

# HİDROLİK KONDAKTİVİTE TAYİN METOTLARININ ERZURUM OVASI DRENAJ PROBLEM SAHA TOPRAKLARINDA KULLANILABİLME İMKÂN LARI ÜZERİNDE BİR ARAŞTIRMA(1)

Ersan GEMALMAZ(2)

## ÖZET

*Erzurum ovasının Yeşilyayla, Muratgeldi, Yolgeçit, Güzelova, Çayırtepe, Soğucak köyleri arazilerindeki drenaj problemlerinin çözümü için toprakların hidrolik kondaktivitelerini tayin etmede mevcut hidrolik kondaktivite tayin metotlarının kullanılabilme imkânlarını tespit etmek amacıyla yapılmış olan bu araştırmada, araştırma sahasında toprakların hidrolik kondaktivitelerinin tayini için piezometre, well point, bozulmamış numune, hava girişli permeametre, USDA - SCS tarafından önerilen tekstür + strüktür korelasyonu, Horn tarafından önerilen ortalama tane çapı - permeabilite korelasyonu metotlarının elverişli olacakları sonucuna varılmıştır.*

## GİRİŞ

Drenaj planlamasına etkili faktörlerin en önemlilerinden biri toprakların hidrolik kondaktivite değerleridir. Bir drenaj projesinin başarıya ulaşabilmesi için bu projenin uygulanacağı sahadaki toprakların hidrolik kondaktivite değerlerinin gerçeği en iyi şekilde yansıtacak tarzda tayin edilmesi şarttır. Geliştirilmiş olan çeşitli hidrolik kondaktivite tayin metotları içerisinde maksadı en iyi karşılayacak olanın

seçimi drene edilmesi düşünülen sahadaki toprak şartlarıyla ilgili olmakla beraber, gelişmekte olan bir ülkede teknik eleman ve ekipman durumuna da bağlı bulunmaktadır.

Bu araştırmada bahis konusu olan Erzurum ovasında Karasu kanalının açılmasıyla kurutulmuş olan 60 000 da'lık sazlık ve bataklık sahanın büyük bir kısmında mevsimlik taban suyu seviye değişimlerinin kontrol altına alınması gerekmektedir; bu sahayı çevrelemekte olan - takriben buna yakın

- (1) Bu çalışma Prof. Dr. Ziya Alkan yönetiminde hazırlanmış olup, Prof. Dr. Hürşit Ertuğrul ve Prof. Dr. Hayati Çelebi'den kurulu jüri tarafından doktora tezi olarak kabul edilen eserin özetidir.
- (2) Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Kültürteknik ve Ziraat Alet ve Makinaları Bölümü Asistanı

büyüklikte- arazilerde de muhtelif seviyelerde sathî ve dahilî drenaj problemleri mevcuttur. Toprak-Su IX. Bölge Müdürlüğü tarafından Güzelova, Kösemehmet, Çayırtepe, Soğucak ve Şıh köyleri arazilerinin 85 203 da'lık bir kısmını kaplayan sahada yapılan etütler bu sahalardaki bozuk sathî ve dahilî drenaj durumlarıyla tuzluluk-sodiklik problemlerini ortaya koymuştur. Bu arazilerin takriben 2/3'ünde drenaj ve ıslah tedbirlerinin alınması gerekmektedir. DSİ VIII. Bölge Müdürlüğü tarafından yukarda bahsedilen sahaları da içeri- sine almak üzere, takriben 130 000 da'lık bir sahada drenajla ilgili etütlere 1970 yılında başlanmış bulunmaktadır.

Bu etüt sahasının büyük bir kısmında taban suyu seviyesi ilkbaharda karların erimesinden itibaren 1-1,5 ay zarfında 1 m'den daha fazla düşmektedir. Ayrıca yetersiz drenaj şartları dolayısıyla, taban suyunun satha yakın olduğu ilk- bahar aylarında hidrolik kondaktivite

tayini maksadıyla etüt yapmak güç, hatta arazinin bazı kısımlarında imkân- sız olmaktadır. Dolayısıyla ovada top- rakların hidrolik kondaktivitelerinin yerinde tayin edilmesi ve bununla ilgili olarak da heterojen bir tabiata sahip ova topraklarında hidrolik kondaktivite tayini için nasıl bir metodun kullanıl- ması gerektiği çözüm yollarının titiz-likle araştırılması gereken bir sorun olmaktadır. Bunun yanında drenaja ihtiyaç gösteren arazi miktarının da çok büyük oluşu ova topraklarında hidrolik kondaktivite tayinine en el- verişli metodu seçebilme problemini daha karışık bir duruma sokmaktadır.

