

3646

DOYGUN KOŞULLARDA HİDROLİK İLETKENLİK BELİRLEME
YÜNTEMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

KEMAL SULHİ GÜNDOĞDU

Ç.Ü.
FEN BİLİMLERİ ENSTİTUSU
KÜLTÜRTEKNİK ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ADANA
SUBAT-1988

T. C.
Yükseköğretim Kurulu
Dokümantasyon Merkezi

Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Müdürlüğüne,

Bu çalışma, jürimiz tarafından Kültürteknik Anabilim
Dalında YÜKSEK LİSANS Tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan

Doç.Dr.Atilla YAZAR

Üye

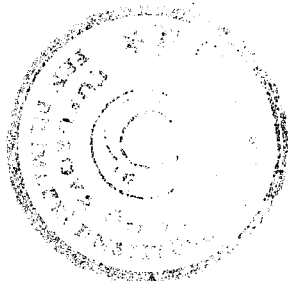
Prof.Dr.Osman TEKİNEL

Üye

Prof.Dr.Vedat ÖBUZZER

Kod No: 281

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine
ait olduğunu onaylarım.



Prof.Dr.Ural DİNÇ
Enstitü Müdürü

DOYGUN KOŞULLARDA HİDROLİK İLETKENLİK BELİRLEME
YÖNTEMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÇİZELGE LİSTESİ	II
ŞEKİL LİSTESİ	II
RESİM LİSTESİ	III
ÖZ	IV
ABSTRACT	V
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	3
2.1. Hidrolik iletkenlik, Permeabilite ve Üzgül Permeabilite Deyimlerinin Tanımları.	3
2.2. Hidrolik iletkenliğe Etki Eden Etmenler ..	5
2.3. Hidrolik iletkenlik Deyiminin Kullanıl- dığı Yerler ve Önemi	6
2.4. Hidrolik iletkenliğin Belirlenmesinde Kullanılan Yöntemler	7
2.4.1. Taban suyu düzeyi altında hidrolik iletkenliği belirleme yöntemleri...	8
2.4.1.1. Auger-hole yöntemi	8
2.4.1.2. Piezometre yöntemi	11
2.4.1.3. Dren verdisi yöntemi	11
2.4.1.4. Laboratuvar yöntemi	12
2.5. Yöntemlerle İlgili Yapılan Araştırmalar ..	12
3. MATERYAL VE METOT	14
3.1. Materyal	14
3.1.1. Araştırma yeri	14
3.1.2. Deneme yeri toprağının özellikleri.	16
3.1.3. İklim	16

	<u>Sayfa</u>
3.1.4. Araştırmada kullanılan araç ve gereçler	18
3.2. Metot	18
3.2.1. Auger-hole yöntemi	18
3.2.2. Piezometre yöntemi	22
3.2.3. Dren verdisi yöntemi	25
3.2.4. Laboratuvar yöntemi	27
4. ARAşTIRMA BULGULARI	30
4.1. Auger-hole Yöntemine ilişkin Bulgular	30
4.2. Piezometre Yöntemine ilişkin Bulgular	32
4.3. Dren Verdisi Yöntemine ilişkin Bulgular ..	33
4.3.1. Drene olan toplam su hacminin saptanması	33
4.3.2. Hidrolik iletkenliğin saptanması ..	35
4.4. Laboratuvar Yöntemine ilişkin Bulgular ...	38
5. TARTIşMA	40
5.1. Auger-hole Yöntemi	40
5.2. Piezometre Yöntemi	41
5.3. Dren Verdisi Yöntemi	42
5.4. Laboratuvar Yöntemi	42
5.5. Uygulanan Yöntemlerin Karşılaştırılması ..	43
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	47
6.1. Sonuçlar	47
6.2. Öneriler	47
7. ÖZET	49
8. SUMMARY	51
KAYNAKLAR	53
TEŐLAKUH	56
ÖZGEÇMİŐ	57

ÖZETLEME LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
1. Araştırma yeri toprağının bazı fiziksel özellikleri	14
2. Araştırma alanı toprağının bazı kimyasal özellikleri	15
3. Araştırma alanına ilişkin uzun yıllık iklim verileri (1950-1986)	17
4. Araştırma alanındaki drenaj sistemine ilişkin bilgiler	26
5. Auger-hora yöntemiyle belirlenen doygun hidrolik iletkenlik değerleri	31
6. Piezometre yöntemiyle belirlenen doygun hidrolik iletkenlik değerleri	33
7. M.Alap deneme istasyonuna ilişkin zaman, hidrolik yükseklik ve dren verileri	34
8. Laboratuvar yöntemiyle belirlenen hidrolik iletkenlik değerleri	39
9. Dört yöntemde profil boyunca elde edilen hidrolik iletkenlik değerleri ve birbirlerine oranları	44

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
1. Auger-hole yönteminde açılan kuyuların dren hattına göre konumları	19
2. Auger-hole yönteminin geometrisi ve boyutları .	20
3. Piezometre yönteminin geometrisi ve boyutları .	24
4. Ölçüm yapılabilen burgu deliklerinin dren hattına göre konumları	31
5. Ölçüm yapılabilen piezometre borularının dren hattına göre konumları	32
6. M.Alap deneme istasyonu dren verdisi (m ³ /gün), zaman (gün) ilişkisi	35
7. M.Alap deneme istasyonu dren verdisi hidrolik yükseklik ilişkisi	37

RESİM LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
1. Augur-hole yönteminde ölçüm yapılan burgu deliği	19
2. Arazide çakılan piezometre boruları	23
3. Bozulmamış örneklerin doygun hidrolik iletkenlik değerlerinin ölçüldüğü Hollanda tipi permeabilite aygıtı	28
4. Hollanda tipi permeametre elastine doygun hidrolik iletkenlik ölçümü için konulmuş toprak örnekleri	38



ÖZ

Arazide doayun koşullarda hidrolük iletkenliayın belirlenmesinde yaygın olarak kullanılan auger-hole, piezometre, dren verdisi yöntemleri ve laboratuvar yöntemiyle (Hollanda tipi permeametre) elde edilen sonuçlar karşılaştırılmış ve her bir yöntem uygunluk yönünden irdelenmiştir.

Anılan yöntemlerle yapılan ölçümler sonucu elde edilen ortalama doayun hidrolük iletkenlik değerleri, sırasıyla 0.58 cm/h, 0.37 cm/h, 0.67 cm/h ve 0.30 cm/h'dir. Arazi koşullarında en uygun sonucu çok büyük bir toprak hacmini temsil eden dren verdisi yöntemi vermiştir. Bunu auger-hole yöntemi izlemiştir.

ABSTRACT

Saturated hydraulic conductivity values determined in situ by auger-hole, piezometer and drain-flow methods were compared with the laboratory method (Holland type permeameter) and the methods were evaluated on the basis of accuracy, reliability, labor and equipment requirement, time requirement and volume of soil represented.

Mean saturated hydraulic conductivities obtained from the utilization of the abovementioned techniques are 0.58 cm/h, 0.37 cm/h, 0.67 cm/h ve 0.30 cm/h, respectively. The drain-flow method hydraulic conductivity determination resulted in the most reliable value in comparison to others due to the representing a large soil volume. Auger-hole method was the second best method.

1. DİRİŞ

Toprakların doygun kısımlarındaki su akış hızlarının belirlenmesi, drenaj sistemlerinin projeleneşmesi ile kontrol altına alınacak hidrolik eğim değeri ne göre gerekli akış hızının belirlenmesi için herşeyden önce toprakların doygun hidrolik iletkenlik değeri lerinin doğru bir şekilde belirlenmesi gerekmektedir (BERKMAN, 1968).

Doygun toprak kısmında, hidrolik yükseklik o noktada suya etki eden su basıncı ile yerçekimi kuvvetinin bileşkesinden oluşur. Toprakta suyun hareketi hidrolik yüksekliklerin en fazla düşüş göstermiş olduğu yön ve doğrultuda olur (BERKMAN, 1968).

Darcy (1856) Yasasına göre, bir toprak sütunu içinde akan suyun hızı, hidrolik yükseklik ile doğru sütunun uzunluğu ile ters orantılıdır. Darcy Eşitliğinde ($V=K H/L$), K orantılı katsayısı hidrolik iletkenliktir (BAVER, 1966).

Toprakta suyun iletkenliği ile ilgili ölçmelerde kullanılan yöntemler Darcy Yasasına dayanmaktadır (MUNSUZ, 1973).

Darcy yasasının geçerli olduğu koşullarda, toprağın bünyesinden suyu iletme yeteneği doygun hidrolik iletkenlik ile karakterize edilir. Doygun hidrolik iletkenlik değeri nin kullanıldığı alanlar sulama ve drenaj sistemlerinin projeleneşmesinden toprak suyunun hareketinin

ve toprak profilinin gelişiminin karakterize edilmesine dek değişir (BOUWER ve JACKSON, 1974; MEIN ve LARSON, 1973). Doygun hidrolik iletkenlik ayrıca doygun olmayan koşullardaki akışla ilgili çalışmalarda da kullanılmaktadır.

Doygun hidrolik iletkenliğin arazide ve laboratuvarında belirlenmesine ilişkin çok sayıda yöntem geliştirilmiştir. Taban suyunun bulunduğu koşullarda en yaygın olarak kullanılanlar açılan burgu delikleri ve kuyulardan suyun boşaltılması ve yeniden bu kuyularda yükselmesinin izlenmesi yöntemleridir (BOUWER ve JACKSON, 1974). Bu yöntemler doygun hidrolik iletkenlik için örneklenen toprak hacminin büyüklüğüne göre dört-kuyu yöntemi; iki kuyu yöntemi; auger-hole yöntemi ve piezometre yöntemidir. Bu yöntemlerin geliştirilmesinde çok sayıda araştırma ve testler yapılmış olmasına karşın, hidrolik iletkenlik arazide bir noktadan diğerine değişiklik gösterir ve araziyi temsil edecek tek bir değer elde olunabilmesi çok sayıda ölçüm yapılmasını gerektirir (JENSEN, 1980).

Bu çalışmada, arazide Auger-Hole, Piezometre ve Dren Verdisi Yöntemleri ile belirlenen doygun hidrolik iletkenlik değerleri ile toprak profilinden yatay ve düşey örneklemeyle alınan bozulmamış toprak örnekleri üzerinde laboratuvarında ölçülen hidrolik iletkenlik değerlerinin karşılaştırılması ve yöntemlerin irdelenmesi amaçlanmıştır.

2. ÜNDEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. Hidrolik İletkenlik, Permeabilite ve Üzgün Permeabilite Deyimlerinin Tanımları

Hidrolik iletkenlik, toprağın su ile doygun durumda iken, birim hidrolik eğimdeki gözenek karakterinin etkilediği su akış hızının değeri şeklinde tanımlanmaktadır. Burada hidrolik eğim birim uzunluğa etki eden hidrolik yükseklik farkı şeklinde tanımlanmaktadır. Diğer bir deyişle hidrolik iletkenlik, gözenekli bir ortamda akının (su akış hızının) hidrolik eğime oranı veya akı-hidrolik eğim doğrusunun eğimi olarak tanımlanmaktadır (HILLEL, 1980).

Hidrolik iletkenlik deyimi ile geçirgenlik deyimi genellikle birbirlerine karıştırılmaktadır. Bu karışıklığın giderilmesi amacıyla A.B.D. Toprak Cemiyetinin 1951'deki yıllık toplantısında permeabilite (geçirgenlik) ile ilgili terminolojinin belirlenmesi için bir karar alınmış ve belirlenen yeni terminolojiye göre permeabilite, gözenekli bir ortamın (toprak) normal koşullar altında suyu veya diğer akışkanları iletme yeteneği veya kolaylığı olarak tanımlanmıştır (BAVER, 1966).

Toprakların permeabilite durumlarının ifadeleri bize akışkanların gözenekli ortamda, akış derecelerine etki eden toprak gözenek özellikleri konusunda niteliksel anlam-

da ilgi vermektedir (BERKMAN, 1968).

