

AYNI BÖLGEYE AİT ZEMİN NUMUNELERİNİN FİZİKSEL ÖZELLİKLERİNİN NMR VE ZEMİN MEKANIĞI DENEYLERİ İLE İNCELENMESİ

AN INVESTIGATION ON PHYSICAL PARAMETERS OF SOIL SAMPLES BY NMR AND SOIL MECHANICS EXPERIMENTS

SANDALCI M.⁻¹, KINALIBALABAN B.⁻², SÜNBÜL F.⁻³, BEYHAN G.⁻⁴

Posta Adresi: Sakarya Üniversitesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü D-1 Blok, 54187 Esentepe kampüsü, Sakarya/Türkiye

E-posta: murat_sandalci@yahoo.com, birgulkinalibalaban@yahoo.com, fsunbul@sakarya.edu.tr, gbeyhan@sakarya.edu.tr

Anahtar Kelimeler: NMR, Su Muhtevası, Porozite, Zemin Mekaniği.

ÖZ Nükleer Manyetik Rezonans çalışmalarının temeli çekirdeğin manyetik özelliğine dayanır (Balci, M. 2000). Her elektrik akımı çevresinde manyetik alan oluşturur. Eksen etrafında dönen bir atom çekirdeği de yüklü olması nedeniyle çevresinde bir manyetik alan meydana getirir. Manyetik rezonans tekniği mıknatıslanma özelliğine sahip atomların çekirdeğinin davranışını inceler. NMR kuyu çalışmalarında ve laboratuvar uygulamalarında kullanılan bir tekniktir (Yaramancı 2004, Legchenko vd. 2002, Müller vd. 2002 ve 2005, Schirov vd. 1991). Zemin mekaniği için en önemli parametrelerden bir tanesi akışkanlardır. Akışkanlardan elde edilecek verilerden zeminin fiziksel parametreleri elde edilebilir (Sünbül vd. 2004). Bu çalışmada; alınan zemin örneklerinin fiziksel parametreleri hem zemin mekaniği laboratuvarında, hem de NMR laboratuvarında ölçülerek sonuçları korele edildi. Bu çalışma Berlin Teknik Üniversitesi Laboratuvarlarında uygulandı.

Key Words: NMR, Water Content, Porosity, Soil Mechanics.

ABSTRACT *The fundamentals of NMR studies are depended on magnetic properties of nuclei (Balci, M., 2000). The NMR is a technique used for well-logging and lab applications (Yaramancı 2004, Legchenko et al., 2002, Müller et al., 2002 and 2005, Schirov et al., 1991). In this study, we have investigated lab physical parameters and NMR properties of samples. And all data have been correlated with each experimental result.*

GİRİŞ

Manyetik rezonans tekniği mıknatıslanma özelliğine sahip hidrojen atomu çekirdeğinin davranışını inceler. Eksen etrafında dönen hidrojen atom çekirdeğinde yüklü olması nedeniyle çevresinde bir manyetik alan meydana getirir. Zemin mekaniğinde en önemli parametrelerden bir tanesi akışkanlardır. Akışkanlardan elde edilen veriler gözeneklilik, gözenek boyutu gibi fiziksel parametrelerdir. NMR tekniğinde kullanılan hidrojen atomu doğrudan bize zemin içerisindeki suya bağlı akışkan hakkında bilgi verir. Bu çalışmada temel prensip proton ve nötronların kendi çevrelerinde dönmesiyle kazandıkları açısal momentum ve buna bağlı oluşan spin hareketlerinin gözlemlenmesidir. Eğer atomda bulunan proton ve nötronlar çift sayıda ise spin momentumları da birbirlerini sönmüleyerek sıfır olacak ve mıknatıslık özelliklerinden faydalanılamayacaktır. Eğer atomun spin hareketi var ise bu atom mıknatıslık özelliği gösterir ve NMR özelliği ile ölçüm yapılabilir. Manyetik rezonans cihazı hidrojen atomunun çekirdeğin manyetik alan

altındaki davranışını inceler ve örnek içerisindeki su muhtevası, gözeneklilik, geçirgenlik gibi temel fiziksel özellikler belirlenebilir. Bu çalışmada da hidrojenin spin özelliğinden yola çıkılarak aynı çalışma alanından elde edilen numunelerin fiziksel özelliklerini araştırmada laboratuvar özelliklerinin yanında NMR özellikleri de incelenmiş ve sonuçlar birbirleriyle karşılaştırılmıştır.

