

**T.C.  
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**AKSU OVASI TABAN SUYU DERİNLİK VE TUZLULUK HARİTALARININ  
COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ KULLANILARAK HAZIRLANMASI VE  
DEĞERLENDİRİLMESİ**

**Gül ARAS**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA  
ANABİLİM DALI**

**2010**

**T.C.  
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**AKSU OVASI TABAN SUYU DERİNLİK VE TUZLULUK HARİTALARININ  
COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ KULLANILARAK HAZIRLANMASI VE  
DEĞERLENDİRİLMESİ**

**Gül ARAS**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA  
ANABİLİM DALI**

**2010**

**T.C.**  
**AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**AKSU OVASI TABAN SUYU DERİNLİK VE TUZLULUK HARİTALARININ**  
**COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ KULLANILARAK HAZIRLANMASI VE**  
**DEĞERLENDİRİLMESİ**

**Gül ARAS**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**  
**TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA**  
**ANABİLİM DALI**

**Bu tez 07/05/2010 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından (90) not takdir edilerek Oybirligi ile kabul edilmiştir.**

**Doç. Dr. Dursun BÜYÜKTAŞ (Danışman)**

**Doç. Dr. Namık Kemal SÖNMEZ**

**Yrd. Doç. Dr. Şule ORMAN**

**2010**

## ÖZET

# AKSU OVASI TABAN SUYU DERİNLİK VE TUZLULUK HARİTALARININ COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ KULLANILARAK HAZIRLANMASI VE DEĞERLENDİRİLMESİ

Gül ARAS

**Yüksek Lisans Tezi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı**

**Danışman: Doç. Dr. Dursun BÜYÜKTAŞ**

**Mayıs 2010, 79 sayfa**

Bu çalışmada Aksu Ovası sağ ve sol sahil sulama alanında Antalya Devlet Su İşleri XIII. Bölge Müdürlüğü tarafından açılmış olan 107 adet taban suyu gözlem kuyusundan 2008 yılı boyunca aylık taban suyu seviye ölçümü yapılmış olup; sulamanın en yoğun olduğu Ağustos ayında da taban suyu tuzluluğunun belirlenmesi amacıyla elektriksel iletkenlik değerleri ölçülmüştür. Elde edilen veriler, bilgisayar ortamında ArcGIS 9.2 programında işlenerek taban suyunun konumu ve dağılımına ilişkin haritalar oluşturulmuştur. Taban suyu seviyesinin en yüksek olduğu ay Aralık ayıdır. Gözlem alanında Kasım-Mayıs döneminde yağışın taban suyu üzerine etkisi olmakla birlikte daha çok Aralık ayında meydana gelen yağışın taban suyu seviyesini önemli ölçüde etkilediği görülmektedir, Haziran-Ekim ayları arasındaki dönemde ise taban suyu seviyesinde düşme olduğu görülmüştür. Ancak taban suyu seviyesinin en düşük olduğu dönem olan Temmuz ayında taban suyu seviyesinin 180-400 cm arasında olduğu bulunmuştur. Hazırlanmış olan taban suyu eş tuzluluk haritası sonucuna göre sulamanın en yoğun olduğu ay olan Ağustos ayında araştırma sahasının neredeyse tamamında, taban suyu elektriksel iletkenlik değerinin 0-750  $\mu$ mhos/cm değerleri arasında olduğu belirlenmiştir. 2008 yılında yağışın kış döneminde yüksek olması ve makineli çalışmaların yoğun şekilde devam etmesi tuzluluk oranının düşük olmasına neden olmuştur. Tuzluluk sorununun tamamen ortadan kaldırılması, devamlılığının sağlanabilmesi için taban suyu derinlik ve tuzluluk değerlerinin gözlenmesine özenle devam edilmelidir.

ANAHTAR KELİMELER: Taban suyu, Tuzluluk, Coğrafi bilgi sistemleri.

JURİ: Doç. Dr. Dursun BÜYÜKTAŞ (Danışman)

Doç. Dr. Namık Kemal SÖNMEZ

Yrd. Doç. Dr. Şule ORMAN

## **ABSTRACT**

### **PREPARATION AND ASSESSMENT OF GROUND WATER DEPTH AND SALINITY MAPS OF AKSU PLAIN USING GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS**

**Gül ARAS**

**M.Sc Thesis in Agricultural Structures and Irrigation Department**

**Adviser: Dursun BÜYÜKTAŞ**

**May 2010, 79 pages**

In this study, monthly groundwater level data in right and left bank irrigation area of Aksu Plain in the year of 2008 was monitored in ground water observation wells as many as 107 dug out by State Hydraulic Works XIII. Regional Office. Also, the electrical conductivity of groundwater was measured in August when the irrigation requirement was peak. The data obtained are processed by computer program ArcGIS 9.2. The maps that show spatial and temporal distribution of ground water level are formed. The highest level of ground water was found to be in the month of December. Observations revealed that ground water level in the period from November to May was shallow and mostly affected by rainfall. In the period from June to October, a drop in the ground water level was observed. However, in July where the ground water level was lowest, the depth of water was found to be between 180-400 cm. The electrical conductivity of the ground water in almost all of the research area was measured between 0-750  $\mu\text{mhos/cm}$  in August when the amount of irrigation was peak. Lower level salinity might be higher amount of rainfall recorded this year and machine work intensively continued in the area. To completely eliminate the problem of salinity, ground water depth and salinity levels should be continuously observed.