Bu araştırma, ilerde ovada tesis edilecek drenaj sisteminden azami fay- danın temin edilmesine yardımcı ol- mak amacıyla, drenaj problem saha top- raklarında hidrolik kondaktivite tayini için metot seçiminde göz önünde bu- lundurulması gereken kıstasların tespiti maksadıyla yapılmıştır.

## LİTERATÜR ÖZETİ

Drenaj ile ilgili projelerin plan- lanmasına etki eden, toprağın en mühim özelliği hidrolik kondaktivitedir(1)(3).

Hidrolik kondaktivite ölçmeleri a- razide "yerinde" ve laboratuvara getirilen numunelerde yapılmaktadır. Bundan başka, hidrolik kondaktivite ölçümleri gözenekli ortamdan doğrudan doğruya deney akışkammın geçirilmesiyle veya ortamın permeabiliteyle ilgili diğer öz- zelliklerinin ölçülmesiyle yapılabilmek- tecir (2).

Metotlar arasında katî bir tercih yapmak nadiren mümkündür; ve tek-

nolojinin halihazır durumunda metot- ların birçoğunun nispi kullanılışlılığı üzerinde bu konuyla uğraşanlar ara- sında hâlâ birçok görüş ayrılıkları mevcuttur(1).

Arazide taban suyu seviyesi altında, toprağın satire olduğu şartlarda hid- rolik kondaktivite ölçümü için çeşitli metotlar geliştirilmiş bulunmaktadır. Bu metotlar hidrolik kondaktivite ta- yini için toprakta mevcut suyu kul- lanma avantajına sahiptirler (3). Bu metotlar arasında piezometre (4, 5), tube (5, 6, 7), auger hole (2, 5, 8, 9), iki kuyu (10, 11), dört kuyu (5, 9),

(3) Parantez içerisindeki numaralar literatür listesindeki referanslara karşılıktır.

Pomona well point (1, 12), kuyu pompaj (13, 14, 15), metotları sayılabilir.

Arazide taban suyunun mevcut olmadığı hallerde kullanılan hidrolik kondaktivite tayin metotları genellikle büyük miktarlarda su gerektiren, zaman ve ekipman ihtiyaçları çok fazla olan metotlardır(3). Bu metotlar kuru auger hole (1, 3), arazi permeametri (16), silindir permeametre (1, 2, 3), çift boru (1, 3), hava girişli permeametre (17), infiltrometre (18, 19, 20, 21, 22, 23), su göllendirme (2) metotları şeklinde sıralanabilir.

Laboratuvarda hidrolik kondaktivite tayiniyle elde edilecek sonuçlar numunelerin örselenmemesi derecesinde gerçeğe yakın olmaktadır; bununla beraber bu metotlar çabuk ve ucuz

olma avantajına sahiptirler (14). Bu laboratuvar metotları ise bozulmuş numunelerde (18, 24, 25) ve bozulmamış numunelerde (14, 25, 26, 27, 28) hidrolik kondaktivite tayin metotlarıdır.

Permeabilite (hidrolik kondaktivite) değerleri, gözenekli ortamın permeabiliteyi tayin eden bir veya daha fazla özelliğinin ölçülmesiyle de elde edilebilmektedir (2, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38).

Ayrıca çeşitli araştırmacılar tarafından, toprakların hidrolik kondaktivitelerinin kolayca teşhis edilebilen bazı toprak özelliklerine dayanılarak dolaylı olarak tayin edilmesi için metotlar önerilmiş bulunmaktadır (39, 40, 41, 42, 43, 44, 45).

