ : Oluk uzunluğunun iki katı (m)

$f_1$ : Zincir ve palet grubuyla oluk arasındaki sürtünme katsayısı

V: Oluk hızı (m/s)

- b) Dolu haldeki oluğun motor gücü ( $G_2$ ) aşağıdaki formülle hesaplanmıştır [21].

$$G_2 = Q_k \times L_o \times \frac{f_2}{270} \times 0.746$$

Burada;

$G_2$ : Dolu haldeki oluğun motor gücü (kW)

$Q_k$ : Ocağın saatlik üretim kapasitesi (ton/h)

$L_o$ : Oluğun uzunluğu (m)

$f_2$ : Kömür ile oluk arasındaki sürtünme katsayısı

- c) Toplam güç ( $G$ ) aşağıdaki formülle hesaplanmıştır [21].

$$G_T = G_1 + G_2$$

Burada;

$G_T$ : Oluğun boş ve dolu haldeki toplam gücü (kW)

- d) %80 motor + redüktör verimine bağlı motor gücü aşağıdaki formülle hesaplanmıştır [13].

$$G_v = \frac{G_T}{0.85}$$

Burada;

$G_v$ : Motor ve redüktör verimine bağlı motor gücü (kW)

- e) İlk hareket için %20 fazlasını, takılmalar, fazla yüklemeler, ilave sürtünme kuvvetler nedeniyle, sonuç olarak hesaplanan 2 misli alınarak oluğun motor gücü hesaplanır [21].

$$G = 2 \times G_v$$

Burada;

G: İlave sürtünme kuvvetlerine bağlı nihai motor gücü (kW)

Bu formüller doğrultusunda zincirli oluğun motor gücü belirlenmiştir.

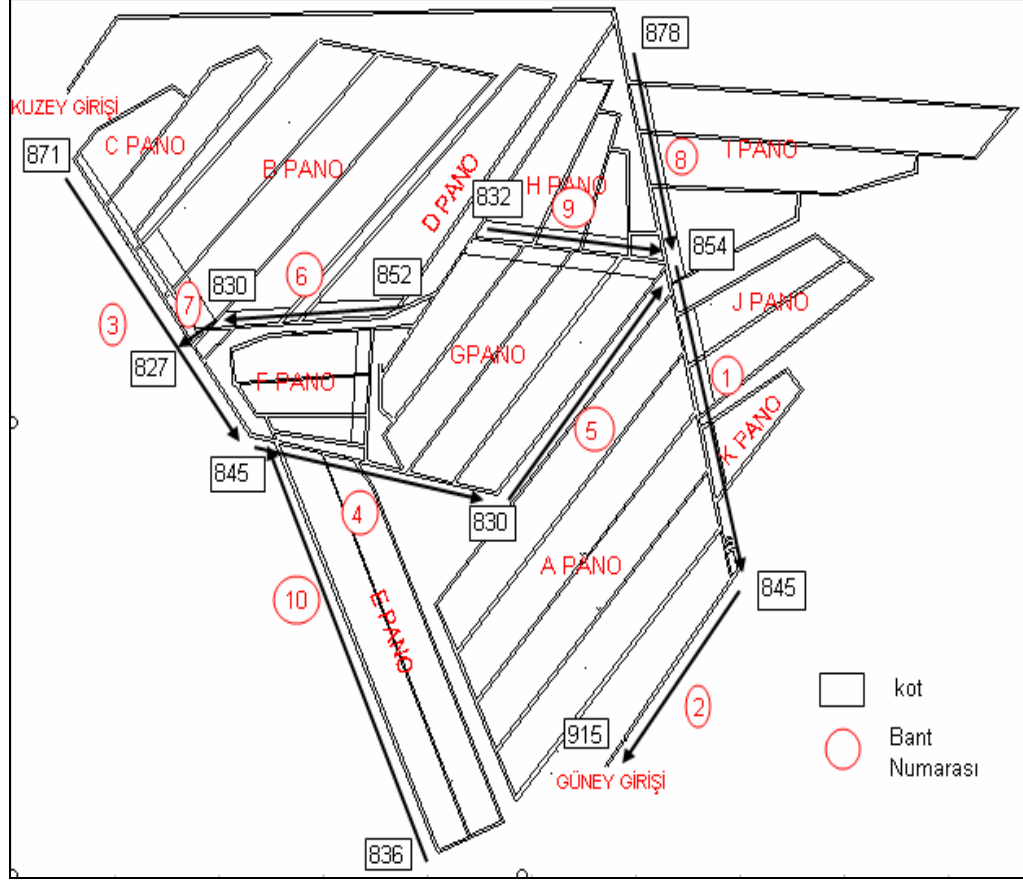
**Çizelge 10.1** Zincirli oluğun motor güçleri