**KEY WORDS:** Ground Water, Salinity, Geographical Information Systems

**COMMITTEE:** Assoc.Prof.Dr. Dursun BÜYÜKTAŞ (Adviser)

Assoc.Prof.Dr. Namık Kemal SÖNMEZ

Assist.Prof.Dr. Şule ORMAN

## ÖNSÖZ

Araştırma süresince bu konuda çalışmamı sağlayan ve bana yardımlarını esirgemeyen saygıdeğer hocam ve danışmanım Doç. Dr. Dursun Büyüktaş'a (Akd. Üniv. Z. F.) teşekkür ederim.

Arazi çalışmalarım süresince büyük desteklerini gördüğüm D.S.İ. XIII. Antalya Bölge Müdürlüğü İşletme ve Bakım Şube Müdürü Sayın Yılmaz Yurtbahar'a ve D.S.İ. personeli Sayın Mustafa Çelen'e; haritaların yapım aşamasında yardımlarını esirgemeyen sayın hocam Doç. Dr. N. Kemal Sönmez ve Arş. Gör. Emrah Yıldırım'a (Akd. Üniv. Z. F.) teşekkürü bir borç bilirim.

Çalışmalarım süresince her türlü ilgi ve desteğini gördüğüm annem Hatice Aras'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

## İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
ÖNSÖZ.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	ix
1. GİRİŞ.....	1
2. KURAMSAL BİLGİLER ve KAYNAK TARAMASI.....	7
2.1. Taban Suyu.....	7
2.2. Taban Suyu Gözlem Kuyularının Açılması.....	9
2.3. Sulama Suyu Kalitesi ve Taban Suyu Derinliğinin Bitki Verimliliğine Etkisi.....	12
2.3.1. Taban suyunun sulama suyu olarak kullanılması.....	18
2.3.2. Taban suyundan kaynaklanan tuzlulaşma.....	19
2.3.3. Coğrafi bilgi sistemlerinin taban suyu izleme ve değerlendirilmesinde kullanılması.....	23
3. MATERYAL ve METOT.....	26
3.1. Materyal.....	26
3.1.1. Araştırma alanının coğrafi konumu.....	26
3.1.2. Toprak ve su kaynakları.....	26
3.1.3. İklim.....	28
3.1.4. Tarım.....	29
3.2. Metot.....	30
3.2.1. Araştırma alanında ölçüm alınan taban suyu gözlem kuyuları.....	30
3.2.2. Taban suyu seviyesinin ölçülmesi ve değerlendirilmesi.....	32
3.2.3. Su örneklerinin alınması.....	33
3.3. Büro Çalışmaları.....	34
3.3.1. Taban suyu haritalarının çizimi.....	34
4. BULGULAR ve TARTIŞMA.....	36
4.1. Taban Suyu Derinlik Haritalarının Değerlendirilmesi.....	36
4.2. Taban Suyu Tuzluluk Haritasının Değerlendirilmesi.....	59

4.3. Taban Suyu En Yüksek Eş Derinlik Eğrileri ile Taban Suyu En Düşük Eş Derinlik Eğrileri Haritalarının Değerlendirilmesi.....	62
4.4. Taban Suyu Derinliğinin ve Taban Suyu Tuzluluğunun Birlikte Sorun Olduğu Alanları Gösteren Haritanın Değerlendirilmesi.....	65
5. SONUÇ ve ÖNERİLER.....	68
6. KAYNAKLAR.....	73
ÖZGEÇMİŞ	



## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

### Simgeler

m	: Metre
mm	: Milimetre
cm	: Santimetre
ha	: Hektar
da	: Dekar
km	: Kilometre
L=	: Litre
mg	: Miligram
$\mu\text{mhos/cm}$	: Micromhos/santimetre
dS/cm	: DesiSiemens/santimetre
%	: Yüzde
$^{\circ}\text{C}$	: Derece santigrat
Ca	: Kalsiyum
Mg	: Magnezyum
$\text{NO}_3^-$	: Nitrat
$\text{NaHCO}_3$	: Sodyum bikarbonat
$\text{HCO}_3^-$	: Bikarbonat
$\text{Na}_2\text{CO}_3$	: Sodyum karbonat

## **Kısaltmalar**

D.S.İ.	: Devlet Su İşleri
T.S.E.	:Türk Standartları Enstitüsü
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemleri
GPS	: Küresel Konumlama Sistemi
EC	: Elektriksel İletkenlik (Tuzluluk)
IDW	: Inverse Distance Weight
UTM	: Universal Transfer Merkator
WHO	: Dünya Sağlık Örgütü
T.S.T.	: Taban suyu tuzluluğu
T.S.D.H.	: Taban suyu derinlik haritası
T.S.E.D.E.D.H.	: Taban suyu en düşük eş derinlik haritası
T.S.E.Y.E.D.H.	: Taban suyu en yüksek eş derinlik haritası

