

T.C.
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
KÜLTÜRTEKNİK ANABİLİM DALI

ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ TARIMSAL ARAŞTIRMA VE UYGULAMA MERKEZİ
ARAZİSİNİN DRENAJ SORUNLARI VE ÇÖZÜM YOLLARI ÜZERİNDE BİR İNCELEME

YÜKSEK LİSANS TEZİ

T. C.
Yükseköğretim Kurulu
Dokümantasyon Merkezi

HASAN DEĞİRMENÇİ

BURSA

AĞUSTOS 1990

70207

T.C.
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
KÜLTÜRTEKNİK ANABİLİM DALI

ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ TARIMSAL ARAŞTIRMA VE UYGULAMA MERKEZİ
ARAZİSİNİN DRENAJ SORUNLARI VE ÇÖZÜM YOLLARI ÜZERİNDE BİR İNCELEME

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HASAN DEĞİRMENÇİ

Sınav Günü : 7.9.1990
Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Abdurrahim KORUKÇU (Danışman)
: Prof. Dr. Vahap KATKAT
: Prof.Dr.İsmet ARICI

BURSA

AĞUSTOS 1990

ABSTRACT

In this study, the drainage problems of University of Uludağ, Agricultural Research and Practice Centre field were determined. The main problems encountered in the study area were high amount of rainfall, low permeability in soil and inadequate capacity of streamlet and natural ditches. These problematic conditions causes inadequate drainage in flat and semi-flat areas. In this study, proposals were introduced for the solution of these problems and surface drainage capacities were calculated and canal sections were designed.

KEY WORDS : Surface drainage, surface flows, water table, hydraulic permeability, hydrologic research, topographic research, discharging point

ABSTRAKT

Bu çalışma ile Uludağ Üniversitesi Tarımsal Araştırma ve Uygulama Merkezi arazisinin drenaj sorunları belirlenmeye çalışılmıştır. İnceleme alanında karşılaşılan sorunlar, düşen yağış miktarının fazlalığı, toprak geçirgenliğinin çok düşük olması, dere ve doğal hendeklerin yeterli kapasitede bulunmamasıdır. Bu durum, alanın düz ve düze yakın bölgelerinde drenaj yetersizliğine neden olmaktadır. Çalışmada karşılaşılan sorunların çözümü için önerilerde bulunulmuş, yüzey drenaj kanal kapasiteleri hesaplanmış ve kanal kesitleri çıkarılmıştır.

ANAHTAR KELİMELER : Yüzey drenaj, yüzey akış, taban suyu, hidrolik geçirgenlik, hidrolojik etüd, topoğrafik etüd, boşaltma ağızı.

Önsöz

Sulama ya da yağışlar yolu ile toprakta oluşan su, bitki su gereksiniminin üzerine çıktığı zaman toprakta su-hava dengesi bozulur. Bu durumda bitkisel üretimin arttırılması için topraktaki fazla suyun drenajla uzaklaştırılması gerekir.

Kurak ve yarı kurak iklim koşullarının geçerli olduğu ülkemizde bitki su gereksinimi özellikle yaz aylarında sulama ile karşılanmaktadır. Bu bakımdan çağdaş tarımda toprak ve su kaynaklarından optimum biçimde yararlanmada drenaj, sulamanın ayrılmaz bir parçası olarak ortaya çıkmaktadır.

Bu inceleme ile, Uludağ Üniversitesi Tarımsal Araştırma ve Uygulama Merkezi arazisinin drenaj sorunlarını belirlemek amacıyla drenaj etüdüleri yapılmış, karşılaşılan sorunlar belirlenmiş ve çözüm yolları önerilmiştir.

Bu konuda bir tez hazırlama olanağı veren ve Fen Bilimleri Enstitüsündeki öğrenim süresi içerisinde çalışmalarımı yönlendiren Sayın Hocam Prof. Dr. Abdurrahim KORUKÇU'ya, eğitimim süresince bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım Sayın Hocam Prof. Dr. İsmet ARICI'ya ayrıca araştırma sırasında ve araştırma sonuçlarının değerlendirilmesinde katkılarından yararlandığım arkadaşlarıma teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ÖZETİ	5
2.1. Tarım Alanlarının Drenajı	5
2.2. Drenaj Etüdüleri	7
2.2.1. Topoğrafik Etüdüler	8
2.2.2. Hidrolojik Etüdüler	9
2.2.3. Toprak ve Bariyer Etüdüleri	10
2.2.4. Hidrolik Geçirgenlik(İletkenlik) Etüdüleri ...	12
2.2.5. Taban Suyu Etüdüleri	14
2.2.6. Boşaltma Ağzı Etüdüleri	16
2.2.7. Sulama, Yıkama, Malzeme, Ekonomik ve Diğer Etüdüler	17
2.3. Açık Drenaj Sistemlerinin Proje Esasları	19
2.3.1. Boşaltma Ağzının Yeri ve Yeterliliği	19
2.3.2. Drenaj Kanallarının Geçirilmesi	19
2.3.3. Drenaj Faktörlerinin Analizi	20
2.3.4. Yardımcı Yapılar	20
2.3.5. Seddeler	21
2.4. Yüzey Drenaj Sistemleri	21
2.4.1. Çukur Tarım Alanların Yüzey Drenajı	23
2.4.1.1. Rastgele (Random) Hendek Sistemi ...	23
2.4.1.2. Paralel Hendek Sistemi	23
2.4.2. Düz Alanların Yüzey Drenajı	24
2.4.2.1. Yastık sistemi	24
2.4.2.2. Çift Hendek Sistemi	24
2.4.2.3. Tarla Hendek Sistemi	25

2.4.3. Eğimli Alanların Yüzey Drenajı	25
2.4.3.1. Çapraz Eğimli Hendek Sistemi	26
2.4.3.2. Önleyici Sistem veya Çevirme Hendekleri	26
2.5. Kapalı Drenaj Sistemlerinin Proje Esasları	27
3. MATERYAL VE YÖNTEM	32
3.1. Materyal	32
3.1.1. İnceleme Alanının Tanımı	32
3.1.2. İklim Özellikleri	32
3.1.3. Toprak Özellikleri	33
3.1.4. Tarımsal Yapı ve Üretim	37
3.1.5. İnceleme Alanında Sulama ve Drenaj Çalışmaları	37
3.2. Yöntem	38
3.2.1. Taban Suyu Seviyelerinin Belirlenmesi	38
3.2.2. Yüzey Akışının Hesaplanması	40
3.2.3. Hidrolik İletkenliğin Hesaplanması	41
3.2.4. Drenaj Suyu Analizleri	42
3.2.4.1. pH Değerinin Analizi	42
3.2.4.2. Elektriksel İletkenlik Analizi	42
3.2.4.3. Karbonat ve Bikarbonat Analizi	42
3.2.4.4. Klor Analizi	42
3.2.4.5. Sodyum Analizi	43
3.2.4.6. Kalsiyum + Magnezyum Analizi	43
3.2.4.7. Sodyum Adsorpsiyon Oranı (SAR)	43
3.2.4.8. Drenaj Sularının Tuzluluk ve Alkalilik Durumu	43

4. İNCELEMEDEN ELDE EDİLEN SONUÇLAR VE ÖNERİLER	44
4.1. İnceleme Alanının Drenaj Etüdüleri	44
4.1.1. Topoğrafik etüdler	44
4.1.2. Boşaltma Ağzı Etüdüleri	46
4.1.3. Taban Suyu Etüdüleri	47
4.1.4. Hidrolojik Etüdler	52
4.1.5. Hidrolik Geçirgenlik Etüdüleri	54
4.1.6. Sulama Suyu Etüdüleri	56
4.2. Karşılaşılan Sorunlar	58
4.3. Öneriler	61
4.4. İnceleme Alanının Drenaj Sisteminin Projelenmesi	63
ÖZET	65
KAYNAKLAR	67
EKLER	

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
3.1. İnceleme Alanının Toprak Etüd Haritası	36
3.2. İnceleme Alanının Topoğrafik Haritası ve Gözlem Kuyularının Yerleştirilme Biçimi	39
4.1. İnceleme Alanının Ana Drenaj Kanalı	45
4.2. İnceleme Alanının Yan Drenaj Kanalı	46
4.3. İnceleme Alanının Boşaltma Ağzı	47
4.4. İnceleme Alanında Açılan Taban Suyu Gözlem Kuyusu	48
4.5. Gözlem Kuyularının Ortalama Taban Suyu Düzeyleri	50
4.6. D20 No'lu Gözlem Kuyusunun Hidrografı	51
4.7. Aylara Göre 42 Yıllık Yağış Ortalaması Grafiği	52
4.8. Yağışlardan Sonra İnceleme Alanının Durumu	53
4.9. İnceleme Alanında Auger-Hole Kuyusunun Görünüşü	55

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

1. Farklı Bitkilerde Verim Azalması Olmayan ve %10 Verim Azalması Olabilecek Taban Suyu Düzeyleri (cm)	16
2. Bursa Merkezi İklim Verileri	34
3. İnceleme Alanında Yetiştirilen Bazı Bitkilerin 1989 Yılı Ekim Alanı ve Üretim	37
4. Araştırma Alanınının Taban Suyu Gözlem Verileri ve Haftalık Toplam Yağış Değerleri	49
5. Bursa Merkezi Buharlaşma ve Yağış Verileri	53
6. İnceleme Alanında Ters Kuyu Yöntemi ile Bulunan Hidrolik Geçirgenlik Değerleri	55
7. İnceleme Alanı Drenaj Suyu Kimyasal Analiz Sonuçları	57

1. Giriş

Sulama ve drenaj, hangi iklim kuşağında olursa olsun üretimde devamlılığı sağlayan, diğer gelişim etmenlerinin değerlendirilmesine olanak sağlayan temel Kültürteknik önlemleridir. Bitki kök bölgesinde nem kontrolü, iyi planlanmış sulama ve drenaj sistemleriyle mümkün olmaktadır. Sulama ve drenaj ilişkileri çözümlenmeyen alanlarda, sulamalar sonrası toprak-su dengesinin bozulması nedeniyle yüksek taban suyu, tuzluluk ve çoraklaşma sonucunda bitkisel verim hızla azalmaktadır(BALABAN ve ARK., 1989).

Optimum bitki gelişiminin sağlanmasında sulama ve drenaj teknikleri bitki kök bölgesindeki toprak nemini yapay olarak kontrol ederler. Maksimum tarımsal üretim için sulama ve drenaj birlikte düşünülmelidir. Toprakta su içeriğini optimum düzeyde tutmak için, sulama ile eksik olan suyun verilmesi, drenaj ile de fazla olan suyun uzaklaştırılması gerekir(FUKUDA, 1976).

Sulama ve Drenaj birbirleriyle yakından ilgili birbirinden ayrılmaz iki kavramdır. Nitekim, 1972 yılında Bulgaristan'da yapılan 8. Uluslararası Sulama ve Drenaj Komitesi Kongresi'nde bu konuya değinilmiş ve kongrede FUKUDA(1976) tarafından bu iki terimin harfleri birleştirilerek tek terim olarak "Irrinage" biçiminde kullanılması önerilmiştir.

Drenaj, genel anlamıyla fazla suyun topraktan ve arazi yüzeyinden yapay olarak uzaklaştırılmasını belirtir. Tarımsal açıdan, asıl amaç optimum bitki gelişimine elverişli bir kök bölgesi oluşturmaktır. Daha kapsamlı bir biçimde tanımlanacak olursa, " bitkisel üretimi artırmak, verimliliği sürekli kılmak ve üretim masraflarını azaltmak için toprak fiziği ve hidrolik ilkeleri uyarınca fazla suyun topraktan kontrollu bir şekilde uzaklaştırılması amacıyla çeşitli mühendislik yapılarının

planlanması, projelenmesi ve inşası çalışmalarına " drenaj denir(YARPUZLU, 1988).

Bitki kök bölgesindeki fazla su, toprakta yarattığı çoraklık yanında % 25-50'ye varan verim azalmalarına neden olmaktadır(YILMAZ ve MAVİ, 1978). Bu durum, daha ilk çağlardan beri, tarımla uğraşan toplumların dikkatini çekmiş ve bundan kurtulma yolları aranmaya başlanmıştır. Arkeolojik kazılardan anlaşıldığına göre, drenlerin inşası ve drenaj mühendisliği insanlığın yazılı tarihinden öncesine kadar uzanmaktadır. Arazi drenajı M.Ö. 400 yıllarının eski Yunan ve Mısır uygarlıklarına kadar uzanan bir ıslah yöntemidir. Romalılar III. yüzyılda Arno ve Tiber ovalarını drene etmeye başlamışlardır. İngilizler X. yüzyılda Fenler'i drene etmeye başlamışlardır. Hollandalılar ise Kuzey Denizinden geniş alanlar kazanmak için yaşam boyu sürecekle drenaj çalışmalarını 1550'de başlatmışlardır (GEMALMAZ,1983).

Ülkemizde ilk drenaj çalışmaları 1960'lı yıllarda başlamış olup, 1970'li yıllarda teknolojinin gelişmesine paralel olarak hızlı bir gelişim göstermiştir.

Ülkemizde aşırı yağış, sulama ve arazinin doğal yapısından ileri gelen drenaj bozukluğuna sahip yaklaşık 2.8 milyon hektar arazi bulunmaktadır(ANONYMOUS, 1978).

Ülkemiz topraklarında yapılan toprak etüdüleri sonucunda çeşitli problemlere sahip toplam 64.1×10^6 ha alan bulunmaktadır. Bu alanın 1.5×10^6 ha çoraklık, 2.8×10^6 ha drenaj bozukluğu, 2.8×10^6 ha taşlılık ve 57×10^6 ha erozyon sorunu bulunmaktadır(ANONYMOUS, 1987).

Bu sonuçlardan da anlaşılacağı gibi, 1978 yılından 1987 yılına kadar geçen sürede tarım arazilerindeki drenaj sorununda önemli bir artış gözlenmektedir.

Yağışlı ve yarı yağışlı bölgelerde drenajın amacı; havadar bir kök bölgesi ile gereksinim duyulduğu herhangi bir anda tarım alet ve makinalarının kullanılmasına olanak verecek derecelerde yaşlılığı giderilmiş, nispeten kuru bir üst toprak meydana getirmektir. Bundan dolayı, yağışlardan ileri gelen topraktaki fazla suyun atılması ve taban suyu düzeyinin, toprak, kültür bitkisi ve iklim bakımından en elverişli bir düzeyde tutulması gerekmektedir(VAN BEERS, 1965).

Yeterli drenaj, erken ekim ve dikimi sağlamak yanında, toprak kök bölgesi derinliğini artırarak kullanılabilir bitki besin maddesi ve toprak nemi miktarını arttırmaktadır. Ayrıca toprağın havalanmasını, toprak içerisine suyun sızma miktarının artmasını, toprak erozyonu ve oyuntunun azalmasını ve toprak sıcaklığının yükselmesini sağlamaktadır(ISRAILSEN ve HANSEN, 1980)

Uludağ Üniversitesi Tarımsal Araştırma ve Uygulama Merkezi arazisi, yer yer drenaj sorunu bulunan çok sayıdaki parsellerin 1981 yılında birleştirilmesinden oluşmuştur. Drenaj sistemi planlanırken, topoğrafik ve toprak özellikleri ile teknik koşullar gözönünde tutulur. Bu nedenle, drenaj sorununun çözümünde, alanın bir bütün olarak ele alınması, buna karşın tek tek parsellerin şekil, büyüklük ve sınırlarının gözönünde tutulmaması gerekir. Araştırma alanı olarak seçilen Uludağ Üniversitesi Tarımsal Araştırma ve Uygulama Merkezi arazisinde bulunan drenaj sorunlarının bir bütün halinde ele alınması amacı ile drenaj etüdüleri yapılmış ve karşılaşılan sorunlar belirlenmeye çalışılmıştır. Arazinin tarım ve ekonomi açısından en iyi biçimde kullanılmasını sağlamak ve ileride yapılacak çok yönlü çalışmalara ışık tutmak için bu sorunlara çözüm önerilerinde bulunulmuştur.

Bu çalışma dört bölümden oluşmaktadır. Giriş bölümünde konunun önemi

belirtilmiştir. İkinci bölümde literatür özeti verilerek konuya ilişkin kaynaklar gözden geçirilmiştir. Üçüncü bölümde kullanılan materyal ile uygulanan yöntemler açıklanmış, son bölümde ise incelemeden elde edilen sonuçlar ve öneriler verilmiştir.



2.LİTERATÜR ÖZETİ

2.1. Tarım Alanlarının Drenajı

Yağış ve sulama suyundan oluşan artık suyun tarım arazisinden uzaklaştırılması, çoraklaşan, verimsiz hale gelen toprakların tekrar eski haline dönüştürülmesi için gereksinimden fazla olarak verilen suyun boşaltılması işlemi "Tarım Arazilerinin Drenajı" olarak adlandırılır (TEKİNEL, 1979).

Dünyadaki ülkelerin hemen tümünde, toprağın verimliliğini korumak ve üretim kapasitesini artırmak için tarımsal önlemler alınmaktadır. Yağışı bol iklimlerde bu önlemlerin başta geleni, kanallarla yapılan yüzey drenaj ve yüzey drenajın toprak içinde devamı olan kapalı drenajdır(EGGELSMANN, 1987).

Drenajın kavram olarak bir toprak sorunu olmasına karşın, drenaj gereksinimi bir amenajman sorunu, daha da geniş anlamıyla bir tarım ve ekonomi sorunudur. Drenaj gerekliliği, öncelikle fayda-masraf oranına bağlıdır. Tarım arazilerinin drenajı için çiftçi, toprak bilimcisi ve su amenajmanı uzmanı arasında iyi bir iş birliği önerilmektedir(EGGELSMANN, 1987).

Toprak ve su kaynaklarından en etkin biçimde yararlanılabilmesi için bitki-toprak ve su arasında belirli bir dengenin yaratılması gerekir. Bu denge kurulmamış ve yüksek ürün sağlayabilmek için toprakta su eksikliği söz konusu ise, eksik olan suyun dışarıdan sağlanarak uygun bir sulama yöntemiyle araziye verilmesi gerekir. Eğer toprakta gereğinden fazla su var ise, bir yandan birim alandan sağlanan ürün miktarında azalma, diğer yandan da toprakta tuzluluk ve alkalilik gibi sorunların ve drenaj gereksiniminin ortaya çıkması söz konusu olabilir(TEKİNEL,1979).

Tarım arazilerinde drenaj sorunu; topoğrafya ve toprak koşullarının,

yüzey ve yeraltı sularının doğal bir boşaltma ağzına ulaşmasını engellediği ya da bu ulaşmanın arzu edilen hızda olmadığı durumlarda ortaya çıkar(SÖNMEZ ve BALABAN, 1968). Böyle durumlarda suyun yüzeyde birikmesiyle göllenmeler, toprağın yüzeye kadar doyması ile de bataklıklar ve ıslak araziler oluşur. Bazı hallerde de taban suyu istenmeyen sınırların üstüne yükselerek bitkisel üretimi sınırlar ya da olanaksız kılar(GÜNGÖR, 1986). Tarım alanlarının toprak ve topoğrafik koşullarına göre, sulama suyunun iletilmesi ve tarlaya uygulanması sırasında ortaya çıkan su kayıpları, artezyenik sular, gereğinden fazla sulama suyunun toprağa verilmesi, toprak altından tarım alanlarına gelen yabancı sular ile fazla yağış ve taşkın suları toprakta çoğalarak yüksek taban suyuna neden olmaktadır(BALABAN ve ARK.,1989).

Sulu tarım alanlarında suyun sulama kanallarından sızması ya da toprağa kontrolsüz bir şekilde verilmesinden doğan taban suyu yükselmesinin kontrolü ve bu suretle arazinin su altında kalmasının ve çoraklaşmanın önlenmesi yönünden drenaj gereklidir(TEKİNEL, 1979).

Kurak ve yağışlı bölgelerdeki drenaj sorunlarının nedenleri değişiktir. Yağışlı bölgelerde, arazi topoğrafyasına ve toprakların su alma hızlarına bağlı olarak taban suyu yükselmesi ya da yüzeyde su birikmeleri nedeni ile drenaj sorunu meydana gelir. Kurak bölgeye ilişkin drenaj sorunlarının nedeni ise genellikle sulama suyudur. Sulama sularının kaynaktan saptırıldıktan sonra kullanım alanına ulaşmaya kadar belirli bir bölümü sızmalarla kaybolur. Normal koşullarda bu kayıp % 20-30 dolaylarında, ekstrem hallerde ise % 50'ye kadar çıkar. Sulama süresinde ise çeşitli yollarla araziye verilen suyun % 30-70'i kaybolmaktadır(SÖNMEZ ve ARK., 1984).

Gerek yağışlı bölgelerde yağış sularının, gerekse kurak bölgelerde

fazla sulama sularının oluşturduğu drenaj sorunları, aşağıda özetlenen arazi gözlemleri ile belirlenir(SÖNMEZ ve ARK., 1984).

1. Tarım alanlarının çukur bölgelerinde uzun süre su göllenmesi,
2. Tarım alanlarında tuz lekelerinin görülmesi,
3. Bitkilerde yaprak yanması ve kök çürümesi,
4. Tarım alanlarında sivrisinek görülmesi,
5. Tarım alanlarında suyu seven yabancı otların gelişmesi,
6. Ekim ve hasat zamanlarının gecikmesi ve tarım makinalarının toprak üzerinde iz bırakması,
7. Zaman zaman toprak yüzeyinde ıslaklık görülmesi,
8. Toprak nemi ile ilişkili olan bitki hastalıklarının artması.