PANO NO	Lo (m)	Lo' (m)	K (kg)	f <sub>1</sub>	f <sub>2</sub>	V (m/s)	Qk (ton/h)	η	G <sub>1</sub> (kW)	G <sub>2</sub> (kW)	G <sub>T</sub> (kW)	G <sub>V</sub> (kW)	G (kW)
A1	65	130	19	0,3	0,4	0,64	85	0,85	4,7	6,1	10,8	12,7	25,5
A2	72	144	19	0,3	0,4	0,64	85	0,85	5,2	6,8	12,0	14,1	28,2
A3	72	144	19	0,3	0,4	0,64	85	0,85	5,2	6,8	12,0	14,1	28,2
A4	70	140	19	0,3	0,4	0,64	85	0,85	5,1	6,6	11,7	13,7	27,4
	<b>90</b>	<b>180</b>	<b>19</b>	<b>0,3</b>	<b>0,4</b>	<b>0,64</b>	<b>85</b>	<b>0,85</b>	<b>6,5</b>	<b>8,5</b>	<b>15,0</b>	<b>17,6</b>	<b>35,3</b>

Burada zincirli oluk seçimini yapılırken en uzun ayak uzunluğu dikkate alınarak yapılmıştır. Panolardaki maksimum ayak uzunluğu (L<sub>o</sub>) 90 m'dir buna göre zincirli oluğun motor gücü yaklaşık olarak 36 kW olarak bulunmuştur.

### 10.1.2 Bant seçimi

Şekil 10.1'de bant nakliye yolları görülmektedir. Her banda istasyon numaraları verilmiştir. Bu istasyon numaraları, bandın başının ve sonunu karşılayacak şekilde yazılmıştır.



Şekil 10.1 Bant nakliye yolları

Ocağa kullanılacak bantların tasarım hesaplamaları iki ana başlıkta toplanmıştır.

a) Bant genişliğinin (B) hesaplanması

Aşağıdaki veriler, formüllerde yerine konularak ortalama bant genişliği (B) hesaplanmıştır [21, 23, 29].

- 1) Ocağın saatteki üretim kapasitesi ( $Q_k$ ) : 85 ton/h

- 2) Bant hızı (V) : 2 m/sn (yeraltında hızlar genellikle 1,5 – 2 m/sn olarak alınmıştır) [13].
- 3) Kömürün gevşek haldeki yoğunluğu ( $\rho$ ) : 0,85

Bant genişliği (B), bandın kesit alanına (F) bağlı olarak hesaplanır [21, 23, 29].

$$Q_k = 3600 \times S \times V \times \rho$$

$$85 = 3600 \times S \times 2 \times 0.85$$

$$S = 0.014 \text{ m}^2$$

$$S = 0.122 \times (0.9 B - 0.05)^2$$

$$0.014 = 0.122 \times (0.9 B - 0.05)^2$$

$$B = 0.43 \text{ m}$$

Burada;

B: Bant genişliği (m),

S: Bandın kesit alanı ( $\text{m}^2$ ),

$Q_k$ : Ocağın saatlik üretim kapasitesi (ton/h),

v: Bandın hızı (m/sn),

$\rho$  : Kömürün gevşek haldeki yoğunluğu ( $\text{ton/m}^3$ )'dür.

Bu sonuca göre; bant genişliği (B) 500 mm seçilmiştir.

#### b) Güçlerin hesaplanması (N1, N2, N3, Nt ve Nm)

Bir bantlı konveyörü hareket ettirmek için gerekli motor gücü, üç çeşit direnci yenmek mecburiyetindedir. Her bir direnci ve onları yenmek için gerekli güçleri şöyle nitelendirmek mümkündür [21, 23, 29];

b1) N1 gücü, yatay durumda boş bandın hareketi için gerekli güçtür

b2) N2 gücü, bant üzerindeki kömürü nakletmek için gerekli güçtür.

b3) N3 gücü, nakliyatın eğimli olması halinde, kot farkının gerektirdiği güçtür.

b4) Bu güçler hesaplandıktan sonra toplam güçler (Nt) hesaplanmıştır.

b5) Son olarak, Nt değeri pozitif olduğu müddetçe motor gücü (Nm) tayini yapılmıştır.

b1) Boş bant için gerekli güç (N1) aşağıdaki formülle hesaplanmıştır [21, 23, 29]:

$$N1 = K_B \times L_N \times \mu \times (v / 75) \times 0.746$$

Burada;



$N_1$ : Yatay durumda boş bandın hareketi için gerekli güç (kW),

$K_B$ : Bant tesisinin ağırlığı (kg/m). Bu değer Çizelge 10.2'den elde edilmiştir. 500 mm'lik bant genişliğinde karşılık  $K$  değeri 32 kg/m alınmıştır. Çizelge 10.2'de, bant genişliklerine bağlı olarak, lastik batlı konveyörlerin ortalama ağırlık değerleri verilmiştir.