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Suyun topraktaki hareketi.....	7
Şekil 2.2. Gözlem kuyusu açılmasında kullanılan burgu seti.....	11
Şekil 2.3. Gözlem kuyusu kesiti.....	12
Şekil 2.4. Taban suyundan kapillar yükselme ile toprakların tuzlulaşması.....	20
Şekil 3.1. Çalışma alanının coğrafi konumu.....	26
Şekil 3.2. Çalışma alanında bulunan gözlem kuyuları.....	30
Şekil 3.3. Çalışma alanında gözlemlenen köy kuyuları.....	31
Şekil 3.4. Tahrip edilen gözlem kuyuları.....	31
Şekil 3.5. Elektronik taban suyu düzey ölçeri.....	32
Şekil 3.6. Taban suyu gözlem kuyusunda ölçüm parametreleri .....	33
Şekil 3.7. Elektriksel iletkenlik aleti.....	33
Şekil 4.1. Eylül ayı taban suyu derinlik haritası.....	38
Şekil 4.2. Ekim ayı taban suyu derinlik haritası.....	39
Şekil 4.3. Kasım ayı taban suyu derinlik haritası.....	42
Şekil 4.4. Aralık ayı taban suyu derinlik haritası.....	43
Şekil 4.5. Ocak ayı taban suyu derinlik haritası.....	45
Şekil 4.6. Şubat ayı taban suyu derinlik haritası.....	46
Şekil 4.7. Mart ayı taban suyu derinlik haritası.....	48
Şekil 4.8. Nisan ayı taban suyu derinlik haritası.....	49
Şekil 4.9. Mayıs ayı taban suyu derinlik haritası.....	51
Şekil 4.10. Haziran ayı taban suyu derinlik haritası.....	52
Şekil 4.11. Temmuz ayı taban suyu derinlik haritası.....	54
Şekil 4.12. Ağustos ayı taban suyu derinlik haritası.....	58
Şekil 4.13. Taban suyu tuzluluk haritası.....	61
Şekil 4.14. Taban suyu en düşük eş derinlik eğrileri haritası.....	63
Şekil 4.15. Taban suyu en yüksek eş derinlik eğrileri haritası.....	64
Şekil 4.16. Taban suyu derinliğinin ve taban suyu tuzluluğunun birlikte sorun olduğu alanları gösteren harita.....	66

## ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Farklı bitki türleri için optimum taban suyu düzeyleri.....	13
Çizelge 3.1. Aksu Ovasına ilişkin toprakların bünye dağılımı.....	27
Çizelge 3.2. Antalya iline ilişkin uzun yıllık bazı iklimsel değerler.....	28
Çizelge 3.3. Aksu 2008 yılı iklim verileri .....	29
Çizelge 4.1. Aksu Regülatöründen çalışma alanına 2008 yılında..... Saptırılan su miktarı.....	55
Çizelge 4.2. Taban suyu derinliği % değerleri.....	57

## 1. GİRİŞ

Dünya nüfusuna paralel olarak artan gıda ihtiyacı tüm dünya ülkelerini ilgilendiren bir konu olarak güncelliğini korumaktadır. Türkiye, tarım dalında çalışan nüfus bakımından dünya ülkeleri arasında ön sıralarda yer almasına rağmen sulama, gübreleme, mücadele uygulamalarının bilinçsiz bir şekilde yapılması ve tarım alanlarındaki drenaj yetersizliği nedeniyle birim alandan elde edilen ürün miktarı istenen düzeyde değildir. Gıda üretimi ve tüketimi arasındaki denge tarımsal üretimin artırılmasına bağlıdır. Tarımsal üretimin arttırılmasında tarım alanlarının genişletilmesi ve mevcut tarım arazilerinde birim alandan alınan verimin artırılması olmak üzere iki seçenek bulunmaktadır. Tarım alanlarının genişletilmesi seçeneğinde gerek dünya ve gerekse ülkemizde artık son aşamaya gelmiş bulunmaktadır. Üzerinde durulması gereken, ikinci seçenek olan birim alandan alınan verimin artırılmasıdır. Bu da hibrit tohumluk kullanımı, gübreleme, sulama ve mekanizasyon, mücadele işlemlerinin bilinçli bir şekilde uygulanmasıyla mümkün olmaktadır. Tarım arazilerinden daha fazla ürün alınabilmesi, temelde bitki-toprak ve su arasındaki üçgenin özelliklerine göre gerekli dengenin kurulmasına bağlıdır.