## MATERYAL ve METOT

Araştırmada Erzurum ovasının Yeşilyayla, Muratgeldi, Yolgeçit, Güzelova, Kösemehmet, Çayırtepe, Soğucak köylerinin drenaj problemi arz eden arazilerinde farklı profil özelliklerine sahip yirmi beş deneme yeri seçilerek bu yerlerde taban suyu seviyesi altındaki muhtelif derinliklerde piezometre metoduyla hidrolik kondaktivite tayinleri yapılmıştır. Yine aynı yerlerde taban suyu seviyesi üzerinde kalan toprak tabakalarından laboratuvarda hidrolik kondaktivite tayini için bozulmamış numuneler alınmıştır. Piezometre denemelerinin yapıldığı, bozulmamış numunelerin alındığı toprak tabakalarından bu tabakaları mümkün olduğu kadar iyi şekilde temsil edecek tarzda bozulmuş toprak numuneleri alınmıştır. Piezometre denemelerinde kullanılmış olan taban suları da

daha sonra laboratuvarda kimyasal analize tabi tutulmak üzere alınmıştır.

Toprak numunelerinin strüktürel durumları tespit edilmiş, tekstürel analizleri yapılmış ve "suda ölçülen pH" değerleri tayin edilmiştir. Ayrıca toprak numunelerinin organik madde ve kireç durumları da yapılan analizlerle tespit edilmiştir.

Taban suyu numunelerinin  $Na^+$ ,  $Ca^{++}$  +  $Mg^{++}$  analizleri yapılarak pH ve elektrikî kondaktivite değerleri tayin edilmiştir.

Bozulmamış toprak numuneleri vakumda sature edildikten sonra sabit hidrolik yük ve azalan hidrolik yük şartları altında hidrolik kondaktivite deneyine tabi tutulmuştur. Bozulmuş toprak numunelerinde ise sabit hidrolik yük şartlarına göre hidrolik kondaktivite tayini yapılmıştır.

## SONUÇLAR ve TARTIŞMA

Araştırma sonuçları araştırma konusu toprakların bünye durumlarının kumlu tından kile kadar değişmekte olduğunu, organik madde durumlarının da genellikle orta-yüksek-çok yüksek olduğunu göstermektedir. Araştırma konusu toprakların kireç miktarları ise geniş sınırlar içerisinde değişmektedir.

Etüt edilen toprak tabakalarında granüler, blok, teksele ve masif strüktür tipleri bulunmaktadır; genel olmakla beraber masif strüktüre daha ziyade alt toprak tabakalarında, granüler strüktüre ise üst topraklarda rastlanmaktadır.

Taban sularının kimyasal analiz sonuçlarından elde edilen bilgilerin değerlendirilmesi, etüt sahasında drenaj problemlerinin kesif olduğu kısımlarda tuzluluk ve tuzlu-sodiklik durumlarının mevcut olduğunu göstermektedir.

Hidrolik kondaktivite deneylerinin sonuçları araştırma sahası topraklarının birbirinden permeabilite bakımından çok farklı tabakalardan teşekkül etmiş olduğunu göstermektedir. Arazi etütleri de bu toprak tabakalarının kalınlık ve derinlik bakımından araştırma sahası içerisinde çok büyük değişiklikler göstermekte olduğunu ortaya koymuş bulunmaktadır. Bütün bunlar araştırma sahası topraklarının heterojen tabiatını açıkça belirlemektedir.

Araştırmanın amacı, laboratuvar ve büro çalışmalarından elde edilen ve yukarıda kısaca açıklanmış olan bilgilerin ilgili literatürün ışığında değerlendirilmesiyle, mevcut hidrolik kondaktivite tayin metodlarının araştırma

sahası topraklarında kullanılabilme imkânları için aşağıdaki hususların belirtilebileceği kanaatine varılmıştır :

- Yerinde hidrolik kondaktivite ölçüm metodlarından piezometre ve well point metodları tabakalardan ibaret olan araştırma sahası topraklarında kullanılma imkânına sahiptirler.
- Auger hole metodları toprakların tabakalı oluşları ve tabakaların hudutlarının burgu yardımıyla hassas olarak tayin edilmesindeki güçlükler dolayısıyla hatalı sonuçlara götürebilir.
- Tube metodu yüksek taban suyu isteği, bu şartın arazide mevcut olduğu durumlarda da etüt güçlükleri dolayısıyla ve nispeten sığ derinliklerde ölçüm yapabilmesi bakımından araştırma sahası topraklarında hidrolik kondaktivite tayini için tavsiye edilebilir bir metod olarak görülmemektedir.
- İki kuyu, dört kuyu ve kuyu pompaj metodları gerektirdikleri şartların araştırma sahası topraklarında sağlanması veya bulunması çok güç olduğundan kullanılabilme imkânları bakımından büyük sınırlamalara tabidirler.
- Taban suyu seviyesi üzerinde hidrolik kondaktivite tayini için hava girişli permeametre metodu araştırma sahasında üst toprakların hidrolik kondaktivitelerini tayine çok elverişli görünmemektedir.
- Taban suyu seviyesi üzerinde hidrolik kondaktivite tayininde kullanılan diğer metodlar ise malzeme ihtiyaçlarının fazlalığı ve bazı hallerde de tek bir

