

TÜRKİYE TAŞKÖMÜRLERİ KURUMU (TTK) KOZLU İŞLETMESİNDE 1 NUMARALI KUYUDA PSİKROMETRİK KOŞULLARIN İNCELENMESİ

Mustafa ÖNDER ¹, Saim SARAÇ ²

ÖZET : Ocak havasının psikrometrik koşullarının çalışanların sağlığı ve randımanı üzerinde büyük etkisi vardır. Bu nedenle bir ocağın derinleştirilmesi düşünüldüğünde yüksek sıcaklık ve nem sorunu göz önünde tutulmalıdır. Bu çalışmada, TTK Kozlu Taşkömürü İşletme Müessesesi 1 numaralı kuyu boyunca yerinde ölçümler yapılmış ve yakın gelecekte oluşturulması planlanan katlarda karşılaşılabilecek muhtemel psikrometrik koşullar CLIMSİM paket programı yardımıyla incelenmiştir.

ANAHTAR KELİMELELER : Psikrometrik analiz, Kozlu İşletmesi, TTK

INVESTIGATION OF PSYCHROMETRIC CONDITIONS THROUGH THE SHAFT NUMBER 1 OF KOZLU COLLIERY OF TURKISH HARDCOAL ENTERPRISES (TTK)

ABSTRACT : The psychrometric conditions of mine air has a very important effect on the health and productivity of the miners. Therefore, high temperature and humidity problem should be taken into account, if the mine is deepened. In this study, in-situ measurements have been made through the shaft Number 1 of Kozlu Colliery of Turkish Hardcoal Enterprises and probable psychrometric conditions that would be faced have been investigated for the planned levels in the near future by using CLIMSİM package programme.

KEYWORDS : Psychrometric analysis, Kozlu Colliery, Turkish Hardcoal Enterprises

¹ Osmangazi Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü, Batı Meşelik Kampüsü 26480 Eskişehir

² Süleyman Demirel Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Isparta

I. GİRİŞ

Günümüzde derin yeraltı madenciliğinin yaygınlaşması, çalışma yerlerinde yüksek sıcaklık sorununu gündeme getirmiştir. Yüksek sıcaklık ve fazla nem iş verimini azaltmakta ve hatta bazı koşullarda çalışmayı olanaksız hale getirmektedir. Oluşan ısının ortamdaki nasıl uzaklaştırılacağına saptanması ve geleceğe yönelik havalandırma hesaplamalarının önceden planlı bir şekilde yapılması, sıcaklık sorunu ile mücadelede karşılaşılabilecek sorunların çözümlenmesine ışık tutacaktır.

Yeraltı maden işletmelerinde ocak atmosferik koşullarının büyük önemi vardır. Ocağa gönderilen normal atmosfer havası yeraltı hava yollarında dolaşır, hava çıkış yolundan yeryüzüne çıkana dek pek çok termodinamik süreçten geçer. Çok değişik etkenlerin etkisinde kalan havanın sıcaklığı, basıncı, yoğunluğu ve nem içeriği önemli ölçüde değişir. Ocak havasındaki bu değişimlerin ise gerek çalışanların sağlığı, gerekse çalışma randımanı üzerinde doğrudan etkisi vardır. Bu nedenle havalandırma mühendisinin, ocak havasının psikrometrik özellikleri ve geçirdiği termodinamik süreçler konusunda yeterli bilgi ile donanması gerekir.

II. PSİKROMETRİK KAVRAMLAR VE EŞİTLİKLER

Ocak havasındaki iklimsel değişimlerin açıklanması ve karşılaşılabilecek iklim koşullarının önceden tahmin edilebilmesi, psikrometri biliminin ana konularındandır. Bu nedenle psikrometrik kavramların ve davranışlarının iyi bilinmesi gerekir. Psikrometrinin temel kavramları ve eşitlikleri aşağıdaki bölümlerde ele alınmıştır.

II.1. Temel Psikrometrik Kavram ve Eşitlikler

Nemli ocak havasının psikrometrik olarak durumunu analiz etmek için en az üç özelliğinin bilinmesi gerekir. Pratikte ölçülmesi kolay olması nedeniyle bu üç özellik; kuru sıcaklık, yaş sıcaklık ve barometrik basınç'tır. Bu üç parametrenin bilinmesiyle ocak havasının aşağıda verilen diğer özellikleri belirlenebilir.

