

TRAKYA FORMASYONU GROVAKLARININ DONMA – ÇÖZÜNME DAVRANIŞI, (AYAZAĞA-İSTANBUL)

Freezing and Thawing Behavior of Trakya Formation Graywake, (Ayazaga-Istanbul)

Erkan BOZKURTOĞLU¹, Mesut İŞ², Merve YAZICI³

ÖZET

Bu çalışmada Trakya Formasyonu grovak seviyelerinin donma – çözünme davranışı ve bu davranışın fiziksel ve mekanik özelliklerle olan ilişkisi araştırılmıştır. Grovaklar donma – çözünme etkisine karşı 2 farklı davranış sunmaktadır. Kayaç örneklerin %81.25 inin donma – çözünme sonrası ağırlık kaybı %1 değerinin altında kalmış, %18.75 inin ağırlıkça aşınma kaybı değerleri %1 ile %36 arasında gelişmiştir. Donma – çözünme etkisi ile kayacın aşınma kaybı değerleri %0.027 – %35.193 arasında değişmekte olup ortalama değer %0.236 olarak hesaplanmıştır. Grovakların donma – çözünme sonrası ağırlıkça aşınma kaybı değerleri %1 den az ise kayacın fiziksel özellikleri ile olan ilişkisi %51 – %59 arasında değişen uyumluluk ile polinom fonksiyonlarla ifade edilmektedir. Grovakların donma – çözünme sonrası ağırlıkça aşınma kaybı değerleri %1 den fazla olduğunda kayacın fiziksel özellikleri ile olan ilişkisi %97 – %100 uyumluluk ile doğrusal fonksiyonlarla ifade edilmektedir. Grovakların donma – çözünme sonrası ağırlıkça aşınma kaybı değerlerinin %1 den az olması durumunda kayacın mekanik özellikleri ile olan ilişkisi %64 uyumluluk ile üstel, %1 den fazla olması durumunda ise mekanik özellikler ile ilişki %100 uyumluluk ile polinom fonksiyonlarla ifade edilmektedir.

ABSTRACT

In this study, the freezing and thawing behavior of the greywacke facieses of Trakya formation, and the relationship of this behavior with physical and mechanical properties of the rocks were investigated. Graywake exhibits 2 different behaviour for the freezing and thawing. The freezing – thawing weight lost is less than 1% for 81.25% of rock specimens, and the weight lost is between 1% and 36% for 18.75% of rock specimens. The freezing – thawing weight lost values of rock changes between 0.027% and 35.193% and the average value is calculated as 0.236%. The relation between physical properties and freezing and thawing behavior is expressed as a polinomial function with 51% – 59% correlation for the rock having weight lost less than 1%. The relation between physical properties and freezing and thawing behavior is expressed as a linear function with 97% – 100% correlation for the rock having weight lost more than 1%. The relation between mechanical properties and freezing and thawing behavior is expressed as a power function with 64% correlation for the rock having weight lost less than 1% and with 100% correlation for the rock having weight lost more than 1%.

GİRİŞ

Kayaçlar çeşitli etmenler ile ayrışır. Kayaç ayrışmasında önemli etmenlerden birisi de kayacın etkisi altında kaldığı donma – çözünme olaylarıdır. Kayacın donma – çözünme davranışı kayacın bünye özellikleri ile ilişkilidir. Bu çalışmada kayacın bünye özelliklerinden olan fiziksel ve mekanik özelliklerinin kayacın donma – çözünme davranışına etkisi araştırılmıştır. Çalışma, İstanbul ilinde geniş bir alanda yayılımı bulunan Trakya formasyonunun grovakları kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Türbiditik çökel istif olan grovaklar çimento malzemesi yanında çökel istifin daha küçük daneli malzemesi ile de çimentoludur. Kayacın içerisinde bol miktarda mika vardır ve mika minerali değişik etmenler ile ayrışmaya son derece yatkındır. Çalışmada, grovakların fiziksel özellikleri, donma – çözünme davranışı, nokta yük dayanımları ve bu özellikleri arasındaki ilişkiler grafiksel irdeleme ile yorumlanmış ve kayacın donma – çözünme etkisine karşı ağırlık kaybına ait