TEORİ ve METOT

Manyetik bir alan olmadığı zaman manyetik moment gelişigüzel yönlendirilir. Dış manyetik alan altındaki tüm atomların çekirdekleri statik manyetik alan doğrultusunda sıralanmıştır. Buna göre çekirdeğin eksenini etrafında dönmesi olayına çekirdek spini denir. Bir çekirdeğin açısal momentumu ile manyetik momenti arasında;

$$\mu = \gamma \cdot P \quad (1)$$

bağıntısı vardır (Dunn K., J., vd., 2002).

μ : Manyetik Moment, γ : Jiromanyetik Sabit, P: Açısal Momentum.

Tüm NMR deneyleri homojen manyetik alan içerisinde sıralanan protonların dışarıdan verilen bir enerji ile üst enerji seviyesine geçmesi ile gerçekleşir. Alt seviyede bulunan proton, enerji olarak üst seviyeye geçer. Bu olaya genel olarak rezonans denir. Rezonans olayının gerçekleşebilmesi için zemin numunesi homojen ve sabit bir manyetik alan içerisine konur. Buna göre denge manyetizasyonu M_z olarak tanımlanır daha sonra güçlü elektromanyetik ışınlandırma yapılır. NMR tekniğinde kullanılan manyetik alan şiddeti 0,3-2 Tesla arasındadır. 1 Tesla, 10^4 Gauss'tur. Dünyanın manyetik alan şiddeti 0,5 Gauss olduğu düşünüldüğünde manyetik rezonans ölçümlerinde kullanılan enerjinin büyüklüğü açıkça görülmektedir. Ölçümde verilen manyetik alan uygulamasında protonlar rezonans sonucu alt seviyeden üst seviyeye geçerek enerji seviyeleri popülasyonu değişir. Sistemdeki dengenin yeniden sağlanabilmesi için üst enerji seviyesinde bulunan protonlar fazla enerjilerini dışarıya vererek tekrar eski konumlarına yani alt enerji seviyelerine dönerler. Bu olay NMR' da durulma olayı yani relaksasyon (gevşeme) zamanı olarak ölçülür. Bu zaman milisaniye olarak kaydedilir. Bu zaman aralığı zemin içerisindeki boşluk oranı ile doğru orantılıdır. Eğer boşluk büyükse relaksasyon zamanı da büyük olacaktır. Boşluk oranı küçükse zemin numunesi içerisinde dış manyetik alan etkisiyle hareket eden protonlar boşluk çeperlerine çarpıp daha hızlı bir şekilde geri dönecektir. Bu ölçümle farklı zemin numuneleri arasındaki boşluk oranları karşılaştırılabilir.

Denge manyetizasyonu M_z' den,

$$M_z = M_0 \left(1 - \exp\left(-t/T_1\right)\right) \quad (2)$$

M_0 denge konumuna dönmesini tanımlayan zaman sabiti spin döngü relaksasyon zamanı T_1 hesaplanır. Bu tanım boylamsal manyetizasyondur. Yatay manyetizasyon için;

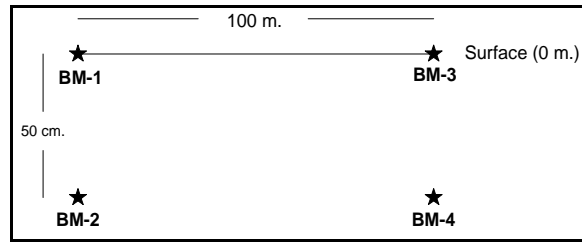
$$M_{xy} = M_0 \exp\left(-t/T_2\right) \quad (3)$$

T2 zamanı elde edilir. T2 her zaman T1' den küçük ya da eşittir. Burada T1 ve T2 zamanlarının ölçümünde dinamik manyetik alanlar 90°'lik FID ve 180°'lik CPMG metotları kullanılır (Dunn K., J., vd., 2002).