II.1.1. Doymuş havanın buhar basıncı (e_{sw})

Belli bir sıcaklıkta sahip olabileceği kadar su buharı içeren havaya “doymuş hava” denir. Doyma koşullarında su buharı tarafından oluşturulan basınç ortam sıcaklığına

bağlıdır ve aşağıdaki eşitlikten belirlenir.

$$e_{sw}=610.6\exp\left(\frac{17.27\theta_w}{237.3+\theta_w}\right) \quad (1)$$

e_{sw} : Doymuş havanın buhar basıncı, Pa

θ_w : Havanın yaş sıcaklığı, °C

II.1.2. Doymuş havanın nem içeriği (X_s)

Havanın nem içeriği kuru hava (kg) ile birlikte bulunan su buharı miktarı (kg) olarak tanımlanır ve kg/(kg kuru hava) olarak ifade edilir. Örneğin 0.02 kg/(kg kuru hava) 1 kg kuru hava ile 0.02 kg su buharının karışımını ifade eder [1].Doymuş havanın nem içeriği (X_s) aşağıdaki eşitlikten belirlenir.

$$X_s=0.622\frac{e_{sw}}{P-e_{sw}} \quad (2)$$

P: Barometrik basınç, Pa

II.1.3. Buharlaştırmanın gizli ısı (L_w)

1 kg suyu buharlaştırmak için gerekli olan ısı (L_w) olup, aşağıdaki eşitlikten belirlenir ve J/kg olarak ifade edilir. Suyun başlangıç sıcaklığı ne kadar yüksekse onu buharlaştırmak için gerekli olan ısı o kadar az olacaktır.

$$L_w=(2502.5-2.386\theta_w)1000 \quad (3)$$

II.1.4. Havanın nem içeriği (X)

Hava doymamış koşullarda olduğunda nem içeriği (kg/(kg kuru hava)), önceki parametreler kullanılarak aşağıdaki eşitlikten hesaplanır.

$$X=\frac{L_w * X_s - C_{pa} * (\theta_d - \theta_w)}{L_w + C_{pv} * (\theta_d - \theta_w)} \quad (4)$$

θ_d : Havanın kuru sıcaklığı, °C

C_{pa} : Kuru havanın özgül ısısı, 1005 J/kgK

C_{pv} : Su buharının özgül ısısı, 1884 J/KgK

II.1.5. Gerçek buhar basıncı (e)

“Gerçek buhar basıncı”, doymamış koşullardaki havanın içerdiği su buharının meydana getirdiği basınç olup, Pa olarak ifade edilir ve aşağıdaki eşitlikten belirlenir.

$$e = \frac{P * X}{(0.622 + X)} \quad (5)$$

II.1.6. Nemli havanın özgül hacmi (V_m) ve yoğunluğu (ρ_m)

Nemli havanın özgül hacmi gerçek ve görünür özgül hacim olmak üzere ikiye ayrılır. “Gerçek özgül hacim”, 1 kg hava-su buharı karışımının kapladığı hacim olup aşağıdaki eşitlikten belirlenir ve $m^3/(kg \text{ karışım})$ olarak ifade edilir.

$$V_m(\text{gerçek}) = \frac{287.04(\theta_d + 273.15)}{P - 0.378e} \quad (6)$$

Havanın “görünür özgül hacmi” ise, 1 kg kuru hava ve bu hava ile birlikte bulunan su buharının oluşturduğu karışımın kapladığı hacim olup, aşağıdaki eşitlikten belirlenir ve $m^3/(kg \text{ kuru hava})$ olarak ifade edilir.

$$V_m(\text{görünür}) = \frac{287.04(\theta_d + 273.15)}{P - e} \quad (7)$$

“Yoğunluk”, birim hacim (m^3) havanın ağırlığı (kg) olup, gerçek ve görünür yoğunluk olmak üzere ikiye ayrılır. Yoğunluk, özgül hacmin tersi olarak da ifade edilir ve aşağıdaki eşitliklerden hesaplanır [1].

Nemli havanın gerçek yoğunluğu ($kg \text{ karışım}/ m^3$) :

$$\rho_m(\text{gerçek}) = \frac{P - 0.378e}{287.04(\theta_d + 273.15)} \quad (8)$$

Nemli havanın görünür yoğunluğu ($kg \text{ kuru hava}/ m^3$) :

$$\rho_m(\text{görünür}) = \frac{P - e}{287.04(\theta_d + 273.15)} \quad (9)$$

II.1.7. Bağıl nem (rh)

“Bağıl nem”, bir boşluğun neme doyma derecesini ifade etmek için kullanılan bir kavram olup, hava-su buharı karışımındaki mevcut su buharı basıncının (e), aynı sıcaklıkta doymuş haldeki su buharı basıncına (e_{sd}) oranı olarak tanımlanır ve % olarak aşağıdaki eşitlikten hesaplanır.

$$rh = \frac{e}{e_{sd}} * 100 \quad (10)$$

e_{sd} havanın kuru sıcaklığındaki doymuş buhar basıncı (Pa) olup, aşağıdaki eşitlikten belirlenir.

$$e_{sd} = 610.6 \exp\left(\frac{17.27\theta_d}{237.3 + \theta_d}\right) \quad (11)$$

II.1.8. Entalpi (H)

“Entalpi”, havanın içerdiği toplam ısı olarak tanımlanır, J/(kg kuru hava) olarak ifade edilir ve aşağıdaki eşitlikten belirlenir [1].

$$H = C_{pa} * \theta_d + X * [C_w * \theta_w + L_w + C_{pv} * (\theta_d - \theta_w)] \quad (12)$$

C_w : Suyun özgül ısısı, 4187 J/kgK

II.1.9. Sigma ısısı (S)

Kuru havanın 1 kg'ı ve bununla birlikte bulunan su buharının meydana getirdiği karışımın içerdiği ısı enerjisi “sigma ısısı” olarak tanımlanır. Sigma ısısı entalpi değerinden, suyun sezilir ısısı ($X * C_w * \theta_w$) çıkarılarak elde edilir. Sigma ısısı hava akımına eklenen veya uzaklaşan ısının miktarını belirlemede kullanılır [1-2-3-4].