hidrolik kondaktivite değeri elde etmek için denemeye arazide aralıksız olarak bir hafta devam edilmesini zorunlu kılması gibi özelliklerinden ötürü araştırma sahası toprakları için pratik görünmemektedirler.

- Bozulmamış numune metodunun araştırma sahası topraklarında hidrolik kondaktivite tayininde kullanılması halinde bu metodun diğer metotlara göre daha fazla deneme yapmayı gerektirdiği hususu göz önünde bulundurulmalıdır.
- Bozulmuş numune metodu ise, verdiği sonuçların araştırmada yerinde ölçüm ve bozulmamış numune metotlarıyla elde edilen sonuçlarla intibak etmeyişi dolayısıyla araştırma sahası topraklarında kullanılma imkânına sahip olmamaktadır.

Araştırma sahası toprakları için, yukarıda açıklandığı gibi hidrolik kondaktivitenin doğrudan doğruya tayin edilmesine elverişli olan metotlar bulunmaktadır. Bununla beraber araştırma sahası topraklarının çok heterojen bir tabiata sahip oldukları ve drenaj bakımından hidrolik kondaktivite değerleri hakkında bilgi edinilmesi gereken arazi miktarının da 10 000 ha'dan fazla olduğu düşünülürse, bu bahsedilen metotların araştırma sahasında hidrolik kondaktivite tayininde kullanılmasının çok büyük rakamlara ulaşan zaman sarfı gerektirmekte oldukları görülmektedir. Bu nedenle araştırma sahasında toprakların hidrolik kondaktivitelerinin tayini için, daha az zaman sarfı gerektiren metotların kullanılması ovanın drenaj problemleri bir bütün olarak ele alındığında bir zorunluluk olarak görülmektedir. Daha az zaman sarfı gerektiren metotlar, yani hidrolik

kondaktivitenin dolaylı olarak tayininde kullanılan metotların araştırma sahasında kullanılabilme imkânları için de aşağıdaki hususların belirtilebileceği sonucuna varılmıştır :

- Tekstür-hidrolik kondaktivite korelasyon metodu, araştırma sahası topraklarında strüktürün hidrolik kondaktivite üzerine etkisinin tekstürden daha önemli oluşu dolayısıyla araştırma sahasında uygulanabilecek bir metot olarak görünmemektedir.
- USDA - SCS tarafından önerilen tekstü + trüktür korelasyon metodu araştırma sahası topraklarında güvenilir olarak kullanılabilir bir metot olabilir özelliğini haiz bulunmaktadır.
- Horn tarafından önerilen ortalama tane çapı-hidrolik kondaktivite metodunun araştırma sahası topraklarında kullanılabilmesi için de, araştırma sahası topraklarının benzer özelliklere sahip arazi parçalarına ayrılarak bu arazilerde yapılacak yerinde ölçüm denemelerinden elde edilecek sonuçların, bu toprakların arazi ve laboratuvarında tayin edilen diğer özellikleriyle korele edilmesi suretiyle mevzii şartları daha iyi temsil edecek grafiklerin hazırlanması gerekmektedir.

Sonuç olarak, araştırma sahasında küçük arazi parçalarının drenaj planlamasının yapılmasında hidrolik kondaktivite tayini için yerinde ölçüm metotlarının kullanılabilirliği, bununla beraber az sayıda yerinde ölçüm metoduyla elde edilmiş hidrolik kondaktivite değerinin ova topraklarına teşmil edilerek drenaj planlanmasında gidilmesinin ise drenaj tesislerinden başarısız sonuçların alınmasına veya lüzumsuz para ve zaman israfına sebep olabileceği belirtilebilir.