Tarımsal üretimin artırılmasında sulama önemli rol oynayan bir etkidir. Bu girdinin verimli olabilmesi, ihtiyaç oranında kullanılmasıyla mümkündür. Bu nedenle suyun özelliklerine göre kontrolünün sağlanması, sulama tesislerinin iyi işletilmesi, genel sulama planlamalarının mutlaka yapılması ve planlı su dağıtımı diğer bir anlatımla su yönetiminin çok iyi uygulanması gerekmektedir. Kuru tarımdan sulu tarıma geçişlerde ilk birkaç yıl içerisinde önemli derecede ürün artışı gözlenmekte ve bu sonuç da çiftçilerde fazla su ile fazla verim sağlanacağı düşüncesini ortaya çıkarmaktadır. Fakat gerçekte aşırı ve dengesiz sulama suyu kullanımı, toprakta taban suyu seviyesinin hem sularda hem de topraklarda yükselmesine, drenaj sorunlarının ortaya çıkmasına ve bunlara bağlı olarak bitkisel üretimde azalmaya neden olan tuzluluk artışına neden olmaktadır. Bu olumsuz etkiye bağlı olarak toprağın verimliliği azalmakta, bazı sulama alanlarında tuzluluk ve sodyumluluk artmakta ve çoraklaşmadan dolayı tarım arazileri tarımsal üretimde kullanılamaz duruma gelmektedir. Taban suyu düzeyinin yüksekliği ve tuzluluk nedeniyle, tarım alanlarının niteliğinin bozulması, sulamanın sürdürülebilirliğini önemli ölçüde etkilemekte, yüksek düzeyde mali kayıplara yol açmaktadır (Demir ve Gözar 2005).

Sulama şebekelerinin drenaj sistemleriyle donatılmaması, yetersiz veya hatalı drenaj sistemlerinin tasarımı ve uygulanması, tuzlu ve sodyumlu toprakların oluşumunun en önemli nedenlerinden birisi olarak gösterilmektedir.

Tuzluluk, dünya genelinde sulu tarımda en önemli sorunların başında gelmektedir. Birçok alanda, tuzluluk nedeniyle tarımsal üretim azalmakta ve daha da önemlisi tarımsal faaliyetlere son verilmektedir. Sulama yapılan ülkelerde toplam sulama alanının yaklaşık üçte biri tuzluluktan büyük oranda etkilenmiş veya yakın gelecekte etkilenmesi beklenmektedir (Arslan ve ark. 2007). Kurak ve yarı kurak bölgelerde yetersiz yağıştan dolayı çözünebilir tuzlar uzaklara taşınamamakta, özellikle sıcak ve yağışsız olan dönemlerde, tuzlu taban suları kapillar yükselme ile toprak yüzeyine kadar ulaşabilmektedir. Evaporasyonun yüksek oluşu nedeni ile sular, toprak yüzeyinden kaybolurken beraberinde taşıdıkları tuzları toprak yüzeyinde veya yüzeye yakın kısımlarda biriktirmektedirler. Diğer bir deyişle, kurak ve yarı kurak bölgelerde tuzlaşmanın temel nedeni yağışların yetersiz, buna karşılık evaporasyonun yüksek olmasıdır (Kanber ve Ünlü 2008; Saruhan ve ark. 2008).

Sulama suyu her zaman belirli bir miktarda tuz içerdiğinden zamanla toprakta tuz birikimi artacaktır. Bu tuz birikimini azaltmak için sulama ihtiyacından fazla miktarda su, kök bölgesindeki tuzu yıkamak için uygulanmalıdır. Bu ise, çoğu zaman ikinci bir soruna, yükselen taban suyu nedeniyle göllenmeye neden olmaktadır. Genellikle, bu yeraltı suyu da tuzlu olmaktadır. Bu nedenle taban suyu, kök bölgesinde tuz birikimini önleyecek kadar çok, ancak göllenmeyi sınırlayacak kadar da az olmalıdır. Göllenme ile ilgili problemler de, yine yeterli bir drenaj sisteminin kurulması ile azaltılabilmektedir (Özkaldı ve ark. 2004).

Bitkinin gelişmesi için havadar bir kök bölgesi ve tarımsal faaliyetler için yeter derecede kuru bir üst toprak sağlamak amacı ile, kaynağı ne olursa olsun, fazla suyun araziden uzaklaştırılması drenaj olarak tanımlanmaktadır (Eminoğlu ve Demir 2007). Sulama ve drenaj hangi iklim kuşağında olursa olsun üretimde sürekliliği sağlayan ve diğer gelişim etmenlerini olumlu olarak etkileyen önlemlerdir. Taban suyu derinliğinin yönetimi ve işletilmesi drenaj ve sulama sistemlerinin etkinliğinin artırılmasında önemli rol oynamaktadır. Bir arazinin fazla sudan dolayı tehlikeye düşmesi veya zarara uğraması hakkında karar vermekte kullanılan kriterler; arazi veya sahanın pozisyonu, iklim, kullanılma şekli, taban suyu derinliği, toprak profil yapısı ve permeabilitesi (geçirgenliği) gibi özelliklerdir. Bu bölgesel kriterler arazide drenaj uygulamasının gerekliliği ve en uygun drenaj yönteminin hangisi olduğu konusunda

bilgi vermektedir. Buna bağlı olarak tarımsal üretimde bitki kök bölgesinde nem kontrolü, iyi planlanmış sulama ve drenaj sistemleriyle mümkün olmaktadır (Demir ve Antepli 2004).