Sigma ısısı aşağıdaki eşitlikten belirlenir ve J/(kg kuru hava) olarak ifade edilir.

$$S = H - X * C_w * \theta_w \quad (13)$$

II.2. Hava Akımının Hacim ve Kütle Akışı

Bir hava yolundan geçen hava akımının miktarının belirlenmesinde, çoğunlukla, birim zamanda (1 saniye) hava yolunun kesit alanından geçen havanın hacmi (m^3) dikkate alınır. Böylece hacim akışının (Q) birimi m^3/s olur. Bununla beraber, duyarlı analizlerin yapılmasında havalandırma havasının yoğunluğunda oluşan değişimleri de hesaba katan kütle akışının kullanılması tercih edilir. Kütle akışı, birim zamanda hava yolunun kesit alanından geçen havanın kütlesi (kg) olarak tanımlanır. Bu durumda kütle akışının birimi kg/s olur ve aşağıdaki eşitlikten hesaplanır.

$$M=Q*\rho \quad (14)$$

Q : Hacim akışı, m^3/s

ρ : Havanın yoğunluğu, kg/m^3

II.3. Isı ve Nem Değişimi

Ocak içerisindeki iki nokta arasındaki ısı ve nem değişimi sırasıyla sigma ısıları ve nem içerikleri farkının kütle akış miktarı ile çarpılmasıyla bulunur. Kütle akışının (M) hesaplanmasında yoğunluk olarak eşitlik (9)'dan hesaplanan ρ_m (görünür) değeri kullanılır ve böylece kütle akışının birimi “kg kuru hava/s” olur [1].

Bir hava yolu boyunca ısı değişimi aşağıdaki eşitlikten belirlenir.

$$q_{12}=M*(S_2-S_1) \quad (15)$$

q_{12} : Hava yolu boyunca ısı değişimi, J/s veya W

S_1, S_2 : Hava yolunun başlangıç ve çıkışındaki sigma ısı, J/(kg kuru hava)

Ocak havasına karışan nem miktarı (kg/s) aşağıdaki eşitlikten belirlenir.