Hidrolik iletkenlik yalnızca toprağın veya gözenekli ortamın bir özelliği değil aynı zamanda akışkanın kendi özelliklerine de bağlıdır (HILLEL, 1980). Hidrolik iletkenliği etkileyen toprak özelliklerinin başında toplam porozite, gözeneklerin dağılımı veya gözenek geometrisi gelmektedir. Hidrolik iletkenliği etkileyen akışkan özellikleri ise akışkan yoğunluğu ile viskozitedir.

Teoride ve bazen uygulamada hidrolik iletkenliği iki faktöre ayırmak mümkündür. Bunlar toprağın özgül permeabilite ve akışkanın akıcılığı ;

$$K = k f$$

K, [L/T] olarak ifade edildiğinde, k [L²] ve f [1/LT] şeklinde ifade edilir. Diğer bir ifadeyle

$$k = K \eta / (\delta g)$$

şeklinde yazılabilir. Burada η viskozite (din en/cm²), δ akışkanın yoğunluğu (g/cm³), g yerçekimi ivmesi (cm/en²) dir (HILLEL, 1980).

Bu suretle hidrolik iletkenliğin, gözenekli bir ortam ile akan akışkanın ortak etkilerinin bir ifadesi olmasına karşın, özgül permeabilite akışkanın değil, yalnızca gözenekli ortamın özelliğini temsil etmektedir (BERKMAN, 1968).

2.2. Hidrolik İletkenliğe Etki Eden Etmenler

Lutz (1934), toprak bünyesi, toprak parçacıklarının özgül ağırlığı ve hidrasyonlarının hidrolik iletkenliği büyük oranda etkilediğini ve killerde hidrolik iletkenliğin toprak parçacıklarının hidrasyonlarının artmasına paralel olarak azaldığını belirtmiştir (BAVER, 1966).

Bodman (1936), bünye farklarının, ince kumlu tından daha ince bünyeli toprakların yüksek hacim ağırlığına sahip olanlarında, hidrolik iletkenlik üzerinde çok az etkili olduğunu belirtmiştir. Suyun süzülmesinin, hacim ağırlığının 1.4-1.5 g/cm³'ten daha büyük olduğu topraklarda giderek artan bir şekilde yavaş olduğunu belirtmiştir. Ayrıca toplam gözenek hacminden çok gözeneklerin dağılımı ve büyüklüğü hidrolik iletkenliği etkilemektedir (AKALAN, 1973).

BÜNMEZ (1960)'a göre hidrolik iletkenliğe etki eden etmenlerin başında toprak gözeneklerinin şekilleri, hacimleri ve toprak tanelerinin biçimleri gelmektedir. Hidrolik iletkenliği etkileyen diğer etmenler ise toprak içerisinde hareket eden suyun viskozitesi ve sıcaklığıdır.

AKALAN (1973), doğal toprak profillerinde suyun yarçekimi ile aşağı doğru hareketinin toprak bünyesi, hacim değişimleri ve biyolojik kanalların belirlediği kapiller olmayan boşlukların sürekliliği, boşlukların hidrasyonu ve hapsedilmiş havanın direnci ile ilgili olduğunu vurgula-

mıdır.

Doğun ve doğun olmayan koşullarda hidrolik iletkenlik konusunu geniş şekilde araştıran HILLEL (1971) tam doğunlukta, toplam gözenek hacminin büyük bir bölümünün devamlı ve geniş gözenekleri içeren toprakların iyi iletken olduklarını, mikrogözenekleri çoğunlukta olan toprakların ise daha az iletken olduğunu belirtmiştir (KETTAS, 1987).

2.3. Hidrolik iletkenlik Değerinin Kullanıldığı yerler ve önemi

Terimsal alanların ıslah edilmesinde ve drenaj projelerinin hazırlanmasında gerekli en önemli verilerden birisi hidrolik iletkenlik değeridir. Toprak etütleri sırasında yapılan değerlendirmede belirtilen "iyi drenaj", "yetersiz drenaj" v.s. şeklindeki belirlemeler ön değerlendirmeler için yardımcı bir durum ise de, ekonomik verimlilik tahminleri, sulama ve drenaj çalışmalarının projelendirilmesinde toprak hidrolik iletkenliğin sayısal değerinin bilinmesi gereklidir (OĞUZER ve ARK., 1982).

Rolston ve ark. (1976), toprak içerisinde akan suyun miktarı ve akım yönünün sulama, drenaj, toprak ıslah ve yıkanması, evapotranspirasyon ile ilgili olayları anlama açısından önemli olduğunu vurgulamışlardır. Bu olaylarla ilgili iki temel toprak su özelliğinin sırası ile toprak karakteristik eğrisi ve hidrolik iletkenlik olduğunu

belirtmişlerdir (YEŞİLSOY, 1978).

Verplancke (1985), doymuş toprakların hidrolik iletkenliğinin sıkça değiştiğini belirtmiştir. Sulama ve drenaj çalışmalarında geçirgenlik başkin bir değişkendir. Toprak geçirgenliği ile ilgili çalışmalar, tuzlu ve alkali toprakların ıslahı için drenaj sistemlerinin tasarımı, su iletimi ve sulama uygulama randımanları çalışmalarında gelişmelerin temelini oluşturmaktadır (KETTAS, 1987).

2.4. Hidrolik iletkenliğin Belirlenmesinde Kullanılan Yöntemler

Hidrolik iletkenliği belirleme yöntemleri karşılıklı ilişki, laboratuvar ve arazi yöntemleri olmak üzere 3 grupta toplanabilmektedir. Hidrolik iletkenliğin arazide ölçüm yöntemleri ise iki tiptir. Bunlar doymuş olmayan koşullardaki ölçüm yöntemleri (taban suyu düzeyi üzerinde) ve doymuş koşullarda (taban suyu düzeyi altında) hidrolik iletkenlik belirleme yöntemleridir. Birinci tipe örnek olarak çift-boru, infiltrometre ve ters auger-hole v.s. verilebilir (KESSLER ve OOSTERBAAN, 1974).

2.4.1. Taban suyu Düzeyi Altında Hidrolik iletkenliği Belirleme Yöntemleri

Taban suyu düzeyi altında hidrolik iletkenlik ölçüm yöntemleri kabaca geniş (large-scale) arazi ölçümleri ve nokta ölçümleri şeklinde sınıflandırılabilir. Burada

tabansuyu düzeyi altında hidrolik iletkenliğin belirlenmesinde yaygın olarak kullanılan Auger Hole, Piezometre ve Dren Verdisi yöntemleri gözden geçirilecektir. Piezometre ve Auger-hole yöntemlerinde Piezometre ve Burgu deliği içerisinde su düzeyinin yükselme hızları ölçülerek hidrolik iletkenlik değeri bulunmaktadır (KESSLER ve OOSTERBAAN, 1974).

2.4.1.1. Auger Hole (Kovan Burgu) Yöntemi

Hoogheedt tarafından homojen topraklarda hidrolik iletkenliğin belirlenmesinde kullanılmak üzere geliştirilen Auger-hole yönteminde iki farklı durum söz konusudur. Bunlar;

- 1- Burgu deliği tabanının geçirimsiz katmana kadar inmiş olması durumu,
- 2- Geçirimsiz katmanın derinde olması nedeniyle burgu deliği tabanından geçirimsiz katmana belirli bir uzaklıkta bulunması durumu

Auger-hole yöntemi ile hidrolik iletkenlik belirlenmesinde kullanılan eşitlik aşağıdaki varsayımlar yapılarak geliştirilmiştir.

Bunlar;

- a) Toprak içerisinde su, burgu deliğine doğru yenslerden yatay olarak hareket eder;
- b) Toprak içinde su, burgu deliğine doğru dipten dik yönde gelir;
- c) Burgu deliği içerisindeki su, boyaltıldıkçe

delik etrafındaki toprak içerisindeki suyun üst yüzeyinin yataylığını kaybetmediği varsayılır (OŞUZER ve ark., 1982).

KESSLER ve OOSTERBAAN (1974) burgu deliğinin, toprakta minimum bozulmayla açılmış olması gerektiğini vurgulamışlardır. Islek killi topraklar için Hollanda'da kullanılan açık tip augerlerin, kuru topraklar için A.B.D.'de olduğu gibi kapalı tip augerlerin uygun olduğunu belirtmişlerdir.

ROBERS (1986), hidrolik iletkenlik değerlerinin yalnızca toprak değişkenliğine bağlı olarak değil, aynı zamanda ölçüm esnasında burgu deliğinde suyun yükselmesi, su tablası derinliği, burgu deliği derinliği gibi faktörlerle değişiklik gösterdiğini belirtmiştir.

BOERSMA (1968) auger-hole yönteminin taşı ve kaba çakıllı materyelde, çok yüksek geçirgenliğe sahip topraklarda ve tabansuyu düzeyinin toprak yüzeyinde olduğu durumlarda kullanımının zor olduğunu vurgulamıştır. Artezyenik durumda ve profil geçirgenliği az katmanlar arasında ince kumlu bir katmanın bulunması durumlarında yöntemin güvenilir olmadığını belirtmiştir.

Toop ve Sattlecker (1983), Ottowa yakınlarında iki killi alanda yaptıkları çalışmada Auger-hole yönteminde ölçümlerin yapıldığı sırada burgu deliği çapının arttığını gözlemişler ve bunun ölçülen hidrolik iletkenlik değerinde

Lüyük bir etkiye sahip olduğunu saptamışlardır (TOPP ve ZEBCHUK, 1986).

HERMAN ve JACKSON (1974)'e göre Auger-hole yöntemi ile hidrolik iletkenlik çoğu kez horizontal (yatay) yön için belirlenmektedir. Burgu deliğinin açılması, suyun boşaltılması ve su düzeyinin yükselmesinin izlenmesinde yaklaşık 1-2 saat gerekli olduğunu belirtmişlerdir. Hidrolik iletkenliğin düşük olduğu topraklarda bu süre biraz daha uzun olabilir. Ölçülen hidrolik iletkenlik değerinin temsil ettiği toprak hacmi $0.4 H m^3$ 'dür. H (m) taban suyu düzeyinin burgu deliği tabanına olan dikey uzaklığıdır.

2.4.1.2. Piezometre Yöntemi

Bu yöntemde esas, toprak içerisine çakılan piezometre borusunun hemen tabanında açılan 10 cm. derinliğindeki burgu deliğinde suyun yükselme hızının belirlenmesinden ibarettir (BOERSMA, 1965).

Piezometre yönteminde piezometre tabanında açılan çukurun tabanına kadar olan uzaklık (h_0) kuyu çapından (r) büyükse genellikle yatay yöndeki hidrolik iletkenlik belirlenmiş olur. Eğer $h_0 < r$ ise o zaman ölçülen hidrolik iletkenlik dikey doğrultuyu temsil eder. Piezometre yönteminde temsil edilen toprak hacmi $0.1 dm^3$ ve her bir ölçüm için gerekli süre 1 saat kadardır (HERMAN ve JACKSON, 1974).

2.4.1.3. Dren Verdisi Yöntemi

Dren verdisi yönteminde esas, arazide kurulu olan kapalı dren hattından çıkan su miktarının zamana göre ölçülmesiyle elde edilen bulgulardan denklemler yardımıyla hidrolik iletkenliğin belirlenmesinden ibarettir.

Hoffman ve Schwab (1964)'ye göre K'nın belirlenmesinde kullanılacak akım yönü, drenaj sisteminin akış yönünü ve toprağın durumunu en iyi şekilde temsil etmeli ve drenaj sistemlerinin dizaynı için hidrolik iletkenliğin belirlenmesinde bunlara dikkat edilmelidir. Buradan drenaj sistemlerinin planlanması ve projelenmesinde kullanılacak hidrolik iletkenliğin belirlenmesinde en iyi yöntem, dren verdisi ve taban suyu konumundan yararlanarak hesaplanması yöntemi olduğunu belirtmişlerdir (HERMAN ve JACKSON, 1974).