¹İstanbul Teknik Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü e-mail: erkan@itu.edu.tr

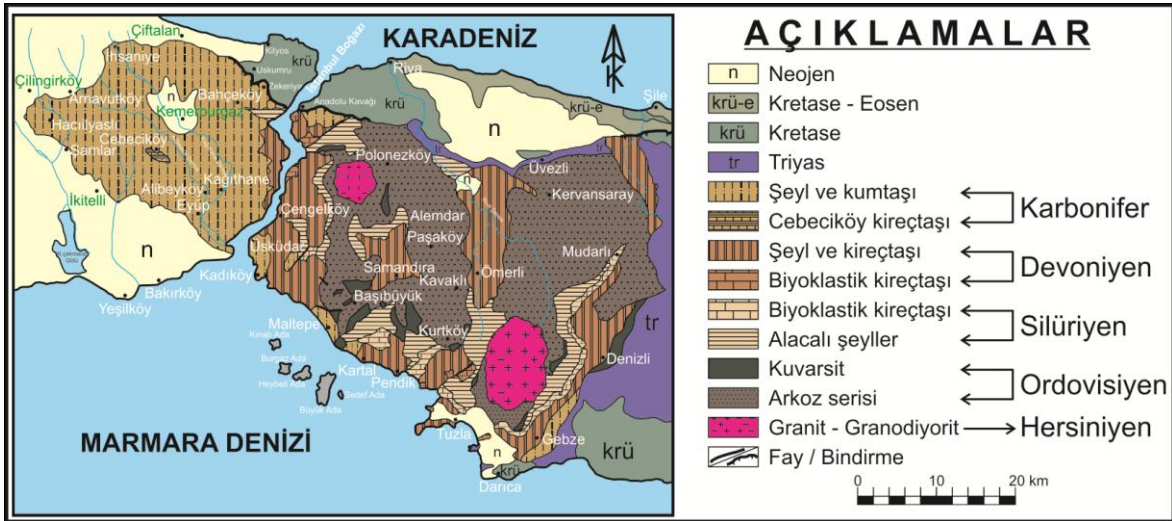
²Karadeniz Teknik Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği e-mail:mesutis@gmail.com

³Kocaeli Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği e-mail:merve_yazz@hotmail.com

davranışının %81.25 lik bir oran ile %1 den az olduğu anlaşılmıştır. Grovakların donma – çözünme davranışı ile fiziksel ve mekanik özellikleri arasındaki uyumluluk aşınma kaybı değerinin %1 sınırından az veya çok olmasına bağlı olarak %51 ile %100 arasında değişen uyumluluklar ile polinom, doğrusal ve üstel eşitlikler ile temsil edilebileceği belirlenmiştir.

Jeoloji

Trakya Formasyonu İstanbul Paleozoïği'nin üst birimini oluşturur ve çoğunlukla İstanbul Boğazı'nın batı yakasında yüzeyleir (Şekil 1). Alt Karbonifer yaşlı ve grovak, şeyl ardışımından oluşan bir birimdir. Birim fosfat yumruları içeren çört tabakalarıyla başlar ve üzerine ardalanmalı olarak şeyl, kilitaşı, kumtaşı, grovak, türbiditik kumtaşı, silttaşı ve çamurtaşı gibi klastik bir istif gelir ve Cebeciköy kireçtaşı birimine yanal yönde dereceli olarak geçer. Açık gri yeşilimsi, kahve, boz ve kurşuni renkli birim andezit, diyabaz, dayk ve silleri ile kesilmekte, atmosferik etkiler sonucu açık kahve ve kirli sarımsı olmaktadır. Tabaka kalınlıkları kumtaşı ve grovaklarda 5 – 50 cm, şeyl ve silttaşlarında 1 – 25 cm arasında değişmektedir. Kalınlıklar yer yer kumtaşlarında 60, silttaşlarında 30 cm'yi geçmektedir. Bol serizit içeren silttaşları çoğunlukla 1 mm'den az çatlak açıklığı ve 1 – 10 cm arasında değişen çatlak aralık değerleri sunar. Silttaşı ve şeyller ince kesitlerde bol miktarda kil ile %25 – 30 civarında küt köşeli, silt boyutlu kuvars kırıntıları ve %1 – 2 civarında gelişigüzel dağılmış ince kum boyutlu kuvars daneleri içerir (İmer, 1984).