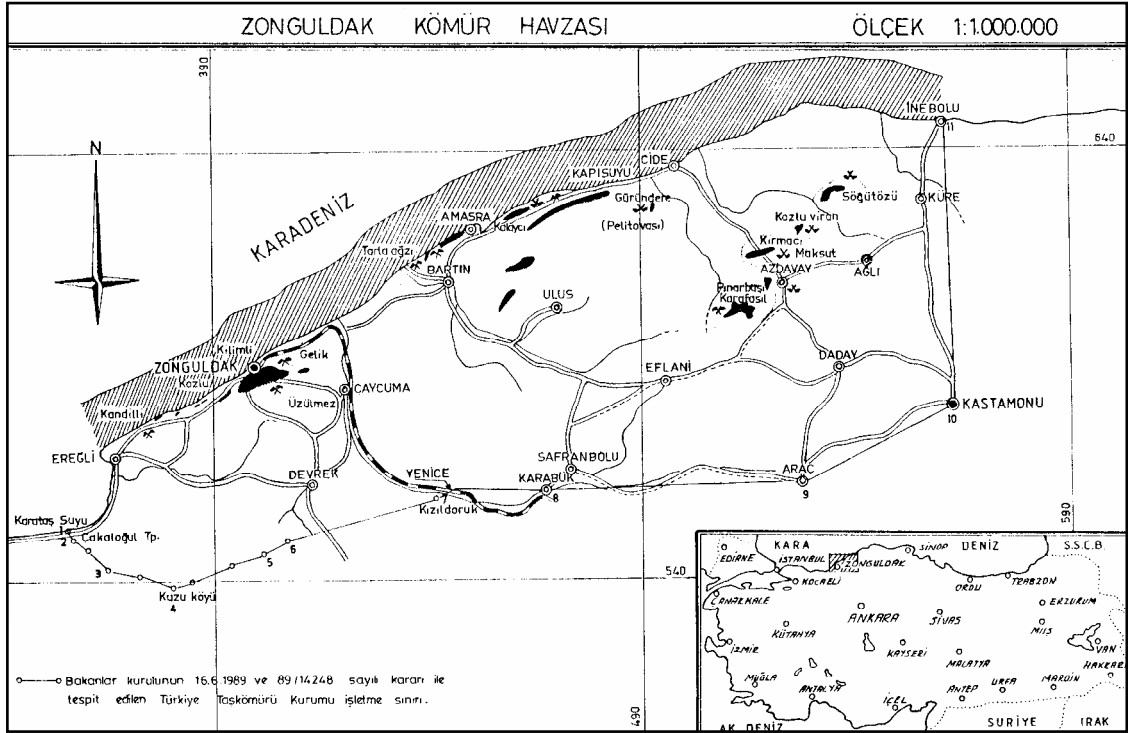
$$g_{12}=M*(X_2-X_1) \quad (16)$$

g_{12} : Ocak havasına karışan nem, kg/s

X_1, X_2 : Hava yolunun başlangıç ve çıkışındaki nem içerikleri, kg/(kg kuru hava)

III. İŞLETMENİN TANITIMI

Kozlu Taşkömürü İşletmesi Zonguldak ilinin 8 km. batısında yer almakta olup, 12 km²'lik bir alanda faaliyetlerini sürdürmektedir. Ülkemizin deniz altında üretim yapan tek maden işletmesidir.

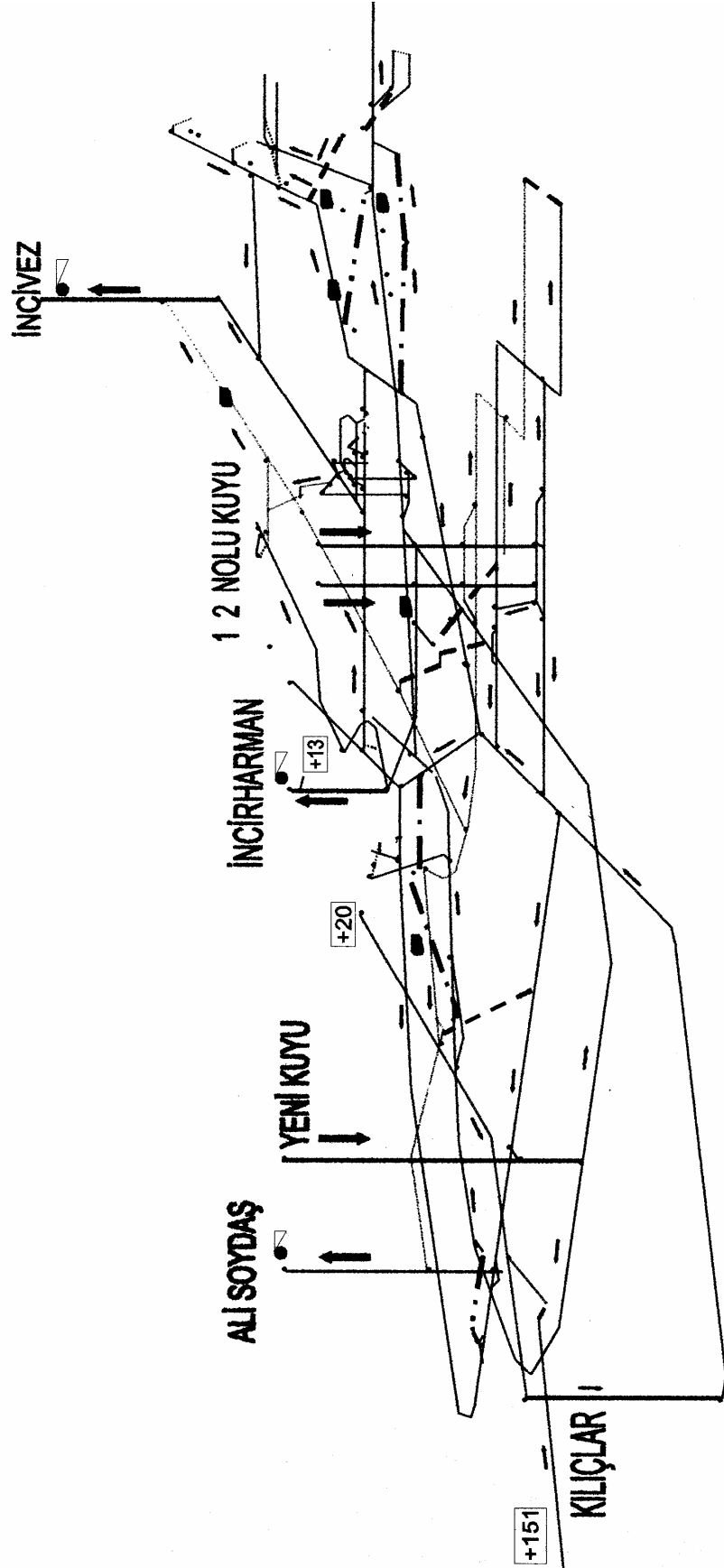


Şekil 1. TTK işletme sınırı.

Müessesede 3 adet emici vantilatör kullanılmakta, bunlardan dakikada 13450 m³ hava emilmektedir. İşçi başına düşen hava miktarı 7-7.5 m³/dak' dır. Kozlu Müessesesinin havalandırma planı Şekil 2'de gösterilmiştir. Giriş ve çıkış hava miktarları ise aşağıda verilmiştir.