*A RESEARCH ON THE PRACTIBILITIES OF HYDRAULIC CONDUCTIVITY DETERMINATION METHODS IN THE SOILS OF THE DRAINAGE PROBLEM AREAS OF ERZURUM VALLEY*

One of the most influencing factors related drainage planning is hydraulic conductivity. Success of a drainage project depends on the determination of hydraulic conductivity which will be the measure of the real hydraulic conductivity of the soils with which the project is dealing. Even though selection of the method for the determination of the hydraulic conductivity among those developed methods to satisfy our needs best depends on the conditions of the soils in the drainage problem area; it also depends on the technical personal and the availability of necessary equipments.

Taking into consideration these peculiarities mentioned in the above paragraph, this research has been done to find the most suitable methods for determining the soil permeabilities in the lands of Yeşilyayla, Muratgeldi, Yolgeçit, Güzelova, Kösemehmet, Çayırtepe and Soğucak villages which are heavy drainage problem areas of Erzurum valley.

Twenty-five places having dissimilar profile characteristics were chosen for experiments and soil permeabilities were determined for different depths in these places below the water table by piezometer method. Undisturbed soil cores were taken from the soil layer above the water table for the same places to determine soil permeability in the laboratory. Disturbed samples to represent the soil layers as perfectly as possible were also taken from these

places, which a piezometer was driven and undisturbed soil cores picked, and the water used in piezometer tests were obtained to analyze later in the laboratory.

Structural and textural analyses were made and values of "soil pH measured in water" were determined, chemical analyses were made to determine organic matter and carbonate in the soil samples;  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{++}$  +  $\text{Mg}^{++}$ , pH and electrical conductivities of the water samples were measured in the laboratory.

Undisturbed soil samples were saturated under vacuum and then permeabilities were measured by using constant or falling head permeameters, however permeability values of disturbed soil samples were determined by using constant head permeameters.

Laboratory results indicated that soils have textures changing from sandy loam to clay and medium-high-very high organic matter, however the carbonate content of samples varied within large limits.

Surveyed soil strata have granular, block, single and massive soil structures. Although usually massive structure is observed in lower and granular structure in upper layers, there are some exceptions.

Chemical analyses of the water samples obtained from the places having extreme drainage problem indicated saline and saline-alkali conditions.

The results of the soil permeability tests show that research area soils consist of layers having very different hydraulic conductivities and in addition soil surveys indicate big differences in the thickness and depth of the soil layers.

All of the determined soil properties clearly point out the heterogeneous character of research area soils. The following conclusions are reached, for the potential use of the present hydraulic conductivity determination methods in the research area soils, in the light of the knowledge gained through field, laboratory and office work:

Piezometer and Pomana well-point methods which are used for measuring the hydraulic conductivity in situ have the possibility of potential use in layered research area soils. Use of auger-hole methods could false results because soils are layered and the sensitive deliniation of the soil strata with auger is very difficult.

Tube method is not advisable for research area soils because of high water table requirements and survey difficulties when water table is high; and also conductivity measurements with this method is limited to relatively shallow depths.

Childs' two-well, Kirkham's four-well and well discharging methods require some conditions that are difficult to obtain or to find in the research area; therefore use of these methods are very limited.

Air entry permeameter method for the measurement of permeability above water table was found advantageous to determine hydraulic conductivity

of the upper soil strata in the research area. The other methods used to measure permeability above a water table require excessive amount of material and time. Hence they were not found practical to use. Determination of soil permeability with undisturbed soil cores need more replicates than the other advised methods because of the size and heterogeneity of this area; therefore it is not suggested as a proper method for the drainage surveys.

Results of the soil permeability tests conducted on disturbed soil samples did not give any correlation with results obtained from undisturbed cores and measurements in place, therefore use of disturbed soil samples for determining hydraulic conductivity is not suitable for research area soils.

There are some advisable methods as mentioned above for direct measurement of permeability in the research area, however exceptionally heterogeneous character of the soils and the size of the drainage problem area which hydraulic conductivity measurements have to be conducted on is 10 000 hectares, therefore use of these methods will require too much time and effort. Those methods requiring less time, in other words indirect permeability determination; simple texture-permeability correlation did not seem appropriate to use because soil structure has more influence than soil texture on the permeability of the research area soils. USDA-SCS proposed texture+structure correlation method may be used with great confidence in this area.