2.4.1.4. Laboratuvar Yöntemi

Laboratuvarda kullanılan hidrolik iletkenlik ölçüm yöntemleri ise hidrolik iletkenliği yatay ve düşey yönde, taban suyu düzeyi altında veya üstünden alınmış, bozulmuş veya bozulmamış toprak örneğinde ölçümlerini esas almaktadır. Bu nedenle bu yöntem geniş bir uygulama alanına sahiptir. Ancak bu yöntemin kullanılmasını sınırlayıcı iki faktör vardır. Bunlardan birincisi yöntemin zaman alıcı olması, uygun laboratuvar koşulları istemesi ve dikkatli bir ölçme tekniği istemesi; ikinci sınırlama ise örneklenen

hacmin çok küçük olmasıdır (KEESLER ve OOSTERBAAN, 1974).

2.5. Yöntemlerle ilgili Yapılan Araştırmalar

Toprak özelliklerinin yerşel değişimlerinin neden olduğu hatalar yöntemden kaynaklanan hatalardan çok daha önemlidir.

Arazide hata kaynakları

1. Ölçüm noktesindeki toprağın kullanılan aletler tarafından bozulması
2. Auger-hole ve piezometre yöntemlerinde açılan kuyuların çaplarının uniform olmaması
3. Piezometre yönteminde boru ile toprak arasındaki sızıntılar
4. Kapiler bölgeden burğu deliğine suyun akması
5. Açılan çukur çevresinde taban suyunun algılması
6. Yanlış okumalar v.s. sayılabilir (HERMAN ve JACKSON, 1974).

Arazi çalışmalarında Lambke (1967) Auger-hole yöntemiyle bulduğu K' 'yı kullanarak drenajdan çıkan suyun debisini hesaplamış ve bulduğu değerin gerçek drenajından %25 oranında daha az olduğunu hesaplamıştır. Johnson ve ark., 1963 Drenaj ve Auger-hole yöntemleriyle benzer hidrolik iletkenlik değerlerini bulmuşlardır. Tolosa (1960) ; piezometre ve auger-hole yöntemlerini kullanarak (aynı burğu deliği için) benzer K değerlerini elde etmiştir (HERMAN ve JACKSON, 1974).

KESSLER ve OOSTERBAAN (1974) kovan burlu deliği ybnteminde burlu deliği dibinden 20 cm. altına kadar ve 30 cm. yarıçaplı toprak kolonlarının hidroluk iletkenliğinin bllçülebildiğini belirtmişlerdir. Piezometre ybnteminde ise dikey ybnde oluşturulan boşluktan bir veya iki oyuk uzunluğundaki yarıçap içinde toprağın hidroluk iletkenliğinin bllçülebildiğini belirtmişlerdir.



3. MATERİYAL VE METOT

3.1. Materyal

3.1.1. Araştırma Yeri

Araştırma, Köy Hizmetleri Tarsus Araştırma Enstitüsü M.Alap alt istasyonunda yürütülmüştür. Araştırma yeri, tuzluluk ve alkalilik sebebi için drenaj laboratuvarı olarak düzenlenmiş olup burada yapılan çalışmalardan elde olunan veriler Tarsus ovasında yeni kurulacak kapalı drenaj sistemlerinin projelenmesinde kriter olarak kullanılmaktadır (YARPUZLU ve DOĞAN., 1986).

3.1.2. Deneme Yeri Toprağının Özellikleri

Deneme yeri toprağının bazı fiziksel özelliklerine ilişkin veriler çizelge 1'de verilmiştir. Anılan toprağın bünyesi 0-60 cm.'lik ilk katmanda kil, 60-120 cm.'lik katmanda kumlu kil ve 120-150 cm.'lik katmanda ise killi olup kil tipi 2:1 kristal yapıya sahip şişme özelliği gösteren montmorillonit'tir (YARPUZLU ve DOĞAN., 1986).

Çizelge 1. Araştırma yeri toprağının bazı fiziksel özellikleri

Toprak Derinliği (cm)	Tarla Kapas. (% Pv)	Solma Noktas. (% Pv)	Hacim Ağırlığı (gr/cm ³)	Tane iril. Dağılımı KUM %	SILT %	Kil %	Bünye Sınıf.
0- 30	42.71	26.46	1.23	3.63	23.10	73.37	C
30- 60	44.26	26.67	1.21	2.60	16.17	81.33	C
60- 90	45.30	27.22	1.2	8.06	42.31	49.64	SC
90-120	46.73	27.42	1.14	4.29	32.61	63.10	C/SC
120-150	43.98	26.82	1.18	1.69	3.18	95.23	C

Çizelge 2. Araştırma yeri toprağının bazı kimyasal özellikleri

Toprak Derin. (cm)	PH	ECx10 mmhos/cm	Kireç %	O.M. %	Ca me/lt	Mg me/lt	Na me/lt	SAR	ESP	Toplam Tuz %
0-30	7.18	9.23	17.69	1.64	5.27	12.38	11.52	3.88	4.27	0.28
30-60	7.26	8.75	17.99	1.15	3.44	7.07	19.34	8.44	10.06	0.26
60-90	7.15	24.01	18.49	0.77	16.97	20.53	45.65	10.54	14.38	0.86
90-120	7.01	40.36	19.87	0.90	16.67	22.73	54.35	12.24	14.38	1.63
120-150	7.10	25.46	21.07	0.88	8.81	14.62	54.34	15.88	18.14	0.92

Araştırma alanı topraklarının bazı kimyasal özellikleri ise Çizelge 2'de verilmiştir.

Araştırmanın yürütüldüğü bu alanda daha önce ıslah çalışmaları yapılmış ve ilk 60 cm.'lik katman ıslah edilmiştir. Bu katmanı izleyen 60-150 cm. lik katmanda ise tuzluluk ve alkalilik sorunu bulunmaktadır.

3.1.3. İklim

Araştırmanın yürütüldüğü M.Alep tetasyonunda tipik Akdeniz iklimi etkindir (YARPUZLU ve DDĞAN., 1986). Deneme alanına ilişkin uzun yıllık iklim verileri Çizelge 3'de verilmiştir.

3.1.4. Araştırmada kullanılan araç ve gereçler

Kovan burgu ve piezometre deliklerinin açılmasında sırasıyla 10 cm. ve 4.9 cm. çaplı augerler kullanılmıştır. Piezometre yönteminde boru olarak ucu keskinleştirilmiş 8 cm. çapında çelik borular kullanılmıştır. Kovan burgu deliğindeki ve piezometre borusundaki su düzeyinin karşılaştırma noktasına göre yüksekliğinin ölçmesinde elektrikli iletkenlik tikesine göre çalışan Ohm-Metre kullanılmıştır. Bozulmamış toprak örneklerinin alınmasında çapı 5 cm uzunluğu 5.1 cm. olan çelik silindirler kullanılmıştır.

3.2. Metot

Taban suyu altındaki toprak katmanlarının doygun

Çizelge 3. Araştırma alanına ilişkin uzun yıllık iklim verileri (1950-1986)

İklim	Aylar											
Elementleri	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Ortalama Sıcaklık(C°)	19.9	14.8	10.3	8.9	9.8	12.8	16.6	20.7	24.9	26.5	26.5	24.0
Oransal Nem (%)	63.6	64.1	71.3	69.9	71.8	71.9	71.1	70.7	70.0	74.2	75.3	68.8
Rüzger Hızı (m/sn)	1.4	1.2	1.5	1.7	1.8	1.9	2.1	2.1	2.2	2.0	1.9	1.7

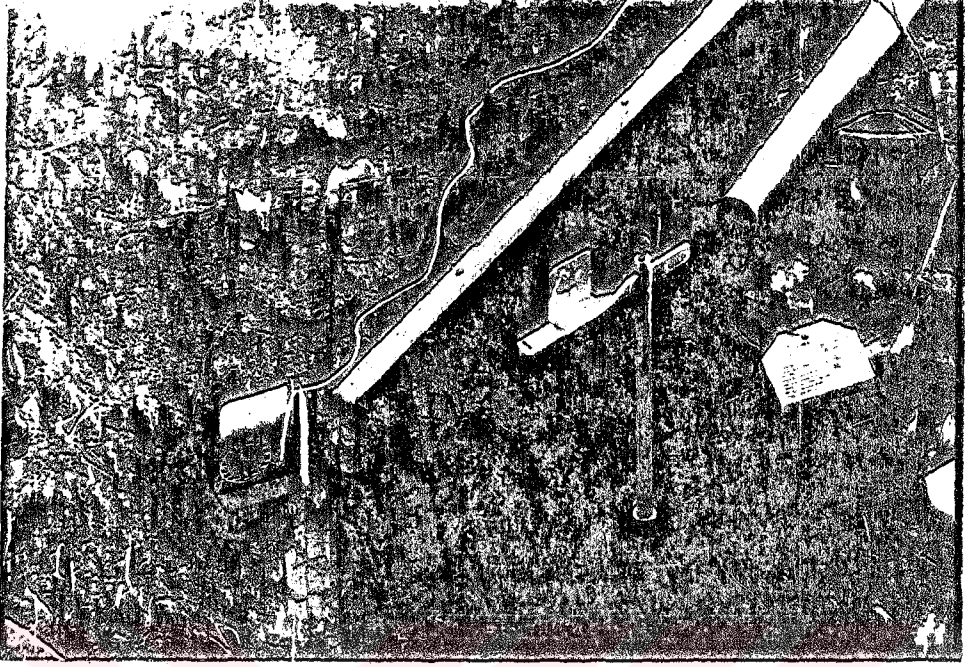
°Köy Hizmetleri Tarsus Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Meteoroloji İstasyonu

hidrolik iletkenlik değerlerinin farklı yöntemlerle belirlenmesi amacıyla yapılan bu elişmada Auger-hole(burgu deliği), Piazometre ve Dren verdiei yöntemleriyle toprağın doğgun hidrolik iletkenlik değerleri belirlenmiştir. Ayrıca deneme alanından alınan bozulmamış toprak örnekleri üzerinde de laboratuvarda hidrolik iletkenlik ölçümleri yapılmıştır. Araştırmada uygulanan yöntemler aşağıda açıklanmıştır.

3.2.1. Auger-hole (Kovan Burgu) yöntemi

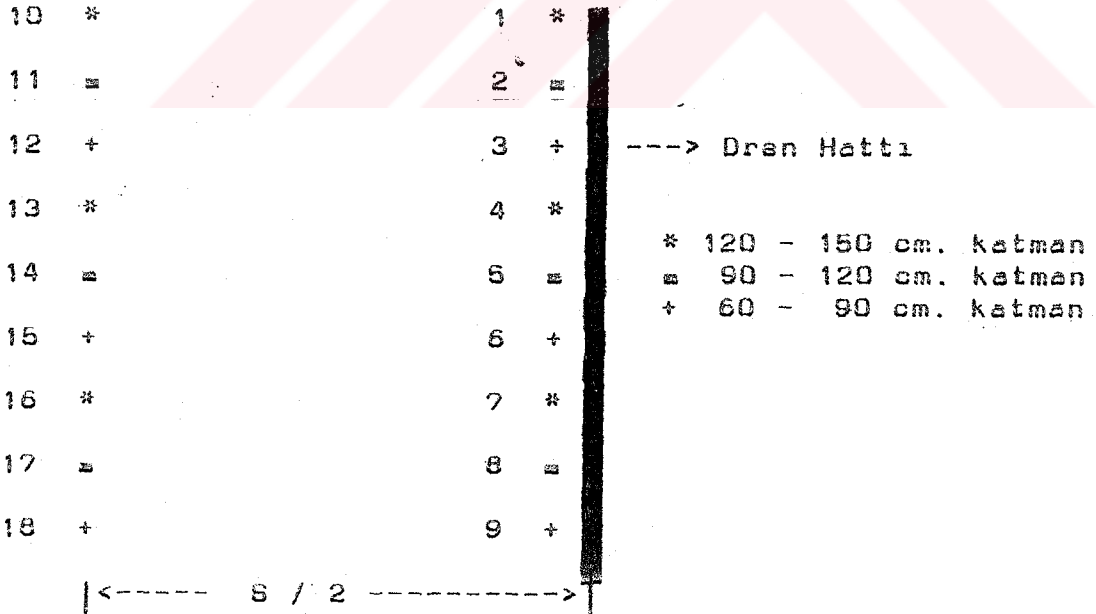
Auger-hole yöntemi, taban suyu düzeyi altındaki toprak katmanlarının hidrolik iletkenliğinin belirlenmesinde çok yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. alişmanın yürütüldüğü alan topraklarının ağır bünyeli olması nedeniyle burgu deliği açılmasında açık tip (Hollanda tipi) 10 cm. ęaplı auger kullanılmıştır. Bu amaçla toprak yüzeyinden itibaren 75, 105 ve 135cm derinliklerde ve deneme alanında kurulu bulunan kapalı dren hattı üzerinde 10 metre aralıklarla 3 adet, dren hattından dren aralığının yarısında 3 adet olmak üzere toplam 6 konumda ölçüm kuyuları açılmıştır (Sekil 1.)