Çizelge 1. Giriş ve çıkış hava miktarları

Giriş Havası	Çıkış Havası
1 ve 2 nolu kuyu : 8000 m ³ /dak	Ali Soydaş : 5500 m ³ /dak
Yeni kuyu : 4000 m ³ /dak	İncivez : 5400 m ³ /dak
Kılıçlar : 700 m ³ /dak	İncirharman : 2550 m ³ /dak
+13 : 700 m ³ /dak	
TOPLAM : 13200 m³/dak	TOPLAM : 13450 m³/dak

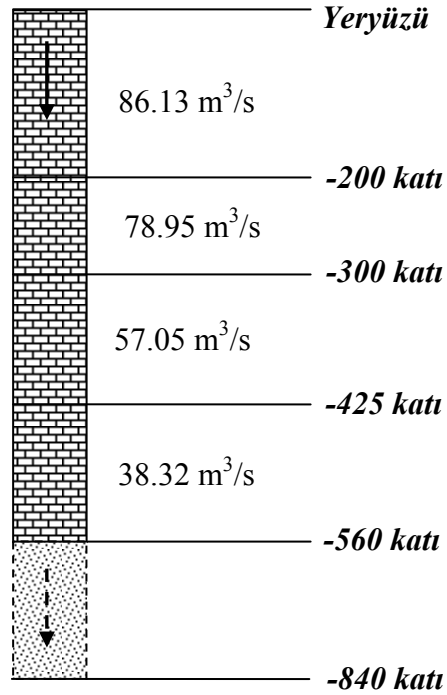


Şekil 2. Kozlu Müessesesi havalandırma planı.

TTK Kozlu Taşkömürü Müessesesi halen -560 katına kadar üretim yapmaktadır. Sahanın kömür damarları ağırlıklı olarak deniz altına doğru uzanmaktadır. Burada en büyük sorun rezervlerin kuzeyde, tesislerin güneyde kalması ve tesisler ile damarlar arasındaki sürülmesi gereken lağımların uzun olmasıdır.

Müessesede ilerleyen yıllarda -560 katının altında kalan rezervlerin alınabilmesi için 1 numaralı kuyunun -840 seviyesine indirilmesi ve -630/-700/-770/-800 katları oluşturularak üretim yapılması planlanmaktadır. Kuyunun geçtiği genel formasyon kumtaşıdır. Çapı 6.5 m olup, betonarme kuyudur.

1 numaralı kuyu -560 seviyesindedir ve bu katın yapımına 1982 yılında karar verilmiş olup, 1986 yılında hizmete alınmıştır. -560/-840 arası kazı çalışmalarına ise 2001 yılında başlanmış olup -840 kotuna 30 aylık süre içerisinde ulaşılması planlanmaktadır. Bu durumda -840 kotuna 2003 yılının Temmuz ayında ulaşılması umulmaktadır. Kuyu boyunca akan hava miktarlarının gösterildiği şematik diyagram Şekil 3'te verilmiştir.



Şekil 3. 1 Numaralı Kuyu boyunca akan hava miktarları.

IV. –840 KATINDAKİ SICAKLIĞIN TAHMİNİ

Yeraltı ocaklarında iklimsel koşulların belirlenmesinde ocak iklimi benzetim programlarının kullanılması havalandırma mühendislerine büyük kolaylıklar sağlar. Yeraltı koşullarının iklimsel benzetiminin yapılmasında en yaygın olarak kullanılan paket programlardan birisi CLIMSİM'dir [5]. CLIMSİM, homojen bir kayaç kütesinden geçerek dairesel bir tünel içerisine transfer olan ısı akımını analiz eder. Pratikte ise ocak hava yolları genellikle dairesel değildir ve açıklığı çevreleyen kayaçlar da homojen olmayabilirler. Bu düzensizlikler CLIMSİM tarafından dikkate alınmaz ve hava yolu boyunca dairesel ısı akışının geçerli olduğu kabul edilir. Böylece gelecek planlamalar için, korelasyon çalışmalarıyla verilerin duyarlılığını artırmak oldukça büyük önem taşımaktadır.

CLIMSİM iklimsel benzetim programı için ; hava yolunun başlangıcındaki kuru sıcaklık, yaş sıcaklık, barometrik basınç, hava akımı miktarı, hava yolunun uzunluğu, başlangıç ve bitiş seviyeleri, kesit alanı, çevresi, sürtünme faktörü, ıslak olan havayolu yüzeyinin yüzdesini gösteren ıslaklık faktörü, başlangıç ve bitiş noktalarının yaşları, kayaç kütesinin bakir kayaç sıcaklığı, jeotermal adım, kayacın ısıyı iletme yeteneğinin bir ölçütü olan ısı iletkenliği ve kayacın soğuması esnasında açığa çıkan ölçütü olarak tanımlanan ısı yayılımı değerlerinin belirlenmesi gerekir.