Şekil 1. İstanbul ili basitleştirilmiş genel jeoloji haritası (Ketin, 1983'den yararlanılıp çizilmiştir)
Figure 1. The simplified general geological map of Istanbul (prepared by using Ketin, 1983)

Grovakların Fiziksel Özellikleri

Kayaçların davranış, mekanik ve teknolojik özellikleri üzerinde önemli ölçüde etkili olan; özgül ağırlık, birim hacim ağırlık, porozite, boşluk oranı, su emme, geçirimsizlik, sertlik, elastik dalga hızını iletme vs fiziksel özellikleri, kayaçların ayrışma derecesi ve kayaç değişim değerlerinin tanımlanmasında da kullanılan sayısal büyüklüklerdir. Grovakların fiziksel özellikleri 16 adet örnek üzerinde TS 699 standartına göre gerçekleştirilen deney sonucunda belirlenmiştir. Grovakların fiziksel özellik değerleri Çizelge 1 ile verilmiştir.

Kayaçların mekanik özelliği, geçirgenliği (permeabilite), sızma problemleri, su hareketleri, temellerdeki oturmaların hesaplanması gibi bir çok özelliğini etkileyen porozite değerleri Moos-Quervain (1948) ve Anon (1979) tarafından sınıflandırılma kriteri olarak önerilmiştir (Çizelge 2).

Çizelge 1. Grovackların fiziksel özellik değerleri**Table 1.** Physical properties of graywake

Değerler	Kuru Birim Hacim Ağırlık γ_k , (kN/m ³)	Doygun Birim Hacim Ağırlık γ_d , (kN/m ³)	Su İçeriği w (%)	Porozite n (%)	Boşluk Oranı e (%)
Minimum	23.44	24.32	1.29	3.44	3.56
Ortalama	25.11	25.60	1.97	5.03	5.31
Maksimum	26.09	26.48	3.65	8.90	9.77

Çizelge 2. Kayaçların porozite değerlerine göre sınıflandırılması**Table 2.** Classification of rocks by porosity

Moos-Quervain, 1948 Sınıflaması		Anon, 1979 Sınıflaması	
Porozite (%)	Kaya Sınıfı	Porozite (%)	Tanımlama
< 1	Çok kompakt	> 30	Çok yüksek
1 – 2,5	Az boşluklu	30 – 15	Yüksek
2,5 – 5	Orta boşluklu	15 – 5	Orta
5 – 10	Oldukça boşluklu	5 – 1	Düşük
10 – 20	Çok boşluklu	< 1	Çok düşük
> 20	Çok fazla boşluklu		

Grovacklar Moos-Quervain (1948) sınıflamasına göre “Orta boşluklu – Oldukça boşluklu” kaya sınıfında yer almaktadır. Kayaç Anon (1979) sınıflamasına göre Düşük – Orta porozite değerine sahip kayaç grubundadır.

Grovackların Mekanik Özellikleri

Direnç özellikleri; kayaçları oluşturan dane ve minerallerin iç yapılarına, oluşum şartlarına, dizilişlerine bağlı olduğu kadar kayaçların etkisi altında kaldıkları gerilme koşulları, deformasyonlar, ayrışma ve alterasyon gelişimi, zaman ve benzeri gibi faktörlerle de yakından ilişkilidir. Kayaçların direnç özelliklerinin belirlenmesinde kullanılan deney yöntemlerinden birisi nokta yük deneyidir. Bu çalışmada Grovackların direnç özelliği 16 adet örnek üzerinde ASTM D 5731-95 (1995) standardına göre yapılmış olan nokta yük deneyi ile belirlenmiştir. Grovackların nokta yük direnç değerleri 0.19 – 0.97 MPa arasında değişmektedir. Kayacın ortalama nokta yük direnç dayanımı 0.41 MPa dır. Kayaçlar nokta yük dirençlerine göre Franklin ve Broch (1972) ile Bieniawski (1975) tarafından önerilen şekilde sınıflandırılmışlardır (Çizelge 3).