Değişik derinliklerde açılan burgu deliklerindeki suyun taban suyu ile dengeye gelmesi için bir süre beklenilmiştir (Resim 1.). Daha sonra burgu deliğindeki su bir bailer (boğaltma kabı) yardımıyla boğaltılmıştır.



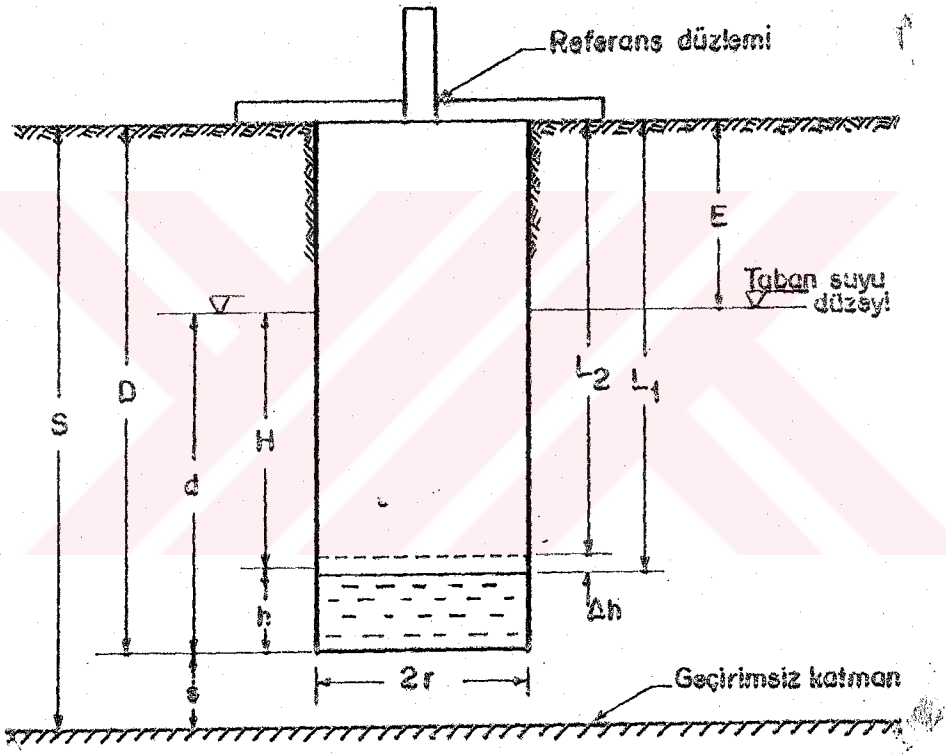
Resim 1. Auger-hole yönteminde ölçüm yapılan burgu

deliği



Şekil 1. Auger-hole yönteminde açılan kuyuların dren hattına göre konumları

işlemi KESSLER ve OOSTERBAAN (1974) 'in belirttiklerine göre bailer ile boşaltılan suyun yaklaşık %25 i yeniden burğu deliğine dolduğu anda tamamlanmıştır. Her bir burğu deliğinde suyun yükselme hızı ölçümleri 5-6 zaman aralığında yapılmıştır (Şekil 2.)



Şekil 2. Auger-hole yönteminin geometrisi ve boyutları

Deligin eğilmesi sırasında tıkanmış olan güzeneklerin içeriye sızan su etkisiyle eğilmesi için bu işlem 2 kez yinelenmiştir. Suyun taban suyu düzeyine erişme durumu hemen deliğin yanında oluşturulan bir karşılaştırma

noktasına göre değişik zaman aralıklarında ölçülerek izlenmiştir. Burgu deliğindeki su düzeyinin ölçülerinde elektrikli gösterge kullanılmıştır.

Burgu deliğindeki suyun taban suyu düzeyine erişiminden sonra karşılaştırma noktası ile su seviyesi arasındaki düşey uzaklık ölçülmüştür. Daha sonra beşer ile burgu deliğindeki su boşaltılarak değişik zaman aralıklarında suyun yükselme hızı ölçülmüştür.

Elde olunan veriler JOHNSON ve ARK.,(1962) 'nin geliştirdiği aşağıdaki eşitlikte yerine konularak hidrolik iletkenlik değerleri hesaplanmıştır.

$$K = \frac{n R^2}{A [(L_2+L_1)/2 - E]} \cdot \frac{h}{t} \quad (3.1)$$

Eşitlikte, K : Hidrolik iletkenlik (cm/sn)

$h=L_1-L_2$: Belirli zaman aralığında burgu deliğindeki su düzeyinin yükselme miktarı(cm)

$t=t_2-t_1$: Suyun burgu deliğinde h yükselmesi için geçen zaman

R : Burgu deliğinin yarıçapı (cm)

$(L_2+L_1)/2-E$: Ölçüm sırasında burgu deliğindeki su düzeyi ile taban suyu düzeyi arasındaki ortalama uzaklık, H(cm)

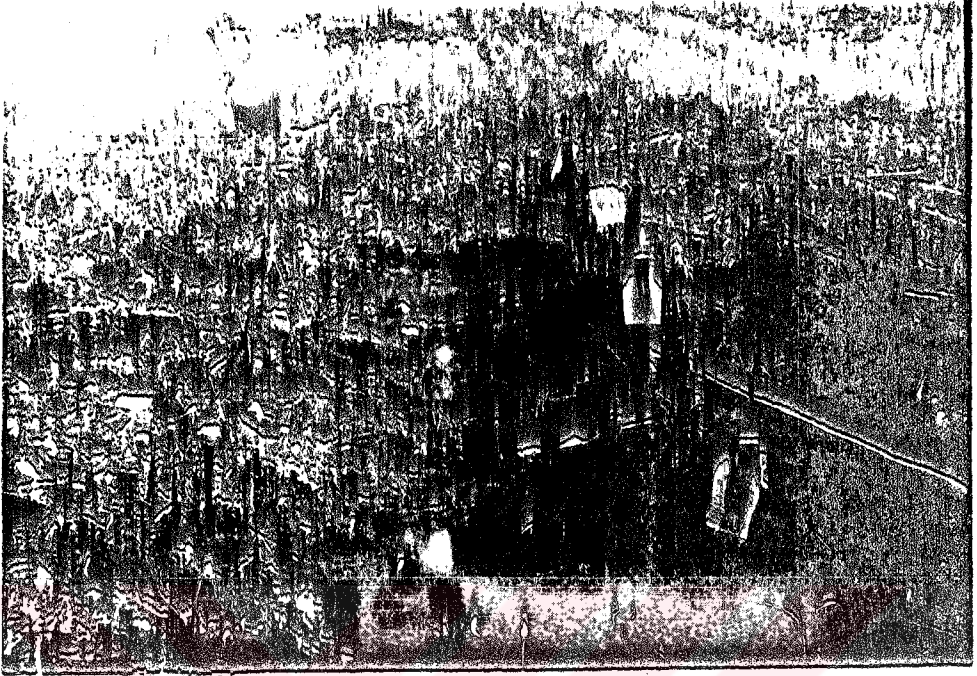
A : Geometrik faktör olup R, d, h ve s'ye bağlı bir sabittir. Burada s burgu deliğinin

tabanından geçirimsiz katmana olan uzaklık (cm); b, ölçüm sırasında ortalama su derinliği; d, su düzeyi altındaki burgu deliğinin derinliğidir.

Araştırmada beriyere olan derinlik $s=10.0m$. olarak alınmıştır (YARPUZLU ve DOĞAN.,1986).

3.2.2. Piezometre Yöntemi

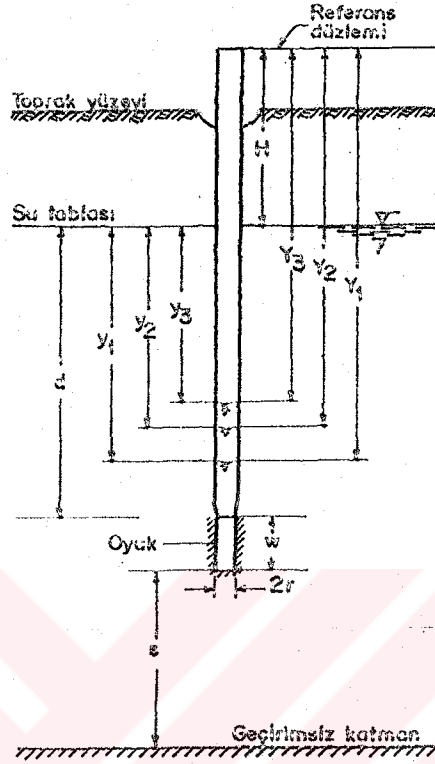
Bu yöntemde esas, toprak içerisine çakılan piezometre borusunun hemen altına açılan 10 cm. derinliğindeki burgu deliğinde suyun yükselme hızının belirlenmesidir. Bu amaçla çapı 4.9 cm olan auger yardımıyla hidrolik iletkenliğin belirleneceği katmanı kat edecek şekilde burgu deliği açılmıştır. Anılan burgu deliğine 5 cm. çapındaki piezometre, altında 10 cm. boşluk kalacak şekilde çakılmıştır. Piezometre'ye dolan su burgu deliği boşluğunun çeperindeki gözeneklerin açılması amacıyla iki defa boşaltılmış ve daha sonra piezometre'deki su düzeyinin taban suyu düzeyine yükselmesi beklenmiştir. Karşılaştırma noktası ile piezometre borusundaki su seviyesi arasındaki uzaklık ölçülmüştür (Resim 2.)



Resim 2. Arazide çakılan piezometre boruları

Piezometre borusundaki su bailer yardımıyla boşaltılarak değişik zaman aralıklarında suyun piezometre borusunda yükselme hızı ölçülerek kaydedilmiştir (Şekil 3.) Piezometre yöntemiyle hidrolik iletkenlik ölçümleri, Auger-hole(burgu deliği) yöntemiyle ölçüm yapılan noktaların hemen yanında yapılmıştır.

Ölçümler BOERSMA (1965) belirttiğine göre piezometre borusundaki suyun yükselmesi taban suyu düzeyine 20 cm. yaklaşıncaya ölçümlere son verilmiştir. Herbir ölçüm noktasında Piezometrede suyun yükeelme hızı en az üç zaman aralığında belirlenmiştir.



Şekil 3. Piezometre yönteminin geometrisi ve boyutları

Arazide elde olunan değerler LUTHIN ve KIRKHAM (1948) tarafından geliştirilen aşağıdaki eşitlikte yerine konularak hidrolik iletkenlik değerleri hesaplanmıştır.

$$K = \frac{\pi (D/2)^2}{S (t_2 - t_1)} \ln \frac{Y_1}{Y_2} \quad (3.2)$$

Eşitlikte, K : Hidrolik iletkenlik (cm/sn)

D : Boru iç çapı (cm)

Y1 : t1 zamanında piezometre içerisindeki su seviyesinin Statik seviyeye olan uzaklığı (cm)

Y2 : t2 zamanında piezometre içerisindeki su seviyesinin statik seviyeye olan uzaklık(cm)

t2-t1 : Y1 den Y2 ye su yükselmesi için gerekli zaman (sn)

S : oyuk çapı "D" nin ve oyuk boyu "W" nin fonksiyonu olan şekil faktörüdür.

S'nin bulunması için önerilen eşitlik ise şöyledir.

$$S = \frac{2 \pi W}{LN [W/D + \sqrt{(1 + (W/D)^2)}]} \quad (3.3)$$

Eşitlikte, W, oyuk boyu(cm) ;D, oyuk çapıdır(cm).