In order to employ the method proposed by Horn which uses the mean

particle size estimated from textural analysis, some soil texture-permeability curves to represent the local conditions much better should be obtained for these parts that the research area should already have been divided into, considering similar soil properties.

As a consequence, hydraulic conductivities could be determined by

in situ measurements to plan drainage facilities for small areas; generalization of these results obtained from a few actual measurement (no matter how carefully this permeability methods chosen for local conditions and applied with great care) for valley soils, however, could cost to unnecessary investment or failure drainage facilities which will cost a lot of spending.

## LITERATÜR LİSTESİ

1. ASAE, 1952. Measuring Saturated Hydraulic Conductivity of Soils; s. 1; 8; 10; 12; 13; 14, 15. Special Publication SP-SW-0262 St. Joseph, Michigan
2. Luthin, J. N., 1966. Drainage Engineering; s. 122, 123; 142, 144; 146, 147; 127. John Wiley and Sons, Inc. New York
3. Boersma, L., 1969. Field Measurement of Hydraulic Conductivity Below a Water Table; Field Measurement of Hydraulic Conductivity Above a Water Table; 222; 234; 242-248; 248-252; 234-242. Agron 9, ASA, Madison, Wisconsin
4. Luthin, J. N. ve Kirkham, D., 1949. A Piezometer Method for Measuring Permeability of Soil in situ below a Water Table; 350-352. Soil. Sci. 68
5. Kirkham, D., 1955. Measurement of the Hydraulic Conductivity of Soil in Place; 86-89; 90; 81, 82; 94. Amer. Soc. Test. Mater. Spec. Tech. Pub. 163
6. Frevert, R.K. ve Kirkham, D., 1948. A Field Method for Measuring the Permeability of Soil below the Water Table; 433. Proc. Highw. Res. Board, 128
7. Reeve, R.C. ve Kirkham, D., 1951. Soil Anisotropy and some Field Methods for Measuring Permeability; 582. Amer. Geophys. Union Trans. 32
8. Maasland, M., 1956. Measurement of Hydraulic Conductivity by Auger-Hole Method in Anisotropic Soil; 388. Soil Sci. 81
9. Luthin, J.N., 1957. Measurement of Hydraulic Conductivity in situ, s. 430, 431; 431, 432; 434. Agron 7, ASA, Madison, Wisconsin
10. Childs, E.C., 1952. Measurement of the Hydraulic Permeability of Saturated Soil in situ; s. 252. Proc. of the Royal Soc. London A. 215
11. Childs, E.C., Cole, A.H. ve Edwards, D.H., 1953. Measurement of the Hydraulic Permeability of Saturated Soil in situ; s. 72, 77-79, 80-84. Proc. Roy. Soc. London 216.
12. Donnan, W.W. ve Aronovici, V.S. 1963. Field Measurement of Hyd-