Başarılı ve ekonomik bir sulama ve drenaj projesi, büyük oranda kullanılan suyun kontrolüne ve arazide biriken fazla suyun nedenlerinin doğru tanısına bağlıdır. Drenaj sorunlarının temel nedeni ise, aşırı ve kontrolsüz yapılan sulamalar sonucunda taban suyunda meydana gelen yükselmelerdir. Bu nedenle sulamaya açılan alanlarda taban suyu düzeyi ve niteliğinin sürekli izlenmesine, projelerde öngörülen taban suyu derinliğinin denetim altında tutulmasına özen gösterilmelidir (Korukçu ve ark. 2004).

Drenaj sorunun çözümü için, taban suyunun çok iyi etüt edilmesi gerekir. Taban suyu ile ilgili çalışmalar sonunda elde edilen bilgiler, drenaj sorunun çözümünde kullanılır. Özellikle taban suyu derinliğinin ve tuz kapsamının zamansal ve mekansal değişimleri; tuzluluğun kökeni, kaynağı gibi bilgiler, tarımsal işlevlerin başarısı için gereklidir. Bu amaçla bir çok sulama sisteminde periyodik olarak, taban suyu gözlemleri yapılmaktadır (Kanber ve Ünlü 2008).

Çalışmanın yürütüldüğü Aksu Ovası yukarıda sözü edilen sorunların yoğun biçimde görüldüğü ovalarımızdan birisidir. Aksu Çayı'nın aşağı kısımlarında denizle kot farkı çok az olduğundan doğal tahliye imkansızlaşmakta dolayısıyla taban suyu seviyesi yükselmektedir. Bu nedenle ovanın denize yakın ve taban suyu yüksek olan düzlüklerinde göllenme ve tahliye olanaksızlığı topraklarda tuz birikmesine yol açmaktadır. Tahliye olmayan sular ise şişerek taşkınlar yapmakta ve tarım arazilerini sık sık su altında bırakmaktadır.

Aksu Ovası tüm olarak drenaj probleminin çözülmesi gereken bir ovadır. Taban suyunun yüksek olduğu alanlarda tuzlanma, sulama olanağı arttıkça daha da çoğalmaktadır.

Bu sorunlar neticesinde, Aksu'da kış aylarında kışlık sebze ve ikinci ürünlerin yetiştiriciliği ovanın önemli bir bölümünde yapılamamaktadır. Çünkü bu aylarda topraklar tarımsal işlem yapılamayacak kadar ıslak olmaktadır. Ayrıca taban suyunun yüksek olduğu bu yerlerde buğday ekim zamanı yağışların erken düşmesinden dolayı gecikmekte veya engellenmektedir. Bu durumun görüldüğü dönemlerde üreticiler tarlalarına baharda genellikle pamuk ekmek zorunda kalmaktadırlar. Böylece iklim koşullarının çok uygun olduğu araştırma alanında ilkbahar sebzeciliği ve pamuk üretimi yapılan yerlerde, kış aylarında üretim yapılamamaktadır.

Turunçgil üretimi de taban suyu derinliğinin fazla olduğu alanlarda yapılamamaktadır. Bu nedenlerle, taban suyunun ürün deseninin gelişimi üzerinde önemli etkisi olduğu ortaya çıkmaktadır. Ovada görülen yüksek taban suyu ve drenaj sorunlarının çözülmediği sürece istenilen ürün deseninin gerçekleşmeyeceği söylenebilir. Bu durum ise büyük emek ve para harcanarak yapılan sulama projelerinden beklenen yararların istenilen düzeyde elde edilemeyeceği anlamına gelmektedir (Özkan 1993).

Ayrıca D.S.İ.'den elde edilen bilgilere göre, gözlem yılı içerisinde çalışma alanında ciddi bir nitrat kirliliği söz konusudur. Nitrat toprakta ıslak hacim içerisinde özellikle de ıslak hacmi çevreleyen sınırlarda birikmektedir. Bunun neticesinde nitratın kontrolsüz sulu gübreleme sonucunda, kök bölgesi dışına çıkarak yeraltı, yerüstü sularını ve toprakları kirlenmesi olasıdır. Özellikle kullanılan nitrat içerikli gübrelerin, bitki ihtiyacının üstünde veya kök bölgesi dışına uygulanması sonucunda toprakta asılı kalan nitratın, üretim sezonu sonunda yeterli yağış ve aşırı sulama suyunun da etkisiyle yıkanarak toprağın derinliklerine oradan da taban suyuna ulaşması söz konusudur.