Grovackların nokta yük direnç değerlerine göre Franklin ve Broch (1972) sınıflamasında “Düşük – Orta dirençli” kayaç sınıfındadır. Kayacın Bieniawski (1975) tarafından önerilmiş olan nokta yük direnç değerlerine göre yapılmış sınıflamaya göre yeri “Çok düşük dirençli” kayaç sınıfıdır.

Grovackların Donma – Çözünme Davranışı

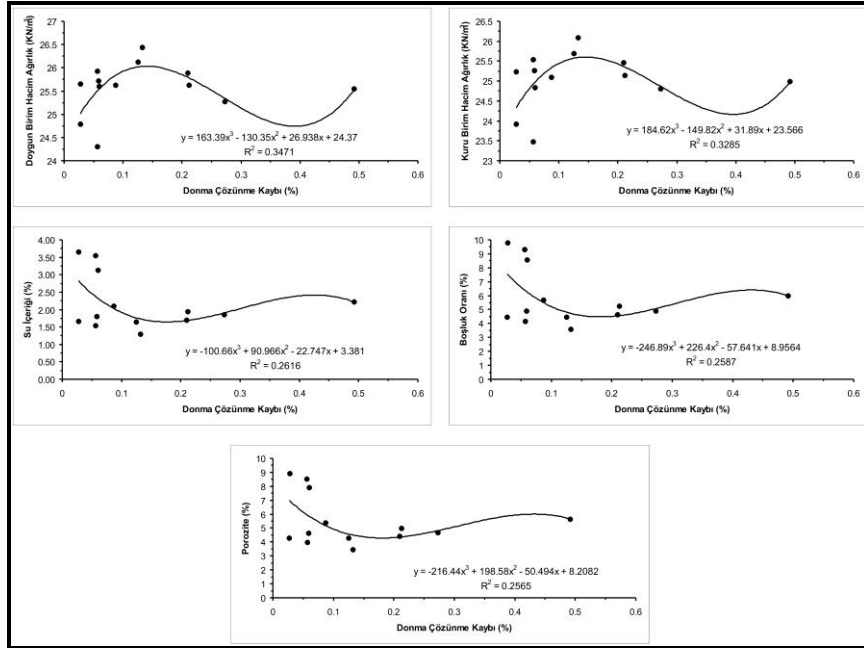
Kayaçların donma – çözünme etkisine karşı davranışı minerolojileri, petrografik özellikleri, kimyası, fiziksel ve mekanik özelliklerinin oluşturduğu bünye davranışı ile ilişkilidir. Grovackların donma – çözünme davranışları 16 adet örnek üzerinde TS 699 standartına göre gerçekleştirilen deney sonucunda belirlenmiştir. Grovackların donma – çözünme sonucu kayaç bünyesinde oluşan aşınma değerleri %0.027 – %35.193 arasında değişmekte olup ortalama değer %0.236 dır.

Çizelge 3. Kayaçların nokta yük dirençlerine göre sınıflandırılması
Table 3. Classification of rocks by point load

Franklin ve Broch (1972)			Bieniawski (1975)	
Kayaç Sınıfı	Nokta Yük Direnci MPa	Eş Tek Eksenli Sıkışma Direnci MPa	Kayaç Sınıfı	Nokta Yük Direnci MPa
Oldukça yüksek dirençli	> 10	> 160	-	
Çok yüksek dirençli	3 – 10	50 – 160	Çok yüksek dirençli	> 7.845
Yüksek dirençli	1 – 3	15 – 60	Yüksek dirençli	7.845 – 3.923
Orta dirençli	0.3 – 1	5 – 16	Orta dirençli	3.923 – 1.961
Düşük dirençli	0.1 – 0.3	1.6 – 5	Düşük dirençli	1.961 – 0.981
Çok düşük dirençli	0.03 – 0.1	0.5 – 1.6	Çok düşük dirençli	< 0.981
Oldukça düşük dirençli	< 0.03	< 0.5	-	