$L_N$ : İzafi uzunluk (m). Çizelge 10.2'deki, her bandın nakliyat uzunlukları 40 artırılarak bulunur. ( $L_N = L_N + 40$ )

$v$ : Bant hızı (m/sn). Hesaplamalarda,  $V$ : 2 m/sn olarak bulunmuştur.

$\mu$ : Bandın sürtünme katsayısıdır. Hesaplamalar sonucu,  $\mu$  : 0.03 olarak bulunmuştur.

**Çizelge 10.2** Lastik bantlı konveyörlerde hareketli kısımların ağırlıkları [21, 23, 29]

Bant Genişliği (B) (mm)	Bant Tesisinin Ağırlığı (K) (kg/m)
300	23
400	27
500	32
600	38
700	52
800	60
900	68
1000	75
1200	90
1300	105
1400	115

b2) Dolu ban için gereken güç ( $N_2$ ) aşağıdaki formülle hesaplanmıştır [21, 23, 29].

$$N_2 = \frac{Q_k \times L_N \times \mu \times 0.746}{270}$$

Burada;

$N_2$ : Bant üzerindeki kömürü nakletmek için gerekli güç (kW)

b3) Kot farkının gerektirdiği güç ( $N_3$ ) aşağıdaki formülle hesaplanmıştır [21, 23, 29].

$$N_3 = \frac{Q_k \times H_k}{270} \times 0.764$$

Burada;

$N_3$  = Kot farkının gerektirdiği güç (kW)

$H_k$  = Kot farkı değeri (m).

b4) Tahrik gücü ( $N_t$ ) aşağıdaki formülle hesaplanmıştır [21, 23, 29].

$$N_t = N_1 + N_2 + N_3$$

Burada;

$N_t$ : Boş bant için gerekli güç ( $N_1$ ), dolu bant için gerekli güç ( $N_2$ ) ve kot farkının gerektirdiği güçlerin toplamı (kW)

b5) Motor gücü ( $N_m$ ) tayini aşağıdaki formülle hesaplanmıştır [21, 23, 29].

$$N_m = \frac{1.20 \times N_t}{H}$$

Burada;

$N_m$ : Nihai motor gücü (kW)

$\eta$  : Mekanik randıman hesaplamalarda 0.80 alınmıştır.

Bu formüller doğrultusunda ocaktaki tüm bantların güçleri hesaplanmıştır. Sonuçları ise Çizelge 10.3'de verilmiştir.

**Çizelge 10.3** Ocaktaki tüm bantların güç değerleri

Bant No	(L)	(L <sub>N'</sub> )	K <sub>B</sub>	μ	V	Q <sub>K</sub>	H <sub>K</sub>	η	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	N <sub>3</sub>	N <sub>T</sub>	N <sub>M</sub> (kW)
1	304	344	32	0.03	2	85	-9	0.8	6.57	2.42	-2.11	6.88	10.32
2	300	340	32	0.03	2	85	70	0.8	8.70	2.40	16.44	27.54	41.31
3	400	440	32	0.03	2	85	-26	0.8	11.26	3.10	-6.11	8.26	12.39
4	200	240	32	0.03	2	85	-15	0.8	6.14	1.69	-3.52	4.31	6.47
5	190	230	32	0.03	2	85	24	0.8	5.89	1.62	5.64	13.14	19.72
6	280	320	32	0.03	2	85	-22	0.8	8.19	2.25	-5.17	5.28	7.92
7	65	105	32	0.03	2	85	-3	0.8	2.69	0.74	-0.70	2.72	4.08
8	240	280	32	0.03	2	85	-24	0.8	7.17	1.97	-5.64	3.50	5.26
9	320	360	32	0.03	2	85	22	0.8	9.22	2.54	5.17	16.92	25.38
10	550	590	32	0.03	2	85	42	0.8	15.10	4.16	9.86	29.12	43.69

Sonuç olarak; nakliyat amacıyla kurulacak bandın 10 numaralı bant konveyör olmasına karar verilmiştir. Çünkü en uzun taşıma mesafesinde (590 m) kullanılacak bant konveyör 10 numaralı banttır ve en güçlü motor da (43.69 kW) bu bantta kullanılacaktır. Bu güçte bir motor diğer bantlarda rahatlıkla çalışabilir.