Benzetimde kullanılan verilerden kuru/yaş sıcaklık ve barometrik basınç için aylık ortalama değerler kullanılmıştır. 1 numaralı kuyunun -840 koduna 2003 yılının Temmuz ayında ulaşılması umulduğundan, kuyu başı sıcaklık ve basınç değerleri için bu ayın ortalaması alınmıştır [6].

Kuru sıcaklık	: 22.4 °C
Yaş sıcaklık	: 18.36 °C
Barometrik basınç	: 101.33 kPa
Hava akımı miktarı	: 86.13 m ³ /s
Hava yolu uzunluğu	: 200 m
Hava yolunun başlangıç kotu	: 0 m
Hava yolunun çıkış kotu	: - 200 m
Kesit alanı	: 33.18 m ²
Çevresi	: 20.42 m
Sürtünme katsayısı	: 0.081 kg/m ³ [7]

Hava yolunun girişinin yaşı : 21718 gün
Hava yolunun çıkışının yaşı : 21031 gün
Bakir kayaç sıcaklığı : 14.5 °C [8]
Jeotermal adım : 43.96 m⁰C [8]

Kesinliği az olan veriler :

Kayacın ısı iletkenliği : 2.637 W/m⁰C [9]
Kayacın ısı yayını : 1.234*10⁻⁶ m²/s [9]
Islaklık yüzdesi : % 12

Kesinliği az olan verilerden kayacın ısı iletkenliği ve yayını yaş sıcaklık, ıslaklık yüzdesi ise özellikle kuru sıcaklık üzerinde etkilidir. Bu yüzden yerinde alınan ölçüm değerleri ile CLIMSİM programı kullanılarak elde edilen benzetim sonuçları karşılaştırılarak kesinliği az olan verilerin duyarlılığı artırılmıştır [10]. CLIMSİM programının bir görüntüsü Şekil 4'te verilmiştir.

Clim1 - Branch Table

Branch	Name	Dry Bulb (°C)	Wet Bulb (°C)	Pressure (kPa)	Quantity (m³/s)	Length (m)	Depth In (m)	Depth Out (m)	Area (m²)	Perimeter (m)	Friction (kg/m²)	Wetness	Age In (days)	Age Out (days)	VRT In (°C)	Geo. Step (m)	Conductivity (W/m°C)	Diffusivity (m²/s*10 ⁻⁶)	Interval (m)	Description
1	0-200 kati	22.40	18.36	101.330	86.13	200	0	200	33.18	20.42	0.0810	0.12	21718	21031	14.5	44	2.637	1.234	20	1 nolu kuyu
2	200-300 kati	23.79	19.22	103.612	78.95	100	200	300	33.18	20.42	0.0810	0.12	21031	20667	19.1	44	2.637	1.234	20	1 nolu kuyu
3	300-425 kati	24.47	19.65	104.773	57.05	125	300	425	33.18	20.42	0.0810	0.12	20667	20258	21.3	44	2.637	1.234	20	1 nolu kuyu
4	425-560 kati	25.29	20.19	106.296	38.32	135	425	560	33.18	20.42	0.0810	0.12	7848	6388	24.2	44	2.637	1.234	20	1 nolu kuyu
5	560-840 arası	26.14	20.78	107.888	30.00	260	560	840	33.18	20.42	0.0810	0.12	913	1	27.2	44	2.637	1.234	10	1 nolu kuyu