2.2. Drenaj Etüdüleri

Drenaj etüdlerinin amacı, drenaj gereksinimi görülen bölge ve alanlarda drenaj sistemlerinin projelenmesi için gerekli verilerin belirlenmesidir. Toplanan bu verilerin değerlendirilmesiyle gereksinim duyulan sistem ve sistemin ekonomikliliği üzerinde bir karara varılır. Herhangi bir drenaj sorununun çözümü o alanın ayrıntılı bir şekilde etüd edilmesine bağlıdır. Drenaj sorunu olan alanlar bilinen koşullar altında sistemli bir şekilde etüd edilmeli ve ortaya çıkma olasılığı bulunan sorunlara çözüm yolları aranmalıdır. (OĞUZER, 1981).

Etüdler, sorunun giderilmesi için teknik bakımdan olanaklı ve güvenceli en ekonomik seçeneğin saptanması amacıyla yönelik çalışmaları içerir(BEYCE ve TARUS, 1977). Bunun için arazide inceleme ve araştırmalara gereksinim duyulmakta, iyi bir projelendirme ise geniş ölçüde araziden sağlanan teknik bilgilerin sağlık derecesine ve ayrıntısına bağlı bulunmaktadır (TEKİNEL, 1979).

2.2.1. Topoğrafik Etüdler

Topoğrafya, yeryüzeyindeki doğal ve kültürel şekillerin tümünü topluca ifade eden bir terimdir. Fakat genel olarak engebe (rölie) anlamında kullanılır(KORKUT,1983).

Tarımsal bir alanın drenaj etüdlerinin yapılmasında ele alınacak konuların en önemlilerinden birisi de topoğrafik koşulların belirlenmesidir (SÖNMEZ ve ARK., 1984).

Drenaj çalışmalarında topoğrafik etüdler temeldir. Topoğrafik haritanın bütün doğal ve sabit yapıları içermesi gerekir. Ayrıca yüzey eğimleri, kanal yerleri, kanal eğimi, yol, demiryolu, boru sistemleri çiftlik sınırları, arazi kullanımı, bölüm çizgileri, drenaj alanları ve diğer görünümünün de harita üzerinde işaretlenmesi gerekir(TEKİNEL, 1979).

Topoğrafik incelemede amaç, tarım alanının yapısına göre 60-150 cm'de bir geçirilen tesviye eğrili haritanın hazırlanmasıdır. Bu haritalar uygulanacak drenaj sistemlerinin belirlenmesinde temel verileri taşırlar(SÖNMEZ ve ARK., 1984).

Yüzey drenajı yapılacak bölgelerde 1/25000, detaylı etüdlere büyüklüğü 500 da'a kadar olan arazilerde 1/1000, büyüklüğü 500 da'dan büyük alanlarda ise 1/5000 ölçekli haritalar kullanılır. Topoğrafik haritadaki tesviye eğrileri, arazinin eğimi % 2'ye kadar ise 20 cm, % 2'den büyük ise 50 cm'lik haritalar kullanılır(GÜNGÖR,1986).

Drenaj sisteminin kuruluşu, çıkış ağzının yeri, boşaltmanın yerçekimsel veya pompajla yapılma durumları bu etüdler sonucunda ortaya çıkarılır. Aynı zamanda arazinin eğim bakımından hangi drenaj yöntemine uygunluğu belirlenir(BALCI, 1982).

Topoğrafik haritalardan sağlanacak bilgiler şöyle özetlenebilir (OĞUZER,1981):

1. Fazla suyun nedeni, havzanın büyüklüğü, eğimi, doğal boşaltma ağzı, hendekler, su kanalları, yollar ve drenajla ilgili diğer yapıların yerleri.

2. Drenaj kanallarının geçeceği yol ve bu yol üzerinde bulunan köprü, menfez ve kurulacak drenaj sistemine etki edecek yapılar.

3. Su toplama havzasının topoğrafik durumu, yüksek ve alçak noktaların yerleri, kot farkları.

4. Boşaltma (tahliye) yeterliliği ve taşkınlara engel olma önlemlerinin alınacağı yerler, taşkınları kontrol olanakları.

2.2.2. Hidrolojik Etüdler

Bir alanın drenaj gereksinimi ve sulama gereksiniminin belirlenmesinde yağış, buharlaşma, yüzey akış veya derine sızma gibi hidrolojik devre unsurları arasındaki ilişkilerden yararlanılmaktadır. (ERÖZEL, 1987).

Bir drenaj alanında hidrolojik etüdler iki aşamada yapılır. Birinci aşamada; drenaj sorunu olan alana yukarı havzalardan gelebilecek fazla suların uzaklaştırılması için gerekli çevirme veya kuşaklama kanalının kapasitesi belirlenir. İkinci aşamada ise, yağışlardan oluşabilecek fazla suların araziden uzaklaştırılması için yapılan tesisler ve kapasitelerinin belirlenmesidir(GÜNGÖR, 1986). Hidrolojik etüdler açık kanalların kapasitesinin ve kapalı dren sistemlerinin projelenmesinde derine sızan su miktarının belirlenmesinde kullanılır(ERÖZEL, 1987).

Hidrolojik etüdlere yağış kayıtları, taşkın tekerrürleri, taşkın suyu seviyeleri, bölgeye giren ve çıkan su miktarları, toprak koruma planları, pompaj etüdlere ve ıslak koşullar hakkında etüdler yapılır. Boşaltımda düşünülecek bir konu da; gelen yağış ve taşkın sularının toprak

içine fazla sızmak için yeterli birikim yapmadan, bitki çeşidinin izin verdiği süre içinde araziden uzaklaştırılmasıdır(ERÖZEL, 1987).

Ayrıca boşaltım kanalı kapasiteleri, yüzey akışların sebze ve tarla bitkilerinin yetiştirildiği alanlarda 24 saat içinde, çayır mer'a alanlarından 48 saat içinde boşaltılması gerektiği için bitkilerin su altında kalma sürelerine göre de saptanabilir(ERÖZEL, 1987).

2.2.3. Toprak ve Bariyer Etüdleri

Proje alanlarında toprak iklim-bitki-insan arası ilişkilerini tam olarak açıklayabilmek için yarı kurak ve kurak bölgelerdeki sulama alanlarında uygulanacak drenaj için çok dikkatli toprak etüd ve araştırmaları gereklidir. Kurak ve yarı kurak bölgelerdeki sulama alanlarında toprağın tuzlanması önlemek için, sulama suyunun ve drenaj suyunun tuz oranları sürekli olarak gözlenmelidir(EGGELSMANN, 1987).

Toprak etüdünün amacı, problemleri alanlardaki toprak çeşitlerini sistematik olarak sınıflandırmak, o bölge veya alandaki değişik sınıflardaki toprakların yüzey özelliklerini, profilini inceleyerek drenaj sorununu araştırmaktır. Toprak etüdleri sırasında topoğrafya koşullarının durumu, drenaj sorunlu alanın büyüklüğü, drenaj sorununun şiddeti ve yayılma alanı belirlenir(OĞUZER, 1981).

Toprak etüdleri; ülkemizde, aşağıda belirtildiği üzere belli başlı üç aşamada yapılır. Bunlar;

1.Temel Toprak Etüdleri: Bu etüdlere toprakların genetik özellikleri göz önüne alınarak bir ayırım ya da düzenlemeye gidilir.

2.Sulu Tarım Arazi Sınıflaması: Bu etüd, bitki su tüketimini belirlemek amacıyla yapılır.

3.Planlama Toprak Etüdleri: Toprağın, genetik özellikleri dikkate

alınmadan, fiziksel, kimyasal ve morfolojik açıdan sınıflama ve sıralaması yapılır.

Araştırılan toprak özellikleri etkili toprak derinliği, toprak bünyesi, tuzluluk ve sodyumluluk, drenaj sınıfları, toprağın geçirgenlik özelliği, toprak yapısı, toprağın hacim ağırlığı ve porozite(gözenek boşlukları) sidir(OĞUZER,1981).

Toprak etüdü yapılırken, profilin veya profile ait toprak katmanının belirli derinliğe kadar dikkate alınması gerekir. Bu derinliğin seçilmesinde iklim durumu ve tarım şekli rol oynamaktadır. Genellikle yağışlı bölgelerde sondajların 90-150 cm derinliğe kadar yapılması çoğunlukla yeterli olduğu halde sulama uygulanan arazilerde bu derinliğin daha fazla olması gerekir (200-300 cm). Sondaj sayısı arazi koşullarının homojen olması oranında az tutulur. Bir ha araziye bir sondaj çukurunun açılarak gerekli toprak etüdünün yapılması, gereksinim halinde konu ile ilgili toprak örnekleri alınmalıdır(BALCI, 1982).

Toprağın su, hava içeriği ve hava sıcaklığı üzerindeki etkisi nedeniyle toprak yapısının, toprak drenaj sistemlerinin planlanmasında büyük önemi vardır. Toprak yapısı toprak tanelerinin üç boyutlu sıralanmaları ve düzenlenmeleri ile birbirleri arasındaki ilişkilerdir. Bir toprak kütesinin hacmi, katı taneler hacmi ile boşluklar hacminin toplamından oluşur. Katı taneler arasında yer alan boşluk hacmi, kısmen su kısmen de hava ile doludur. Topraktaki boşluk hacmi, boşlukların büyüklük ve biçimine göre değişiklik gösterir. Boşluk hacmi toprağın su depolama kapasitesini büyük ölçüde etkiler. Toprağın su absorpsiyon derecesi boşlukların büyüklüğüne bağlıdır(EGGELSMANN, 1987).

Bariyer, geçirimsiz ya da az geçirgen ve taban suyunun düşey hareketini kısıtlayan bir toprak tabakasıdır. Genel olarak drenaj

mühendisliğinde, toprak içine sızan suyun üzerinde toplandığı ve bu suyun daha derinlere inmesine engel olan tabakaya bariyer denir. Yerçekimi etkisiyle aşağı doğru sızan sular, geçirimsiz bir tabakaya ulaştınca birikmeye başlar. Bu birikim taban suyu düzeyini yükselterek bitki köklerinin gelişme alanını sınırladığı gibi toprak altı drenaj sistemi kurulduktan sonrada drenaj borularına gelen akım yollarının değişimine neden olur. Bu bakımdan bariyer etüdüleri özellikle dren aralığının belirlenmesinde önemli rol oynar. Toprak altında geçirimsiz tabaka bulunması, ancak bu tabakanın drenaj alanının 2/3'nü kapladığı zaman kabul edilir(GÜNGÖR,1985).

Toprakta yapılan etüdülerde tam anlamıyla geçirimsiz tabaka her zaman bulunmaz. Bu durumlarda, varsayımla toprakta 1 m derinlikteki katmanlarında bulunan geçirgenlik ortalamasının 1/5 veya 1/10'u, katman bariyeri olarak kabul edilir(OĞUZER, 1981).

2.2.4. Hidrolik Geçirgenlik(İletkenlik) Etüdüleri

Hidrolik iletkenlik; doymuş toprakta suyun sahip olduğu hidrolik yük altında, yer çekiminin etkisiyle birim zamandaki hareketine denir. (ERÖZEL,1987).

HİLLEL, (1980)'de ise hidrolik iletkenliği, toprağın su ile doymuş olduğu durumda birim hidrolik eğimdeki, gözenek karakterinin etkilediği, su akış hızının değeri şeklinde tanımlamaktadır. Diğer bir anlatımla, hidrolik iletkenlik, gözenekli bir ortamda oluşan su akış hızının hidrolik eğime oranı veya akı-hidrolik eğim doğrusunun eğimi olarak tanımlanmaktadır.

Tarımsal alanların ıslah edilmesinde ve drenaj projelerinin hazırlanmasında gerekli en önemli verilerden birisi hidrolik iletkenlik değeridir. Toprak etüdüleri sırasında yapılan değerlendirmede belirtilen

"iyi drenaj" , "yetersiz drenaj" v.b. şeklindeki belirlemeler ön değerlendirmeler için yardımcı bir durum ise de, ekonomik verimlilik tahminlerinde, sulama ve drenaj çalışmalarının projelendirilmesinde, toprak hidrolik iletkenliğinin sayısal değerinin bilinmesi gerekir(OĞUZER ve ARK.,1982).

Doygun toprakların hidrolik iletkenliğinin sıkça değiştiğini belirtmiştir. Sulama ve drenaj çalışmalarında geçirgenlik önemli bir değişkendir. Toprak geçirgenliği ile ilgili çalışmalar tuzlu ve alkali toprakların ıslahı için drenaj sistemlerinin tasarımında, su iletimi ve sulama uygulama randımanları çalışmalarında gelişmelerin temelini oluşturmaktadır(KETTAŞ, 1987).

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

Hidrolik geçirgenlik değerinin ölçülmesinde, birim suyun toprak içerisinde birim zamanda aldığı yol belirlenerek cm/h, cm/gün ve m/gün şeklinde ifade edilir. Ayrıca belirli bir alandan ve belirli bir derinlikten birim zamanda geçen su hacmi $\text{cm}^3/\text{cm}^2/\text{s}$, $\text{cm}^3/\text{cm}^2/\text{h}$ olarak ifade edilir(ERÖZEL, 1987).

Genellikle Kültürteknik çalışmalarında toprağın geçirgenliği 10 mm/gün den az ise bu toprak geçirimsiz olarak kabul edilmektedir(BALCI, 1982).

Toprağın hidrolik geçirgenliğini etkileyen faktörler(ERÖZEL,

1987).

1. Toprak gözeneklerinin şekilleri ve hacimleri,
2. Toprak taneciklerinin şekilleri,
3. Toprak suyunun özgül ağırlığı ve vizkozitesi,
4. Toprak suyunun sıcaklığı,
5. Gözenek içinde sıkışmış hava kabarcıklarıdır.

Geçirgenlik sınıfları ise şöyledir(KORKUT, 1983).

1. Çok Yavaş	0.00 - 0.13 cm/h
2. Yavaş	0.13 - 0.50 "
3. Orta Yavaş	0.50 - 2.00 "
4. Orta	2.00 - 6.25 "
5. Orta Hızlı	6.25 -12.50 "
6. Hızlı	12.50 -25.00 "
7. Çok Hızlı	25.00 + "

2.2.5. Taban Suyu Etüdüleri

Taban suyu etüdülerinden, drenaj problemini meydana getiren fazla suyun kaynağı belirlenir(BALCI, 1982).

Tarım arazilerinde yüksek taban suyunun başlıca kaynağı yağışlar, aşırı sulamalar, toprak içerisine sızan sular, toprak içerisinde basınçlı bir şekilde toprağın üst katmanlarına yükselen artezyenik veya yer basıncı sularıdır. Kaynağı ne olursa olsun taban suyu toprak katlarında bulunduğu derinliğe göre şöyle sınıflandırılır(GÜNGÖR, 1985).

0-45 cm	Çok Sığ
45-90 "	Sığ
90-150 "	Orta
150-200 "	Derin
200+ "	Çok Derin

Herhangi bir drenaj sisteminin etkinliği genel olarak taban suyu seviyesinde arzu edilen alçalmayı sağlaması ile ifade edilir. Taban suyu istenilen seviyeye indirilememiş ve yüksek ise sistem iyi çalışmıyor, indirilmiş ise iyi çalışıyor denilebilir (TEKİNEL ve ARK., 1977).

Taban suyu seviyelerinin durumlarına göre drenaj yönünden tarım alanı iyi, orta, fena, çok fena olarak gruplandırılır. Taban suyu seviyesi 2.00 m'nin altında veya yılın ancak 30 gününde 1.80 m'ye kadar yükseliyorsa, böyle topraklar drenaj yönünden iyi toprakları teşkil ederler. Taban suyu seviyesi 1.80 m'de ve yılın 30 gününde de 1.20 m'ye kadar yükseliyorsa, böyle topraklar da drenaj yönünden orta topraklardır. Taban suyu seviyesi 1.20 m'de ve yılın 30 gününde de 0.90 m'ye kadar yükseliyorsa drenaj yönünden fena topraklar olarak gruplandırılır. Drenaj yönünden çok fena topraklarda ise, taban suyu seviyesi 0.90 m ve daha fazla, doğal ve yapay boşaltma ağzı ise çok uzaktadır (KIZILKAYA, 1983).

Killi topraklarda taban suyunun devamlı olarak yükselmesiyle meydana gelen verim azalması taban suyunun düşmesiyle meydana gelen verim azalmasından daha fazladır. Killi topraklarda infiltrasyon hızı az ve su tutma kapasitesi fazla olduğundan bitkilerin gereksinimini karşılayacak kadar nem bulunur (ALAGÖZ, 1967).

Drenaj sistemlerinin projelenmesinde önemli bir parametre olan optimum taban suyu düzeylerini buğday, mısır, pamuk, şeker pancarı, patates ve yonca bitkileri için taban suyu-verim ilişkileri göz önüne alınarak belirlenmiştir. Araştırmada göz önüne alınan bitkiler için, verim azalması olmayan taban suyu düzeyleri ile % 10 verim azalmasına neden olabilecek taban suyu düzeyleri Çizelge 1'de toplu olarak verilmiştir (BALABAN ve ARK., 1989).

Balaban ve Ark. (1989), Drenaj sistemlerinin projelenmesinde önemli

bir parametre olan optimum verim azalmasına neden olmayacak taban suyu düzeyleri; buğday için 140 cm, patates ve yonca için 100 cm, mısır ve pamuk için 90 cm ve şeker pancarı içinde 80 cm olarak belirlemişlerdir.

Bitkilerin normal gelişmeleri için gerekli olan suyun % 80'inin alındığı kök derinliği, etkili bitki kök derinliği olarak tanımlanır. Bu değer bitki çeşidine göre değişiklik göstermektedir. Örneğin, sebzelerde 30-60 cm, tarla bitkilerinde 60-90 cm, meyve ağaçlarında 90-150 cm arasında değişebilmektedir. Genellikle derin topraklarda yetiştirilen bitkilerin çoğu, kök bölgesinin üst kısımlarından alt kısımlarına oranla daha fazla su alırlar(KORUKÇU, 1990).

Çizelge 1. Farklı Bitkilerde Verim Azalması Olmayan ve % 10 Verim Azalması Olabilecek Taban Suyu Düzeyleri (cm)

Bitki Çeşidi	Verim Azalması	
	% 0	% 10
Buğday	140	110
Mısır	90	60
Pamuk	90	65
Şeker pancarı	80	60
Patates	100	70
Yonca	100	70

2.2.6. Boşaltma Ağzı Etüdüleri

Tüm drenaj projelerinde göz önünde bulundurulacak ilk koşul, çıkış yerinin yeterli olup olmadığıdır. Çıkış yeri için sorunlu alanın çevresinde, alandan çıkacak maksimum drenaj suyunu taşıyabilecek kapasitede düşük kotlu yerler aranır. Bunlar deniz, göl, nehir, dere gibi yerler olabileceği gibi doğal deprezyon alanları ile su kabul edebilir yeraltı

aküferleri de olabilir(GÜNGÖR,1986).

Doğal akarsular çıkış ağzı olarak seçildiğinde taşkınların tekerrür aralığı, süresi ve şiddeti iyice etüd edilmelidir. Böylece taşkınların drenaj sistemine olacak olumsuz etkileri önlenebilir(SÖNMEZ ve ARK., 1984).

Çıkış ağzı bütün drenaj yolları ve bunların kollarından gelen suları toplayacak uygun derinlikte olmalıdır. Büzlerle yapılan kapalı drenaj yollarında çıkış ağzı yüzeyden 150 cm, veya daha iyisi 180 cm derinlikte bulunmalıdır(AKALAN, 1983).

Drenaj etüdlерinde ilk aşamada çıkış ağızlarının yeri ve kotunun belirlenmesine çalışılır. Genellikle drenaj sisteminin başarısı çıkış ağzının yerinin seçimindeki doğruluğa bağlıdır(SÖNMEZ ve ARK., 1984).

Çıkış yeri kapasitesine etkili olan faktörler ise şöyle özetlenebilir (ERÖZEL, 1987).

1. Yağışlar ve bu yağışlardan akışa geçen yüzey akış miktarı,
2. Drenaj alanının büyüklüğü ve özelliğı,
3. Bitki deseni,
4. Çevreden gelen taşkınların frekansı, debisi, süresi, periyodu ve sürekliliğı,
5. Suların getirdiğı sediment miktarı,
6. Sulamadan dönen suların debisi.

2.2.7. Sulama, Yıkama, Malzeme, Ekonomik ve Diğer Etüdlер

Sulama ile verilen suyun bir kısmı drenaj sorunu yaratabilir. Ayrıca doğal drenajın bozuk ve drenaj sistemlerinin etkin bir şekilde çalışmadığı bölgelerde yıkama gereksinimini karşılamak üzere verilen fazla yıkama suyu taban suyunun yükselmesine de neden olabilir. Doğal drenajın yetersiz

olduğu ve sulamaya açılmış kurak bölgelerde iyi planlanmış bir drenaj sistemi iki amaca yöneliktir. Birincisi: Yağışlı bölgelerde olduğu gibi taban suyu tablasını aktif kök bölgesi derinliğinin altında tutmak; ikincisi, kök bölgesi içindeki tuz konsantrasyonunun bitki gelişmesini engellemeyecek bir düzeyde bulundurmaktır(TEKİNEL, 1979).

Drenajda üretim alanını arttırmak ve derindeki suları kök bölgesinden uzaklaştırmak için, diğer bir yöntem olarak toprak altı drenajı uygulanır. Bu uygulamada borular ve borular etrafına sarılan filtre malzemesi kullanılır. Borular kil künk, beton büz ve plastik olabilir. Bunların kullanım olanakları ve dayanıklılıkları açısından test edilmeleri gerekir. Boruların üzerlerine gelen yüklere dayanımlarının az olması ve kırılmaları halinde yapılan tüm sistem çalışamaz duruma gelir. Boruların çevresinde, suyun borulara kolayca akmasını sağlamak ve sediment girmesini önlemek amacıyla filtre malzemesi kullanılır. Bu amaçla sap, saman, yonga, ağaç parçacıkları, mısır koçanı veya endüstri yapımı filtreler kullanılabilir. Endüstri yapımı filtreler, diğerlerine göre pahalı olmalarına karşın, daha uzun ömürlü oldukları için tercih edilirler. Geçirgenliği az olan topraklarda, dren borularına suyun akışını arttırmak için kum-çakıl zarf'ı kullanılır(GÜNGÖR, 1986).