## 11. SONUÇLAR

Bu çalışmada, ülkemizin önemli linyit rezervlerinden birine sahip olan Tunçbilek Bölgesinde yer alan Büyükdüz Yeraltı Ocağının planlaması yapılmıştır. Özgün bir jeolojik yapıya sahip olan sahadaki kömür üretiminin, olabildiğince hızlı ve güvenli bir şekilde yapılması planlanmıştır.

Büyükdüz yeraltı sahasının planlanmasında öncelikle;

- Koordinatları belirlenmiş olan sahada 79 adet sondaj yapılmıştır. Kömür cevheri saçınımlı bir yapıya sahip olmadığından yapılan 79 adet sondaj, sahanın jeolojik yapısı ile ilgili bilgi sağlanması için yeterli olmuştur. Sondajlar Netcad bilgisayar programında işlenmiş ve sahanın rezervi 4.637.412 ton olarak hesaplanmıştır. Ayrıca, sondaj verileri kullanılarak sahadaki faylar, damar kalınlığı, eğimi ve kotu belirlenmiştir. Ekonomiklik ve olabildiğince çabuk üretime başlanabilmesi amacıyla, kömürü yüzeye en yakın kesen yer olan Güney Giriş Noktası saha giriş noktası olarak seçilirken, Kuzey Giriş Noktası ise en yüksek kot olması nedeniyle havalandırma başlangıç noktası olarak seçilmiştir.
- Sondaj verilerinin ışığında sahadaki faylar, sahanın jeolojik durumu, damarın kalınlığı ve kotu, ayak uzunlukları, su geliri ve damarın eğimi, üretim miktarı gibi özellikler dikkate alınarak pano sayısı ve konumları belirlenmiştir. Bu saha için 11 adet maden panosu belirlenmiştir.
- Sahanın jeolojik yapısı, kömür damar kalınlığı gibi parametreler göz önüne alınarak tüm yeraltı üretim yöntemleri tek tek incelenmiş ve Arkadan Göçertmeli Dönümlü Uzunayak Üretim Yöntemi bu planlamada yeraltı üretim yöntemi olarak seçilmiştir. Arkadan göçertmeli dönümlü uzun ayak yöntemine göre ayak içi üretim aşamaları anlatılarak ayak içi üretim döngüsü olan 1.25 m'lik ilerlemenin optimum 5 periyotta (vardiyada) bitirileceği belirlenmiştir.

Sahada Hazırlık ve Üretim aşamaları ayrı ayrı incelenmiştir. Buna göre hazırlık aşamasında;

- Tahkimat Sisteminde 4.30 ve 3.40'lik kesitlerde TH çelik profil kullanılması,
- Nakliyat Sistemi ana nakliye yollarında bantlı konveyörler, yardımcı nakliye yollarında zincirli konveyörler kullanılması ayrıca insan ve malzeme nakliyatı içinde kulikar ve monorayın kullanılması,
- Kazı ve ekipman seçiminde ana nakliye yollarında Galeri Açma makineleri, yardımcı nakliye yollarında delme patlatma işlemi ve yükleyici kullanılması,
- Su atımı için ise havalı ve elektrikli tulumbaların kullanılması,
- Havalandırma yöntemi için ise yardımcı vantilatörlerle birlikte hava boruları ve vantüpler kullanılması uygun görülmüş.

Üretim aşamasında ise;