GROVAKLARIN DONMA – ÇÖZÜNME DAVRANIŞI İLE FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ ARASINDAKİ İLİŞKİLER

Grovaklar donma – çözünme etkisine karşı 2 farklı davranış sunmaktadır. 16 adet kayaç örneğin 13 tanesinin (%81.25) donma – çözünme sonrası ağırlık kaybı %1 değerinin altında kalmıştır. 3 örneğin (%18.75) ağırlıkça aşınma kaybı değerleri %1 ile %36 arasındadır. Bu değerler grovakların donma – çözünme davranışı ile fiziksel özellikleri arasında kurulacak ilişkinin %1 sınır değerine göre değerlendirilmesini gerektirmiştir. Kayaçların donma – çözünme sonrası ağırlıkça aşınma kaybı değerlerinin %1 den az olması durumunda kayacın fiziksel özellikleri ile olan ilişkisi polinom fonksiyonlarla ifade edilmektedir. Bu ilişkiler aşağıda Şekil 2 ve Çizelge 4 ile verilmiştir.



Şekil 2. Trakya formasyonu grovaklarının donma – çözünme kaybı (DÇK) ile fiziksel özellikleri ilişkisi (Donma – çözünme kaybı %1 den az)

Figure 2. The relation between freezing – thawing lost and physical properties of Trakya formation graywacke (Freezing – thawing weight lost less than 1%)

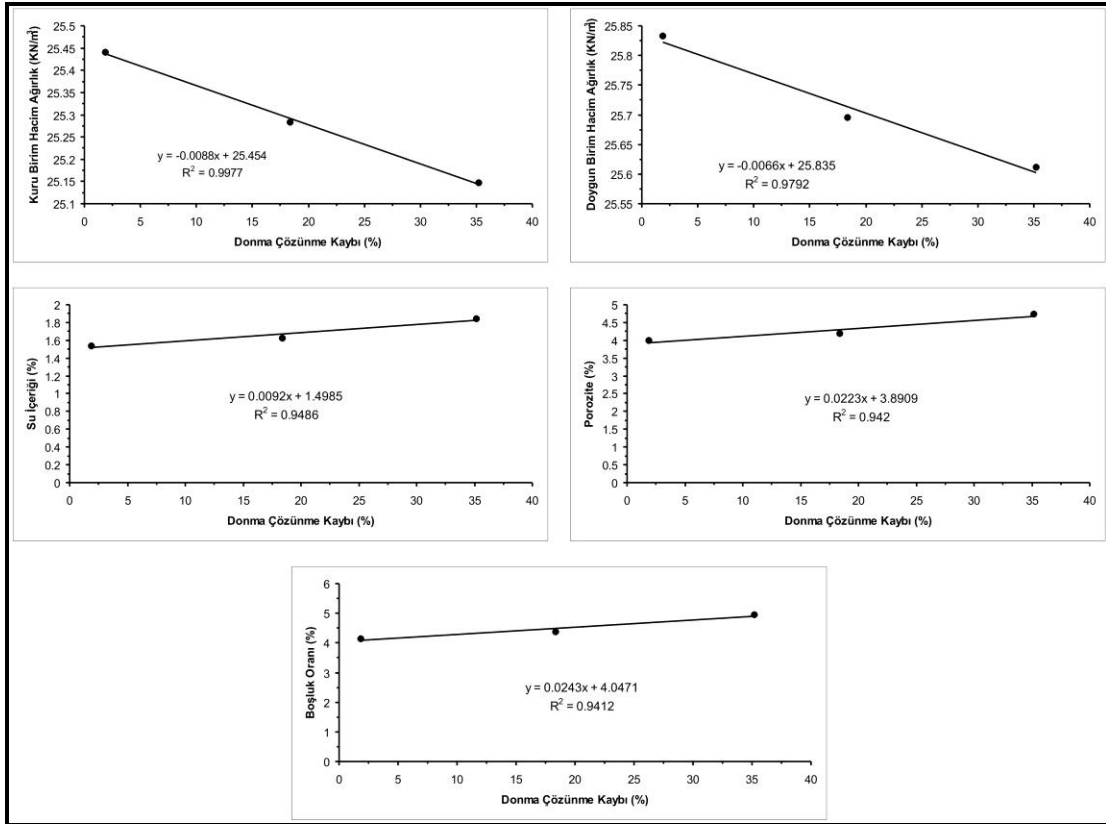
Çizelge 4. Trakya formasyonu grovıklarının donma – çözünme kaybı (DÇK) ile fiziksel özellikleri ilişkisi (Donma – çözünme kaybı %1 den az)