Taban suyunun yukarıda belirtilen olumsuz özelliklerini ortadan kaldırmak, çalışma alanında bulunan drenaj tesislerinin işlevlerini tam olarak yapıp yapmadığını ve var olan drenaj tesislerine ek tesisler ile drenaj tesisi olmayan alanlara yeni tesislerin yapılmasına ihtiyaç olup olmadığını belirleyebilmek ve bakım onarım programlarında önceliklerin saptanmasında yardımcı olmak amacıyla taban suyu düzeyi ve niteliğindeki değişikliklerin sürekli ve düzenli olarak izlenmesi gerekmektedir.

Arazi çalışmaları sonucunda elde edilen veriler Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ile entegre jeoistatistiksel analiz uygulamaları kullanılarak, taban suyunun alansal ve mekansal değişimlerinin daha etkin ve hızlı bir biçimde değerlendirilmesinde kullanılmaktadır. CBS olanakları kullanılarak, sulama alanlarında taban suyu tuzluluk ve taban suyu derinlik değerlerindeki mekansal değişim izlenebilmekte ve değerlendirilebilmektedir. CBS, taban suyu gözlem çalışmalarının izlenmesi ve değerlendirilmesinde kullanılabilecek uygun bir sistemdir. Sisteme girilen veriler, sistemde sürekli hazır durumda olduğundan, uzun yıllık değerlendirmelere de olanak vermektedir. CBS, coğrafi verilerin toplanması, bilgisayar ortamına aktarılması, depolanması, işlenmesi, analiz edilmesi ve sunulması amacıyla geliştirilmiş bileşenlerden oluşan bir bütündür. CBS teknolojisi sayısal akıllı haritalar



yardımla sorgulama amaçlı veri tabanlarını ve istatistiksel analizi kullanarak bilgilerin sınıflandırılmasını sağlar (Yomralıoğlu 2000).

Son yıllarda CBS yazılımlarındaki gelişmeler sayesinde, jeoistatistiksel analiz çalışmaları CBS ile entegre edilebilir bir duruma gelmiştir. CBS, bir çalışmadaki zaman alıcı veri toplama aşamasına son vermemekte, ancak mekansal değişiklikleri daha etkin ve hızlı bir biçimde değerlendirebilmektedir. Çünkü CBS büyük veri setleri ile çalışabilme yeteneğine sahiptir. Buna ek olarak CBS, çeşitli değişkenleri karar destek amaçlı olarak birleştirebilmekte ve sorgulayabilmektedir (Anonim 2005).

Akkaya Aslan'ın (2005) yaptığı araştırma sonucuna göre CBS, çalışmalara zaman ve doğruluk kazandırmaktadır. Çünkü bu tip çalışmalarda önemli olan verinin doğru bir biçimde sisteme aktarılmasıdır. Yazar, CBS ortamında sayısallaştırma işlemi ve gerekli yazılımlar hazırlandıktan sonra, söz konusu özelliklerin belirlenmesinin oldukça kısa bir zaman içerisinde gerçekleştirildiğini belirtmektedir.

CBS ile entegre jeoistatistiksel analiz çalışmaları, taban suyu etütlerinin değerlendirilmesi için günümüzde en uygun yöntemlerden biridir. Çalışma, Aksu Ovası'nda da, entegre bir CBS yöntemi olan ArcGIS 9.2 programından yararlanılarak yürütülmüştür.

ArcGIS, coğrafya temsili için akıllı CBS veri modellerini kullanmakta, coğrafi veri ile çalışma ve yaratım için gerekli bütün araçları sağlamaktadır. Bu, güncelleme ve veri otomasyonu, haritalama ve harita tabanlı işlemler, veri yönetimi, coğrafi analizler, veri açılımı ve internet üzeri uygulamalar gibi bütün CBS işlemleri için gerekli araçları içerir (Kol ve Küpçü 2008-a). ArcGIS, coğrafi bilgi sunumu için yeni ve yeni nesil veri modelini tanıtır ve standart ilişkili veri tabanı teknolojisini kullanarak sistemi gerçekleştirir (Kol ve Küpçü 2008-b).