3.2.3. Dren Verdisi Yöntemi

Bu yöntemin esası, arazideki hidrolik yükseklik ile drenaj çıkış ağız su debisi arasındaki ilişkiden yararlanarak drenaj hattının temsil ettiği alanın hidrolik iletkenliğinin belirlenmesidir. Deneme, özellikleri Çizelge 4'de verilen 3 emici dren hattı üzerinde kurulmuştur. Burada orta dren esas alınmıştır. Dren verdilerinin kolayca ölçülebilmesi için drenin açık tahliyeye bağlandığı yere yakın bir yerde 10-15 m. uzaklığa dren hattı üzerinde verdi ölçüm kuyusu tesis edilmiştir. Drenin her iki tarafına S/2, S/4, S/8, S/16, S/32 ve drenden 0.50 m. uzaklıkta olmak üzere bir sırada 12 adet gözlem kuyusu açılmıştır. Dren boyunca eşit aralıklarla 3 yinelemeli olarak açılan gözlem kuyusu sayısı 36 dır.

Çizelge 4. Araştırma Alanındaki Drenaj sistemine ilişkin Bilgiler (YARPUZLU ve DOĞAN., 1986).

Bilgiler	
Dren Aralığı	60 m.
Dren çapı	0.16 m.
Boru Cinsi	Drenflex
Dren Hendek Genişliği	0.60 m.
Filtre Durumu	Dren üstü 10 cm kum-çakıl
Dren eğimi	%0.1
Bariyer Derinliği	10 m.

Taban suyu düzeyi yağmurlama sulama sistemi ile dren üzerinde 1.20 metreye dek yükseltilmiştir. Daha sonra 36 gözlem kuyusunda taban suyu düzeyleri ve bu düzeylere bağlı olarak aynı anda ölçüm kuyusunda dren verdileri ölçülmüştür. Dren verdileri hacmi bilinen bir kap ve bir kronometre yardımıyla lt/sn olarak ölçülmüştür.

Anılan yöntemle ilişkin veriler, aynı alan üzerinde Tarsus Köy Hizmetleri Araştırma Enstitüsü elemanlarıncı 1982 yılında yapılan gelişmeden alınmıştır. Burada gelişmenin ölçüm verileri kullanılarak hidrolik yükseklik ile dren verdisi arasındaki ilişkiden YARPUZLU ve DOĞAN., 1986 tarafından verilen eşağıdaki eşitlikle hidrolik iletkenlik değeri hesaplanmıştır.

$$K = \frac{q/h \quad S^2/2 \pi}{d} \quad (3.4)$$

Eşitlikte, q/h : hidrolik yük ile dren verdisi arasındaki ilişkinin eğimi

S : dren aralığı (m)

d : Hooghoudt eşdeğer bariyer derinliğini ifade etmektedir.

3.2.4. Laboratuvar yöntemi

Araştırma alanından çapı 6 cm., uzunluğu 5.1 cm. olan silindirlere 15, 45, 75, 105 ve 135 cm toprak katmanlarından yatay ve düşey örneklemeyle alınan bozulmamış toprak örneklerinde "Hollanda tipi permeametre" aygıtı ile doymuş hidrolik iletkenlik ölçümleri yapılmıştır (Resim 3.). Doymuş bozulmamış toprak örneklerinde hidrolik iletkenlik okumaları değişken düzeyli yük altında yapılmış ve HILLEL (1980)'e göre doymuş hidrolik iletkenlik değerleri (cm/saat olarak) saptanmıştır.

Ölçüm sonuçları aşağıdaki eşitliğe göre değerlendirilerek doymuş hidrolik iletkenlik (K) hesaplanmıştır.

$$K = 0.24 \frac{f2 L}{f1 (t2-t1)} LN \frac{h1}{h2} \quad (3.5)$$

Eşitlikte, f1 : örnek alanı (cm²)

f2 : örneğin yerleştirilen bölümün kesit alanı (cm²)

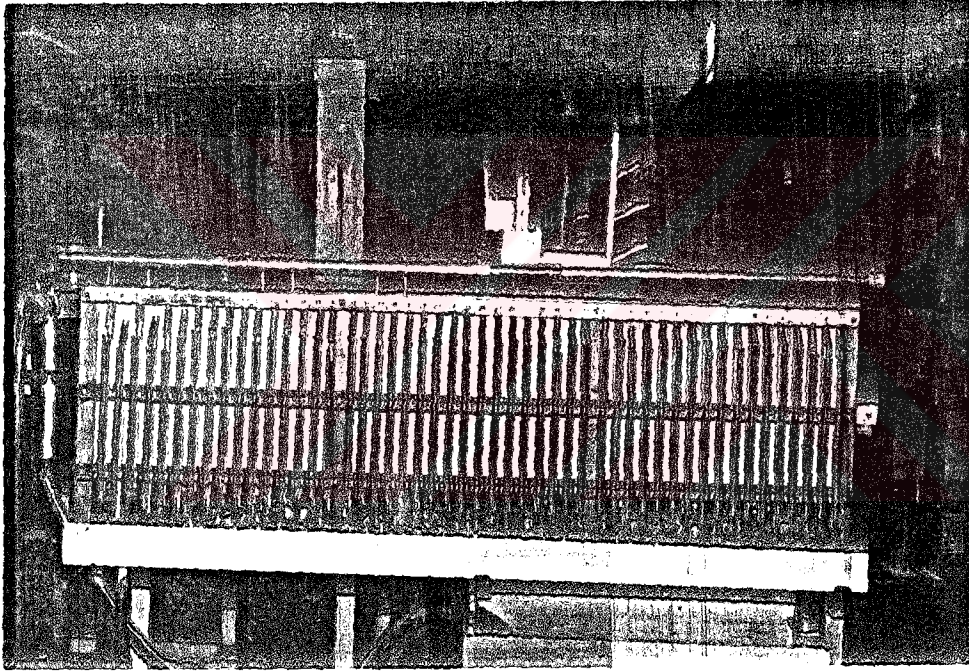
L : örnek boyu (cm)

$t_2-t_1 = t$: iki okuma arasında geçen süre (saat)

K : hidrolik iletkenlik(m/gün)

h_1 : 1.okuma için su yüksekliği (cm)

h_2 : 2. okumadaki su yüksekliği (cm)'dir.



Resim 3. Bozulmamış örneklerin doygun hidrolik iletkenlik değerlerinin ölçüldüğü Hollanda tipi permeametre aygıtı

Profil boyunca yatay ve düşey yöndeki hidrolik iletkenlik değerleri (3.6) ve (3.7) nolu eşitliklerle hesaplanmıştır (OGUZER ve Ark., 1982).

$$K_h = \frac{K_1 d_1 + \dots + K_n d_n}{d_1 + \dots + d_n} \quad (3.6)$$

Eşitlikte, K_h : Yatay yöndeki hidrolik iletkenlik
(L/T)

$K_1 \dots K_n$: Katmanların yatay hidrolik iletkenliği (L/T)

$d_1 \dots d_n$: Katmanların kalınlığı (L)

$$K_v = \frac{d_1 + \dots + d_n}{d_1/K_1 + \dots + d_n/K_n} \quad (3.7)$$

Eşitlikte, K_v : Düşey yöndeki hidrolik iletkenlik
(L/T)

$K_1 \dots K_n$: Katmanların yatay hidrolik iletkenliği (L/T)

$d_1 \dots d_n$: Katmanların kalınlığı (L)

4. ARASTIRMA BULGULARI

Bu bölümde farklı yöntemlerle arazide ve laboratuvarda belirlenen doygun hidrolik iletkenlik değerlerine ilişkin bulgular verilmiştir.

4.1. Auger-Hole Yöntemine İlişkin Bulgular

Bu yöntemde taban suyu düzeyi, arazide ölçüm derinliğini belirleyen en önemli etkidir. Ölçümlerin yapıldığı Şubat-1987 ve Doak-1988 tarihlerinde taban suyu düzeyinin toprak yüzeyinden 42 cm. aşağıda olması nedeniyle bu yöntemle ancak 60-90 cm., 90-120 cm. ve 120-150 cm. katmanlarının hidrolik iletkenlik değerleri belirlenebilmiştir. Taban suyu düzeyinin üzerindeki katmanlarda (0-60 cm.) ise hidrolik iletkenlik değerleri belirlenememiştir. Auger-Hole yöntemiyle değişik noktalarda ve farklı katmanlarda belirlenen doygun hidrolik iletkenlik değerleri Çizelge 5'de verilmiştir.

Toprak profilinin 60-90 cm.lik katmanlarında açılan burgu deliklerinden biri dışında diğerlerinde su yükselmesi gözlenememiştir. Bu katmanda ölçüm yapılabilen tek burgu deliğinde burgu deliği tabanına çamur dolması nedeniyle sağlıklı bir ölçüm yapılamamış ve 1 adet ölçümle yetinilmiştir. Diğer katmanlarda ölçüm yapılabilen burgu deliklerinin drenaj hattına göre konumları Şekil 4.'de gösterilmiştir.

Çizelge 5. Auger-Hole Yöntemiyle Belirlenen Doygun

Hidrolik İletkenlik Değerleri

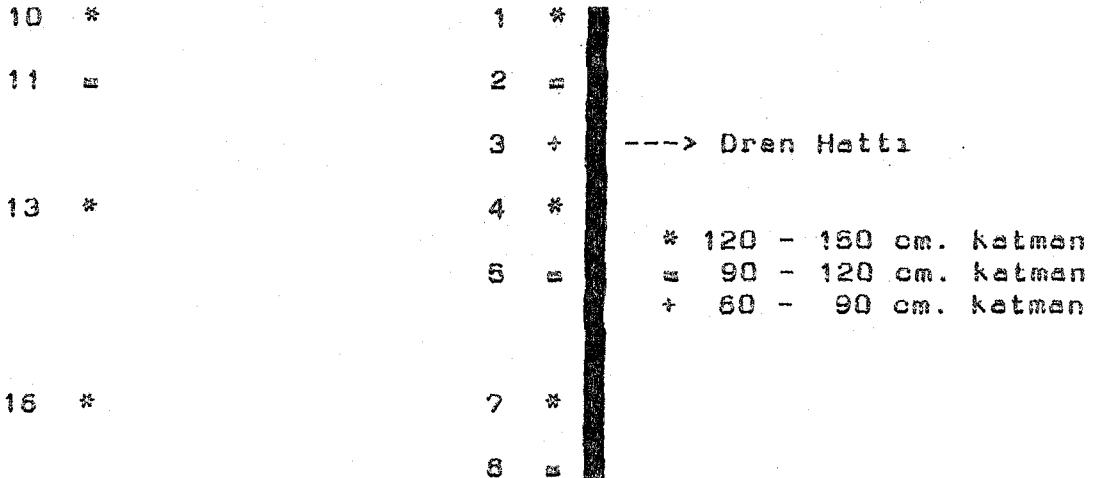
Katman Derinl. (cm.) Kuyu No Hidrolik İletkenlik (K cm/saat) Ortal. Stand. Hidrol. Sıpma İletk. (cm/h) (cm/h)

Yinelemeler

1. 2. 3. 4. 5. 6.

Katman Derinl. (cm.)	Kuyu No	1.	2.	3.	4.	5.	6.	Ortal. İletk. (cm/h)	Stand. Sıpma (cm/h)
60-90	3	0.78						0.78	
90-120	2	0.17	0.16	-	-	-		0.17	0.01
	5	0.13	0.07	0.09	-	-		0.10	0.03
	8	0.11	-	-	-	-		0.11	-
	11	0.07	0.06	0.10	-	-		0.08	0.02
GENEL ORTALAMA							0.12	0.04	

120-150	1	0.38	0.26	0.57	0.31			0.38	0.14
	4	0.47	0.39	0.36				0.41	0.06
	7	0.88	0.48	0.48				0.61	0.23
	10	0.97	0.92	0.58	1.00	0.93	0.98	0.90	0.16
	13	0.10	0.89	0.78				0.69	0.43
	16	0.07	0.79	0.83				0.66	0.43
	19	0.68						0.68	
GENEL ORTALAMA							0.68	0.17	



←----- 8 / 2 ----->

Şekil 4. Ölçüm yapılabilen burğu deliklerinin dren hattına göre konumları

ölçümlerde toprak profilinin 60-90 cm.lik katmanına çakılan piezometre borularından ancak ikisinde ölçüm yapılabilmektedir. Piezometre yöntemiyle 60-90 cm. katman da ortalama hidrolik iletkenlik değeri 0.07 cm/h; 90-120 cm. de ise 0.22 cm/h ve 120-150 cm. katmanda ise 1.14 cm/h olarak belirlenmiştir.