Table 4. The relation between freezing – thawing weight lost and physical properties of Trakya formation graywake (Freezing – thawing weight lost less than 1%)

Fiziksel Özellikler	Donma – Çözünme Kaybı (DÇK) İlişkisi	Korelasyon
Doygun birim hacim ağırlık (γ_d)	$\gamma_d = 163.39DÇK^3 - 130.35DÇK^2 + 26.938DÇK + 24.37$	0.59
Kuru birim hacim ağırlık (γ_k)	$\gamma_k = 184.62DÇK^3 - 149.82DÇK^2 + 31.89DÇK + 23.566$	0.57
Su içeriği	$w = -100.66DÇK^3 + 90.966DÇK^2 - 22.747DÇK + 3.381$	0.51
Boşluk oranı	$e = -246.89DÇK^3 + 226.4DÇK^2 - 57.641DÇK + 8.9564$	0.51
Porozite	$n = -216.44DÇK^3 + 198.58DÇK^2 - 50.494DÇK + 8.2082$	0.51

Grovıkların donma – çözünme davranışı ile fiziksel özellikleri arasında etki sıralaması, donma – çözünme davranışı sonucu ağırlıkça kayaç kaybının %1 den az olması durumunda doymuş birim hacim ağırlık, kuru birim hacim ağırlık, su içeriği, boşluk oranı ve porozite şeklindedir. Bu etmenlerin etkiye derecesi ise korelasyon değerlerine göre birbirine çok yakındır (Şekil 2, Çizelge 4).

Kayaçların donma – çözünme sonrası ağırlıkça aşınma kaybı değerlerinin %1 den fazla olması durumunda kayacın fiziksel özellikleri ile olan ilişkisi doğrusal fonksiyonlarla ifade edilmektedir. Bu ilişkiler aşağıda Şekil 3 ve Çizelge 5 ile verilmiştir.



Şekil 3. Trakya formasyonu grovıklarının donma – çözünme kaybı (DÇK) ile fiziksel özellikleri ilişkisi (Donma – çözünme kaybı %1 den fazla)

Figure 3. The relation between freezing – thawing weight lost and physical properties of Trakya formation graywake (Freezing – thawing weight lost more than 1%)

Çizelge 5. Trakya formasyonu grovaklarının donma – çözünme kaybı (DÇK) ile fiziksel özellikleri ilişkisi (Donma – çözünme kaybı %1 den fazla)

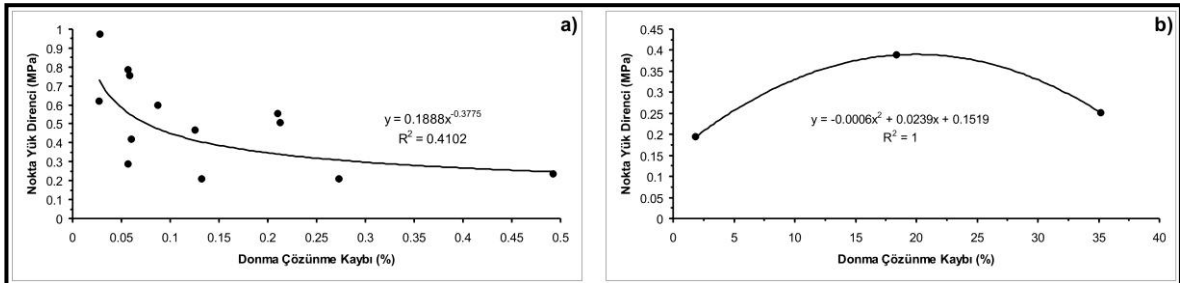
Figure 5. The relation between freezing – thawing weight lost and physical properties of Trakya formation graywake (Freezing – thawing weight lost more than 1%)