Clim1 - Results Table - 560-840 arası

Row	Distance (m)	Dry Bulb (°C)	Wet Bulb (°C)	Pressure (kPa)	Moisture (g/kg)	Density (kg/m³)	Humidity (%)	Enthalpy (kJ/kg)	Sigma Heat (kJ/kg)	Dry Wall (°C)	VRT (°C)	MST (°C)	ET (°C)	WBGT (°C)	Strata QL (kW)	Strata GS (kW)	HTC (M/m²°C)	
1	0	26.14	20.78	107.888	12.18	1.247	61.16	57.33	56.27	26.2	27.2	33.47	20.11	22.39	0.00	0.00	10.246	
10	20	26.20	20.82	108.010	12.19	1.248	61.07	57.43	56.37	26.3	27.4	33.46	20.18	22.44	1.46	-1.29	10.240	
20	40	26.27	20.87	108.132	12.21	1.249	60.99	57.54	56.47	26.3	27.7	33.60	20.24	22.49	1.46	-1.28	10.235	
30	60	26.33	20.91	108.254	12.23	1.250	60.91	57.64	56.57	26.4	27.9	33.62	20.30	22.54	1.46	-1.27	10.230	
40	80	26.39	20.96	108.376	12.24	1.251	60.83	57.75	56.68	26.5	28.1	33.64	20.37	22.59	1.47	-1.26	10.225	
50	100	26.46	21.00	108.499	12.26	1.252	60.75	57.86	56.78	26.5	28.3	33.65	20.43	22.64	1.47	-1.25	10.220	
60	120	26.52	21.05	108.621	12.28	1.254	60.67	57.96	56.88	26.6	28.6	33.67	20.49	22.69	1.48	-1.24	10.215	
70	140	26.58	21.09	108.744	12.29	1.255	60.59	58.07	56.99	26.7	28.8	33.69	20.56	22.74	1.48	-1.23	10.210	
80	160	26.65	21.14	108.867	12.31	1.256	60.50	58.18	57.09	26.8	29.0	33.60	20.62	22.79	1.49	-1.21	10.206	
90	180	26.71	21.19	108.989	12.32	1.257	60.42	58.29	57.20	26.8	29.3	33.62	20.68	22.84	1.50	-1.20	10.201	
100	200	26.78	21.23	109.112	12.34	1.258	60.34	58.40	57.30	26.9	29.5	33.64	20.75	22.90	1.50	-1.19	10.196	
110	220	26.84	21.28	109.235	12.36	1.259	60.25	58.51	57.41	27.0	29.7	33.65	20.81	22.95	1.51	-1.18	10.192	
120	240	26.91	21.32	109.359	12.37	1.260	60.17	58.62	57.51	27.1	29.9	33.67	20.88	23.00	1.52	-1.16	10.187	
130	260	26.98	21.37	109.482	12.39	1.261	60.08	58.73	57.62	27.1	30.2	33.69	20.94	23.05	1.52	-1.15	10.182	
140	280	27.04	21.42	109.605	12.41	1.263	59.99	58.84	57.73	27.2	30.4	33.70	21.01	23.10	1.53	-1.13	10.178	
150	300	27.11	21.46	109.729	12.43	1.264	59.91	58.95	57.84	27.3	30.6	33.72	21.07	23.16	1.54	-1.12	10.173	
160	320	27.18	21.51	109.852	12.44	1.265	59.82	59.07	57.95	27.4	30.8	33.74	21.14	23.21	1.55	-1.10	10.169	
170	340	27.25	21.56	109.976	12.46	1.266	59.73	59.18	58.06	27.4	31.1	33.75	21.21	23.26	1.56	-1.08	10.164	
180	360	27.32	21.60	110.100	12.48	1.267	59.63	59.30	58.17	27.5	31.3	33.77	21.27	23.32	1.56	-1.06	10.160	
190	380	27.38	21.65	110.224	12.49	1.268	59.54	59.41	58.28	27.6	31.5	33.79	21.34	23.37	1.57	-1.04	10.155	
200	400	27.45	21.70	110.348	12.51	1.269	59.45	59.53	58.39	27.7	31.8	33.80	21.41	23.42	1.58	-1.01	10.151	
210	420	27.53	21.75	110.472	12.53	1.270	59.35	59.65	58.50	27.8	32.0	33.82	21.47	23.48	1.59	-0.99	10.147	
220	440	27.60	21.79	110.596	12.55	1.272	59.25	59.76	58.62	27.9	32.2	33.84	21.54	23.53	1.61	-0.95	10.143	
230	460	27.67	21.84	110.721	12.57	1.273	59.15	59.88	58.74	28.0	32.4	33.86	21.61	23.59	1.62	-0.91	10.138	
240	480	27.74	21.89	110.845	12.58	1.274	59.05	60.01	58.85	28.1	32.7	33.87	21.68	23.65	1.64	-0.87	10.134	
250	500	27.82	21.94	110.970	12.60	1.275	58.94	60.13	58.97	28.2	32.9	33.89	21.75	23.70	1.65	-0.80	10.130	
260	520	27.90	21.99	111.095	12.62	1.276	58.82	60.26	59.10	28.3	33.1	33.91	21.82	23.76	1.68	-0.71	10.127	
270	540	27.98	22.04	111.219	12.64	1.277	58.69	60.39	59.22	28.6	33.3	33.94	21.90	23.82	1.72	-0.54	10.123	
280	560	28.07	22.10	111.344	12.66	1.278	58.53	60.54	59.37	30.2	33.6	34.06	21.99	23.89	1.83	-0.08	10.120	
30	Strata heat totals: sensible heat = -29.28 kW, latent heat = 43.54 kW																	
31	Other heat totals: sensible heat = 0.00 kW, latent heat = 0.00 kW																	
32	Metabolic rate = 70 W/m², Skin temperature limit value = 36.00 °C																	

Şekil 4. Benzetiminde kullanılan veriler ve elde edilen sonuçların gösterildiği pencere.

CLIMSIM programı ile yapılan benzetim çalışmaları sonucunda kuyu boyunca herbir katın giriş havasının sıcaklık ve basınç değerleri tahmin edilmiş ve Çizelge 2’de verilmiştir.