Çizelge 6. Piezometre Yöntemiyle Belirlenen Doymuş Hidrolik İletkenlik Değerleri

Katman Derinl. (cm.)	Kuyu No	Hidrolik İletkenlik (K cm/saat)					Ortal. Hidrol. İletk. (cm/h)	Stand. Sapma (cm/h)	
		Yinelemeler							
		1.	2.	3.	4.	5.	6.		
60-90	15	0.03	0.01					0.02	0.01
	18	0.11						0.11	
GENEL ORTALAMA								0.07	0.06
90-120	2	0.35	0.34	0.37	0.39	0.36		0.36	0.02
	11	0.07	0.07	0.12	0.07	0.29		0.12	0.10
	14	0.31	0.30	0.37	-	-		0.33	0.04
	17	0.07	-	-	-	-		0.07	
GENEL ORTALAMA								0.22	0.15
120-150	1	1.53	1.53	1.44				1.50	0.06
	4	1.14	0.94	1.10	1.12			1.08	0.09
	10	0.89	0.91	0.99	0.92	1.01		0.94	0.05
	14	1.08	1.03	0.98	0.97			1.02	0.05
GENEL ORTALAMA								1.14	0.25

4.3. Dren Verdiği Yöntemine İlişkin Bulgular

4.3.1. Drene Olan Toplam Su Hacminin Saptanması

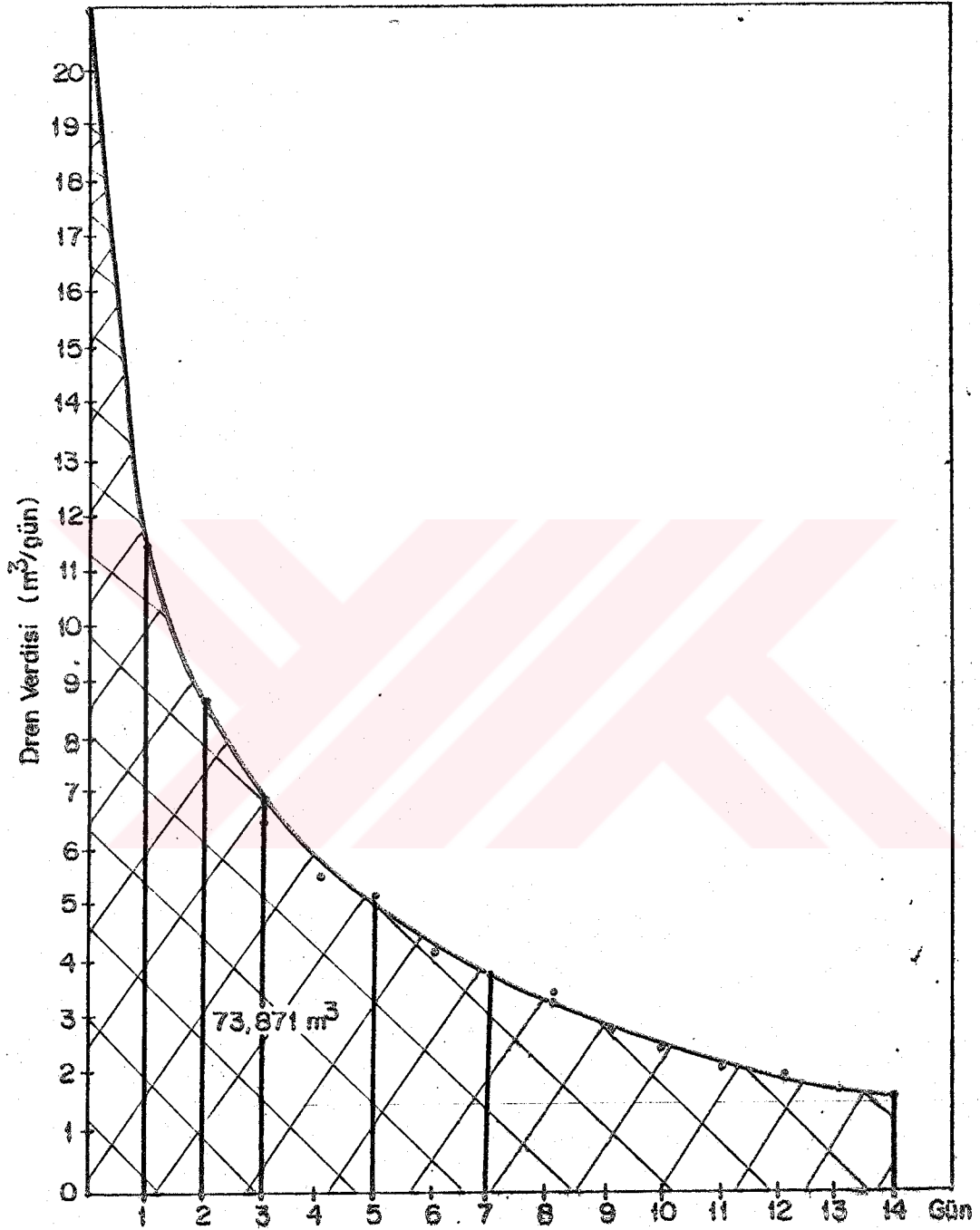
Araştırma yerindeki yüksek taban suyu düzeyinin

zaman içindeki düşüşü sırasında ölçülen hidrolik yük ve buna bağlı bulunan dren verdileri Çizelge 7.de verilmiştir.

Çizelge 7. M.Alap Deneme istasyonuna ilişkin Zaman, Hidrolik Yük ve Dren Verdileri

Zaman(Gün)	Hidrolik Yük	Dren Verdisi	
		m3/gün	mm/gün
0.00	1.207	20.563	4.284
1.00	1.172	11.664	2.430
2.00	1.087	8.640	1.800
3.00	1.040	6.506	1.368
4.00	1.012	5.616	1.170
5.00	0.968	5.367	1.116
6.00	0.916	4.147	0.864
7.00	0.853	3.888	0.810
8.00	0.793	3.456	0.720
9.00	0.747	2.851	0.690
10.00	0.700	2.692	0.640
11.00	0.653	2.246	0.468
12.00	0.693	2.074	0.432
13.00	0.668	1.728	0.360
14.00	0.508	1.555	0.324

Çizelge 7.teki Zaman(gün) ve Dren verdileri (m3/gün) değerlerinden yararlanarak Şekil 6.'daki dren verdisi-zaman ilişkisini gösteren eğri çizilmiştir (YARPUZLU ve DOĞAN., 1986).



Şekil 6. M. Alap Deneme İstasyonu Dren Verdisi (m³/gün) Zaman (gün) ilişkisi

4.3.2. Hidrolik iletkenliğin (K) Saptanması

Çizelge 7.'deki hidrolik yükeeklik(mm) ve dren verdisi (mm/gün) değerlerinden yararlanarak Şekil 7.'deki araştırma alanına ilişkin hidrolik yükeeklik(h)-dren verdisi(q) ilişkisi bulunmuştur.

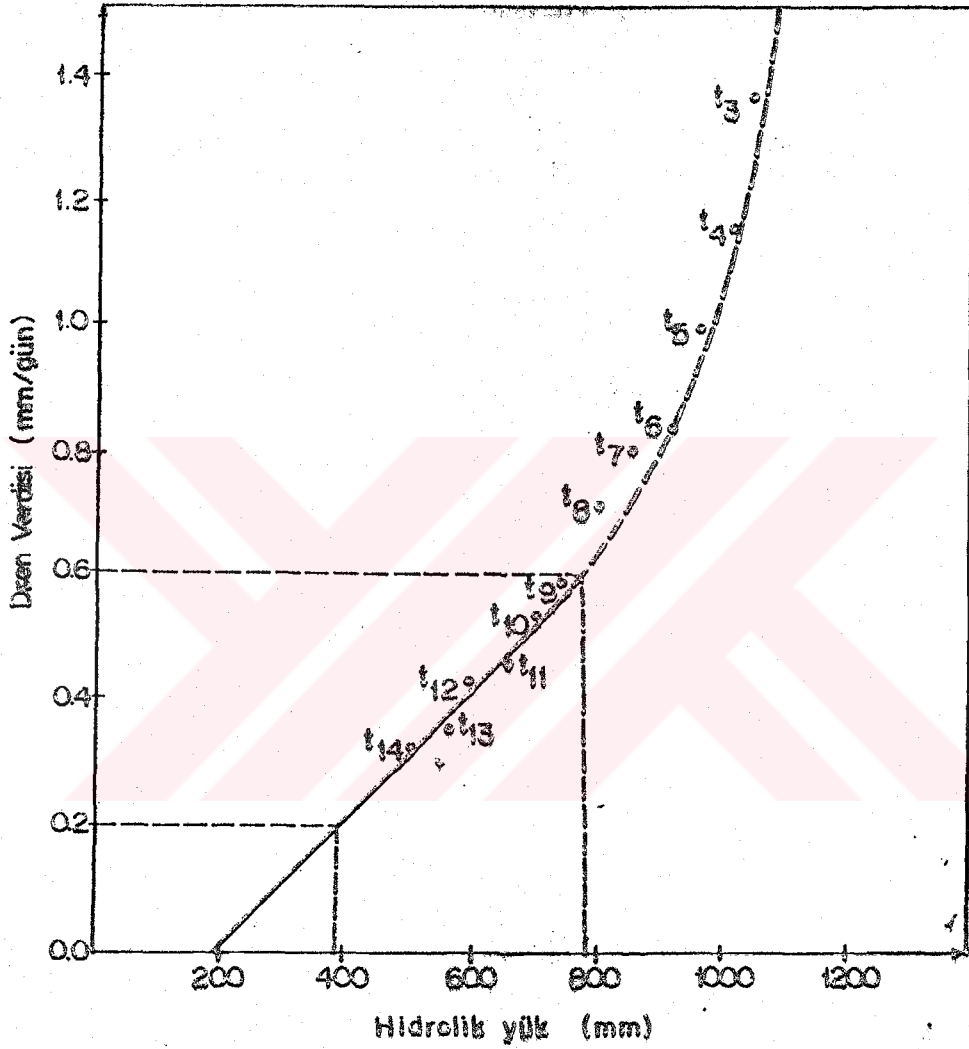
$$K = (q/h * e^2/2n)/d \quad (4.1)$$

Eşitlikte, q/h , Şekil 7.'deki eğrinin eğimi;

e , Dren aralığı(m);

d , Hooghoud eşdeğer bariyer derinliği'dir (YARPUZLU ve DOĞAN., 1986).

Araştırma alanında dren derinliği 1.37 m., dren gacı 0.16 m. ve toprak yüzeyinden itibaren bariyer derinliği 10.0 m. olduğundan Hooghout eşdeğer bariyer derinliği $d=3.76$ m.olarak hesaplanmıştır (YARPUZLU ve DOĞAN., 1986). Buradan hidrolik iletkenlik değeri 0.57(cm/saat) olarak bulunmuştur.



Şekil 7. M. Alap Deneme İstasyonu Dren Verdisi Hidrolik Yük İlişkisi

4.4. Laboratuvar Yöntemine İlişkin Bulgular

Toprak profilinin 150 cm. derinliğine dek her 30 cm. lik katmandan yatay ve düşey yönde bozulmamış örnekler alınarak laboratuvarında Hollanda Tipi Permeametre (Resim 4.) ile hidrolik iletkenlik ölçümleri yapılmış ve sonuçlar Çizelge 8'de verilmiştir. Yatay ve düşey katmanların yatay ve düşey hidrolik iletkenlik değerleri (3.5) nolu denklem yardımıyla bulunmuştur.