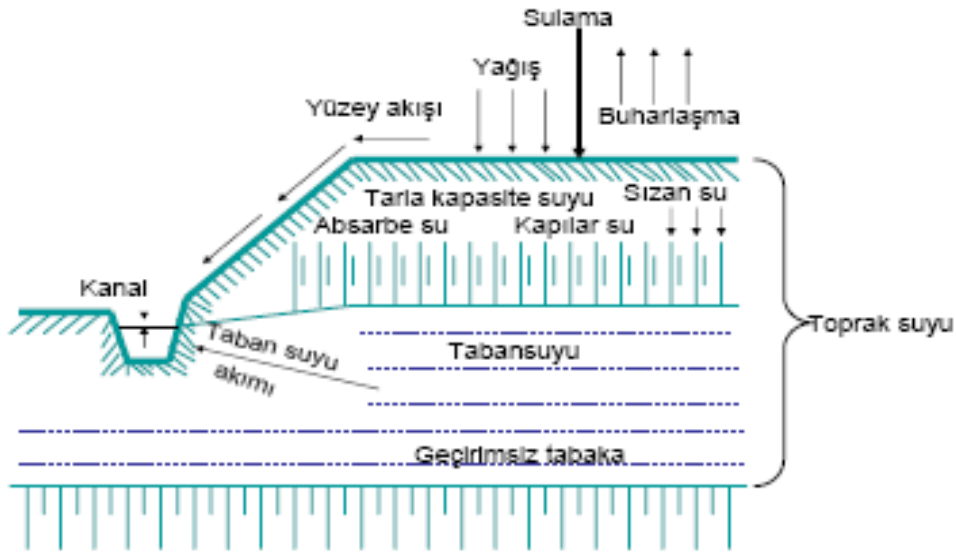
Bu çalışmada Aksu Ovası Sağ ve Sol Sahil Sulama Alanında 2008 yılını kapsayan 1 yıl süreli arazi gözlem çalışmalarından elde edilen taban suyu derinlik ve tuzluluk verileri ArcGIS 9.2 programında işlenerek her ay için ayrı ayrı taban suyu derinlik haritaları, sulamanın en yoğun olduğu Ağustos ayma ait ise taban suyu tuzluluk haritası, taban suyu en yüksek eş derinlik eğrileri haritası, taban suyu en düşük eş derinlik eğrileri haritası ve çalışma yılı içerisinde hem taban suyu derinliğinin hem de taban suyu tuzluluğunun aynı zamanda

sorun olduğu alanları gösteren haritalar oluşturulmuştur. Elde edilen haritaların değerlendirmeleri yapılarak Aksu Ovası'nda var olan taban suyu sorunları ortaya koyulmuş, çözüm önerileri sunulması amaçlanmıştır.

## 2. KURAMSAL BİLGİLER ve KAYNAK TARAMALARI

### 2.1. Taban Suyu

Tek veya çok yıllık bitkilerin etkili kök bölgesinde zararlı ve toprak yüzeyine yakın olan su “taban suyu” olarak tanımlanmaktadır. Yağışlar ve sulama yoluyla toprağa gelen suların bir kısmı yüzey akışı ile, bir kısmı buharlaşma ile topraktan uzaklaşır. Bir kısmı ise, yerçekimi kuvvetinin etkisiyle toprak içine sızar. Şekil 2.1’de görüldüğü gibi toprak içine sızan su, tarla kapasitesine kadar yerçekimi kuvvetine karşı tutulur, tarla kapasitesini aşan kısmı ise yerçekimi kuvvetinin etkisiyle taban suyuna ulaşır (Eminoğlu ve Demir 2007).



Şekil 2.1. Suyun topraktaki hareketi

Sulama amacıyla yapılan yatırımlardan beklenen yararın sağlanabilmesi için, taban suyunun sürekli izlenmesi ve projelerde öngörülen düzeylerde tutulması gerekmektedir.

Taban suyu iki kısımda incelenmektedir:

#### 1. Taban suyunu meydana getiren faktörler:

- Tarım alanlarında topografya bozukluğu,
- Toprak özellikleri,
- Bitki örtüsüne bağlı olarak yağışlar,

- Sulama sonucunda derine sızan sular,
- Drenaj tesislerindeki noksanlık ve yetersizlikler,
- Bilinçsiz bir sulama sonucu araziye ihtiyacından fazla su verilmesi,
- Sızıntı suları (Kanal, akarsu, deniz ve göllerden) (Duru 1990).

## 2. Yüksek taban suyunun meydana getireceği zararlar:

- Taban suyunun kapillariteyle üst katmanlara yükselerek buharlaşması sonucunda bileşimindeki tuzları üst katmanlarda veya bitki kök bölgesinde bırakarak toprakların tuzlulaşmasına,
  - Toprak havasız kalacağından bitki köklerinin çürümesine,
  - Tarım alanlarının çukur yerlerinde uzun süre su göllenmesine,
  - Tarım alanlarının yüzeyinde tuz lekelerinin birikmesine,
  - Bitkilerde yaprak yanması ve kök çürüklüğü gibi hastalıkların görülmesine,
  - Tarım alanlarında sivrisinek üremesine,
  - Suyu seven yabancı otların gelişmesine,
  - Ekim ve hasat zamanlarının gecikmesine,
  - Tarım makinelerinin toprak yüzeyinde iz bırakmasına (Topçu ve ark. 2008),
  - Toprak içinde yeterli hava sağlanamadığından ürünlerde verim düşüklüğü görülmesine,
  - Bitkiler için faydalı olan mikroorganizmaların faaliyetlerinin durmasına,
  - Toprak yapısının bozulmasına,
  - Bitki gelişmesinin yavaşlamasına ve durmasına,
  - Arazinin süratle çoraklaşmasına,
  - Tuza dayanıklı bitkiler dışında ürün yetiştirilememesine,
  - Mineralizasyon ve nitrifikasyonun azalmasına neden olur (Eminoğlu ve Demir 2007).