- Tahkimat sisteminde ayak içlerinde Hidrolik direkler ve Çelik sarma kullanılması,
  - Nakliyat sisteminde zincirli konveyörlerin kullanılması, insan ve malzeme nakliyatında kesit darlığı nedeniyle insan gücünün kullanılması,
  - Havalandırma yöntemi olarak ana vantilatör kullanılması uygun görülmüştür.
  - Ayrıca, en düşük kotta kurulacak tulumba dairesi içine konulacak pompa ile ocak içinde birikecek su ocak dışına çıkarılacaktır
- Üretim aşamasında su probleminin önemli olması nedeniyle su ihracatı projelendirilmiştir. Buna göre 10 lt/sn olan su gelirine göre, en düşük kot olan 845 m kotunda su havuzu yapılması uygun bulunmuştur. Buna göre 35 kW gücündeki pompa ile su atımının gerçekleştirilebileceği hesaplanıp su havuzu ölçülerinin de 36 m<sup>2</sup> kesitinde ve 7 m derinliğinde olması hesaplanmıştır.
  - Üretim aşamasında havalandırma sisteminin çok önemli bir unsur olması nedeniyle havalandırma projesi yapılmıştır. Tüm sahadaki panolar için gerekli dirençler 11 pano için ayrı ayrı hesaplanıp tüm ocak için gerekli hava miktarı 9.75 m<sup>3</sup>/sn olarak bulunmuştur. Son olarak 12 kW motor gücünde üfleyici vantilatörün seçilmesi uygun olacaktır. Ocağa gönderilecek hava miktarı, her

panoda çalışacak olan maksimum 15 işçi için gereken  $1.5 \text{ m}^3/\text{s}$ 'den fazla olacak şekilde belirlenmiştir.

- Tüm saha için nakliyat projelendirilmesi yapılarak ayak içlerinde kullanılacak zincirli konveyörler ile ana nakliye yollarında kullanılacak bantlı konveyörlerin motor güçleri hesaplanmıştır. Buna göre zincirli konveyör seçimi yapılırken en uzun ayak dikkate alınarak zincirli oluğun motor gücü 36 kW bulunmuştur. Ana nakliye yollarında kullanılacak olan bandın genişliği hesaplanarak 500 mm seçilmiş, motor gücü olarak en uzun taşıma mesafesi alınarak 43,69 kW'lık motorun kullanılması uygun bulunmuştur.

Büyükdüz Yeraltı Ocağında yapılan detaylı planlama çalışması iyi bir yardımcı kaynak olarak değerlendirilebilir. Bu çalışmaya ek olarak detaylı bir işçi projelendirilmesi ve ekonomik analiz yapılabilir.

## KAYNAKLAR

- [1] Ateşok, G., 2004, Kömür Hazırlama ve Teknolojisi, Yurt Madenciligi Geliştirme Vakfı, İstanbul.
- [2] Kemal, M., ve Semerkant, O., Türkiye Linyit Potansiyeli ve Kullanım Olanağı, Türkiye 4. Kömür Kongresi, 7-11 Mayıs, Zonguldak, 1984.
- [3] [www.dtm.gov.tr](http://www.dtm.gov.tr)
- [4] [www.enerji.gov.tr](http://www.enerji.gov.tr).
- [5] Hasan SABIR, Dünya Siyasetinde Küresel Rekabet Sistemi ve Politikaları, İstanbul, Derin Yayınları, 2002
- [6] T.K.İ. Garp Linyitleri İşletmesi Bilgi Notu
- [7] Kural, O., 1998, Kömür Özellikleri Teknolojisi ve Çevre İlişkileri, İ.T.Ü Maden Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, İstanbul.
- [8] Mitchell, L., Coal Preperation, Seeley W. Mudd Series. AIME, New York, 1968.
- [9] Eskikaya, Ş., Karpuz, C., Hindistan, M.A., ve Tamzok, N., Maden Mühendisliği Açık Ocak İşletmeciliği El Kitabı, Maden Mühendisleri Odası, 2005, Ankara.
- [10] Saltoğlu, S., 2005, Maden Yataklarındaki Aramalar ve Araştırmalar, Maden Mühendisliği Açık Ocak İşletmeciliği El kitabı, E.D, Eskikaya, Ş., Karpuz, C., Hindistan, MA., Tamzok, N., TMMOB Maden Mühendisleri Odası, 2005, Ankara
- [11] Tercan, A.E., Jeostatistiksel Rezerv Hesabı, Maden Mühendisliği Açık Ocak İşletmeciliği El kitabı, E.D, Eskikaya, Ş., Karpuz, C., Hindistan, MA., Tamzok, N., TMMOB Maden Mühendisleri Odası, 2005, Ankara
- [12] T.K.İ. Ege Linyitleri İşletmesi Eynez Yeraltı İşletmesi Tevsii Projesi, 1990, Soma, Manisa
- [13] Hartman, H.L., 1987, Introductory Mining Engineering, The University of Alabama, A Wiley-Interscience Publication, USA.
- [14] Köse, H. ve Tatar, Ç., Madenlerde Yer altı Üretim Yöntemleri, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları No:014, İzmir, 1997.
- [15] Tatar, Ç., Çayırhan Bölgesinde Mekanize Kömür Üretimi ve Galeri Açmanın Pratik Sonuçları, Türkiye 4. Kömür Kongresi, S.173-201, Zonguldak, 1984.
- [16] Parkteknik A.Ş. Mühendisleri Dr. Fatih Bülent TAŞKIN ve Maden Mühendisi Cemalettin SİĞİRCİ ile üçlü görüşme, 2005-2006.