Drenaj sorununun çözümü için ortaya konulan seçeneklerin en uygununun seçiminde ekonomi önemli rol oynar. En uygun çözüm ekonomik verilerin incelenmesi sonucu ortaya çıkar. Bütün bu uzun ve yorucu etüdler sonucunda en uygun çözüm sistemi ve bu sisteme ilişkin projelendirme kriterleri saptanabilir(GÜNGÖR, 1986).

Etüd ve inşaat sırasında alana malzeme taşınması için ulaşım ve gerekli malzemenin yöreden sağlanma olanakları, alanda ve çevresinde enerji, demiryolu, köprü, bina gibi yapılar ile sulama kanallarının mevcut

olup olmadığı, projenin uygulanması ile bunların zarar görüp görmeyeceği, kamulaştırma işlemlerinin mümkün olup olmadığı ve drenajdan zarar görecekt yapıların taşınma olanaklarının bulunup bulunmadığı araştırılır. Ayrıca sulama ve yıkama için gerekli suyun mevcut olup olmadığı, temin edilme olanakları ile sorunlu alanda ve çevresinde yetiştirilecek bitkiler ve münavebe durumu etüd edilir(GÜNGÖR, 1986).

2.3. Açık Drenaj Sistemlerinin Proje Esasları

Açık drenaj kanalları büyük tarımsal ya da çiftlik alanlarının drenajından gelen suları boşaltmak için planlanan kanal ve kanal sistemidir. Açık drenaj kanalları hem yüzeysel suların boşaltılacağı bir boşaltma yeri hem de, büyük tarımsal alanlardan gelen suları ileten boşaltma ağızı, ana kanal ve lateral kanallardan oluşan sistemlerdir(OĞUZER, 1981).

2.3.1. Boşaltma Ağızının Yeri ve Yeterliliği

Projede ilk aşamada boşaltma ağızının yeri seçilir sistemin çalışacağı su seviyesi tayin edilir. Boşaltma ağızının su seviyesine göre yeterliliği kontrol edilir. Eğer boşaltma ağızı olarak doğal su yolları seçilir ise havzalar arası su aktarılması sorunu ortadan kalkar. Büyük akarsular, göller ve taşkın gören diğer kaynaklar boşaltma ağızı olarak seçilmesi koşulunda, taşkınların tekerrür aralığı, süresi, yüksekliği ve zamanı ayrıntılı bir şekilde etüd edilmelidir(ERÖZEL, 1987).

2.3.2. Drenaj Kanallarının Geçirilmesi

Drenaj kanallarının geçirim yönü sorunlu alanın topoğrafyasına, var olan kanalların yüzey ve kapalı drenajına, yapılara ve en önemlisi kanalların en son boşaltma yeri kotuna bağlıdır. Boşaltma kotu yeterli

değilse sıfır derece kotundan başlayarak geriye doğru eğim verilerek planlama yapılır(ERÖZEL, 1987).

Kanallar bölge drenajlarına göre değişmekle beraber kanalların kısa, düz, küçük kesitli ve sediment birikimine olanak vermeyecek biçimde oluş hızının artırılması için eğimi fazla verilir. Erozyon, kanallar için bir sorun oluyorsa geçirimi belirlenirken, suyun akış hızı, kanalların geçtiği yerdeki toprak bünyesi ve bölgedeki bitki örtüsü durumları incelenir(OĞUZER, 1981).

2.3.3. Drenaj Faktörlerinin Analizleri

a. Su Toplama Havzası:Drenaj sistemine dahil kanalların herbirine ilişkin su toplama alanları harita üzerinde planimetre ile ayrı ayrı belirlenir. Bu amaçla genel olarak ana kanal ve laterallerin birbirleri ile kesiştikleri noktalar veya eğimin değiştiği noktalar esas alınır(SÖNMEZ ve BALABAN, 1968).

b. Drenaj Kanallarının Projeleneşi: Drenaj kanallarında hidrolik eğim hattının geçirilmesinde, drenaj uygulanacak en alçak alanlar, künk dren boşaltma ağızlarının düzeyi, köprüler, menfezler ve diğer yapay tesislerin yükseklikleri gözönünde bulundurulmalıdır. Projelenede hidrolik eğim hattı, alanın en düşük noktasından 30 cm daha aşağıda olmalıdır (BALABAN ve SÖNMEZ, 1968).

2.3.4. Yardımcı Yapılar

Suyun yüzeyinden ya da laterallerden ana kanallara düşürülmesinde düşüm savakları, şütler, oluklar ve diğer özel sanat yapıları kullanılır. Suyun laterallerden ana drene verilmesinde oluklu saç veya diğer malzemen yapılmış borular da kullanılabilir. Drenaj kanallarında akan suyun istenilen düzeylerde tutulmasında ise kontrol kapakları ya da savaklar

kullanılır. Bu tip sanat yapıları eğim derecesi yüksek sulu tarım alanlarının drenajında çok önemlidir(OĞUZER, 1981).

Drenaj kanallarının yolları geçtiği yerlerde köprüler, menfezlere tercih edilir. Köprü altındaki açıklığın minimum alanı, kanalın proje kesit alanı kadar olmalıdır. Tek yönlü köprüler minimum 5 ton, çift yönlü köprüler ise, minimum 10 ton trafik yüküne göre projelendirilmelidir(SÖNMEZ ve BALABAN, 1968).

2.3.5. Seddeler

Yüksek akış koşullarında taşkınları önlemek amacıyla toprak seddeler inşa edilir. Seddelerin işlevi, hidrolik eğim hattını çevre alan düzeyinden daha yükseğe çıkararak akarsuyun hızını ve akış kesitini artırmaktır(SÖNMEZ ve BALABAN, 1968).

Seddelerin projelendirilmesinde mevcut koşullara göre 10, 20, 50 yılda bir gelebilecek yüzey akış miktarları esas alınır. Sedde yapımında kullanılan toprak; sızmayı önleyecek kadar ince, stabiliteyi dengeleyecek biçimde kaba malzeme ile katlar halinde yapılır. Yapımında, seddenin oturacağı bitki örtüsü ve üst toprak tamamen kaldırılır. Yağışlı bölgelerde taş riprab kullanılır(ERÖZEL, 1987).

Bitkisel canlı materyal kullanılarak yapılan şev korumalarında, örneğin kazı ve dolgu yapılarak erozyon yönünden hassas duruma getirilen şevlerde, erozyon etkisini en aza indirmek amacıyla, bu alanların en kısa zamanda bitki ile örtülmesi istenir(ARICI, 1988).

2.4. Yüzey Drenaj Sistemleri

Tarım alanlarında yağış ve taşkın nedeniyle gelen yüzeysel suların bir alan üzerinde serbestçe ilerleyerek doğal bir boşaltma ağzına ulaşmaması nedeniyle oluşan soruna yüzey drenajı denir. Yüzey drenaj

boşaltma sistemleri tarım alanları yüzeyine gelen fazla suyu belirli süre içinde uzaklaştıracak nitelikte olmalıdır(OĞUZER, 1981).

Yüzey drenajda alınacak ilk önlem, arazi tesviyesidir. Tesviye yapılmadan kullanılabilecek olan tarımsal alanlarda kurulacak yüzey drenaj sistemleri, suyun birikinti yapmayacak bir boşaltma ağzına ulaşmasını sağlayacak biçimde planlanmalıdır(OĞUZER, 1981).

Yüzey drenajı, daha çok infiltrasyon kapasitesi ve geçirgenliği düşük toprak profilinde ve sınırlayıcı bir tabakanın yer aldığı alanlarda uygulanır. Toprak yüzeyindeki suyun göllenme ve erozyona neden olmayacak bir hızla boşaltılması istenir. Boşaltma hızı toprak özelliğine, iklime, tarımsal kullanıma, topoğrafik koşullara, bitki çeşidine, sistemin maliyet ve teknik özelliklerine bağlıdır(ERÖZEL, 1987).

Yüzey drenaj sistemleri genellikle aşağıdaki koşullarda uygulanır. (OĞUZER, 1981).

1. Geçirimsiz tabakanın yüksek olduğu durumlarda,
2. Geçirgenliği düşük olan killi ve ağır killi alanlarda,
3. Yüzlek çukurların bulunduğu yerlerde,
4. Yüzey akış (taşkınlar) altında kalan alanlarda,
5. Toprak altı(kapalı) drenaj için uygun derinlikte boşaltım ağzı bulunmayan yerlerde.

Yüzey drenaj sistemlerinin projelenmesinde, ürün ve münavebe sistemleri, tarım makinalarının çalışma durumları, toprak ve su ilişkileri, ekilen bitki çeşidi ve arazinin topoğrafik durumu dikkatli bir şekilde etüd edilmelidir(SÖNMEZ ve BALABAN, 1968).

Yüzey drenaj sistemleri tarım alanının topoğrafik yapısına uygun olarak aşağıda belirtilen değişik biçimlerde uygulanabilir.

2.4.1. Çukur Tarım Alanlarının Yüzey Drenajı

2.4.1.1. Rastgele (Random) hendek sistemi

Çöküntü alanları tarım alanları içinde olduğundan boşaltma hendek ve kanallarında bu alanların içinden geçirilme zorunluluğu vardır. Bu nedenle rastgele hendek sisteminde hendeklerin derinliği az, şev eğimleri ise yüksektir. Hendeklerin derinlikleri, topoğrafik duruma, boşaltma koşullarına ve kanal kapasitelerine bağlıdır(OĞUZER, 1981).

Bazı tarla koşullarında bu sistem başarıyla kullanılabilirse de bazılarında, arazinin drenaj amacıyla tesviye edilmesi daha kolay ve ekonomik bir çözüm yoludur. Rastgele drenler, göllenmiş alanları tamamen ve hızlı drene edebilecek kapasite ve derinlikte yapılmalıdır(SÖNMEZ ve BALABAN, 1968).

2.4.1.2. Paralel Hendek Sistemi

Bu sistem geçirgenliği az, içinde çöküntülerin sığ olduğu alanlarda uygulanır. Sığ çöküntülerin rastgele hendeklerle bağlanması yerine belirli aralıklarla geçen ve bu şekilde toprak işleme, ekim ve hasada engel olmayacak sistemdir. Genellikle açılacak hendek uzunluğu hendek aralıklarına eşit olarak alınır(OĞUZER,1981). Paralel hendeklerin derinlikleri 25 cm den fazla olamaz. Drenlerin aralığı sıra uzunluğuna bağlıdır. Sıra uzunluğu ise toprak, yağış, topoğrafik durum ve ekonomik koşullara göre değişir. Ağır killi topraklarda sıra uzunluğu 250 m'den daha fazla olmamalıdır. Orta bünyeli topraklarda uzunluk 300-400 m'ye kadar çıkabilir. Toprak derinliği uygun ise sıra eğimi en az % 0.1 olmalıdır(ERÖZEL,1987). Hendek kapasitelerinin belirlenmesinde yüzey suların 24 saat içinde araziden boşaltılması esas alınır(SÖNMEZ ve ARK., 1984).

2.4.2. Düz Alanların Yüzey Drenajı

Eğimleri % 0 - 0.5 arasında olan alanlar düz olarak kabul edilir. Bu çeşit alanlarda yüzey drenaj için iki yol seçilir. Arazi tesviyesi ve boşaltım hendeğinin açılmasıdır. Arazi tesviye işlemi ile belirli doğrultularda eğimler oluşturulur. Bu sistemde toprak işleme yönü eğime paraleldir ve bu nedenle fazla suyun boşaltımı için küçük kanalcıklar oluşur. Düz alanlar da uygulanan sistemler şunlardır(OĞUZER, 1981).

2.4.2.1. Yastık Sistemi

Bu sistemde alan düzenlenmesi yapıldıktan sonra 6-25 m eninde yastıklar açılır. Yastıklara verilen genişlik, bitki çeşidine, alanın eğimine, toprak geçirgenliğine, yastık derinliğine ve alan üzerindeki çöküntülerin özelliklerine bağlıdır. Yastık kenarlarında açılan hendekler (kör karık) etken eğim yönünde ve 15-45 cm derinlikte yapılırlar. Toplayıcı hendekler ise en az eğim doğrultusunda ve % 1.5'e varan eğimde açılırlar. Yastıklar kulaklı pulluklar ile kolaylıkla hazırlanabilirler. Yastık sistemi, bilinen bütün drenaj sistemlerinin en eskisidir(SÖNMEZ ve ARK., 1984).

2.4.2.2. Çift Hendek Sistemi

Arazinin çok düz olduğu alanlarda yüzey drenajının iki yöne doğru yapılabilmesi için, gerekli dolgu malzemesinin çukurların doldurulmasında kullanılmadığı durumlarda, yan yana açılarak kazı malzemeleri hendek aralarına depo edilir. Bu sistemde dikkat edilecek konular aşağıda belirtilmiştir(OĞUZER, 1981).

1. İki paralel hendek arası en az 9 m olmalıdır,
2. Hendeklerin derinliği 25 cm'den, hendek kesiti 0.50 m²'den ve şev eğimleri de 1/8'den az olmamalıdır,

3. Kazı toprağı dolgu kreti 1.20 m' den yüksek olmamalıdır.

2.4.2.3. Tarla Hendek Sistemi

Tarla hendekleri alan eğimine dik olarak 1-1.5 m. derinlikte planlanır ve hem yüzey sularının boşaltılması hem de taban suyunun kontrolü amacıyla açılırlar. Bu sistem genellikle kapalı drenajın ekonomik olmadığı ve etkinliğinin az olduğu kimi mineral, organik çok geçirgen topraklarda uygulanır. Tarla hendeklerine verilecek boyutlar, genellikle toprak çeşidinin bir fonksiyonudur. Kimi toprak çeşidi için hendek boyutları, kumçakıl toprak çeşidi için, 1.20 m derinlik, 1.20 m hendek taban genişliği, 1/1 şev eğimi ve en fazla 200 m aralık olmalıdır. Mineral toprak için, 0.75 m derinlik, 0.30 m taban genişliği, 1:1/2 şev eğimi ve en fazla 100 m aralık olmalıdır. Organik toprak için ise, 0.90 m derinlik, 0.30 m taban genişliği, 1:1/4 şev eğimi ve en fazla 60 m aralık olmalıdır(SÖNMEZ ve ARK., 1984).

Tarla hendekleri açılırken aşağıda kısaca özetlenen konular gözönüne alınır(OĞUZER, 1981).

- Hendekler paralel açılmalı,
- Kazı toprağı ile çukurlar düzeltilmeli veya toprak arazi üzerine yayılmalı,
- Ekim sıraları, ölü karıklar, sürüm karıkları derin olmayan bir hendekle kesilmeli ve bu hendek ana kanala bağlanmalıdır.
- Toprak işleme sırasında karıklara dikkat edilmelidir.

2.4.3. Eğimli Alanların Yüzey Drenajı

Eğimli alanlarda, eğimin durumuna ve drenaj suyunun kaynağına göre çapraz hendekler veya çevirme hendekleri açılarak yüzey drenajı sağlanır(SÖNMEZ ve ARK., 1984).

2.4.3.1. Çapraz Eğimli Hendek Sistemi

Aynı zamanda teras tipi adı verilen bu drenler, eğimi % 2-4 arasında olan alanların yüzey drenajında kullanılır. Bunlar yüzey sularının tutulması ve uzaklaştırılması amacıyla etken eğime çapraz olarak ve hem yüzey drenajı hem de toprak erozyonunun kontrolü amacıyla açılırlar. Drenlere verilecek eğim % 0.1-1 arasında değişir. Toprak ve özellikle topoğrafik yapıya bağlı olarak farklı boyutlarda açılırlar(SÖNMEZ ve ARK., 1984).

Sistem kurulurken dikkat edilecek konular şöyle sıralanabilir(OĞUZER, 1981).

- Hendekler araziye olanaklar ölçüsünde dik olarak geçirilmeye çalışılır,
- Hendek aralıkları % 4 eğime kadar 30 m ve % 5 eğim için 50 m olarak alınır,
- Hendek kesitleri 10-50 yıllık tekrarlanan yağışlara göre boyutlandırılır,
- Hendek kesitleri en az 0.50 m² , derinlik 15 cm, taban genişliği 1.50 m ve şev eğimi 1/8 olarak alınır. Hendek derinliği en fazla 25 cm ve şev eğimi en fazla 1/10 kabul edilir,
- Kazı toprağı araziye yayılır veya çukur yerlere doldurulur,
- Hendekler arasındaki arazilerde suyun kolaylıkla ilerleyebilmesi için tesviye yapılmalıdır.

2.4.3.2. Ünleyici Sistem veya Çevirme Hendekleri

Çevirme hendekleri, yüzey akışlarını tarım alanlarına girmeden toplayarak, ana drene ya da boşaltım ağzına iletirler ve eğime çapraz olarak planlanırlar. Çevirme hendeklerinin uzun ömürlü olmaları ve siltasyonla

dolmamaları için hendeklerin üst kısımlarında bitki örtüsü bulundurmaya veya şerit şeklinde ekim yapmaya çalışılmalıdır(ERÖZEL, 1987).

Çevirme hendeklerinin amaçları

- Eğim uzunluğunu azaltmak,
- Su oyuntu başlarında suyu çevirmek,
- Binaları su baskınından korumak,
- Tarım alanlarına gelen yüzey sularını engellemektir(OĞUZER,1981).

Çevirme hendeklerinin geçiriminde üç ana noktaya dikkat etmek gereklidir (OĞUZER, 1981).

1. Çevirme hendekleri sel oyuntu noktalarından uzak geçirilmelidir,
2. Hendeklere verilecek eğim, suyun erozyon yapmasını önleyecek şekilde hesaplanmalıdır,
3. Tarım alanlarını korumak için çevirme hendekleri ekilen alanın hemen üzerinden geçirilmelidir.
4. Çevirme hendekleri için verilecek su akım hızları kumlu topraklar için, 0.50 m/s, diğer topraklar için ise 0.60 m /s olmalıdır.

2.5. Kapalı Drenaj Sistemlerinin Proje Esasları

Kapalı drenaj, fazla suyu uzaklaştırmak amacıyla borulu veya borusuz yeraltı su drenlerinden oluşur. İçlerinde su tutulmuş ağır bünyeli toprakların ıslahı, toprak bilimi ve ziraat mühendisliğindeki gelişmeler sonucu, bulunan derin sürüm ve gevşetme yöntemlerinin, kapalı drenaj yerine uygulanmalarıyla gerçekleştirilmektedir. Bu yöntemler böyle toprakların ıslahında kapalı drenaj tesislerinin tamamlayıcısı olarak uygulanmaktadır (EGGELSMANN, 1987).

Kapalı drenaj, yalnızca tarım yapılan toprakların konusu olmayıp, yeraltı yapıları, bina inşaatları, yol inşaatları, park, bahçe, dinlenme

yeri, spor alanları, hava alanları, mezarlıklar v.s. gibi tesisleri de kapsamına almaktadır(EGGELSMANN,1987).

Kapalı drenaj uygulanan alanlarda ekolojik değişiklikler meydana gelir. Taban suyu düzeyi düşer, toprak yüzeyi ile taban suyu arasındaki toprak profilinin derinliği artar. Diğer bir deyişle, bitki kök bölgesi derinlik ve alansal olarak büyür. Bunun sonucu, toprak parçacıkları arasında tutulan ve bitki kökleri tarafından alınan su miktarı artar, bu da bitkinin alacağı besin maddelerinin artışını sağlar. Toprak profilinin artışı, ilkbahar ve sonbahar mevsimlerinde düşen ve kısa sürede taban suyuna ulaşan yağış suları için büyük bir depo oluşturarak, toplanan suyun bitkiye verilmesini sağlar. Kapalı drenajın yararları ise kısaca aşağıdaki gibi özetlenebilir(EGGELSMANN, 1987):

- Kapalı drenaj sonrasında bitki kökleri iyi gelişir, bu köklenme ise toprağın yapısını iyileştirir,
- Kapalı drenajdan sonra topraktaki havalanma artar,
- Kapalı drenajdan sonra toprağın alt katmanlarındaki besin maddeleri de bitki kökleri tarafından alınır,
- Kapalı drenaj uygulanan alanlarda, yüzey drenaj uygulamaları azalacağından toprakta meydana gelecek erozyon azalır.

Yağış nedeni ile, ıslak toprak durumunda bulunan ağır killi ve killi toprakların drene edilmesi, havalandırılması ve yapılarının düzeltilmesi için yapılan toprak altı borusuz drenaj yöntemine mol drenaj denir. Borusuz drenaj (TSE'ne göre köstebek drenaj) çok ekonomik bir drenaj sistemidir. Mol drenaj sığ olarak boru pulluğu ile toprak içinde birbirinden kısa uzaklıklarda açılan tünellerden oluşur(OĞUZER, 1981).

Ağır topraklarda hidrolik geçirgenliğin düşük olması nedeniyle drenaj uygulamaları oldukça pahalıdır. Toprak yüzeyinin oldukça düz, hafif eğimli

ve taşsız olması koşuluyla killi-ağır toprakların drenaj uygulamalarında mol drenler, uygulama basitliği ve ucuzluğu bakımından en uygun drenaj sistemidir(SAYAN, 1978).

Borulu drenaj sistemi teknik hidrolik prensiplere göre ana ve yan drenler olarak toprağa yerleştirilen borulardan oluşmaktadır. Borulu kapalı drenajın ana amacı taban suyu bulunan toprakların drene edilmesidir. Tarla kapasitesi suyu bulunan topraklarda borulu drenaj, borusuz drenaj sistemine veya toprak altı ıslahı çalışmalarına bir tamamlayıcı olarak düşünülür. (EGGELSMANN, 1987).