Bu incelemelere göre laboratuardan elde edilecek zemin fiziksel parametreleri relaksasyon zamanlarının ölçülmesi ve karşılaştırılması ile incelenebilir.

NMR Uygulamaları

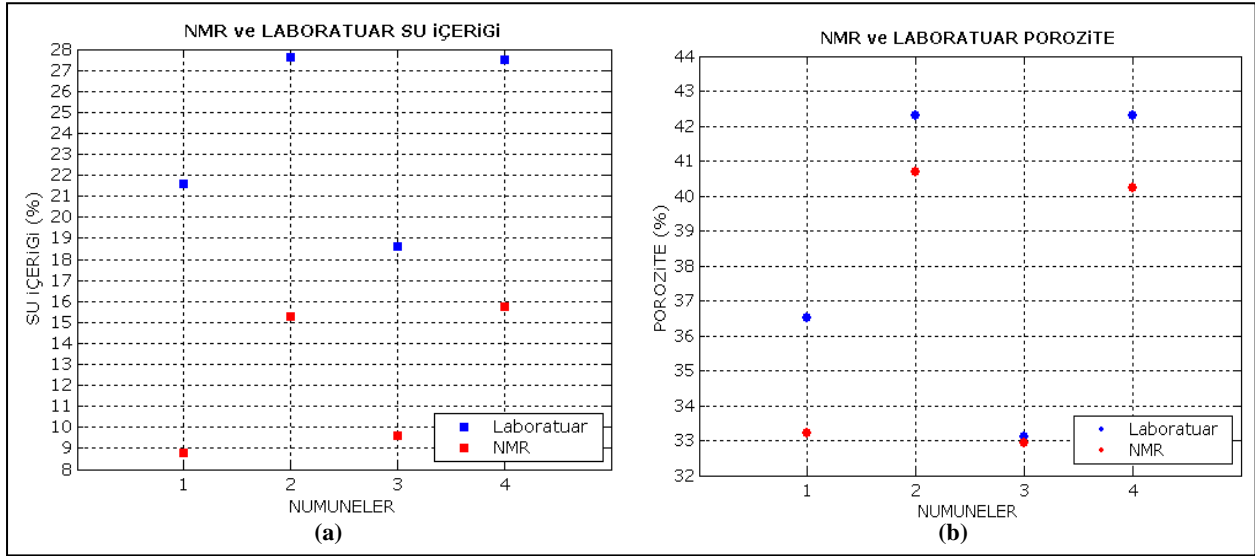
Bu çalışmada 100 metre uzaklıktaki 2 pilot noktadan 4 ayrı numune alınmıştır (Şekil-1). Örnekler laboratuvar ortamında suya doygun (tam satürasyon) hale getirilerek hem su muhtevası hem porozite oranı bulunmaya çalışılmıştır. NMR ölçümleriyle numunelerin fiziksel özellikleri karşılaştırılmıştır. Bu çalışmaya ait veriler Tablo-1'de, grafikler ise şekil-2'de gösterilmektedir.