**KAYNAKLAR (Devam)**

- [17] Yalçın, E. ve Gürgen, S., Madenlerde Havalandırma, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları No:251, İzmir.
- [18] Ayvazoğlu, E., Madenlerde Havalandırma ve Emniyet, İ.T.Ü. Yayın No. 13, İstanbul, 1984.
- [19] Birön, C. ve Arıoğlu, E., Madenlerde Tahkimat İşleri ve Tasarımı, İstanbul Teknik Üniversitesi Maden Fakültesi, Birsen Yayınevi, 1993, İstanbul.
- [20] Birön, C., ve Arıoğlu, E., Design of Supports in Mines, John Wiley and Sons, New York, 1983.
- [21] Şimşir, F., Tatar, Ç. ve Özfirat, K., Madenlerde Nakliyat, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları No: 296, 2002, İzmir .
- [22] Akçın, A., Madenlerde Taşıma İşleri, Hacettepe Üniversitesi Zonguldak Mühendislik Fakültesi Yayını, Zonguldak, 1988.
- [23] Önce, G., Madenlerde Ulaşım ve Su Atımı, Osmangazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Yayınları No: 105, 1997, Eskişehir.
- [24] Güyagüler, T. , Ocak Havalandırması, TMMOB, MMO Yayını, ISBN 975-395-041-1, Ankara, 1991.
- [25] Demirsoy, M., Transport Tekniği (İletim Makinaları), Dokuze Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, İzmir, 1984.
- [26] Köse, H. ve Gürgen, S., Madenlerde Nakliyat, DEÜ, İzmir, 1988.
- [27] Hartman, H.L., Mine Ventilation and Air Conditioning, A Ronald Press Publication, ISBN 0 471 06699 0, New York, 1961.
- [28] Wilson, J.E., Lucas, J.R., Adler, L., SME Mining Engineering Handbook, Volume I, Society of the Mining Engineers of the American Institute, Section 14 "Underground Haulage", Baltimore, Maryland.
- [29] Sütçü, E., Yeraltı Üretim Projelendirilmesi ve Tunçbilek Kömür Sahasındaki Bir Bölgeye Uygulanması, Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Maden Mühendisliği Bölümü Yüksek Lisans Tezi, 2003, Kütahya.
- [30] Önce, G., 1997, Madenlerde Havalandırma, Osmangazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Yayınları, Eskişehir.



## **EKLER**



EK2

<b>PANO ADI</b>	<b>KOT 1</b>	<b>KOT 2</b>	<b>EĞİM YÖNÜ</b>	<b>EĞİM (derece)</b>
<b>A1 PANO</b>	828	850	+	3
<b>A2 PANO</b>	830	854	+	3
<b>A3 PANO</b>	835	857	+	3
<b>A4 PANO</b>	836	860	+	3
<b>B1 PANO</b>	864	845	-	3
<b>B2 PANO</b>	870	845	-	3
<b>B3 PANO</b>	875	845	-	4
<b>C1 PANO</b>	884	860	-	4
<b>C2 PANO</b>	880	870	-	2
<b>D1 PANO</b>	897	850	-	7
<b>E1 PANO</b>	837	845	+	1
<b>E2 PANO</b>	838	832	-	0,6
<b>F1 PANO</b>	856	849	-	1
<b>F2 PANO</b>	849	839	-	3
<b>F3 PANO</b>	845	834	-	3
<b>G1 PANO</b>	828	842	+	3
<b>G2 PANO</b>	824	844	+	4
<b>G3 PANO</b>	826	848	+	4
<b>G4 PANO</b>	830	861	+	3
<b>H1 PANO</b>	846	842	-	0,6
<b>H2 PANO</b>	846	844	-	0,2
<b>H3 PANO</b>	847	846	-	0,6
<b>I1 PANO</b>	838	868	+	4
<b>I2 PANO</b>	840	867	+	4
<b>I3 PANO</b>	848	861	+	3
<b>J1 PANO</b>	861	859	-	0,2
<b>J2 PANO</b>	862	857	-	0,6
<b>K PANO</b>	854	857	+	1