Drenler yalnızca toprak daneleri arasındaki boşluklarda hemen hemen basınçla serbest hareket eden suyu çekerler. Suyun bu boşluklarda serbestçe hareket edebilmesi için toprağın geçirimli olması gerekir. Drene edilmiş tarım ve çayır arazilerinde ürünün drenaj uygulanmamış olanlara göre %20-120 arttığı, bu artışın ortalama olarak %35-50 olduğu belirtilmiştir. (EYLERS, 1968).

Drenaj sistemi için en uygun dren derinliği belirlenirken bitkilerin drenaj istekleri, kök derinlikleri, tuza karşı toleransı, toprağın profil özelliği, farklı toprak tabakalarının geçirgenlikleri, yeraltı sularının akış doğrultusu, basınç dağılışı, boşaltma ağzı, sudaki fazla tuzların miktar ve özellikleri göz önüne alınır(TEKİNEL, 1979).

Yıkama gereksinimi gösteren çorak toprakların ıslahı ve bitki gelişmesine engel olan fazla suların uzaklaştırılması belirli bir derinliğe kadar açılan hendeklerle olabileceği gibi, alan kaybını ortadan kaldırmak ve daha kolay toprak işlenmesini sağlamak için tesis edilecek kapalı drenlere en uygun derinlik ve aralık verilmesi gerekmektedir(AVCI, 1986).

Drenaj sistemlerinin projelenmesinin en önemli bölümü tarla içi paralel tip drenler arasına verilmesi gereken en uygun aralığın

belirlenmesidir. Yıllardan beri bu amaç için pek çok sayıda yöntem geliştirilmiş bulunmaktadır(VAN BEERS, 1965).

Günümüzde tarım alanlarının drenajında kapalı drenler yoluyla bir dren sistemi uygulandığında dren borusu olarak kil ve beton ile plastik borular yaygın bir biçimde kullanılmaktadır. Kil borular halen en çok kullanılan boru malzemesidir. Son yıllarda plastik boru yapım tekniğindeki gelişmeler ve ham petrol fiyatlarının uygunluğu, bu borulara kil ve beton olanlarına göre önemli üstünlükler kazandırmıştır(KUMOVA ve YARPUZLU,1987).

Ülkemizdeki kapalı tarla drenleri yapımında boru materyali olarak önceleri kil ve beton borular kullanılırken 1975 yılından sonra bükülebilir polivinil-klorür (PVC) borular çeşitli proje alanlarında yaygın olarak kullanılmaya başlanılmıştır. Toprak altı drenajında bükülebilir polivinil-klorür (PVC) kullanımı, düz polivinil-klorür (PVC) boru kullanımına oranla çok daha fazla yaygınlaşmıştır. Bu oran batı Avrupa ülkelerinden Hollanda'da %90, Batı Almanya'da % 99'dur. Ülkemizde tarım alanlarının drenajında kullanılan plastik boruların %100'ü polivinil-klorür(PVC) bükülebilir özelliktedir(KUMOVA ve YARPUZLU, 1987).

Dren borusu çevresine, su akım koşullarının iyileştirilmesi amacıyla hendek kazımında çıkan topraktan başka bir malzemenin konulması, birçok koşulda zorunlu olmaktadır. Drenlerin çevresine konulacak malzemeyi adlandırmada literatür de tam anlamıyla bir terminoloji karmaşıklığı görülmektedir. DIALEMAN ve TRAFFORD(1976), bu karmaşıklığı çözmek için dren çevresine konulan malzemeyi konulma amacına göre zarf(envelope), filtre (filter) ve sargı(surround) malzemesi olarak adlandırılmaktadır.

İyi bir filtre malzemesinde aranılan özellikler(OĞUZER, 1981):

1. İyi geçirgenlik: İyi bir filtre malzemesinin suyu çok iyi geçirmesi gerekir.

2. Devamlı filtre etkililiği: Bir filtre materyali boruların etrafına serildikten sonra uzun bir süre etkililiğini devam ettirmelidir.

3. Sedimenti tutmak: Filtrenin su ile beraber gelen ince toprak tanecikleri tarafından tıkanmayacak yapıda gözenekleri bulunması istenen bir özelliktir. Filtrelerin hiç bir biçimde boru içinde toprak sedimente olanak verecek biçimde toprak taneciklerini büyüklükleri ne olursa olsun bırakmamak, bir diğeri ise filtre gözeneklerinin tıkanmaması için ince toprak taneciklerinin geçebileceği irilikteki gözeneklerden taneciklerin geçmesine izin vermesi büyük tanelerin ise tutulmasıdır.

4. Olanaklar ölçüsünde boruları tıkayacak kök gelişimini engellemeli

5. Filtre materyelinin taşınma ve çalışmada kolaylık sağlaması

Borulu ve borusuz drenaja geçtikten sonra drene edilecek alanların çokluğu nedeniyle hızlı drenaj yapılma zorunluluğu bu alanda da gelişmiş alet makinaların kullanılmasını zorunlu kılmıştır (TEKİNEL, 1979).

Tüm drenaj makinalarının çalışma doğrultusu kontrolleri operatör tarafından, daha önce araziye yerleştirilmiş olan röper ve kontrol çubukları aracılığı ile yapılır. Modern kanalsız drenaj makinaları, önceleri kullanılmakta olan mol boru pulluklarına benzemezler. Her iki tip makinalarda da amaç aynı olup, dren borularını kanal açmaksızın eğime uygun olarak döşemektedir. Çalışma genişliklerine göre kil künkler veya sentetik dren boruları tam filtreli veya filtresiz olarak yerleştirilebilirler. Kanalsız drenaj makinaları, ıslaktan-su yüklü topraklara kadar değişen sulu topraklar içinde uygundur. Tarım yapılan topraklarda da bu makinalar başarı ile kullanılırlar (GÜNGÖR, 1985).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. İnceleme Alanının Tanıtımı

Bursa ili topraklarının büyük çoğunluğu Güney Marmara bölümünde yer alır ve buradan güneye doğru İç Batı Anadolu bölümüne taşar. İl toprakları; Uludağ dışında orta yükseltide dağların genellikle doğu-batı doğrultusunda sıralar ile, bunları birbirinden ayıran çukur alanlardan meydana gelir. Kuzeyde il topraklarına sınır olan Samanlı Dağları ile, bunun güneyindeki Katırlı Dağı ve Mudanya Dağları arasında İznik Gölü Çukuru ve Gemlik Körfezi il sınırları içerisine girer. Ortada çok az geniş eşitliklerde birbirinden ayrılmış ovalar bulunmaktadır.

İnceleme alanı, Marmara iklim bölgesinin Bursa İli Merkez Görükle Nahiyesi arazisi içerisinde, Bursa-İzmir Karayolunun 15. Kilometresinde, Nilüfer Çayı'na kadar uzanan şeritvari bir alanı kapsamaktadır. İnceleme alanı ile Görükle Nahiyesi arazileri arasındaki sınırı Görükle Deresi oluşturmaktadır. Bu dere inceleme alanının drenaj kanalı niteliğindedir. Yamaç arazileri bodur çalılarla kaplıdır. Arazi Göbelye Köyü sınırında 150 m. kotuna ulaşmaktadır. Yamaç arazileri, genellikle % 8-10 eğimlidir. Arazide yer yer toprak keson kuyular ile üçpınar olarak adlandırılan bir kaynak bulunmaktadır. Sulama mevsiminde bu kaynaklar yetiştirilen ürünlerin su gereksinimini karşılayamamaktadır.

3.1.2. İklim Özellikleri

Bursa Ovası, Akdeniz iklimi genel karakterini taşıyan bir iklime sahiptir. Genellikle ilçeler arasında, klimatolojik değerler bakımından çok önemli farklılıklar söz konusu değildir. Yıllık yağış toplamı yüksek ve aylara dağılışı da Akdeniz Bölgesine kıyasla kısmen düzenlidir. De

Martonne'nin kuraklık indisi eşitliğine göre yaz ayları kurak, sonbahar ve ilkbahar ayları da az nemli iklim karakterini göstermektedir (Sefa, 1983). İl merkezi genel iklim özellikleri itibariyle, 29.2 indisi ile az nemli iklim tipini oluşturmaktadır. Aydeniz (1976)'da yaptığı çalışmalarda Bursa ili için nemlilik katsayısını 1.45, iklim katsayısını da 1.17 olarak hesaplamış ve il'i funda iklimine dahil etmiştir.

Bursa Meteoroloji İstasyonunun iklim verilerine göre; yörenin yıllık yağış ortalaması 713.1 mm'dir. Yılın en yağışlı geçen ayları Aralık, Ocak, Şubat; en kurak ayları ise Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül'dür. Toplam yağışın % 39.2'si kış aylarında düşmektedir.

Bölgede yıllık sıcaklık ortalaması 14.4 °C'dir. En yüksek ortalama sıcaklık Ağustos ayında 30.9 °C, ortalama en düşük sıcaklık ise ocak ayında 1.7 °C olarak tespit edilmiştir. Uzun yıllar ölçümlerine göre, yıllık buharlaşma 1048.4 mm'dir. En fazla buharlaşma, 164.7 mm ile temmuz ayında olmaktadır. Bölgede toprak sıcaklığı, 20 cm'lik derinlik için, genellikle yıl boyunca 5 C°'nin üzerinde kalmaktadır (ANONYMOUS, 1974; ANONYMOUS, 1989).

İnceleme alanı ortalama kotu 100 m. dir. Bursa Meteoroloji İstasyonu ortalama kotu ise 100 m. dir. Bursa ili iklim verileri inceleme alanını temsil etmektedir. Çizelge 2'de Bursa ili iklim verileri verilmiştir.

3.1.3. Toprak Özellikleri

Bursa ili verimlilik envanteri ve gübre ihtiyaç raporuna (Anonymous, 1983) göre, Bursa ili sınırları içinde mevcut büyük toprak grupları içerisinde en yaygın olanlar kahverengi orman toprakları, kireçsiz kahverengi orman toprakları, alüviyal topraklar, rendzina topraklar, kolivyal topraklar ve vertisol topraklardır. İl topraklarının yaklaşık

Çizelge 2. Bursa Merkezi İklim Verileri

Meteorolojik Elemanlar	Rasat Süresi (Yıl)	A Y I L A R												
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Yıllık
Ortalama	42	5.2	6.0	9.0	12.6	17.4	21.6	24.2	23.9	19.7	15.4	11.3	7.5	14.4
Hava														
Max. Ekstrem	42	9.2	10.5	13.4	18.7	23.6	28.0	30.6	30.9	26.9	22.1	16.7	11.7	20.2
Min. Ekstrem	42	1.7	2.1	3.4	7.0	11.2	14.4	16.7	16.7	13.3	10.0	7.0	3.9	9.0
Sıcaklık (°C)														
5 cm. Ortalama	30	4.7	5.8	8.4	14.6	21.3	26.5	29.6	29.3	23.9	16.9	11.3	6.7	16.6
Toprak														
10 cm "	13	4.9	5.8	9.6	14.0	20.8	25.9	28.8	28.2	23.3	16.8	11.9	7.7	16.4
20 cm "	13	5.4	5.9	8.6	13.6	20.0	25.2	28.0	28.0	23.2	17.0	12.1	8.0	16.3
Yağış (mm)														
Toplam	42	96.5	83.9	73.0	59.0	52.6	30.2	26.8	17.0	41.7	57.1	75.3	99.7	713.1
Buharlaştırma (mm)	29	49.2	52.2	50.5	73.1	79.5	118.5	164.7	162.2	111.4	72.4	53.0	51.6	1048.4
Nisbi Nem (%)														
Ortalama	42	76.0	74.0	72.0	70.0	70.0	63.0	59.0	60.0	66.0	72.0	76.0	75.0	69.0
Ortalama Hız	30	3.4	3.3	2.9	2.4	2.0	2.3	2.9	2.8	2.4	2.0	2.3	3.2	2.7
Hakim Yön	30	S	SSE	S	SW	SW	W	N	NE	S	SSE	S	SSE	SSE
Güneşlenme Süresi (Saat/Dakika)	36	2.51	3.44	4.28	6.14	8.21	10.20	11.32	11.05	8.29	6.08	4.21	2.57	6.42

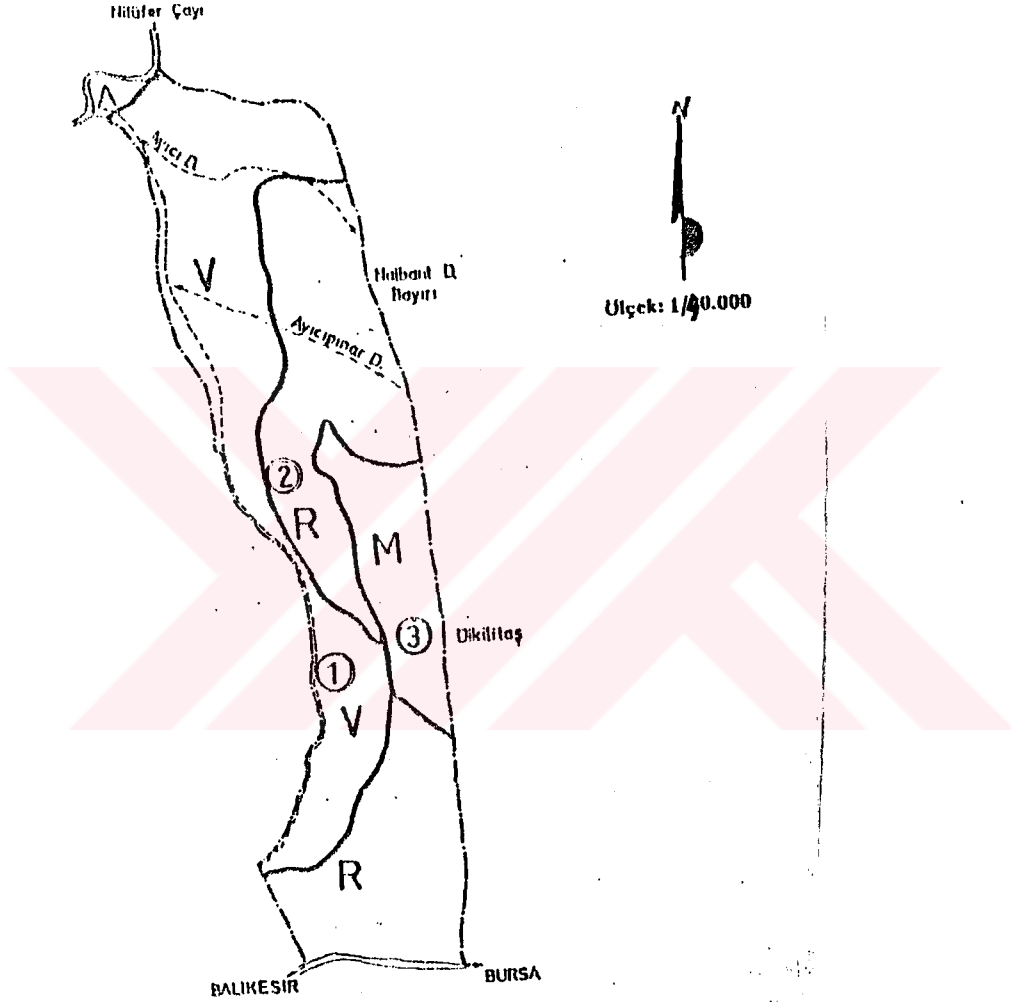
dörtte birinde sulu tarım yapılmakta ve sulu tarım alanlarının % 68'i alüviyal büyük toprak grubu üzerinde yer almaktadır.

İnceleme alanında yapılan toprak analizler sonucunda, toprak örneklerinin %91.4'ü killi, %6.9'u kumlu killi tın ve %1.7'si de tınlı bünyede oldukları belirlenmiştir. Toprak örneklerinin saturasyon çamurunda ölçülen elektiriksel geçirgenliğine göre örneklerin %96.6'sı tuzsuz, %1.7'si de çok tuzlu olarak belirlenmiştir. Toprak örneklerinde yapılan pH ölçümlerinde toprakların %96.5'i nötr ve %3.5'u hafif alkali olarak belirlenmiştir. İnceleme alanından alınan örneklerde belirlenen kireç miktarlarına göre toprakların %50'si az kireçli, %34.5'u kireçli, %10.3'ü orta kireçli, %3.5'u fazla kireçli, %1.7'si çok fazla kireçli olarak belirlenmiştir. Organik madde miktarlarına göre inceleme alanı topraklarının %1.7'si çok az, %91.4'ü az, %3.4'ü orta ve %3.5'u da iyi düzeyde organik madde kapsamaktadır(KATKAT ve ARK., 1984).

İnceleme alanı topraklarının planlama toprak etüdlerine ilişkin toprak haritası şekil 3.1. de verilmiştir. Şekil 3.1' de de görüldüğü gibi alanda 4 farklı toprak grubu bulunmaktadır. Bunlar vertisol, rendzina, kahverengi orman ve aluviyal grubu topraklardır. Bu toprakların büyük bir çoğunluğu vertisol ve rendzina grubu topraklardır.

Şekil 3.1'de (V) harfi ile gösterilen vertisol grubu topraklar, arazinin hafif eğimli yerlerde bulunmaktadır. Bu topraklar alanda orta derin ya da derin profile sahiptir. R harfi ile gösterilen rendzina grubu topraklar, alanın hafif eğimli(%6-9) ve orta eğimli bölümlerinde yer almaktadır. Derinlik çok sığ, sığ arasında değişmekte ve toprak derinliği 50 cm yi geçmektedir. M harfi ile gösterilen kahverengi orman toprakları, alanın en fazla eğime sahip bölümlerinde bulunmaktadır. Ortalama eğim % 12 civarında olup, sığ derinliktedir. Erozyon nedeni ile

çeşitli aşınmalar gözlenmektedir. A harfi ile gösterilen aluviyal grubu topraklar, inceleme alanının Nilüfer Çayına yakın bölümlerinde bulunmaktadır. Orta derinlikte profile sahiptir. İnceleme alanının yalnız 50 da'ı aluviyal grubu topraklara sahiptir.



Şekil 3.1. İnceleme Alanının Toprak Etüd Haritası

Yukarıda da açıklandığı gibi, inceleme alanı, hafif eğimli arazilerde bulunan orta derin ya da derin profilli, ince bünyeli vertisol, hafif ya da orta-ince bünyeli profile sahip, orta-şiddetli derecede erozyona uğramış rendzina ve orta eğimli yerlerdeki çok sığ derinlikte, orta-ince bünyeli ve şiddetli derecede erozyona uğramış kalkersiz kahverengi topraklardan

oluşmuştur(KATKAT ve ARK., 1984).

3.1.4. Tarımsal Yapı ve Üretim

İnceleme alanında Marmara iklim kuşağı içerisinde söz konusu olabilecek bitkilerin yetiştirilmesi mümkündür. İklim verilerinin incelenmesinden de görüleceği gibi, üretimi kısıtlayıcı faktör, yaz yağışlarının eksikliği ile Ocak ve Şubat aylarında görülen donlu günler sayısı olmaktadır. İnceleme alanında hakim bitki deseni sulamaya bağımlı olmayan buğday ve ayçiçeği'dir.

İnceleme alanı topraklarının killi ve geçirgenliğinin çok düşük olması ve ilkbaharda düşen yağışların fazlalığı toprak işlemenin gecikmesine ve verimin azalmasına neden olmaktadır. Bu durum, aynı zamanda, ürün cinslerini büyük ölçüde sınırlamaktadır.

İnceleme alanında 1989 yılı itibariyle yetiştirilen ürünler, ekim alanları ve üretim miktarları Çizelge 3'de görülmektedir.

Çizelge 3. İnceleme Alanında Yetiştirilen Bazı Bitkilerin 1989 Yılı Ekim Alanı ve Üretim:(1989)

Bitki Türü	Ekim Alanı(da)	Üretim(Kg)	Ortalama Verim(Kg/da)
Buğday	1630	779200	478
Tohumluk Ayçiçeği	500	44800	89.6
Sanayi Ayçiçeği	600	135155	225
Şeker pancarı (Kave)	20	149045	5370
Şeker pancarı (Eva)	45	170000	8500

3.1.5. İnceleme Alanında Sulama ve Drenaj Çalışmaları

Uludağ Üniversitesi Tarımsal Araştırma ve Uygulama Merkezi arazilerinin sulanması konusunda, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü tarafından planlama etüdüleri yapılmıştır. Bu etüdler sonucu 1985 yılında

10000 m³/yıl kapasiteli bir çiftlik göleti tesis edilmiştir. Görükle deresinin bir kolu olan ayıcı dere üzerinde ise bir gölet düşünülmektedir.