Fiziksel Özellikler	Donma – Çözünme Kaybı (DÇK) İlişkisi	Korelasyon
Doygun birim hacim ağırlık (γ_d)	$\gamma_d = -0.0088DÇK + 25.454$	0.999
Kuru birim hacim ağırlık (γ_k)	$\gamma_k = -0.0066DÇK + 25.835$	0.990
Su içeriği	$w = 0.0092DÇK + 1.4985$	0.974
Porozite	$n = 0.0223DÇK + 3.8909$	0.971
Boşluk oranı	$e = 0.0243DÇK + 4.0471$	0.970

Grovakların donma – çözünme davranışı ile fiziksel özellikleri arasında etki sıralaması, donma – çözünme davranışı sonucu ağırlıkça kayaç kaybının %1 den az olması durumunda doymuş birim hacim ağırlık, kuru birim hacim ağırlık, su içeriği, porozite ve boşluk oranı şeklindedir.

GROVAKLARIN DONMA – ÇÖZÜNME DAVRANIŞI İLE MEKANİK ÖZELLİKLERİ ARASINDAKİ İLİŞKİLER

Grovaklar donma – çözünme etkisine karşı 2 farklı davranış sunması nedeniyle kayacın donma – çözünme davranışı ile mekanik özellikleri arasında kurulacak ilişki de %1 sınır değerine göre değerlendirilmiştir. Kayaçların donma – çözünme sonrası ağırlıkça aşınma kaybı değerlerinin %1 den az olması durumunda kayacın mekanik özellikleri ile olan ilişkisi üstel (Şekil 4a), %1 den fazla olması durumunda ise ilişki polinom fonksiyonlarla ifade edilmektedir (Şekil 4b).



Şekil 4. Trakya formasyonu grovaklarının donma – çözünme kaybı (DÇK) ile mekanik özellikleri ilişkisi

Figure 4. The relation between freezing – thawing weight lost and physical properties of Trakya formation graywake

Grovakların donma – çözünme davranışı sonucu ağırlık kaybının %1 den az olması durumunda donma – çözünme kaybı (DÇK) ile nokta yük dayanımı (NYD) arasındaki ilişki 0.641 korelasyon doğruluğu ile;

$$NYD = 0.1888DÇK^{-0.3775} \quad (1)$$

Eşitlik (1) ile verilmiş olan üstel denklemlerle, grovakların donma – çözünme davranışı sonucu ağırlık kaybının %1 den fazla olması durumunda donma – çözünme kaybı (DÇK) ile nokta yük dayanımı (NYD) arasındaki ilişki 1 korelasyon doğruluğu ile;

$$NYD = -0.0006DÇK^2 + 0.0239DÇK + 0.1519 \quad (2)$$

şeklinde verilmiş olan eşitlik (2) ile tanımlanabilir. Kayacın homojen bünye davranışı olarak nitelenebilecek ve 2 nolu eşitlik ile temsil edilen %100 lük ($r = 1$) uyumluluk, donma – çözünme etkisi altında kalan kayaç bünyesinde fiziksel zorlanma sonucu gerçekleşen yeni mikro çatlak düzlemlerindeki çatlak yüzeyi pürüzlülüğü ve malzeme köprülerinin yaklaşık %20 donma kaybı sınırına kadar sağlamış olduğu kayaç bünyesindeki artı dayanım, %20 donma kaybı sınırından sonra kayaç bünyesindeki mikro çatlak açıklıklarının artması ile pürüzlü yüzeylerin birbiri ile oluşan kontakt yüzeylerinin azalması ve malzeme köprülerinin zayıflaması ile sonuçlanan dayanım kaybının kayacın direnç – donma çözünme kaybı davranışına yansımaları olarak değerlendirilebilir.