Resim 4. Hollanda tipi permeabilite aletinde ölçüm yapılan toprak örnekleri

Profil boyunca ortalama yatay ve düşey hidrolik iletkenlik değerleri (3.6) ve (3.7) nolu eşitlikler yardımıyla bulunmuştur. Çizelge 8'deki değerler kullanılarak yatay ve düşey ortalama hidrolik iletkenlik değerleri sırasıyla 1.26 cm/h ve 0.12 cm/h olarak hesaplanmıştır.

Profilin ortalama hidrolik iletkenlik değeri aşağıdaki eşitlik yardımıyla 0.39 om/h olarak bulunmuştur (WU, 1976).

$$K = (K_h \cdot K_v)^{1/2} \quad (4.2)$$

Burada, K_h ; dűsey yűndeki hidrolik iletkenlik deęeri,
 K_v ; yatay yűndeki hidrolik iletkenlik deęeri,
 K ; katmanın ortalama hidrolik iletkenliğidir.

Çizelge 8. Laboratuvar Yűntemiyle Belirlenen

Hidrolik iletkenlik Değerleri

Katman Derinl. (cm.)	Kuyu No	Hidrolik iletkenlik (K om/eaat)						Ortal. Hidrol. iletk. (om/h)	Stand. Sapma (om/h)
		Yinelemeler							
		1.	2.	3.	4.	5.	6.		
0-30	Yatay	0.02						0.02	-
	Dűsey	0.08	0.56					0.32	0.34
	Yatay	0.42	0.12	2.79				1.11	1.46
	Dűsey	0.08	0.03	0.16				0.08	0.07
0-60	Yatay	1.72						1.72	-
	Dűsey	0.12	0.01					0.07	0.08
	Yatay	0.18	0.13	1.44				0.58	0.74
	Dűsey	0.07	-	-				0.07	-
60-90	Yatay	0.61	0.24	0.12				0.32	0.26
	Dűsey	0.38	0.03	0.27				0.23	0.18
	Yatay	0.24	1.70	0.14				0.69	0.87
	Dűsey	0.10	0.03	-				0.07	0.06
90-120	Yatay	6.06	0.07	-				3.06	4.23
	Dűsey	0.10	0.39	-				0.25	0.21
	Yatay	0.38	0.17	0.79	0.79	0.66		0.60	0.28
	Dűsey	4.18	6.00	0.06				3.41	3.04
120-180	Yatay	1.81	0.02	-				0.92	1.27
	Dűsey	0.02	0.03	-				0.03	0.01
	Yatay	2.04	11.13	0.72				4.63	6.67
	Dűsey	0.05	0.11	0.08				0.08	0.03

5. TARTIŞMA

Bu bölümde, dört farklı yöntemle belirlenen doygun hidrolik iletkenlik değerlerinin karşılaştırılması ve sonuçların tartışılması verilmektedir.

5.1. Auger-Hole (Kovan Burgu) Yöntemi

Auger-hole yöntemi, doygun hidrolik iletkenliğin ölçülmesinde en yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntemle hidrolik iletkenlik çoğu kez horizontal (yatay) yön için belirlenir. Bu yöntemde çukurun açılması, suyun boşaltılması, su düzeyinin yükselmesinin izlenmesi toprak özelliklerine bağlı olarak yaklaşık 1-2 saat gerektirir. Hidrolik iletkenlik değerinin düşük olduğu topraklarda bu süre biraz daha uzun olabilir. Ölçülen hidrolik iletkenlik değerinin temsil ettiği toprak hacmi $0.4H$ m³ kadar olup H taban suyu düzeyinden çukurun tabanına olan düşey uzaklıktır (BOUWER ve JACKSON, 1974).

Arazide açılan burğu deliğine çamur dolması nedeniyle 60-90 cm.'lik katmanda sağlıklı bir ölçüm yapılamamıştır. Ölçüm yapılabilen 90-120 cm.'lik katmanda Çizelge 5'de verildiği gibi, hidrolik iletkenlik değerleri 0.06 cm/h ile 0.17 cm/h arasında değişmiştir. Burada her bir kuyudaki yinelenmeler arasında önemli farklılıklar çıkmamıştır. Anılan katmanda yapılan tüm ölçümlerin ortalaması 0.12 cm/h ve standard sapma ise 0.04 cm/h olarak belirlenmiştir. Ölçüm yapılabilen 120-150 cm/h.'lik

Katmanda hidrolik iletkenlik değerleri 0.07 cm/h ile 1.00 cm/h arasında değişmiş ve kuyularda yapılan yinelerelerde standard sapma değerleri 0.06 cm/h ile 0.43 cm/h arasında değişmektedir. Bu katman için ortalama hidrolik iletkenlik 0.58 cm/h ve standard sapma ise 0.17 cm/h olarak hesaplanmıştır.

6.2. Piezometre Yöntemi

Çalışmada piezometre yöntemiyle yapılan ölçümlerde 60-90 cm.'lik katmanda hidrolik iletkenlik değerleri 0.01 cm/h ile 0.11 cm/h arasında değişmiştir. Ölçüm yapılan 90-120 cm.'lik katmanda ise hidrolik iletkenlik değerleri 0.07 cm/h ile 0.37 cm/h arasında değişmiştir. Piezometre borularında yapılan yinelerelerde ölçümlerde elde edilen değerlerin standard sapmaları 0.02 cm/h ile 0.10 cm/h arasında değişmiştir. Ölçüm yapılabilen 120-150 cm.'lik katmanda ise hidrolik iletkenlik değerleri 0.89 cm/h ile 1.53 cm/h arasında değişmiştir. Burada yinelerelerin standard sapmaları 0.06 cm/h ile 0.09 cm/h arasında değişmiştir.

Yöntemde, piezometre tabanından açılan çukurun tabanına kadar olan uzaklık (h_0), kuyu çapından büyüke genellikle yatay yöndeki hidrolik iletkenlik değeri ölçülmüş olmaktadır. Yapılan çalışmada h_0 değeri 10 cm. ve çukur çapı 4.9 cm. olduğundan yatay yöndeki hidrolik ilet-

kenlik değeri bulunmuş olmaktadır. Düşey yöndeki hidrolik iletkenlik değeri ölçülmek isteniyorsa piezometre yöntemi (sıfır çukurlukta) mantıklı seçenek olmalıdır (BOUWER ve JACKSON, 1974). Yöntemde her bir ölçüm için yaklaşık bir saat süre gereklidir. Yöntemde elde edilen hidrolik iletkenlik değerinin temsil ettiği toprak hacmi 0.1 dm³ kadardır.

Katmanlaşmanın olduğu durumlarda piezometre yönteminin kullanılması, küçük örnek hacmini temsil etmesi nedeniyle tercih edilmektedir (BOUWER ve JACKSON, 1974).

5.3. Dren Verdiei Yöntemi

Arazide hidrolik iletkenlik belirlenmesinde en etkili yöntemlerden birisi (Hoffman ve Schwab, 1964), olan bu yöntem, çalışma yapılan tüm alan için ortalama hidrolik iletkenlik değerini vermektedir. Yöntemin en büyük dezavantajı ise kapalı bir drenaj sisteminin kurulu durumda olmasını gerektirmesidir. Anılan yöntemle belirlenen ortalama hesaplanan ortalama hidrolik iletkenlik değeri 0.67 cm/h 'dir. Ayrıca bir tek hidrolik iletkenlik değerinin elde olunabilmesi yaklaşık iki hafta bir süreyi gerektirmektedir. Bu ise yöntemin dezavantajlarından biridir (HERMAN ve JACKSON, 1974).

5.4. Laboratuvar Yöntemi

Laboratuvarda yapılan hidrolik iletkenlik ölçüm yönteminde hidrolik iletkenlik ölçümlerinin istenilen katmanda alınan yatay ve düşey yönde alınan örnekler üzerinde

yapılabilmesi nedeniyle geniş bir uygulama alanına sahiptir.

Suların gerek konsantrasyonları ve gerekse içerdikleri katyonların cinsi toprakların gözenek karakterleri üzerinde etkili olup gözenek karakterini az veya çok değiştirdiklerinden laboratuvar yöntemi ile hidrolik iletkenlik ölçümü yapılırken, ölçümün tuz konsantrasyonu ve SAR değerleri bakımından örneklenen alanda kullanılacak veya kullanılan sulama suyuna benzer içerikte su kullanılması önerilmektedir (BERKMAN, 1968).

Hollanda tipi permesetre yöntemiyle laboratuvarda belirlenen ortalama yatay ve düşey hidrolik iletkenlik değerleri sırasıyla 1.26 cm/h ve 0.12 cm/h olarak bulunmuştur.

5.5. Uygulanan Yöntemlerin Karşılaştırılması

Auger Hole yönteminde profil boyunca ortalama hidrolik iletkenlik 0.58 cm/h'dır. Piezometre yöntemi yatay yöndeki hidrolik iletkenliği temsil ettiği için (3.6) nolu eşitlik ile hesaplanan ortalama hidrolik iletkenlik 0.48 cm/h olarak bulunmuştur. Dren vardiel yönteminde söz konusu değer 0.67 cm/h ve laboratuvar yönteminde ise 0.39 cm/h olarak bulunmuştur (Çizelge 9).

Çizelge 9. Dört Yöntemde Profil Boyunca Elde Edilen Hidrolik İletkenlik Değerleri ve Birbirlerine Oranları

Yöntem Adı	Profilde Ort. Hidrolik İletkenlik (cm/h)	Oran
Auger Hole	0.58	1.49
Piezometre	0.48	1.23
Dren Verdisi	0.67	1.72
Laboratuvar	0.39	1.00

Arazi yöntemleriyle elde edilen sonuçları laboratuvar yöntemiyle elde edilen verilerle oranladığımızda en yüksek oran dren verdisi yönteminde elde edilmektedir. Auger-hole ve piezometre yönteminde sırası ile 1.49 cm/h ve 1.23 cm/h oranları elde edilmiştir. Laboratuvar ve piezometre yöntemleriyle elde edilen oranlar birbirine yakındır. Auger-hole yöntemiyle ise dren verdisi yönteminde birbirlerine yakın oranlar elde edilmiştir.

Arazi çalışmalarında, Lembke (1967) auger-hole yöntemiyle bulduğu hidrolik iletkenlik değerini kullanarak dren den çıkan suyun debisini hesaplamış ve bulduğu değer gerçek dren akışından %25 oranında daha az olduğunu belirtmiştir. Johnson ve Ark., (1963) dren çıktı yöntemi ile benzer hidrolik iletkenlik değerleri bulmuştur. Taleme

(1960) piyazometre ve sugar-hole yöntemlerinde aynı kuyu için benzer hidrolik iletkenlik değerlerini elde etmiştir (HERMAN ve JACKSON, 1974).

Hidrolik iletkenliğin ölçülmesinde kullanılan yöntemlerden en uygun olanının seçimi doğruluk derecesine, uygulama hazına, işgücü gereksinimi, masraflara ve taşınabilir olma durumuna göre yapılmaktadır. Çalışmada elde edilen bulguların yeterli sayıda olmaması nedeniyle istatistik analiz yapılamamıştır.

Taban suyu altında hidrolik iletkenliğin belirlenmesinde kullanılan yöntemlerin tümünün doğruluk derecesi birbirlerine yakındır. Auger-hole yöntemi arazide uygulanabilirliği en kolay yöntemlerden biri olduğu için ve hidrolik iletkenlik ölçümünde daha büyük bir toprak hacmini temsil ettiği için verilerin değişkenliğini azaltır. Katmanlaşmanın olduğu durumlarda piyazometre yönteminin kullanılması, küçük örnek hacmine sahip olması nedeniyle daha doğru sonuçlar verdiği için tercih edilir.

BOUWER ve JACKSON (1974) belirttiklerine göre drenaj sistemlerinin projelenmesinde hidrolik iletkenliğin belirlenmesinde yapılacak %30 hatanın kabul edilebileceğini belirtmişlerdir. Ayrıca verilen arazinin hidrolik iletkenliğini karakterize etmek için yapılacak ölçüm sayısı toprağın değişkenliğine, arzu edilen doğruluk derecesine,

işgücü ve zaman gereksinimine bağlı olarak değişmektedir.