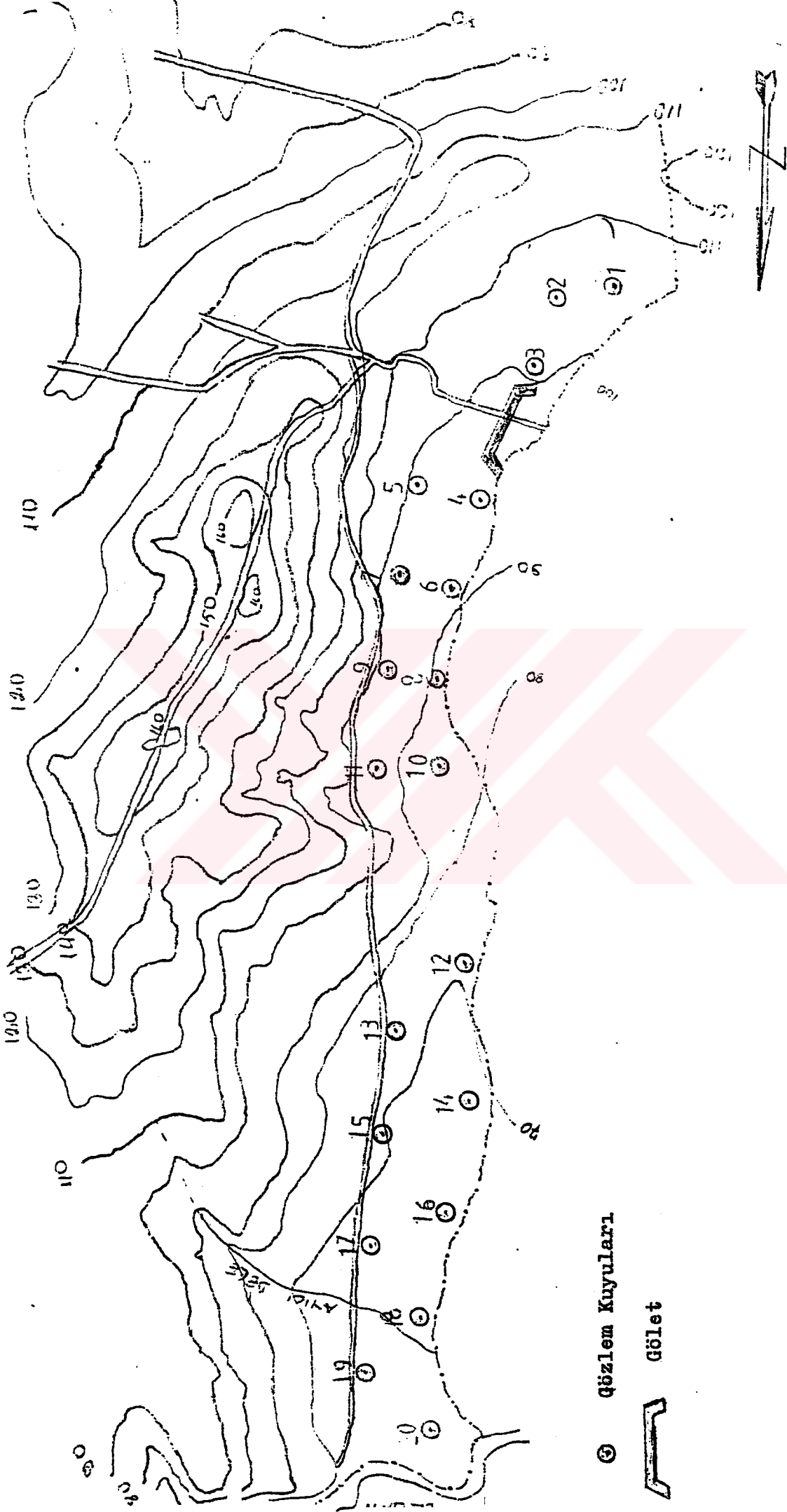
Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü tarafından 1989 yılı içinde planlanan Uludağ Üniversitesi Tarımsal Araştırma ve Uygulama Merkezi Arazi Islahı, Toprak Araştırma ve Geliştirme Projesine başlanmıştır. İlk aşamada tarla parselleri ile ulaşımın düzenli olarak sağlanması için tarla yolları stabilize edilmiştir. İnceleme alanının ana drenaj kanalı çıkış ağzı Nilüfer Çayı olmak üzere 1985 yılında açılmıştır. Ancak bu kanalın yeterli boşaltmayı sağlamaması nedeniyle Görükle Deresine paralel 1200 m uzunluğunda yeni bir kanal açılmıştır. Alanda mevcut olan 400 m uzunluğundaki yan drenaj kanalı yeniden temizlenmiş ve Ayıcı Pınar deresi su kaynağına kadar 500 m uzunluğunda ek yan drenaj kanalı açılmıştır.

3.2. Yöntem

3.2.1. Taban Suyu Seviyelerinin Belirlenmesi

İnceleme alanının taban suyu düzeyleri ile drenaj sorunlarını belirlemek amacıyla, inceleme alanının Görükle deresi ile tarla yolu arasında kalan alana 150 cm derinliğinde 7-8 cm çapında 20 gözlem kuyusu açılmıştır. Gözlem kuyularının inceleme alanına yerleştirilme biçimi şekil 3.2'de gösterilmiştir. Bu kuyulara 200 cm uzunluğunda, 4 cm çapında sert plastik (PVC) borular yerleştirilmiştir. Bu boruların toprak içinde kalan 100 cm'lik kısmına 3 mm çapında yaklaşık 80-100 adet delik açılmıştır.

Gözlem kuyuları, burgu uzunluğu 75 cm olan iki zamanlı bir motorla açılmıştır. Yeterli derinlikte kuyuların açılabilmesi için 75 cm uzunluğunda ara eleman bağlanmıştır. Gözlem kuyularına borular yerleştirilmeden önce, her kuyunun tabanına 1-2 cm kum-çakıl malzemesi serilmiştir. Borunun delikli kısmının toprak tanecikleri tarafından



Şekil.3.2. İnceleme Alanının Topoğrafik Haritası ve Gözlem Kuyularının Yerleştirilme Biçimi

tıkanmaması için çapı 3-4 cm'den büyük kum-çakıl filtre malzemesi boru etrafına yerleştirilmiştir.

Gözlem borularının üst kısımları delikli kapakla kapatılmış ve gözlem kuyuları numaralandırılmış cetvellere işlenmiştir.

İnceleme alanında bulunan 20 gözlem kuyusundaki taban suyu yükseklikleri Şubat ayından itibaren haftada bir kez ölçülmüştür.

Taban suyu yükseklikleri için önce; gözlem kuyusunun üst noktasından itibaren taban suyuna olan uzaklık, taban suyu gözlemlerinin güvenilir olması, yapılacak drenaj sistemlerinin de sağlıklı olarak projelenmesinde önemli olan bir yöntem geliştirilmiştir(OĞUZER ve YAZAR, 1989). Yöntemin esasını oluşturulan elektrik devresinin suyla teması sonucu, devrenin kapanması ve ışıklı bir göstergenin temas anında yanması ilkesine dayanmaktadır. Bu ilkedan faydalanarak geliştirilmiş Elektronik Kuyu Hidrometresi yardımıyla ölçülmüştür.

İnceleme alanının ana drenaj kanalı eğimi ve gözlem kuyu kotları nivelman aletiyle kodlandırılmış ve sabit bir röpere bağlanmıştır.

3.2.2. Yüzey Akışının Hesaplanması

İnceleme alanının kanal kapasitesinin hesabında gerekli olan yüzey akışının belirlenmesi için, gerçekte en doğru yolun, doğrudan akım ölçme sonuçlarının kullanılmasıdır. Fakat her zaman her yerde bu değerleri bulmak olası değildir. Bu nedenle, doğrudan elde edilemeyen ve karşılaştırmanın yapılamadığı yerlerde amprik çözüm yönteminin bulunması gerekir. Bunlardan biri de yüzey akış sezinlenmesinde kullanılan McMath yöntemidir(TÜLÜCÜ, 1987).

İnceleme alanının yüzey akışının belirlenmesinde TÜLÜCÜ (1987)'de esasları belirtilen eşitlik kullanılmış, alana 10 yılda gelmesi olası

maksimum tekerrürler kullanılarak, aşağıdaki bağıntı ile belirlenmiştir.

$$Q=0.0023 C I S^{1/5} A^{4/5}$$

Burada;

Q: Yüzey akış miktarı, m³/s

C: Su toplama havzasının özelliğini içeren bir katsayı

I: Tekerrür ve konsantrasyon süresi için yağış hızı, mm/h

S: Ana kanal eğimi, binde

A: Su toplama havzası, ha

Eşitlikteki "C" katsayısı bitki örtüsü, toprak, topoğrafya ve yağış durumuna bağlı olarak 0.20 ile 0.75 arasında değişmektedir.

Tekerrür ve konsantrasyon süresi için yağış hızının (I) belirlenmesinde TULÜCÜ (1987)'de esasları belirtilen aşağıdaki Kirpich denkleminde bulunmuştur.

$$T_c = 0.0195 \frac{L^{1.15}}{H^{0.385}}$$

Burada;

T_c: Konsantrasyon zamanı, dakika

L : Maksimum akış uzunluğu veya drenaj alanının uzunluğu, m

H : Çıkış noktası rakımı ile drenaj alanının en uzak noktası arasındaki ortalama düşey yükseklik, m

3.2.3. Hidrolik İletkenliğin Hesaplanması

İnceleme alanına ilişkin hidrolik iletkenlik ölçümleri, Ters Kuyu Yöntemine göre yapılmıştır(OĞUZER,1981). Hidrolik iletkenliğin belirlenmesi amacıyla 1.20 m derinliğinde, 5 cm yarı çapında 4 farklı toprak grubunun bulunduğu inceleme alanında 4 Auger-Hole kuyusu açılmıştır.

Bu yöntemde, arazide açılan 4 Auger-Hole kuyusuna su düzeyi

değişmeyecek şekilde su verilmiştir. Zaman aralıklarında verilen su miktarları ölçülmüş ve OĞUZER (1981)'de verilen nomoğraflardan yararlanılarak inceleme alanının hidrolik iletkenliği belirlenmiştir.

3.2.4. Drenaj Suyu Analizleri

3.2.4.1. pH Değerinin Analizi

İnceleme alanından alınan drenaj suyu örneklerinin pH değeri (AYYILDIZ, 1983a)' de belirtilen esaslardan yararlanılarak cam elektrotlu pH-metre ile bulunmuştur.

3.2.4.2. Elektriksel İletkenlik (Kondüktivite) Analizi

Elektriksel iletkenlik (kondüktivite), suyun içerisinde erimiş bir halde bulunan toplam tuz miktarını belirlemede kullanılan bir yöntemdir. Örneklerin tuz miktarını ölçmek için, Elektriksel iletkenlik ölçer (Kondüktivitemetre) kullanılmıştır (AYYILDIZ, 1983a).

3.2.4.3. Karbonat ve Birkarbonat Analizi

Sulama sularının karbonat ve birkarbonat anyonlarının miktarı asitle titrasyon yapmak suretiyle belirlenir (AYYILDIZ, 1983a). Bu amaç için AYYILDIZ (1983a)'deki esaslardan yararlanılmış ve aşağıdaki ilişki ile hesaplanmıştır.

$$\text{HCO}_3 \text{ (me/l)} = \frac{\text{Sarfedilen H}_2\text{SO}_4 \text{ (ml)} \times \text{H}_2\text{SO}_4 \text{ Normalitesi} \times 1000}{\text{Alınan Örnek (ml)}}$$

3.2.4.4. Klor Analizi

Analizde kimyasal madde olarak potasyum kromat indikatörü ve gümüş nitrat eriyiği kullanılmıştır. Titrasyonda kullanılan gümüş nitrat değerleri okunarak, AYYILDIZ (1983a)' e göre hesaplanmış ve böylece klor miktarı bulunmuştur.

3.2.4.5. Sodyum Analizi

Analizde, laboratuvarında daha önce hazırlanmış standart sodyum çözeltileri ve Fleymfotometre kullanılmıştır. Fleymfotometre'den okunan değerlere ve AYYILDIZ (1983a)'e göre sodyum değerleri hesaplanmıştır.

$$\text{Sodyum(me/l)} = \frac{\text{Eğriden okunan ppm X Sulandırma Oranı}}{\text{Sodyumun Ekivalan Ağırlığı}}$$

3.2.4.6. Kalsiyum + Magnezyum Analizi

Analizde kimyasal madde olarak amonyumklorür-amonyumhidroksit tampon eriyiği, Eriochrom Black T indikatörü (EBT), versenat eriyiği (0.01 N) kullanılmıştır. Analiz sonucunda elde edilen değerler ve AYYILDIZ (1983a)'e göre hesap yoluyla bulunmuştur.

$$\text{Kalsiyum + Magnezyum (me/l)} = \frac{\text{A X Versenat Eriyiği Normalitesi X 1000}}{\text{Alınan Örnek (ml)}}$$

Eşitlikte;

A= Su örneği için sarfedilen versenat-Kontrol örnekte sarfedilen versenat.

3.2.4.7. Sodyum Adsorpsiyon Oranı (SAR)

Bu değer hesap yoluyla AYYILDIZ (1983a)' e göre bulunmuştur.

$$\text{Sodyum adsorpsiyon oranı(SAR)} = \frac{\text{Na}}{\frac{\text{Ca} + \text{Mg}}{2}}$$

3.2.4.8. Drenaj Sularının Tuzluluk ve Alkalilik Durumu

Bu değerlerin belirlenmesinde, Birleşik Amerika Tuzluluk Laboratuvarı grafiği kullanılmıştır. Grafikte, apsiste elektriksel iletkenlik değeri, ordinatta ise sodyum adsorpsiyon oranları yer alır. Hesaplanmış sodyum adsorpsiyon oranı ve elektriksel iletkenlik değerine göre, drenaj suyunun tuzluluk ve alkalilik durumu belirlenmiştir.

4. İNCELEMEDEN ELDE EDİLEN SONUÇLAR VE ÖNERİLER

4.1. İnceleme Alanının Drenaj Etüdleri

4.1.1. Topoğrafik Etüdler

İnceleme alanı olarak seçilen Uludağ Üniversitesi Tarımsal Araştırma ve Uygulama Merkezi arazisinde, gerek arazi üzerinde gerekse topoğrafik harita üzerinde yapılan incelemeler sonucunda, topoğrafik yönden eğimi çok değişken olduğu görülmüştür. İnceleme alanınının 1/10 000 ölçekli topoğrafik haritası Ek 2'de verilmiştir. Yüzey drenajı yapılacak alanlarda 1/25000, detaylı etüdlerde ise 1/5000-1/10000 ölçekli topoğrafik haritaların kullanılması önerilmektedir(GÜNGÖR, 1986).

Drenaj çalışmalarında topoğrafik etüdler temeldir. Topoğrafik haritanın bütün doğal ve sabit yapıları içermesi gerekir(TEKİNEL, 1979). Uludağ Üniversitesi Tarımsal Araştırma ve Uygulama Merkezi arazisinde sabit tesis olarak işletme binaları, hangarlar ve bir tarla göleti bulunmaktadır. Alanda, 8 km uzunluğunda, stabilize edilmiş tarla yolu ve gereksinim duyulan yerlerde menfezler bulunmaktadır. Alanın aşağı kısmında Nilüfer çayından itibaren 1500 m uzunluğunda, Görükle deresine paralel olarak açılmış ana drenaj kanalı ve 900 m uzunluğunda yan drenaj kanalı bulunmaktadır(Şekil 4.1. ve 4.2.). Alan üzerinde bulunan ve yüzey suyunu taşıyan Ayıcı deresi ile birlikte bir çok küçük dere ve doğal hendekler vardır. Bu dere ve hendeklerin eğimi doğudan batıya doğru azalmaktadır.

İnceleme alanınının güney ve doğusu orta eğimli olup, güneydeki alanlar kuzeye, doğudaki alanlar ise batıya doğru eğimlidir. İnceleme alanınının güney kesiminde yer alan topraklar hafif eğimli olup, ortalama eğim % 3 dolayındadır. Bu bölümün güney sınırında % 5-6 olan eğim, kuzeye doğru giderek azalmakta ve Nilüfer Çayı yakınlarında % 0.5-1'e düşmektedir.

Arazide küçük çöküntü ve kabartıların oluşturduğu mikroröliefler gözlenmektedir. Orta eğimli alanlarda, erozyon nedeni ile aşınmalar meydana gelmiştir. Alan Nilüfer Çayı sınırında 60 m kotuna, Göbelye Köyü sınırında ise 150 m kotuna sahiptir.

İnceleme alanının topoğrafik durumu, çıkış ağzı, mevcut dere ve doğal hendeklerin durumu, arazinin eğimi ve toprak yapısı göz önüne alındığında düşen yağışlar, alanın güney ve kuzey-batı bölgelerinde yüzey su birikintilerine neden olmaktadır. Topoğrafik etüdlerde alanın eğim bakımından hangi drenaj yöntemine uygunluğu belirlenir(BALCI, 1982). İnceleme alanında drenaj sorunu olan, eğimi % 1-5 arasındaki alanlarda yüzey drenaj sorunları bulunmaktadır. Eğimi % 2-4 arasında olan alanların yüzey drenajında çapraz eğimli hendek sistemi kullanılır(SÜNMEZ ve ARK., 1984).



Şekil 4.1. İnceleme Alanının Ana Drenaj Kanalı



Şekil 4.2. İnceleme Alanının Yan Drenaj Kanalı

4.1.2. Boşaltma Ağı Etüdlere

İnceleme alanının kuzeyinden geçen Nilüfer Çayı, alanın boşaltma ağını oluşturmaktadır. Topoğrafik harita üzerinde ve alanda yapılan etüdlere sonucunda boşaltma ağının alandan gelebilecek maksimum drenaj ve atık sularını taşıyabilecek kapasitede olduğu görülmüştür(Şekil 4.3.).

Boşaltma ağının kapasitesini etkileyen faktörler, yağışlar ve yağışlardan sonra akışa geçen yüzey akışıdır. İnceleme alanında oluşan yüzey akış debisi Mcmath yöntemine göre hesaplanmış ve 10 yıllık 1.19 saat süreli yağışlarda $6.4 \text{ m}^3/\text{s}$ olarak hesaplanmıştır. Boşaltma ağzı, alanda oluşan yüzey ve Görükle deresinde toplanan suları Nilüfer çayına akıtmaktadır. Ana kanalın başlangıç noktası ile çıkış noktası arasındaki yükseklik farkı 40 m ve eğim % 0.85 dir.



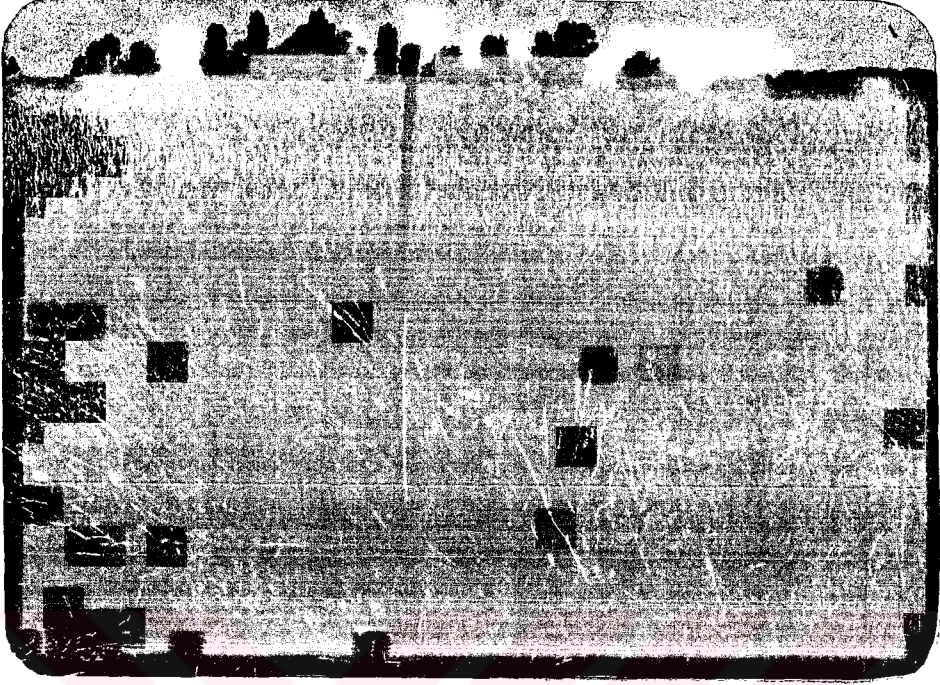
Şekil 4.3. İnceleme Alanının Boşaltma Ağzı

İnceleme alanında drenaj sorunu bulunan noktaların kotu boşaltma ağzı kotundan yüksektir. Boşaltma ağzının kotu 60 m ve boşaltma ağzına en yakın drenaj sorunu bulunan nokta ile arasındaki kot farkı ise 2.00 - 3.00 m dir. Çıkış yeri olarak topoğrafik harita üzerinde belirlenen noktaların kotu drenaj alanı kotundan düşük olmalıdır. Bu kotun en fazla 1.80 m - 3.00 m arasında olması önerilmektedir(OĞUZER, 1981).

Boşaltma ağzında karşılaşılan en önemli sorun, şiddetli yağışlardan sonra oluşan yüzey akışlar ile zaman zaman Nilüfer Çayı üzerinde bulunan barajlardan bırakılan suyun boşaltma ağzı kapasitesini aşmasıdır.

4.1.3. Taban Suyu Etüpleri

İnceleme alanının drenaj sorununu ortaya çıkaran, bitki kök bölgesindeki fazla suyun nedenini belirlemek amacıyla alana 20 adet 1.5 m derinliğinde gözlem kuyusu açılmıştır(Şekil 4.4.).