SONUÇ ve TARTIŞMA

Moos-Quervain (1948) sınıflamasına göre “Orta boşluklu – Oldukça boşluklu”, Anon (1979) sınıflamasına göre “Düşük – Orta porozite”, Franklin ve Broch (1972) sınıflamasında “Düşük – Orta dirençli”, Bieniawski (1975) sınıflamasında “Çok düşük dirençli” kayaç sınıfında yer alan grovaklar donma – çözünme etkisine karşı 2 farklı davranış göstermiştir. Grovakların %81.25 i donma – çözünme etkisine karşı direnç göstermiş ve ağırlıkça %1 den daha düşük değerlerde aşınmıştır. Grovak örneklerin bu kesimlerinin donma – çözünme davranışı ile fiziksel özellik değerleri arasında polinom, donma – çözünme davranışı ile nokta yük dayanımı arasında üstel denklemler ile ifade edilen ve geçerliliği 0.641 ile 0.51 arasında değişen eşitlikler mevcuttur. Grovakların %18.75 i donma – çözünme etkisine karşı direnç gösterememiş ve ağırlıkça %36 ya varan değerlerde aşınmıştır. Grovak örneklerin bu kesimlerinin donma – çözünme davranışı ile fiziksel özellik değerleri arasında doğrusal, donma – çözünme davranışı ile nokta yük dayanımı arasında polinom denklemler ile ifade edilen ve geçerliliği 1 ile 0.9702 arasında değişen eşitlikler mevcuttur. Grovakların donma – çözünme olaylarına karşı sergilemiş olduğu 2 farklı davranış kayaç bünyesinde ayrışmaya yatkın minerallerin varlığı ve oranı ile kayacın çimento malzemesinin kalitesiyle ilişkilidir. Bu özellikleri ile Trakya formasyonu grovakları çeşitli amaçlı mühendislik uygulamaları için kayaç malzeme olarak kullanılabilirlik açısından arzu edilmeyen sonuçlarla karşılaşılması için son derece detaylı araştırılmalıdır. Benzer çalışmanın daha fazla sayıda örneklerle yapılması ve kayaç bünyesindeki ayrışmaya yatkın minerallerin varlığı, oranı ve kayacın çimento malzemesinin özelliği – kalitesiyle ilişkilendirilmesi sonucunda Trakya formasyonu grovaklarının donma – çözünme etkisine karşı davranışı daha detaylı modellenebilecektir. Bu durumda grovakların donma – çözünme etkisine karşı direnç göstermiş ve ağırlıkça %1 den daha düşük değerler ile %1 den daha fazla değerlerde aşınma sunan örnekleri için grovaklarının donma – çözünme etkisine karşı davranışının matematiksel ifadeleri daha yüksek korelasyon sayıları ile tanımlanabilir.

KAYNAKLAR

ANON, 1979. Classification of rocks and soils for engineering geological mapping. Part I – rock and soil materials. Bull. Int. Assoc. Eng. Geol. 19, p.364–371.

BIENIAWSKI, Z.T., 1975. The point load test in geotechnical practice. Engineering Geology, vol 9, p.1-11.

FRANKLIN, J.A. AND BROCH, E., 1972. The point load strength test. International Journal of rock mechanics and mining science, vol 9, p.669-97.

İMER, R.R., 1984. İTÜ Ayazağa Kampüsü Mühendislik Jeolojisi. YL Tezi. 64s., İstanbul.

KETİN, İ., 1983. Türkiye Jeolojisine Genel Bir Bakış. İTÜ Vakfı, Yayın No: 32, 595s., İstanbul.

MOOS, A.V., De QUERVAİN, F.De., 1948. Technische Gesteinkunde. Verlag Birkhauser, Basel.

TS 699, 1987. Tabii Yapı Taşları – Muayene ve Denev Metotları, ICS 91.100.01;91.100.15. Türk Standartları Enstitüsü, 76s., Ankara.