Şekil-1. Numunelerin arazideki konumu

Tablo-1. Yapılan ölçümlerin sayısal değerleri

Numune	LABORATUAR			NMR			
	Doğal Ağırlık (g)	Kuru Ağırlık (g)	Tam Doygun Ağırlık (g)	Porozite (%)	Su İçeriği (%)	Porozite (%)	Su İçeriği (%)
BM1	117,24	113,4	137,9	36,5	21,6	33,2	8,8
BM2	105,44	98,2	125,3	42,3	27,6	40,7	15,3
BM3	123,88	119,8	142,1	33,1	18,6	32,9	9,6
BM4	107,83	100,3	127,9	42,3	27,5	40,2	15,7



Şekil-2. NMR ve laboratuvar su muhtevası karşılaştırılması (a), NMR ve laboratuvar porozite karşılaştırılması (b)

SONUÇ

Bu çalışmada Berlin’de pilot bir çalışma alanından alınan zemin numunelerinin laboratuvar ve NMR sonuçlarının karşılaştırılmaları yapılmıştır. Aynı derinliklerden alınan 2 çift 4 adet numune önce laboratuvar deneylerine sonra da NMR deneylerine tabi tutulmuştur. Bu iki yöntemle numunelerin su muhtevaları ve poroziteleri kıyaslanmıştır.

Bu çalışmalar sonucunda elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibidir;

- Laboratuvar ve NMR uygulamalarında, aynı derinliklerdeki 100 metre aralıklı numunelerin su içeriği ve poroziteleri kendi içlerinde çok yakın sonuçlar vermişlerdir.
- NMR ile elde edilen su içeriği ile standart laboratuvar deneyleri ile elde edilen su içerikleri arasında bariz farklılıklar vardır.
- Aynı yöntemlerle porozite analizinde ise değerler birbirlerine yakın sonuçlar vermektedirler.
- Her iki fiziksel özelliğin belirlenmesinde de NMR ve laboratuvar deneyleri sonuçları aynı yönelimleri göstermektedirler.

Elde edilen sonuçlardaki farklılıklar yapılan çalışmalar arasındaki hassasiyet farkından kaynaklanmaktadır. NMR sonuçları, uzun laboratuvar deneylerine kıyasla, kısa sürede sonuç vermesi açısından önemli zaman kazanımı sağlamaktadır. Son yıllarda yapılan yüzey NMR (Surface NMR) çalışmaları yüzey su değişimlerinin anlaşılmasında hızlı ve verimli sonuçlar vermektedir ve literatürde yerini almıştır.

KATKI BELİRTME

Çalışmaların yapılmasında yazarlara danışmanlık yapan Berlin Teknik Üniversitesi'nden Yerbilimleri Öğretim Üyesi Prof. Uğur YARAMANCI' ya, Dr. Martin MÜLLER'e teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

Balçı, M., 2000, "Nükleer Manyetik Rezonans Spektroskopisi", Ankara, ODTU Yayınları

Yaramanci, U., 2004, New Technologies in ground water exploration - Surface Nuclear Magnetic Resonance. **Geologica Acta**, Vol. 2, No.2, 109-120.

Legchenko, A., Baltassat, J. M., Beauce, A., Bernard, J., 2002, Nuclear Magnetic Resonance as a geophysical tool for hydrogeologists: **Journal of Applied Geophysics**, Volume 50, Issues 1-2, May, Pages 21-46

Müller M., Monhke, O., Schmalholz J., Yaramanci, U., 2002, "Interurban geophysical assesment of water dynamics and solute transport in urban soils. **8th Meeting of Enviromental and Engineering Geophysics**, Aveiro, Portugal

Müller, M., Kooman, S. and Yaramanci, U., 2005, Nuclear Magnetic Resonance (NMR) properties of unconsolidated sediments in field and laboratory. **Near Surface Geophysics**, Vol. 3, No. 4, 275-285.

Shirov M., Legchenko, A., Creer, G., 1991, "A new direct non invasive groundwater detection technology for Australia, **Exploration geophysics**, Vol:22, 333-338

Sünbül F., Karavul, C., 2004, "An investigation of properties of soil samples using NMR Technique, **The 16th International Geophysical Congress and Exhibition of Turkey**, December 7-10, Ankara

Dunn K., J., Bergman D., J., Latorraca, G., A., 2002, "Nuclear Magnetic Resonance Petrophysical and Logging Applications Book, **Handbook of geophysical exploration seismic exploration**, Volume:32, Pergamon Press.