Şekil 4.4. İnceleme Alanında Açılan Taban Suyu Gözlem Kuyusu

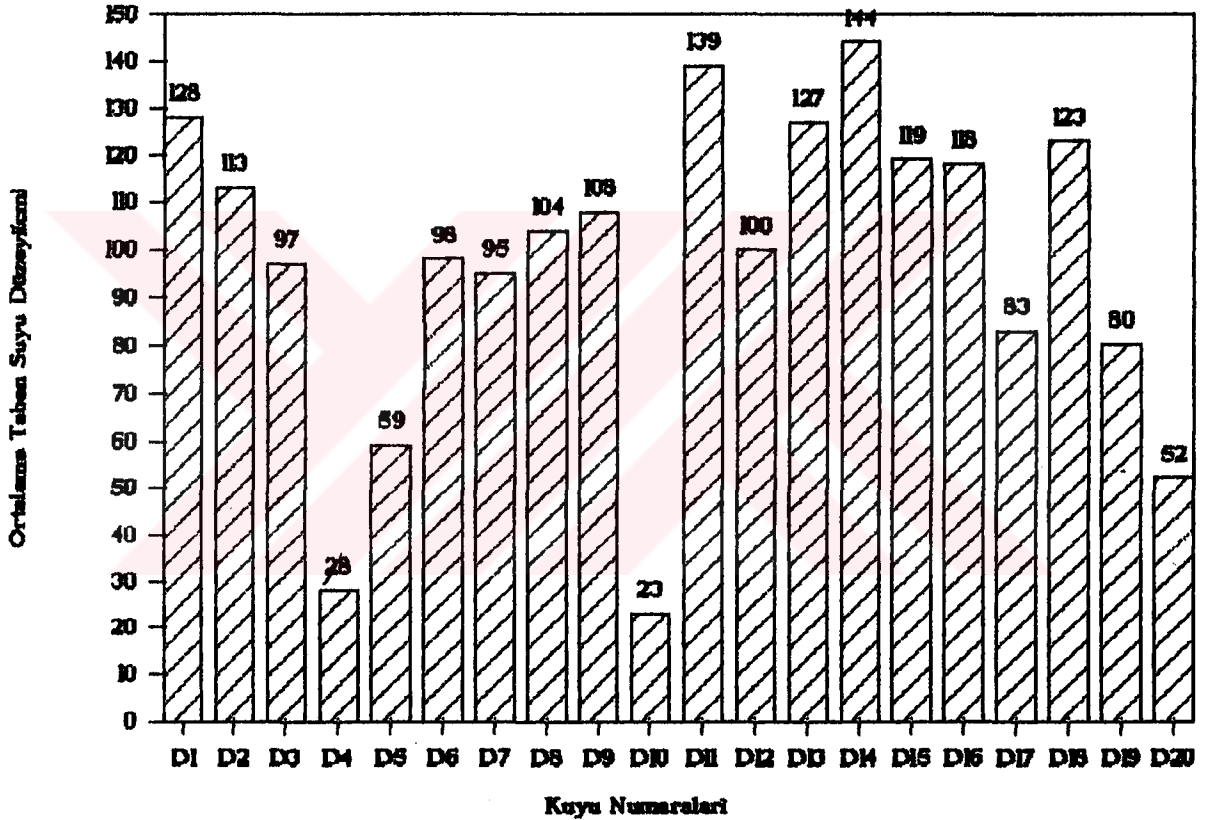
Alanda taban suyu gözlemlerine şubat ayında başlanmış ve ölçümler bütün kuyularda su düzeyi sifıra düşünceye kadar devam edilmiştir. Gözlem kuyularında haftalık yapılan taban suyu düzeyi ölçümlerine ek olarak, haftalık toplam yağış değerleri de ölçülmüş ve çizelge 4.'de verilmiştir.

İnceleme alanındaki 20 gözlem kuyusunun ortalama taban suyu düzeyleri grafiklenerek şekil 4.5. de verilmiştir. Şekil 4.5. ve Çizelge 4. 'de görüldüğü gibi taban suyunun en düşük olduğu D14 no'lu kuyuda 4 aylık ölçüm periyodu içindeki ortalama taban suyu düzeyi 144 cm dir. D14 nolu kuyuda Nisan ayı sonunda kuyuda suyun bulunmadığı ve Mart ayı içinde ise taban suyu düzeyi 23 cm.'ye, Şubat ayı sonunda ise 30 cm.'ye yükseldiği görülmektedir. Bu kuyunun ana drenaj kanalına 5 m ve yan drenaj kanalına ise 3 m uzaklıkta olduğu göz önüne alınırsa, suyun kanala sızdığı açıkça görülmektedir. Taban suyunun en yüksek olduğu D4 nolu kuyunun ise ortalama

Şizelge 4. Araştırma Alanının Taban Suyu Gözlem Verileri ve Haftalık Toplam Yağış Değerleri

Gözlem Tarihi	Yağış(mm)	K U Y U N U M A R A L A R I																			
		D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12	D13	D14	D15	D16	D17	D18	D19	D20
6/2/1990	-	-	115	2	-	118	-	-	-	25	-	140	132	100	138	136	-	140	-	68	
12/2/1990	-	-	124	5	-	122	-	-	-	24	-	133	140	106	137	134	-	141	-	73	
19/2/1990	41.7	138	121	20	8	13	18	145	19	50	7	132	32	96	30	108	53	18	79	7	1
26/2/1990	-	-	110	84	1	-	83	32	113	128	14	-	65	120	72	103	99	48	107	45	38
5/3/1990	25.7	122	93	35	7	8	18	63	8	30	9	145	24	121	23	94	96	29	98	18	14
12/3/1990	6.5	-	90	98	3	47	87	-	110	121	14	-	71	133	74	96	112	62	111	57	46
19/3/1990	0.2	-	98	121	13	52	107	-	130	-	28	-	95	147	103	106	123	89	119	87	59
27/3/1990	-	-	106	135	16	64	117	-	135	-	28	-	105	-	120	113	132	105	124	104	66
2/4/1990	-	-	114	-	29	77	122	-	139	-	34	-	113	-	132	120	140	122	129	116	71
9/4/1990	4.3	-	123	-	38	87	131	-	142	-	33	-	120	-	145	128	-	135	133	129	76
17/4/1990	36.6	-	131	-	4	22	119	-	127	123	37	-	124	-	-	134	-	-	133	122	71
1/5/1990	35.4	-	142	-	2	-	98	-	102	136	11	-	128	-	-	-	-	-	136	131	63
7/5/1990	40.2	135	111	112	4	49	74	141	55	132	10	-	82	-	106	131	127	145	117	21	13
14/5/1990	-	-	129	39	92	121	-	133	144	26	-	-	126	-	141	136	143	-	132	91	53
21/5/1990	-	-	-	57	137	141	-	145	-	38	-	-	135	-	-	-	-	-	140	110	68
Ortalama	-	128	112.6	97	15.2	59	98	95	104	108	22.5	138.5	99.5	127	144	119	118	83	123	80	52

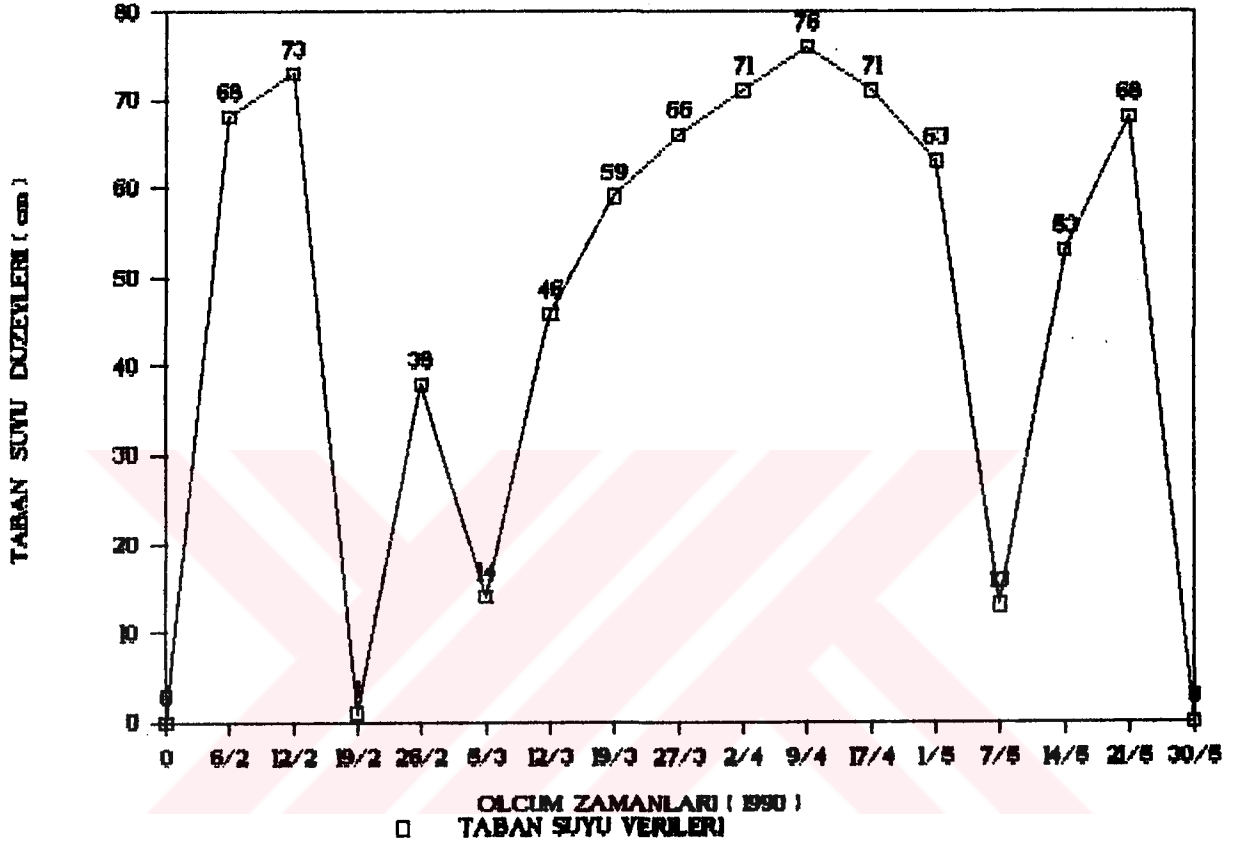
taban suyu düzeyi 15.2 cm ölçülmüştür. Çizelge 4. ve Şekil 4.5.'da görüldüğü gibi, bu kuyuda taban suyu düzeyi bütün ölçüm zamanlarında yüksek bulunmuştur. Bunun nedeni, kuyunun inceleme alanının düşük kotlu noktasında ve yüzey akış yolu üzerinde bulunmasıdır. Alana düşen toplam yağış değerleri dikkate alındığında, yağışlardan 2-3 gün sonra kuyularda su düzeyinin yükseldiği görülmektedir.



Şekil 4.5. Gözlem Kuyularının Ortalama Taban Suyu Düzeyleri

İnceleme alanında taban suyu düzeyinin düşey hareketlerine örnek olarak D20 no'lu gözlem kuyu hidroğrafı şekil 4.6'da verilmiştir. Hidrografta görüleceği gibi ortalama su yüksekliği 98 cm dir. Bu kuyuda taban suyu düzeyi hem kış yağışlarından, hem de yeraltından beslenmektedir.

Yapılan ilk değerlendirme sonucu alanının kuzeyinde yeraltı beslenmesinin olduğu ortaya çıkmıştır. Bu yeraltı suyu beslenmesi yukarı alana düşen yağışların sızmasından oluşmaktadır.



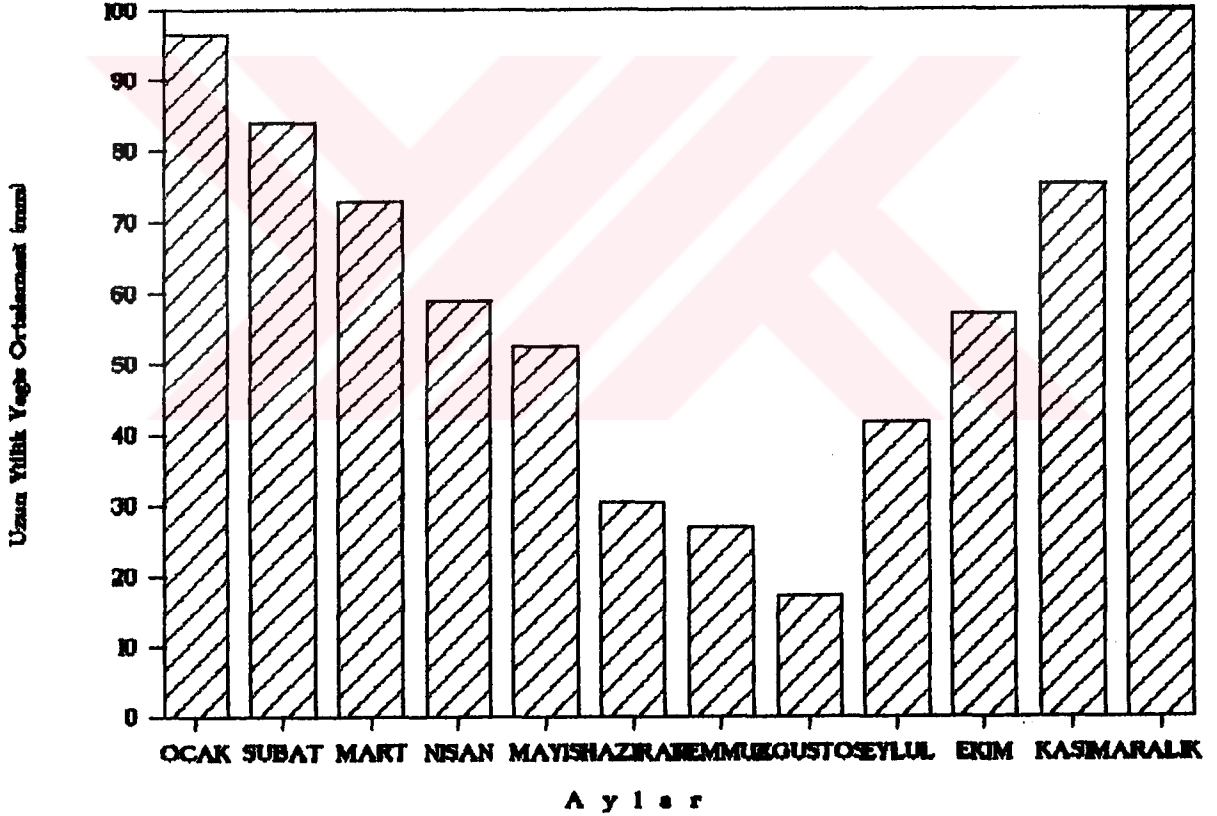
Şekil 4.6. D20 No'lu Gözlem Kuyusunun Hidrografı

Ayrıca çiftlik yöneticileri ile yapılan görüşmelerde, gözlem yapılan 1990 yılından önceki yıllarda da kış yağışlarının alanın düz ve düze yakın olan bölgelerinde, su birikintileri oluşturduğu ve üzerinde tarımsal faaliyetlerin yapılmasına izin vermediği anlaşılmıştır.

Taban suyu haritalarının hazırlanması için kuyu kotları belirlenmiş, ancak ölçüm verilerinin kısa süreli olması nedeni ile sağlıklı sonuç vermeyeceği düşünülerek taban suyu eş yükselti haritaları çıkarılmamıştır.

4.1.4. Hidrolojik Etüdler

Bir alanın drenaj gereksinimi ve sulama gereksiniminin belirlenmesinde yağış, buharlaşma, yüzey akış ya da derine sızma gibi hidrolojik devre unsurları arasındaki ilişkilerden yararlanılmaktadır (ERÖZEL,1987). Bursa Devlet Meteoroloji İstasyonu'ndan alınan 42 yıllık yağış ortalamalarının aylara göre dağılımları grafiklenerek şekil 4.7. de verilmiştir. Şekil 4.7.'de görüldüğü gibi inceleme alanına en fazla yağış Aralık, Ocak ve Şubat aylarında düşmektedir. Yıllık 713.1 mm düşen yağışın % 39.2 si kış aylarında düşmektedir.



Şekil 4.7. Aylara Göre 42 Yıllık Yağış Ortalaması Grafiği

Kış yağışları, taban suyunu besleyen tek kaynaktır. Kış yağışlarının başlaması ile birlikte inceleme alanında taban suyu düzeyin de önemli

ölçüde yükselmeler görülmektedir. Alanın düz ve düze yakın olan yerlerinde kış yağışları, yüzey su birikimlerine neden olmaktadır(Şekil 4.8).



Şekil 4.8. Yağışlardan Sonra İnceleme Alanının Durumu

Diğer taraftan yaz yağışlarının, Çizelge 5 'de de görüldüğü gibi toprak yüzeyinden olan buharlaşma ile kaybolan su miktarından daha düşük düzeylerde bulunmasından dolayı taban suyunun beslenmesine olan etkisi yok denecek kadar azdır.

Çizelge 5. Bursa Merkezi Buharlaşma ve Yağış Verileri

Meteorolojik Elemanlar	A Y L A R												Yıllık
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Yağış (mm)	Toplam 96.5	83.9	73.0	59.0	52.6	30.2	26.8	17.0	41.7	57.1	75.3	99.7	713.1
Buharlaşma (mm)	Toplam 49.2	52.2	60.5	73.1	79.5	118.5	164.7	162.2	111.4	72.4	53.0	51.6	1048.4

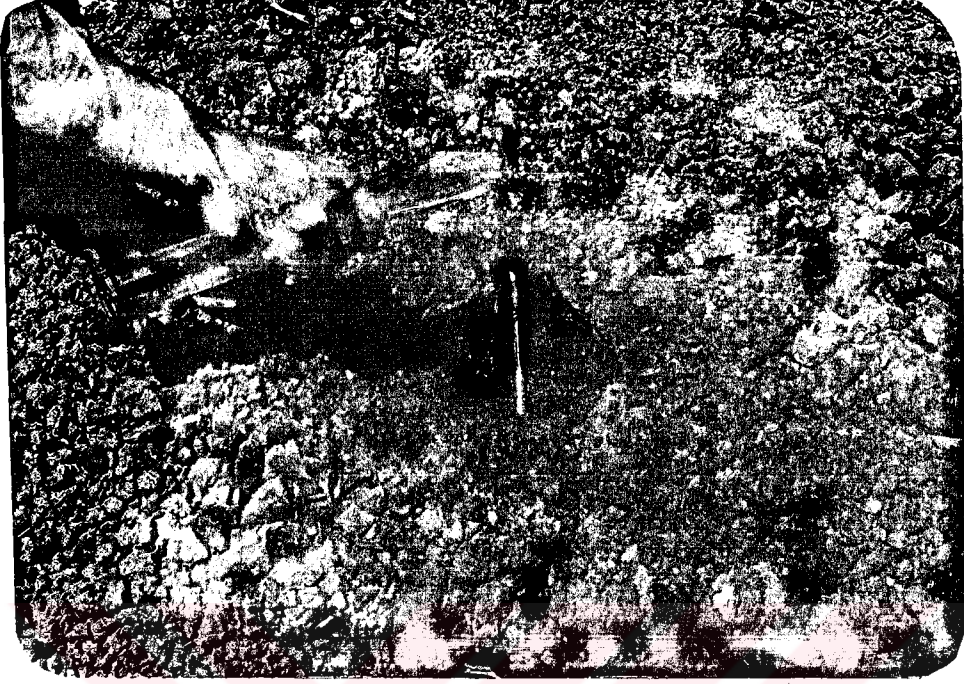
İnceleme alanında hidrolojik etüdler, (GÜNGÖR,1986)'da belirtildiği gibi iki aşamada yapılmıştır. Birinci aşamada Ayıcı Deresi havzası ile Ayıcı Pınar Deresi havzalarında kanal kapasitelerini belirlemek için yüzey akış debileri hesaplanmıştır. Ayıcı Deresi havzasının yüzey akış debisi 37 yıllık 10 yıl tekerrürlü 17.86 dakika süreli en büyük yağış değerine göre McMath metodu yardımıyla 1.32 m³/s bulunmuştur. Ayıcı Pınar Deresi havzası Konsantrasyon süresi ise 15.57 dakikadır. Bu değere göre Ayıcı Pınar Deresi havzası yüzey akış debisi 1.2 m³/s dir. İkinci aşamada ise, inceleme alanının ana drenaj kanalı kapasitesini belirlemek amacıyla inceleme alanının yüzey akış debisi hesaplanmıştır.

İnceleme alanda kış yağışlarının drenaj sorunu yarattığı, taban suyu etüdüleri bölümünde belirtilmişti. Drenaj alanında oluşacak yüzey akış debisinin belirlenmesi için proje yağış değeri olarak, 1.19 saatlik konsantrasyon süresinde, 10 yılda bir tekerrür edecek yağış seçilmiştir. Bu değer, bölgede yapılan çalışmalar sonucu hazırlanan standart zamanlarda gözlenen en büyük yağış değerleri cetvelinden 42.10 mm olarak bulunmuştur.

Çalışma alanında oluşan yüzey akış debisi, McMath metoduna göre 37 yıllık 10 yıl tekerrürlü 1.19 saat süreli en büyük yağış değerine göre 6.4 m³/s bulunmuştur.

4.1.5. Hidrolik Geçirgenlik Etüdüleri

Ekonomik verimlilik tahminlerinde, sulama ve drenaj çalışmalarının projelendirilmesinde, toprak hidrolik geçirgenliğinin sayısal değerinin bilinmesi gerekir(OĞUZER ve ARK., 1982). Ters kuyu yöntemiyle taban suyu üzerindeki toprak katmanının hidrolik geçirgenliğini belirlemek amacıyla, inceleme alanında bulunan 4 farklı toprak grubunda Auger-Hole kuyuları açılmıştır(Şekil 4.9.).



Şekil 4.9. İnceleme Alanında Auger-Hole Kuyusunun Görünüşü

İnceleme alanında ters kuyu yöntemiyle yapılan test sonuçları Çizelge 6'de verilmiştir. Çizelge 6.'de görüldüğü gibi alanın % 1'ini kapsayan

Çizelge 6. İnceleme Alanında Ters Kuyu Yöntemi ile Bulunan Hidrolik

Geçirgenlik Değerleri

Test Alanları	Geçirgenlik Değerleri (K) cm/h
Aluviyal Grubu Topraklar(A)	0.04
Rendzina Grubu Topraklar(R)	0.020
Vertisol Grubu Topraklar(V)	0.015
Kahverengi Orman Grubu Topraklar(M)	0.0025

aluviyal grubu toprakların hidrolik geçirgenlik değeri, diğer alanlara oranla daha yüksek olduğu saptanmıştır. Drenaj alanındaki toprakların hidrolik geçirgenlikleri KORKUT (1983)'de belirtilen geçirgenlik sınıfına

göre "çok yavaş" bulunmuştur. Kültürteknik çalışmalarında toprağın geçirgenliği 0.042 cm/h den az ise bu toprak geçirimsiz olarak kabul edilir(BALCI, 1982).

İnceleme alanında KATKAT ve ARK. (1984) tarafından yapılan bir çalışmada, bozulmuş toprak örneklerinde yapılan geçirgenlik testleri sonucu bulunan değerlere göre örneklerin % 6.9'u yavaş geçirgen, % 39.6'sı orta yavaş geçirgen, % 48.3'ü orta geçirgen ve % 5.2'si de orta hızlı geçirgen olarak belirlemişlerdir. Etüd alanında bulunan toprakların, bünyelerine bağlı olarak geçirgenlikleri fazla değildir.