Çizelge 2. Kuyu boyunca karşılaşılmaması muhtemel sıcaklık ve basınç değerleri

Kat	θ_d (°C)	θ_w (°C)	P (kPa)
Yeryüzü	22.4	18.36	101.33
-200	23.79	19.22	103.612
-300	24.47	19.65	104.773
-425	25.29	20.19	106.256
-560	26.14	20.78	107.888
-840	28.07	22.10	111.344

V. KUYU BOYUNCA PSİKROMETRİK KOŞULLAR

Çizelge 2’de verilen sıcaklık ve basınç değerleri psikrometrik eşitlikler yardımıyla değerlendirilmiş ve elde edilen sonuçlar Çizelge 3’te verilmiştir.

Çizelge 3. Kuyu boyunca psikrometrik koşullar

Kat	X, g/kg [Eşitlik 1,2,3 ve 4]	ρ_m (gerçek),kg/m ³ [Eşitlik 5 ve 8]	rh, % [Eşitlik 10 ve 11]	H,kJ/kg [Eşitlik 12]	S,kJ/kg [Eşitlik 13]
Yeryüzü	11.51	1.186	68.00	51.79	50.91
-200	11.72	1.207	65.03	53.73	52.79
-300	11.83	1.218	63.72	54.72	53.74
-425	11.98	1.231	62.34	55.96	54.94
-560	12.18	1.247	61.15	57.33	56.27
-840	12.66	1.278	58.53	60.54	59.37

Çizelge 3’deki psikrometrik koşullar değerlendirilerek kuyu boyunca oluşan ısı ve nem ilavesi belirlenmeye çalışılmıştır. Isı ve nem ilavesi 15 ve 16 eşitlikleri kullanılarak belirlenir. Kuyunun her bir katı için ayrı ayrı ısı ve nem ilavesi belirlenmiş ve bulunan değerler toplanarak toplam ilave belirlenmiştir (Çizelge 4) .

Çizelge 4. Kuyu boyunca ısı ve nem değişimi

<i>Kat</i>	$\rho_m(\text{görünür})$ [Eşitlik 9]	<i>Kütle Akışı</i> [Eşitlik 14]	<i>Isı İlavesi, kW</i> [Eşitlik 15]	<i>Nem İlavesi, g/s</i> [Eşitlik 16]
Yeryüzü/-200	1.173	101.03	189.936	21.2
-200/-300	1.193	94.187	89.478	10.4
-300/-425	1.204	68.689	82.427	10.3
-425/-560	1.217	46.635	62.025	9.3
-560/-840	1.232	36.96	114.576	19.8
TOPLAM			538.442 kW	71 g/s

Temmuz ayı ortalama koşulları dikkate alındığında kuyu boyuca havalandırma havasına 538.442 kW ısı, 71 g/s'de nem ilavesi olacağı beklenilebilir.

VI. SONUÇLAR

TTK Kozlu Taşkömürü İşletme Müessesesi 1 Numaralı Kuyu Boyunca Psikrometrik Koşulların İncelenmesi Sonucunda :

⇒ Yeryüzünden -840 koduna kadar ulaşan havalandırma havasında “ısınma-nem artışı” oluşmaktadır.

⇒ Kuyu boyunca havalandırma havasına transfer olacak ısının 538.442 kW , nemin de 71 g/s olacağı beklenilebilir.

⇒ TTK Kozlu Taşkömürü İşletme Müessesesi'nde iklimsel koşullarında herhangi bir olumsuzluk gözlenmemiştir. Ancak yakın gelecekte faaliyete geçirilecek olan -840 kodunda özellikle yaz aylarında sıcaklık probleminin yaşanması muhtemeldir.

KAYNAKLAR

[1] M.J. McPherson, “Subsurface Ventilation and Environmental Engineering”, Chapman&Hall, 905 p. 1993.

[2] R. Hemp, “Psychrometry”, Environmental Engineering in South African Mines, pp.435-463, 1982.

- [3] M.J. McPherson, “A Direct Relationship Between Sigma Heat and Wet Bulb Temperature”, Journal of the Mine Ventilation Society of South Africa, June, pp.71-72, 1984.
- [4] B. Johnson, “Heat, Humidity, and Air Conditioning”, SME Mining Engineering Handbook, pp.1028-1039, 1992.
- [5] MVS, “CLIMSIM™ for Windows Version 1.0”, Users Manual and General Theory, Mine Ventilation Services, Inc. 1997.
- [6] Meteoroloji Bülteni, Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü Yayını, 1974.
- [7] E. Ayvazoğlu, “Ereğli Kömürleri İşletmesi Kozlu Bölgesi Havalandırma Problemlerinin Etüdü”, İTÜ Maden Fakültesi, 1973.
- [8] Ü.Y. Önder, ve T. Güyagüler, “TTK Karadon Bölgesi Yeraltı Ocaklarında Jeotermal Gradyantın Belirlenmesi”, Türkiye 14. Madencilik Kongresi Bildiriler Kitabı, s.131-135, 1995.
- [9] K&K Associates, “Material Properties II”, Data-set 2 Ver 1.02. 1997
- [10] M. Önder, “Yeraltı Ocaklarındaki İklim Koşullarının Benzetimi”, Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, 2001.