- raulic Conductivity; s. 114, 115. ASAE Transact. Vol. 128, Part III
13. Todd, D.K., 1964. Groundwater Hydrology; 83-85. John Wiley and Sons, Inc. New York
  14. Çıray, C., 1969. Kuyu Hidroliği s. 40-43; 22, 23; 24. YASTeK-1969 Kurs Notları (Teksir), O.D.T.Ü. Müh. Fak., Hidrolik Bölümü, Ankara
  15. Reeve, R.C., 1957. Discharging Well Methods; s. 440-441. Agron 7, ASA, Madison, Wisconsin
  16. Sillanpää, M., 1959. Comparison of Some Field Methods of Measuring Hydraulic Conductivity of Soils, s. 62. Acta Agricultura Scandinavica IX
  17. Bouwer, H., 1969. Planning and Interpreting Soil Permeability Measurements; s. 392. Jour. of the Irrigation and Drainage Div. ASCE, Vol. 95, No. 173
  18. US Salinity Lab. Staff, 1954. Dignosis and Improvement of Saline and Alkali Soils; s. 108, 109; 112; Handbook No. 60.
  19. Criddle, W.D., Davis, S., Pair, C.H. ve Shockley, D.C., 1956. Methods for Evaluating Irrigation Systems; s. 13, 14. USDA Agricultural Handbook No. 82
  20. Burgy, R.H. ve Luthin J.N., 1956. A Test of the Single- and Double-Ring Types of Infiltrimeters, 189, 191. Trans. Amer. Geophys. Un. 37.
  21. Aronovici, V.S., 1955. Model Study of Ring Infiltrimeter Performance under Low Initial Soil Moisture, s. 1-6. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. Vol. 19, No. 1
  22. Bertrand, A.R., 1969. Water Intake in the Field; s. 202, 207. Agron. 9 ASA, Madison, Wisconsin.
  23. Johnson, A.I., 1963. A Field Method for Measurement of Infiltration; s. 9-17. Geological Survey Water-Supply Paper 1544-F.U.S. Government Printing Office, Washington
  24. Reeve, R. C., 1957. The Measurement of the Permeability in the Laboratory; 418, 419. Agron 7, ASA, Madison, Wisconsin
  25. Klute, A., 1969. Laboratory Measurement of Hydraulic Conductivity of Saturated Soil; s. 213-215; 214-216. Agron 9, ASA, Madison Wisconsin
  26. Terzaghi, K. ve Peck, R.B., 1968. Soil Mechanics in Engineering Practices; s. 42. John Wiley and Sons, Inc., NewYork
  27. Lambe, T.W., 1967. Soil Testing for Engineers, s. 54, 55, 58. John Wiley and Sons, Inc., NewYork
  28. DeWiest, R.J.M., 1967. Geohydrology s. 172-174. John Wiley and Sons, Inc., NewYork
  29. Reeve, R.C., 1957. Determination of Permeability; s. 402. Agron 7, ASA, Madison, Wisconsin
  30. Rose, C.W., 1969. Agricultural Physics; s. 165, 166. Pergamon Press, Oxford, London
  31. Loudon, A.G., 1953. The Computation of Permeability from Simple Soil Tests; s. 166; 167. Geotechnique, Vol. 33

32. Baver, L.D., 1959. Soil Physics; s. 262; 263. John Wiley and Sons, Inc., New York
33. Reeve, R.C., 1957. Flow Equations and Basic Relationships, s. 339. Agron 7, ASA, Madison, Wisconsin
34. Purcell, W.R. 1949. Capillary Pressure - Their Measurement Using Mercury and the Calculation of Permeability therefrom; s. 42. Trans. Amer. Inst. Mining Metallurgical Engrs. 186
35. Burdine, N.T., 1953. Relative Permeability Calculations from Pore Size Distribution Data; s. 71. Trans. Amer. Inst. Mech. Eng. 198
36. Marshall, T.J., 1957. Permeability and the Size Distribution of Pores; s. 664. Nature, Lond. 180
37. Marshall, T.J., 1958. A Relation between Permeability and Size Distribution of Pores. s. 1, 5. J. Soil Sci. 9
38. Laliberte, C.E., Brooks, R.H. ve Corey, A.I., 1968. Permeability Calculated from Desaturation Data; s. 61, 70, 71. Journal of the ASCE, Vol. 94. No. IR1
39. Aronovici, V.S. 1947. The Mechanical Analysis as an Index of Subsoil Permeability, s. 137-141. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 11
40. Aronovici, V.S. ve Donnan, W.W. 1946. Soil Permeability as a Criterion for Drainage Design, s. 95-101. Trans. Amer. Geophys. Un. 27
41. Neal, J.H., 1934. Proper Spacing and Depth of Tile Drains Determined by the Physical Properties of the Soil; s. 57; 12, 13, 54; 55-57. Minnesota Agr. Exp. Sta. Tech. Bull. 101
42. Horn, M.E., 1971. Estimating Soil Permeability Rates; s. 268; 268-274. Journal of the ASCE, Vol. 97, No. IR2
43. Israelsen, O.W. ve Hansen, V.E., 1965. Irrigation Principles and Practices; s. 168; 356, 357. John Wiley and Sons, Inc., New York
44. O'Neal, A.M., 1949. Soil Characteristics Significant in Evaluating Permeability; s. 403-409. Soil Sci. 67
45. O'Neal, A.M., 1952. A Key for Evaluating Soil Permeability by means of Certain Field Clues; s. 312. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 16