4.1.6. Sulama Suyu Etüdüleri

Bursa ve yöresinde yağış miktarı, diğer bölgelerle karşılaştırıldığında, yüksek görülmeyle birlikte ilkbahar ve yaz yağışları bazı yıllarda yeterli olmamaktadır. İlkbahar yağışlarının yetersiz olduğu yıllarda buğday alanlarına eksik olan suyun verilmesi, yaz yağışlarının yetersiz olduğu yıllarda ise ayçiçeğine destek sulama suyu verilmesi gerekmektedir.

Bu nedenle, alanda oluşan drenaj suyunu tekrar sulamada kullanmak için, Ayııcı deresi üzerine ikinci bir gölet planlanmaktadır. Drenaj suyunun sulamada kullanılabilmesi amacıyla drenaj kanalları ve Görükle deresinden su örnekleri alınmış ve sonuçları Çizelge 7'de verilmiştir.

Analiz sonuçlarına bakıldığında, 1 ve 2 nolu su örneklerinin tuz içeriği yüksektir. Yörede yıllık ortalama yağışın 713.1 mm ve alanda drenaj sistemi olduğunda sulamada kullanılmasında herhangi bir sakınca yoktur. Çünkü, elektriksel iletkenlik değeri 750 ile 2250 micromhos/cm arasında olan sulama suları geniş çapta kullanılmakta, uygun bir drenaj ve işletme koşulları altında yeterli bir ürün elde edilmektedir. Ancak, yeterli yıkamanın yapılmadığı elverişsiz drenaj koşullarında tuzluluk sorunları ortaya çıkmaktadır(AYYILDIZ, 1983a).

Çizelge 7. İnceleme Alanı Drenaj Suyu Kimyasal Analiz Sonuçları

Suyun Örneklerinin Alındığı Yer	pH	Elektiriksel İletkenlik ECx106,25 °C	Katyonlar (me/L)				Anyonlar (me/L)				Toplam SAR	Toprakta Oluşturabileceği			
			Na	K	Ca	Mg	Toplam	CO ₃	HCO ₃	Cl		SO ₄	Tuzluluk	Alkallılık	
Görükle Daresi (1)	7.6	1000	1.91	0.50	3.4	6.1	11.91	-	8.4	3.51	-	11.91	0.88	Yüksek	Az
Ana Drenaj Kanalı I (2)	7.2	880	3.10	0.017	1.9	6.1	11.11	-	6.5	2.8	1.18	11.11	1.55	Yüksek	Az
Ana Drenaj Kanalı II (3)	7.6	670	1.98	0.023	1.7	5.0	8.70	-	6.7	1.9	0.10	8.70	1.08	Orta	Az
Yan Drenaj Kanalı (4)	8.3	650	1.72	0.023	1.8	5.6	9.14	0.4	5.8	2.0	0.94	9.14	0.89	Orta	Az

4.2. Karşılaşılan Sorunlar

Topoğrafik etüdler bölümünde de belirtildiği gibi, inceleme alanının güney kesiminde yer alan topraklar hafif eğimli olup, ortalama eğim % 3 civarındadır. Bu bölümün güney sınırında % 5-6 olan eğim, kuzeye doğru giderek azalmakta ve Nilüfer Çayı sınırında % 0.5-1'e kadar düşmektedir. İnceleme alanının ana drenaj kanalı görevini yapan Görükle Deresinin ortalama eğimi % 0.85 dir. Bu dereye paralel olan düz ve hafif eğimli alanlar toplam alan içerisinde önemli yer tutmaktadır. Buna karşılık yamaç alanlarda ortalama eğimin % 8-10'a kadar çıkması, bu alanda oluşacak yüzey akış miktarını artırmaktadır. İnceleme alanının ortalama kotu 100 m dir. Arazinin eğimi güneyden Nilüfer Çayına ve doğudan ise Görükle Deresi'ne doğrudur. Yüzey örtüsü ve arazi tesviyesi bakımından önemli bir sorun yoktur.

Hidrolojik etüdler bölümünde belirtildiği gibi alana düşen yağış miktarlarının aylara ve mevsimlere göre büyük değişiklik göstermesi, alanın drenaj durumu bakımından önemlidir. Şekil 4.7 ve çizelge 2'de de görüldüğü gibi yıllık yağışın (713.1 mm) büyük kısmı (% 39.2) Aralık, Ocak ve Şubat aylarında düşmektedir. Yıllık ortalama sıcaklığın 14.4 °C olmasına karşın, kış aylarının ortalama sıcaklıkları 7.5 - 6.0 °C arasında değişmektedir. Bunun yanında, ortalama oransal nemin yüksek ve ortalama buharlaşmanın düşük olması, bu aylarda yüzey akışların artmasına etki etmektedir. Çünkü oransal nemin yüksek olduğu durumda, buharlaşma azalmakta buna karşın, yüzey akışlar daha fazla meydana gelmektedir(BALCI,1967).

Yapılan hidrolik geçirgenlik denemelerinde elde edilen sonuçlara göre, toprakların hidrolik geçirgenlikleri 0.04-0.0025 cm/h arasında değişmektedir. En yüksek hidrolik geçirgenlik değeri, aluviyal grubu toprakların bulunduğu 50 dekarlık alanda bulunmuştur. Aluviyal toprakların

dışındaki alanın toprakları ise genel olarak geçirimsiz topraklar sınıfına girmektedir.

İnceleme alanında drenaj sorununun nedenlerini, yağışlar ve yağışlardan akışa geçen yüzey akış suları oluşturmaktadır. Alanın bir kısmının düze yakın bir topoğrafyaya ve toprakların "Çok Yavaş" geçirgen sınıfında olması nedeni ile kış yağışları ya da normal mevsimlik ortalamanın üzerine çıkan yağışlar, alanın güney ve kuzey-batısındaki düzlüklerde su birikmesine ve tarımsal faaliyetlerin gecikmesine neden olmaktadır.

İnceleme alanınının taban suyu etüdlerinden elde edilen sonuçlara göre, dört aylık ölçüm periyodu içersindeki gözlemlerde taban suyu düzeyleri taban arazilerde, yamaç arazilere göre daha yüksek bulunmuştur. Alanda taban suyu düzeyinin düşey hareketlerine örnek olarak D20 no'lu gözlem kuyusunun ortalama su düzeyi 98 cm dir. Bu değer GÜNGÖR (1985)'de belirtilen taban suyunun bulunduğu derinliğe göre "sığ" sınıfına, KIZILKAYA (1983)'e göre ise "fena" grubuna girmektedir.

Alanın doğal boşaltımını, güney-kuzey doğrultusunda akan Görükle Deresi ile doğu-batı yönünde Görükle Deresi'ne akan dere ve doğal hendekler yapmaktadır. Ancak Görükle Deresi ile Görükle deresi'ne dökülen yan dere ve doğal hendeklerin yeterli kapasitede ve derinlikte olmaması, doğal boşaltımı engellemektedir. Bunun yanında, yan dere ve doğal hendekler de oluşan yüzey sularının Görükle Deresi'ne döküldüğü noktalarda, uygun çıkış ağzının olmaması, Görükle Deresi yanındaki alanlarda su birikintileri meydana getirmektedir.

İnceleme alanında yüzey akış ve derine sızan suları toplayan kanallarda, otlama ve dolma sorunları bulunmaktadır. Kanallarda oluşan

otlanma ve dolma, bir taraftan kanalların su taşıma kapasitesini azaltmakta öte yandan kanala sızan suları engellemektedir. Bu durum, ayrıca kanalların görevini yapamamasına ve su birikimine neden olmaktadır(Şekil 4.10).



Şekil 4.10. Ana Drenaj Kanalının Dolma ve Otlanması

İnceleme alanında karşılaşılan diğer bir sorun da, boşaltma ağız etüdüleri bölümünde açıklandığı gibi, şiddetli yağışlardan sonra oluşan yüzey akışların ya da Nilüfer Çayı üzerinde bulunan barajlardan bırakılan suyun, zaman zaman boşaltma ağızını etkilemesidir.

İnceleme alanının gözden geçirilen çeşitli durumlarından, şu genel sonuç elde edilmiştir; Tarım alanlarında ıslak kısımların bulunması ya da bazı kısımların zaman zaman su altında kalması; toprakların geçirimsiz ve yağışlar sonucu oluşan suları akıtan derelerin su taşıma kapasitelerinin yetersiz oluşundan ileri gelmektedir. Belirli zamanlarda meydana gelen

yüksek şiddetteki yağışların, kısa zamanda alt katlara iletimi aluviyal alanlarda mümkün olmaktadır. Islak ve su altında kalan alanlarda ise dört faktör etkili olmaktadır:

1. Yağış sonucu yamaç alanlardaki bitki örtüsü tarafından tutulan sular, toprak içerisine sızarak, alanın düz yerlerinde toprak ıslaklığı yaratmaktadır.

2. İnceleme alanının genel olarak fazla eğimli olan yamaç alanlarından meydana gelen yüzey suları, doğal drenajı sağlayan dere yataklarının yetersiz su taşıma kapasitelerinden dolayı tarım yapılan alanlara zaman zaman taşmaktadır.

3. Derelerin ana drenaj kanalına döküldüğü noktalarda yeterli boşaltmanın olmaması sonucu boşaltma ağzı çevresinde ıslak alanlar meydana gelmektedir.

4. Toprakların su geçirgenlik hızlarından daha yüksek şiddette yağışların meydana geldiği zamanlarda, yağış suları yüzeyde birikmekte veya alanın eğim durumuna göre akışa geçerek çukur yerlerde göllenmektedir.

4.3. Öneriler

Bölüm 4.2. de belirtilen faktörlerin etkisi ile inceleme alanında ortaya çıkan drenaj sorunlarının düzeltilmesi açısından bazı önlemlerin alınması gerekmektedir.

1. İnceleme alanında düz ve hafif eğimli alanlar şiddetli yağışların olduğu zamanlarda ya da kış ve ilkbahar aylarında dere ve doğal hendeklerden gelen taşkınlar nedeniyle su altında kalmaktadır. Dere ve doğal hendeklerin su taşıma kapasiteleri, buralarda meydana gelen akışları taşıyacak duruma getirilmesi gerekir. Yapılan hidrolojik etüdlere göre derelerin su taşıma kapasiteleri ya da debileri, Görükle Deresinde 6.4

m³/s, Ayıcı Deresi 1.32 m³/s ve Ayıcı Pınar Deresi 1.2 m³/s'ye çıkarılmalıdır. Ayıcı pınar deresi havzasında bulunan yamaçlardan akışa geçen yüzey sularının gerek tarım alanlarına gerekse tarla yoluna yapmakta olduğu zararı önlemek için bu suların doğrudan doğruya Ayıcı Pınar Deresine akıtılması için yüzey akış debisine göre çevirme kanalları açılması gerekmektedir.

2. Şiddetli yağışlardan sonra, Görükle Köyü yolu ile işletme binaları arasındaki tarla parsellerinde (Ortalama eğim % 3), tesviye eğrilerine paralel drenaj kanalları açılmalıdır.

3. Dere yataklarının ve alanda yüzey akış sularını toplayan doğal hendeklerin su taşıma kapasitelerini azaltan otlanma ve dolma gibi durumlara engel olunmalıdır. Otlanmanın önlenmesinde iki yol vardır; birincisi, çalı ve otların biçilmesi ya da yakılmasıdır. İkincisi ise, yabancı ot mücadelesini ilaçla yapmaktır.

4. Görükle Deresine paralel biçimde uzanan dar ve uzun bir şeritte oluşan ıslaklık ve yüksek taban suyu seviyesi, bu alanlarda tarımsal faaliyetlerin uygulanmasında sorunlar yaratmaktadır. Bu alanlarda ıslaklığın önlenmesi için Görükle Deresine dökülen dere ve doğal hendeklerin, toprak yapısı, topoğrafya ve hidrolojik koşullar dikkate alınarak ıslah edilmesi gerekmektedir.

İnceleme alanında drenaj sorunu yağışlardan, toprakların geçirimsizliğinden ve topoğrafyanın çok değişken olmasından kaynaklanmaktadır. Elde edilen sonuçlar dikkate alındığında sorun yüksek taban suyu ve sulama suyu olmadığına göre, inceleme alanına yağış, derelerin yüzey akış debileri ve toprak özelliklerine göre yüzey drenaj kanalları açılmalıdır. Yüzey drenaj kanalları genellikle geçirimsiz tabakanın yüksek olduğu durumlarda, geçirgenliği düşük olan killi ve ağır

killi alanlarda, yüzlek çukurların bulunduğu yerlerde, yüzey akış (taşkınlar) altında kalan alanlarda ve toprakaltı (kapalı) drenaj için uygun derinlikte boşaltma ağızı bulunmayan koşullarda uygulanır(OĞUZER, 1981).

İnceleme alanında yapılan toprak etüdüleri sonucunda alınan toprak örneklerinin % 91.6'sı killidir. Toprakların geçirgenliğinin çok düşük olması, alanın çukur yerlerinde yüzey akış yolu ile su birikimi sorununun yüzey drenajı ile çözülebileceğini göstermektedir.

4.4. İnceleme Alanının Drenaj Sisteminin Projelenmesi

İnceleme alanında karşılaşılan sorunlar ve çözüm yolları bölümünde de açıklandığı gibi, drenaj sorununun çözümü için yüzey drenaj kanallarının açılması öngörülmüştür. Bu nedenle inceleme sonuçlarının ışığı altında mevcut kanalların ve doğal hendeklerin yeniden düzenlenmesi için yüzey drenaj sisteminin projelenmesine çalışılmıştır.

Yüzey drenaj sistemlerinin projelenmesinde, ürün ve münavebe sistemleri, tarım makinalarının çalışma durumları, toprak ve su ilişkileri, ekilen bitki çeşidi ve arazinin topoğrafik durumu dikkatli bir biçimde etüd edilmelidir(SÖNMEZ ve BALABAN, 1968).

İnceleme alanının ana drenaj kanalı görevini yapan Görükle Deresi, Ayıcı ve Ayıcı Pınar Derelerinin kanal kapasiteleri, incelemeden elde edilen sonuçlara göre Ek'1 de boyutlandırılmış ve kanal kesitleri verilmiştir. Bununla beraber alanın yüzey drenaj projesi Ek'2 de verilmiştir.

EK'1 de yapılan hesaplamalar sonucu, Ayıcı Pınar Deresinin kanal kesiti çıkarılmıştır. Bu kesitte, 0.35 m taban genişliğinde, 0.52 m derinlikte ve 2.00 m üst genişliğinde trapez kesitli kanal açılmalıdır.

Ayıcı Dere kanal boyutları, 0.40 m taban genişliğinde, 0.60 m derinliğinde ve 2.15 m üst genişliğinde olmalıdır. Alanda oluşan yüzey sularını boşaltma ağzına taşıyan ve alanın ana drenaj kanalı görevini yapan Görükle Deresi kanal kesiti ise, 1.65 m derinliğinde, 1.00 m taban genişliğinde ve 5.90 m üst genişliğinde trapez kesitli kanal açılmalıdır.

ÖZET

Optimum bitki gelişiminde sulamanın ayrılmaz bir parçası olan drenaj, yağış miktarının çok, toprak geçirgenliğinin düşük ve boşaltma ağzının yetersiz olduğu tarım alanlarında önem kazanmaktadır. Bu çalışmada, Uludağ Üniversitesi Tarımsal Araştırma ve Uygulama Merkezi Arazisinin drenaj sorunları belirlenmeye çalışılmış, çözüm önerilerinde bulunulmuş ve yüzey drenaj sistemi projelenmiştir.

İnceleme alanında KATKAT ve Ark.(1984) tarafından yapılan toprak etüdüleri sonucunda 4 farklı toprak grubu bulunmuştur. Bunlar Vertisol, Rendzina, Kahverengi orman ve Aluviyal grubu topraklardır. Bu toprakların büyük bir çoğunluğu Vertisol ve Rendzina grubu topraklardır.

Yapılan denemelerde, kanal kapasitesinin hesabında gerekli olan yüzey akışın belirlenmesi için TULÜCÜ(1987)'de esasları belirtilen McMath metodu kullanılmıştır. Hidrolik iletkenlik ölçümleri ise OĞUZER(1981)'de esasları belirtilen Ters Kuyu metoduna göre yapılmıştır.

Araştırma ile belirlenen sorunları gidermeye yönelik öneriler; elde edilen veriler ve ilgisi kaynaklar ışığında aşağıdaki biçimde sıralanabilir.

1. İnceleme alanının topoğrafik durumu, çıkış ağzı, mevcut dere ve doğal hendeklerin durumu, arazinin eğimi ve toprak yapısı gözönüne alındığında düşen yağışlar, alanın güney ve kuzey-batı bölgelerinde yüzey su birikintilerine neden olmaktadır. Drenaj sorunu bulunan eğimi %1-5 arasındaki alanlarda yüzey drenaj kanalları açılmalıdır.

2. İnceleme alanının kuzeyinden geçen Nilüfer Çayı, boşaltma ağzı görevini yapmaktadır. Boşaltma ağzının kapasitesini etkileyen faktörler yağışlar ve yağışlardan akışa geçen yüzey akış miktarıdır. Boşaltma ağzı kapasitesi 10 yıl tekerrürlü 1.19 saat süreli en büyük yağış değerine göre

6.4 m³/s olmalıdır.

3. Haftalık yapılan taban suyu düzeyi ölçüm sonuçlarına göre, alana düşen yağışlar dikkate alındığında sorunun yağışlardan kaynaklandığı belirlenmiştir.

4. Hidrolojik etüdüleri sonucunda alana yıllık 713.1 mm düşen yağışın % 39.2'si kış aylarında düşmektedir. Alanın düz ve düze yakın bölgelerinde kış yağışları, toprak geçirgenliğinin çok düşük olması nedeniyle yüzey su birikintilerine neden olmaktadır.

5. Kanal kapasitelerini belirlemek amacıyla derelerin yüzey akış kapasiteleri hesaplanmıştır. Ayıcı Pınar Deresi yüzey akış debisi 1.2 m³/s, Ayıcı Dere yüzey akış debisi 1.32 m³/s ve Görükle Deresi yüzey akış debisi ise 6.4 m³/s bulunmuştur.

6. Drenaj sularının analiz sonuçlarına göre, drenaj suyunun tekrar sulamada kullanılması mümkün görünmektedir. Bu nedenle Ayıcı Dere üzerinde bir gölet yapımı uygun olacaktır.

7. Görükle Deresine paralel biçimde uzanan dar ve uzun bir şeritte oluşan ıslaklık ve yüksek taban suyu seviyesinin önlenmesi için Görükle Deresine dökülen dere ve doğal hendekler ıslah edilmelidir.

8. Ortalama eğimin % 3 dolaylarında olduğu Görükle yolu ile işletme binaları arasındaki alana tesviye eğrilerine paralel yüzey drenaj kanalları açılmalıdır.

9. İnceleme alanının sıralanan sorunlarını çözmeye yardımcı olmak üzere elde edilen verilerin ışığında bir yüzey drenaj planlaması yapılmış ve Ek 1' ve Ek 2'de verilmiştir. Projenin uygulamaya konulması durumunda sorunların büyük oranda çözülmesi mümkün olacaktır.

KAYNAKLAR

- ALAGÖZ, H., 1967. Kurutma ve Drenaj, E.Ü. Zir. Fak. Yayınları, No: 123, Ankara.
- AKALAN, İ., 1983. Toprak ve Su Muhafazası, A.Ü. Zir. Fak. Yayınları, No: 873, Ankara.
- ANONYMOUS, 1974. Ortalama ve Ekstrem Kıymetler Meteoroloji Bülteni, Başbakanlık Basımevi, Ankara
- ANONYMOUS, 1978. Türkiye Arazi Varlığı, TOPRAKSU Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara.
- ANONYMOUS, 1983. Bursa İli Verimlilik Envanteri ve Gübre İhtiyaç Raporu, Köy İşleri ve Kooperatifler Bakanlığı TOPRAKSU Genel Müdürlüğü Yayınları, No: 724, Ankara.
- ANONYMOUS, 1987. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü APK Dairesi Başkanlığı, Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Şube Müdürlüğü, Yayın No:57, Ankara.
- ANONYMOUS, 1989. İlden İle Tarım Bursa, TOK Dergisi Sayı:41 s.41-43.
- ARICI, İ., 1988. Örtü malzemelerinin Dik Eğimli Şevlerde Erozyon ve Bitki Örtüsü Oluşumuna Etkisi Üzerine Bir Araştırma, U.Ü. Zir. Fak. Yayınları No: 7-015-0175, Bursa.
- AVCI, K., 1986. Bafra Ovası Kapalı Drenaj Projelene Kriterleri, T.C. Tarım Orman ve Köy İşleri Bakanlığı Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Köy Hizmetleri Samsun Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, No: 40, Samsun.
- AYDENİZ, A., 1976. İklim Verimlilik İlişkileri, Topraksu Teknik Dergisi, Sayı: 44, Ankara.
- AYYILDIZ, M., 1983a. Sulama Suyu Kalitesi ve Tuzluluk Problemleri, A.Ü. Zir. Fak. Yayınları, No: 879, Ankara.