Dren verdisi yöntemi hidrolik iletkenliğin belirlenmesinde en etkin yöntem olmasına karşın, kurulu bir kapalı drenaj sistemini gerektirmesi, çalışma yapılacak alanın su ile doyurulması gerekliliği ve zaman alıcı olması yöntemin dezavantajıdır.

Auger-hole yönteminin arazide uygulanabilmesi için gerekli süre 1-2 saat kadardır. Bu süre hidrolik iletkenliğin düşük olduğu yerlerde biraz daha uzun olabilmektedir. Piezometre yönteminde ise bu süre 1 saat kadardır. Dren verdisi yönteminde ise bu süre 14 gün kadardır.

Ayrıca auger-hole yönteminde ölçülen hidrolik iletkenliğin temsil ettiği toprak hacmi $0.4 H \text{ m}^3$ 'dür. Burada H taban suyu düzeyinden çukurun tabanına olan düşey uzaklıktır. Piezometre yönteminde ise temsil edilen toprak hacmi 0.1 dm^3 kadardır. Dren verdisi yöntemi ise tüm araziye temsil etmektedir. Buna karşılık işgücü ve malzeme istekleri diğer yöntemlere göre daha fazladır. Yukarıda görüldüğü gibi her yöntemin karakteristik örnekleme hacmi farklıdır. Aynı zamanda bunlar farklı geometriye ve sınır koşullarına sahiptirler.

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

6.1. Sonuçlar

Araştırmada elde olunan bulgulardan auger-hole yönteminin, gerçeğe en yakın değeri verebilen dren verdisi yöntemine oldukça yakın bir uygunluk gösterdiği anlaşılmıştır. Diğer taraftan dren verdisi yöntemi ile elde edilen hidrolik iletkenlik değerlerinin, bozulmamış örneklerde ölçüm yapılan laboratuvar yöntemiyle elde edilen değerlere oranı 1.72 gibi büyük bir orandır. Bu sonuç laboratuvar yöntemleriyle elde edilen ölçüm sonuçlarını arazi yöntem değerlerine çevirmek için bir katsayı ile düzeltilmesi gerektiği söylenebilir. Diğer bir deyişle, laboratuvarde elde olunan sonuçların doğrudan drenaj sistemlerinin projelenmesinde kullanılması çok büyük hatalara neden olabilir.

Sonuç olarak aynı toprak özelliklerini taşıyan alanlarda drenaj sistemlerinin projelenmesinde dren verdisi yöntemiyle elde edilen değerlerin kullanılması en uygun olacaktır. Ancak, drenaj sisteminin bulunmadığı yerlerde dren verdisi yöntemine en yakın değerleri veren auger-hole yöntemi değerlerinin kullanılması drenaj sistemlerinin planlanmasında sağlıklı bir kriter oluşturacaktır.

6.2. Öneriler

Hidrolik iletkenlik ölçümlerinde arazinin ortalama hidrolik iletkenlik değerini en şekilde dren verdisi yöntemi vermektedir. Buna karşılık yöntemin işgüü, malzeme

istegi fazladir ve arazide kurulu bir kapali drenaj sistemi gerektirmektedir. Bu sebeble yonteme alternatif olarak auger-hole yontemi önerilebilir.

Auger-hole yontemiyle elde edilecek hidrolik iletkenlik degerlerinin arazinin tümünü en iyi sekilde temsil edebilmesi ve gerekli istatistiksel analizlerin yapılabilmesi için arazide yeterli kadar örneklemenin yapılması önerilir.

BZET

Drenaj sistemlerinin projelenmesinde en önemli kriter toprakların doygun hidrolik iletkenlik değeridir. Çalışmada, auger-hole, piezometre, dren verdisi ve laboratuvar yöntemleri gibi doygun hidrolik iletkenlik belirleme yöntemlerinin karşılaştırılmaları yapılmıştır.

Bunun için Köy Hizmetleri Tarsus Araştırma Enstitüsü M.Alap alt istasyonunda drenaj sistemi kurulu bir alanda dren hattı boyunca ve dren aralığının yarısı uzaklığında ölçüm kuyuları açılmıştır. Ayrıca laboratuvar yönteminin uygulanması için toprak profilinin 150 cm. derinliğine kadar her 30 cm.'lik katmandan yatay ve düşey yönde bozulmamış örnekler alınmıştır.

Araştırma yeri toprağının 0-60 cm.'lik ilk katmanda kil, 60-120 cm.'lik ikinci katmanda kumlu kil ve 120-150 cm.'lik katmanda ise killi olup 2:1 kristal yapıya sahip şişme özelliği gösteren montmorillonit'tir.

Yöntemlerle ilgili olarak elde edilen bulgular Çizelge 5, 6, 7, 8'de verilmiştir. Yöntemlerde elde edilen ortalama hidrolik iletkenlik değerleri Çizelge 9'da verilmiştir. Buna göre auger-hole yönteminde profil boyunca arazi için ortalama hidrolik iletkenlik değeri 0.68 cm/h, piezometre yönteminde 0.48 cm/h, dren verdisi yönteminde 0.67 cm/h ve laboratuvar yönteminde 0.39 cm/h olarak

hesaplanmıştır.

Yöntemlerin uygulanmasıyla elde edilen bulgular esas alınarak yapılan değerlendirmede dren verdisi ve euge-hole yöntemlerinin araziyi en iyi şekilde temsil eden hidrolik iletkenlik değerlerini verdiği bulunmuştur. Bunlardan dren verdisi yönteminin kapalı drenaj sistemi gerektirmesi ve uygulama maliyetinin yüksek olması dezavantajının yanında tüm arazinin ortalama hidrolik iletkenlik değerini vermesi avantajı vardır.

SUMMARY

The most important parameter in design of drainage systems is the saturated hydraulic conductivity of the soil. In this study, auger-hole, piezometer technique and drain-flow method for in situ hydraulic conductivity determination were compared with the laboratory method.

For this purpose, auger-hole and observation wells were drilled along the drain line and at a half way between two drain lines at the M.Alap sub station of the Village Affairs Tarsus Research Station. In addition, undisturbed core samples were taken in vertical and horizontal position for each 30 cm. layer to a depth of 150 cm.

Soils of the experimental site are characterized as clay in the 0-60 cm. layer; sandy-clay in the 60-120 cm. layer and clay in the 120-150 cm. clay type is swelling type montmorillonite with 2:1 crystal structure.

The research findings were summarized in Tables 5-8. Mean hydraulic conductivity values obtained by different methods were given in Table 9. Mean hydraulic conductivity values of the profile was 0.58 cm/h determined by the auger-hole method; 0.48 cm/h for the piezometer method; 0.67 cm/h for the drain flow technique and 0.39 cm/h for the laboratory method used.

When the research findings were compared, the drain flow and auger-hole method resulted in the best estimate of

the saturated hydraulic conductivity values. However, since the drain-flow method requires a closed conduit drainage system and also takes too long time for one measurement, auger-hole method can be most practical method of measurement.



KAYNAKLAR

- AKALAN, İ., 1973. Toprak Fizigi, Ank.Univ.Zir.Fak. Yayınları 527. ANKARA (506) s.
- BAVER, L.D., 1966. Soil Physics. John Wiley & Sons, Inc., USA (489) s.
- BERKMAN, İ., 1968. Toprak Fizigi Ders Notları. Atatürk Univ. Yayınları. ERZURUM (114) s.
- BOERSMA, L., 1966. "Field Measurement of Hydraulic Conductivity Below a Water Table". C.A.BLACK, Ed. Methods of Soil Analysis. Agronomy No-9 P.1. 222-233 s.
- BOUWER, H. ve JACKSON, R.D., 1974. Determining Soil Properties (611-672) s. J.van Schifgaarde, Ed. Drainage for Agriculture 17. Am.Soc.Agr. Madison Wis. U.S.A.
- HERMAN, B., ve JACKSON, R.D., 1974. Drainage for Agriculture. Agronomy no -17. American Society of Agronomy, inc, Publisher Madison, WI, USA (611-646) s.
- HILLEL, D., 1980. Fundamentals of Soil Physio. Academic Press, U.S.A.
- JENSEN, M.E., 1980. Design and Operation of Farm Irrigation Systems. American Society of Agricultural Engineers Monograph No 3. U.S.A. (829) s.
- JOHNSON, H.P., FREVERT, R.K. ve EVANS, D.D., 1962. Simplified Procedure for the Measurement and Computation of Soil Permeability Below the Water Table. Agr.Eng.33. 283-289.
- KESSLER, J., ve OOSTERBAAN, R.J., 1974. Drainage Principles and Applications. International institute for land reclamation and improment. NETHERLANDS 316 270-294 s.

- KETTAS, F., 1987. Harran Ovasında Yaygın Toprak Serilerinin Rutubet Karakteristikleri ve Bunları Etkileyen Faktörlerin Araştırılması. Ç.Ü.Fen Bil.Enst.Dr.Tezi. ADANA (146) s.
- KÖY HİZMETLER TARSUS ARAŞTIRMA ENSTİTUSU ARAŞTIRMA RAPORLARI 137, 1987. TARSUS (369) s.
- LUTHIN ve KIRKHAM, D., 1948. "A Piezometer Method for Measuring Permeability of Soil in situ Below a Water Table" Soil Sci. Vol 68 341-358.
- MEIN, R.G., ve LARSON, C.L., 1973. Modelling Infiltration During a Steady Rain. Water Resour Res. 9. (384-397) s.
- MUNSUZ, N., 1973. Toprak İslah Edici Maddelerin Toprak Su Difüzyonuna Etkisi Üzerinde Bir Çalışma. Ank.Univ.Zir.Fak.Yayınları 523.
- ÖĞÜZER, V., KUMOVA, Y., KIRDA, C., DİNGİ, B., TULUCU, K., 1982. Drenaj Mühendisliği Seminer Notları. Toprak Egitim Merkezi. TARSUS.
- ROGERS, J.S., 1986. Finite Element Model to Flow to an Auger-hole in Layered Soils. TRANSACTIONS of the ASAE 29; 1005-1011 s.
- SÖNMEZ, N., 1960. Hidrolik Kondaktivite ve Burgu Deliği Metodu ile Taban Suyu Seviyesi Altında Hidrolik Kondaktivitenin Ölçülmesi. Ank.Univ.Basımevi. ANKARA (64) s.
- TOPP, G.C. ve ZEBCHUK, W.D., 1986. The Effect of Auger-hole Diameter Changes on Hydraulic Conductivity Measurement. Can.Agr.Eng. 28. No-1 15-17 s.
- WU, T.H., 1976. Soil Mechanics. Ohio State University. Allyn and Bacon, Inc. LONDON (440) s.
- YARPUZLU, A., ve DOĞAN, D., 1986. Tarsus Ovası Kapalı Drenaj Projelene Kriterleri. Tarsus Arş.Ens. Yay. 115. TARSUS (37) s.

YEŞİLSOY, M.Ş., 1976. Toprak Fiziki , M.de BOODT'den çeviri
ADANA (125) s.

----- , 1978. Doymamış Hidrolik iletkenliğin Arık
Serisinde Uç Yöntemle Saptanması ve
Karşılaştırılması . Ank. Univ. Basımevi
ANKARA (58) s.



TEŞEKKÜR

Bu çalışmaya bana veren ve çalışmalarım süresince yardımlarını esirgemeyen değerli hocam Doç.Dr.Attila YAZAR'a, arazi çalışmalarımın yapılması sırasında yardımlarını esirgemeyen Zir.Yük.Müh.Ali YARPUZLU ve Tarsus Köy Hizmetleri Araştırma Enstitüsü personeline teşekkürü borç bilirim.



BZGEÇMİŞ

Manisa'nın Salihli ilçesinde 1962 yılında doğdum. İlk, orta ve lise tahsilimi Salihli'de tamamladım. Ç.Ü.Ziraat Fakültesi Kültürteknik Bölümünde lisans öğrenimime 1981 yılında başladım. Ç.Ü.Ziraat Fakültesi Kültürteknik Bölümünden 1985 mayıs döneminde mezun oldum. Aynı yıl Ç.Ü.Fen Bilimleri Enstitüsü Kültürteknik Anabilim Dalında Master öğrenimime başladım. Halen aynı anabilim dalında master yapmaktayım.