- AYYILDIZ, M., 1983b. Hidrolik, A.Ü. Zir. Fak. Yayınları, No: 883, Ankara.
- BALABAN, A., GÜNGÖR, Y., ERÖZEL, Z., YILDIRIM, O., TOKGÖZ, A., 1989. Bazı Kültür Bitkilerinde Tabansuyu Düzeyi-Verim İlişkileri, A.Ü. Zir. Fak. Yayınları, No: 1119, Ankara.
- BALCI, A., 1982. Drenaj ve Arazi Islahı Ders Notları, E.Ü. Zir. Fak. Yayınları No: 40, İzmir.
- BEYCE, Ö., TARUS, C., 1977. Drenaj ve Çorak Islahı, Köy İşleri Bakanlığı Topraksu Yayınları, Ankara.
- DIELEMAN, P.J., TRAFFORD, B.D., 1976. Drainage Testing, Irrigation and Drainage Paper, No: 28, Rome.
- EGGELSMANN, R., 1987. Kapalı Drenaj, Çeviren: Secaettin Demirbaş, T.C. Tarım Orman ve Köy İşleri Bakanlığı Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara.
- ERÖZEL, Z., 1987. Drenaj ve Arazi Islahı Basılmamış Ders Notları, A.Ü. Zir. Fak. Ankara.
- EYLLERS, H., 1968. Die Verwendung von Kunststoffrohren für die Dränung, Wasser und Boden (20) : 53-59.
- FUKUDA, H., 1976. Irrigation in the World, University of Tokyo Press, UTP 3061-77087-5149. Tokyo.
- GEMALMAZ, E., 1983. Tarımsal Drenaj ve Arazi Kurutma Tekniği Notları, Atatürk Üniversitesi Zir. Fak. (Teksir), Erzurum.
- GÜNGÖR, Y., 1985. Drenaj ve Arazi Islahı Basılmamış Ders Notları, A.Ü. Zir. Fak. Ankara.
- GÜNGÖR, Y., 1986. Drenaj ve Arazi Islahı Sorunları, Kültürteknik Giriş, A.Ü. Zir. Fak. Yayınları 996-28, Ankara.
- HILLEL, D., 1980. Fundamentals of Soil Physic, Academic Press, U.S.A.
- ISRAELSEN, O.W., HANSEN, V.E., 1980. Irrigation Principles and Practices,

John Wiley and Sons Inc, New York.

KATKAT, V., AYLAK, F., GÜZEL, İ., 1984. Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Uygulama ve Araştırma Çiftliği Arazisinin Toprak Etüdü ve Verimlilik Durumu, U.Ü. Zir. Fak. Dergisi Cilt: 3 Bursa.

KESSLER, J., DOSTERBAAN, R.J., 1974. Drainage Principles and Applications, International Institute For Land Reclamation and Improvement, Netherlands.

KETTAŞ, F., 1987. Harran Ovasında Yaygın Toprak Serilerinin Rutubet Karakteristikleri ve Bunları Etkileyen Faktörlerin Araştırılması, Ç.Ü. Fen Bil. Enst. Dr. Tezi, Adana.

KIZILKAYA, T., 1983. Sulama ve Drenaj, D.S.İ. Genel Müdürlüğü Yayınları No: 924, Ankara.

KORKUT, H., 1983. Toprak (Tanımı, Oluşumu, Özellikleri), Köy İşleri ve Kooperatifler Bakanlığı Topraksu Genel Müdürlüğü Yayınları, No: 728, Ankara.

KORUKÇU, A., 1990. Sulama Basılmamış Ders Notları, U.Ü. Zir. Fak. Bursa.

KUMOVA, Y., YARPUZLU, A., 1987. Drenaj Boru ve Zarf Malzemelerinin Arazi Koşullarında Karşılaştırılması, T.C. Tarım Orman ve Köy İşleri Bakanlığı Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Köy Hizmetleri Tarsus Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, No: 140, Tarsus.

OĞUZER, V., 1981. Drenaj Mühendisliği, Ç.Ü. Zir. Fak. Yayınları No: 24, Adana.

OĞUZER, V., KUMOVA, Y., KIRDA, C., DİNÇ, G., TULÜCÜ, K., 1982. Drenaj Mühendisliği Seminer Notları, TOPRAKSU Eğitim Merkezi, Tarsus.

OĞUZER, V., YAZAR, A., 1989. Gözlem Kuyularında Yeraltı Su düzeyinin saptanmasında Yeni Bir Yöntem, Ç.Ü. Zir.Fak. Dergisi Yayınları, Cilt: 3, Adana.

- SAYAN, B., 1978. Topraklarda Mol ve Tile Dren Kombinasyonunun Uygulanması ve Değerlendirilmesi, TOPRAKSU Teknik Dergisi, Sayı: 48, Ankara.
- SEFA, S., 1983. Bilecik, Bursa, Kütahya Yöresi Kuru ve Sulanır Şartlarda Kuru Soğanın Azotlu ve Fosfurlu Gübre İsteği ile Olsen Fosfor Analiz Metodunun Kalibrasyonu, Eskişehir Bölge TOPRAKSU Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, No: 173, Eskişehir.
- SÖNMEZ, N., BALABAN, A., 1968. Kültürteknik II, A.Ü. Zir. Fak. Yayınları, No: 873, Ankara.
- SÖNMEZ, N., BALABAN, A., BENLİ, E., 1984. Kültürteknik, A.Ü. Zir. Fak. Yayınları, No: 911, Ankara.
- TEKİNEL, O., DİNÇ, G., KUMOVA, Y., 1977. Drenaj Mühendisliği Seminer Notları, Ç.Ü Ziraat Fakültesi, Adana.
- TEKİNEL, O., 1979. Drenaj Mühendisliği Seminer Notları, DSİ yayınları, Teksir, Adana.
- TÜLÜCÜ, K., 1987. Hidroloji, Ç.Ü. Zir. Fak. Yayınları, No: 52, Adana.
- VAN BEERS, W.W.J., 1965. Dren Aralıklarının Hesaplanmasına Değin Önemli Nomoğraflar, Çeviren İ. Berkman 1973. Atatürk Üniversitesi Zir. Fak. Yayın No:161, Erzurum.
- YARPUZLU, A., 1988. Antalya-Aksu Ovası Kapalı Drenaj Projelme Kriterleri, Köy Hizmetleri Tarsus Araştırma Enstitüsü Yayınları, No:65, Tarsus.
- YILMAZ, T., MAVİ, A., 1978. Drenaj Yapıları için Projelme Kriterlerinin Saptanması, TOPRAKSU Araştırma Ana Projesi, Konya.

E K - 1

İNCELEME ALANININ DRENAJ SİSTEMİNİN PROJELENMESİ

Kanal Kesitinin Geometrik Elemanları*

$$Q = A.V$$

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} I^{1/2}$$

$$b = 2 h (\sqrt{1+m^2} - m)$$

$$T = 2 h (\sqrt{1+m^2})$$

$$A = h^2 (2 \sqrt{1+m^2} - m)$$

$$R = \frac{h}{2}$$

Q = Debi, m³/s

A = Kesit Alanı, m²

V = Hız, m/s

R = Hidrolik Yarıçap, m

I = Eğim

h = Kanal Derinliği, m

b = Kanal Taban Genişliği, m

T = Kanal Üst Genişliği, m

m = Şev Eğimi

* Projelemede kullanılan formüller AYYILDIZ (1983b)' den alınmıştır.

1. Ayıcı Pınar Deresi Kanal Kesitinin Belirlenmesi

Kanala Gelebilecek Su Miktarı, $Q = 1.2 \text{ m}^3/\text{s}$

Drenaj Kanalının Boyuna Eğimi, $I = 0.04$

Kanal Pürüzlülüğü, $n = 0.025$

Kanal Şevi, $m = 1.5$

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} I^{1/2}$$

$$V = \frac{1}{0.025} \left(\frac{h}{2}\right)^{2/3} (0.04)^{1/2}$$

$$V = 5.03 h^{2/3} \text{ m/s}$$

$$A = \frac{Q}{V} = \frac{1.2}{5.03 h^{2/3}} = \frac{0.24}{h^{2/3}}$$

$$A = h^2 (2\sqrt{1+m^2} - m)$$

$$\frac{0.24}{h^{2/3}} = h^2 (2\sqrt{1+(1.5)^2} - 1.5)$$

$$h = 0.44 \text{ m (Kanaldaki Su Yüksekliği)}$$

Hava Payı: % 10-20

$$h = 0.55$$

$$b = 2 h (\sqrt{1+m^2} - m)$$

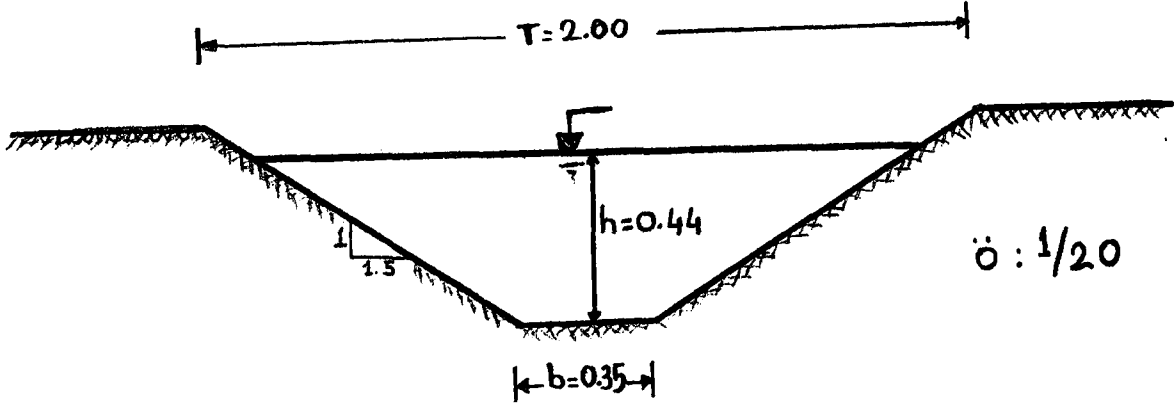
$$b = 2 \cdot 0.55 (\sqrt{1+(1.5)^2} - 1.5)$$

$$b = 0.35 \text{ m}$$

$$T = 2 h \sqrt{1+m^2}$$

$$T = 2 \cdot 0.55 \sqrt{1+(1.5)^2}$$

$$T = 2.00 \text{ m}$$



2. Ayıcı Deresi Kanal Kesitinin Belirlenmesi

Kanala Gelebilecek Su Miktarı, $Q = 1.32 \text{ m}^3/\text{s}$

Drenaj Kanalının Boyuna Eğimi, $I = 0.03$

Kanal Pürüzlülüğü, $n = 0.025$

Kanal Şevi, $m = 1.5$

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} I^{1/2}$$

$$V = \frac{1}{0.025} \left(\frac{h}{2} \right)^{2/3} (0.03)^{1/2}$$

$$V = 4.35 h^{2/3} \text{ m/s}$$

$$A = \frac{Q}{V} = \frac{1.32}{4.35 h^{2/3}} = \frac{0.30}{h^{2/3}}$$

$$A = h^2 (2 \sqrt{1+m^2} - m)$$

$$\frac{0.30}{h^{2/3}} = h^2 (2\sqrt{1+(1.5)^2} - 1.5)$$

$$h = 0.52 \text{ m (Kanaldaki Su Yüksekliği)}$$

Hava Payı: % 10-20

$$h = 0.60$$

$$b = 2 h (\sqrt{1+m^2} - m)$$

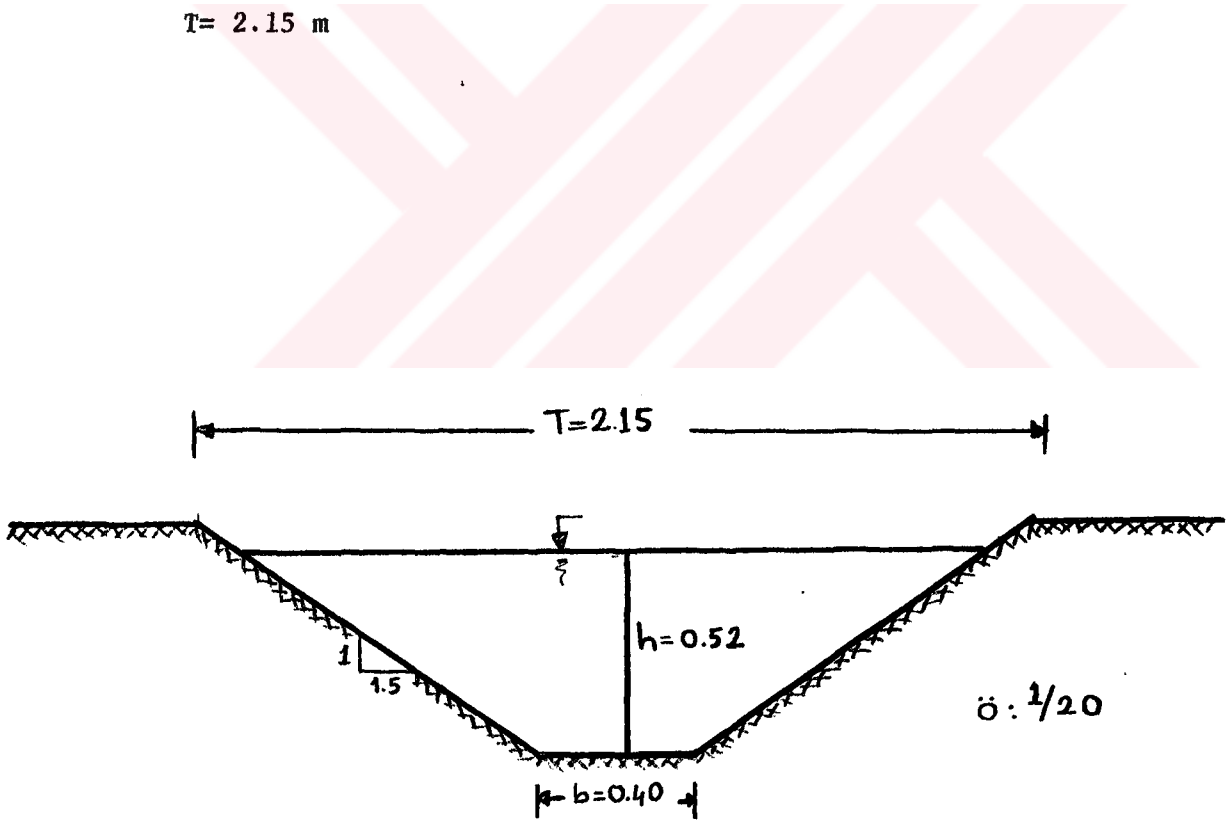
$$b = 2 \cdot 0.60 (\sqrt{1+(1.5)^2} - 1.5)$$

$$b = 0.40 \text{ m}$$

$$T = 2 h \sqrt{1+m^2}$$

$$T = 2 \cdot 0.60 \sqrt{1+(1.5)^2}$$

$$T = 2.15 \text{ m}$$



3. Görükle Deresi (Ana Drenaj Kanalı) Kanal Kesitinin Belirlenmesi

Kanala Gelebilecek Su Miktarı, $Q = 6.4 \text{ m}^3/\text{s}$

Drenaj Kanalının Boyuna Eğimi, $I = 0.0085$

Kanal Pürüzlülüğü, $n = 0.025$

Kanal Şevi, $m = 1.5$

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} I^{1/2}$$

$$V = \frac{1}{0.025} \left(\frac{h}{2}\right)^{2/3} (0.0085)^{1/2}$$

$$V = 1.05 h^{2/3} \text{ m/s}$$

$$A = \frac{Q}{V} = \frac{6.4}{1.03 h^{2/3}} = \frac{6.21}{h^{2/3}}$$

$$A = h^2 (2\sqrt{1+m^2} - m)$$

$$\frac{6.21}{h^{2/3}} = h^2 (2\sqrt{1+(1.5)^2} - 1.5)$$

$$h = 1.50 \text{ m (Kanaldaki Su Yüksekliği)}$$

Hava Payı: % 10-20

$$h = 1.65$$

$$b = 2 h (\sqrt{1+m^2} - m)$$

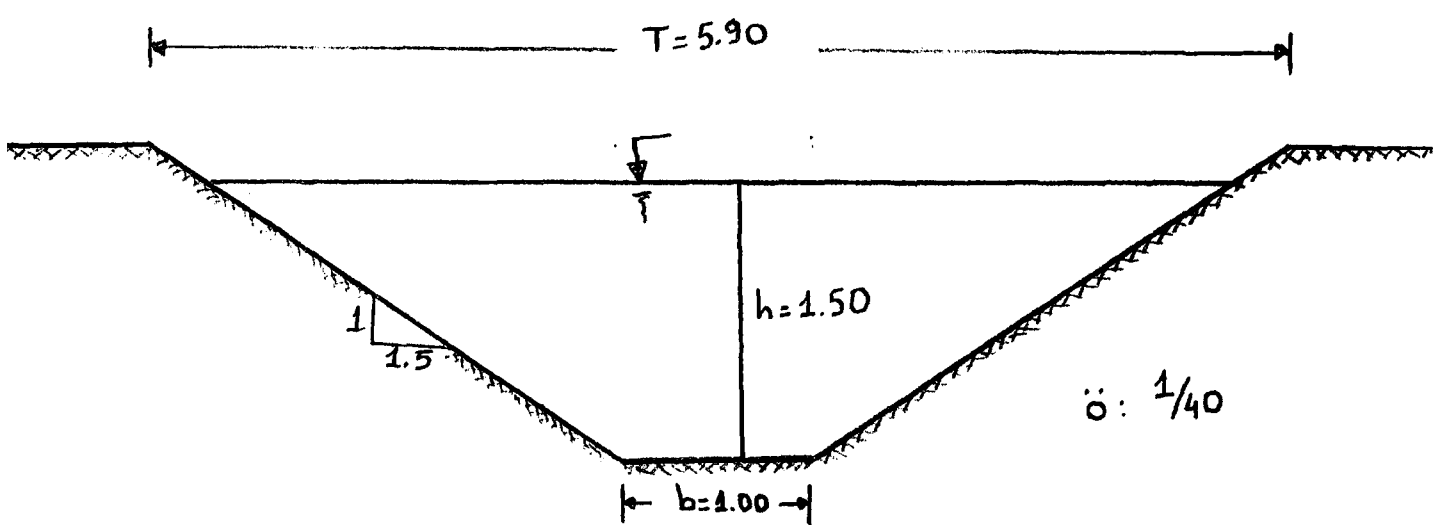
$$b = 2 \cdot 1.65 (\sqrt{1+(1.5)^2} - 1.5)$$

$$b = 1.00 \text{ m}$$

$$T = 2 h \sqrt{1+m^2}$$

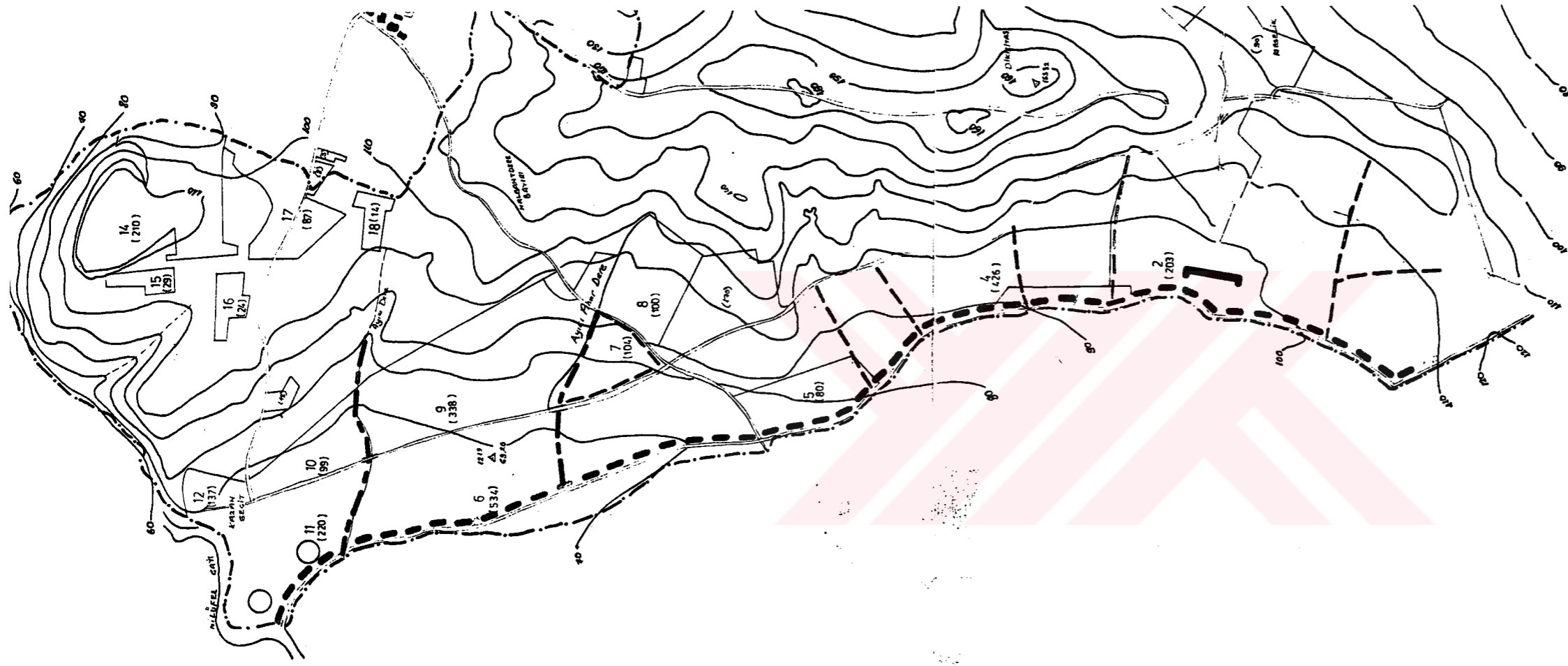
$$T = 2 \cdot 1.65 (\sqrt{1+(1.5)^2})$$

$$T = 5.90 \text{ m}$$



E K - 2

ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ TARİMSAL ARAŞTIRMA VE UYGULAMA MERKEZİ
ARAZİSİNİN YÜZEY DRENAJ PROJESİ



- Ana drenaj kanalı
- Dere ıslahı
- Drenaj hendeği
- === Tarla yolu
- - - Arazi sınırı
- ┌─┐ Gölet
- Keson kuyu

↑ 1/10 000

T. C.
Yükseköğretim Kurulu
Dokümantasyon Merkezi