Arslan (2005) yapmış olduğu çalışma ile aşırı ve dengesiz sulama suyu kullanımının toprakta taban suyu yüksekliğinin artmasına neden olduğunu; taban suyu yüksekliğinin ise tuzluluk, drenaj, sodyumlaşma, çoraklaşma, verim azalması gibi birçok sorunu beraberinde ortaya çıkardığını vurgulamıştır.

Taban suyunun bu olumsuzluklarını önlemek için, taban suyu derinliği ve bu derinliğin hangi zaman dilimlerinde ne kadar olduğu; tuzluluk düzeyinin ne olduğu ve zaman içindeki değişiminin nasıl olduğu gibi konuların çok iyi bilinmesi ve elde edilen sonuçlara göre önlemlerin alınması gerekmektedir. Diğer bir ifadeyle, taban suyu sürekli olarak izlenmeli ve projede ön görülen düzeyde tutulmalıdır. Taban suyu izleme ve değerlendirme çalışmaları mevcut topraklarımızın muhafazası ve tarımsal faaliyetlerin sürdürülebilirliği açısından oldukça önemlidir (Kara ve Arslan 2004).

## **2.2. Taban Suyu Gözlem Kuyularının Açılması**

Gözlem kuyuları, topraktaki taban suyu seviyesini, hareketinin akım yönünü, hızını ve eğimini, drenaj probleminin boyutlarını ve derecesini, kuşaklama kanalları güzergahlarını, sulama ve yağışların taban suyuna etkilerini, göl, deniz, pınar ve akarsulardan sızmaları belirlemede kullanılan değerlerin sağlandığı tesis edilmiş kuyulardır (Duru 1990).

Toprak ve su kaynaklarının geliştirilmesi çalışmaları kapsamında gerçekleştirilen sulama projelerinin başarılı bir şekilde işletilmesi ve uzun süre hizmet edebilmesi, yalnız sulama suyunun temini ve uygulanan sulama yöntemleriyle sağlanamaz. Bunun yanında toprak yapısını korumak ve verimde sürekliliği sağlamak için toprak neminin ve tuzluluk durumunun da kontrol edilmesi gerekmektedir.

Bu sebeple işletmeye açılmış sulama tesislerinde taban suyu gözlem kuyuları açıldıktan sonra, taban suyu hareketlerini ve niteliklerini tespit etmek amacıyla taban suyu izleme ve değerlendirme çalışmaları yapılmaktadır.

Türkiye’de sulu tarıma açılan arazilerde D.S.İ. tarafından 100 ha araziye bir adet gelecek şekilde “Taban Suyu Gözlem Kuyuları” tesis edilmektedir. Söz konusu gözlem kuyuları, drenaj tesislerinin yeterli olup olmadığının, mevcut drenaj tesislerine ek tesisler ile drenaj tesisi olmayan alanlarda yeni tesisin yapılmasına ihtiyaç olup olmadığının belirlenebilmesi için taban suyu düzeyi ile niteliğindeki değişikliklerin sürekli ve düzenli olarak izlenebilmesi amacı ile açılmaktadır. Bu kuyulardan her ayın son 10 gününde rasatlar alınarak gerekli değerlendirmeler yapılmaktadır (Eminoğlu ve Demir 2007).

Planlama aşamasındaki etütlerde her biri 100 ha'ı örnekleyen bu kuyuların ara uzaklıkları ortalama 1 km olmalıdır. Ancak, toprak ve topoğrafya koşullarına göre aralıklar 100-250 m artırılabilir. Sorunlu bölgelerde kuyular daha da fazla birbirine yaklaştırılırken, drenaj yetersizliği olmayan homojen alanlarda kuyu aralıkları 1,5 km'ye kadar çıkarılabilir.

Kuyu yerlerinin belirlenmesinde, düz arazilerde çoğunlukla kare veya dikdörtgen ızgara (grid) ve dar vadilerde ise eşkenar üçgen sistemlerine uyularak, taban suyunu karakterize edebilecek bir gözlem ağının oluşturulması öngörülmektedir.

Çalışmalar, ana boşaltım kanalı görevini gören yatağın çıkış ağzından (mansap) giriş ağzına (membra) ve taban arazilerden yamaç alanlara doğru yönlendirilmelidir (Yücel ve ark. 2008).

Drenaj kuyu yerlerinin belirlenmesinde, topografya açısından arazideki taban suyunu temsil edebilecek bir yer olmasına, ulaşımının kolay olması açısından yol kenarlarına yakın olmasına, tahribatın önlenmesi için tarla sınırlarında olmamasına ve drenaj kanallarından ve su kaynaklarından olacak sızmalardan etkilenmeyecek şekilde uzak olmasına özen gösterilmelidir (Çevik ve Tekinel 2000).

Yerleri belirlenen gözlem kuyuları, burgu deliklerinin içerisine yerleştirilen çapları 5 ile 7,5 cm, boyu 2 ile 4 m arasında değişen ve üst 90 cm'lik kısmı demir olan plastik veya çelik borulardan oluşmaktadır. Boruların yan çeperinde taban suyunun boru içerisine girebilmesini sağlamak amacı ile delikler bulunmaktadır.

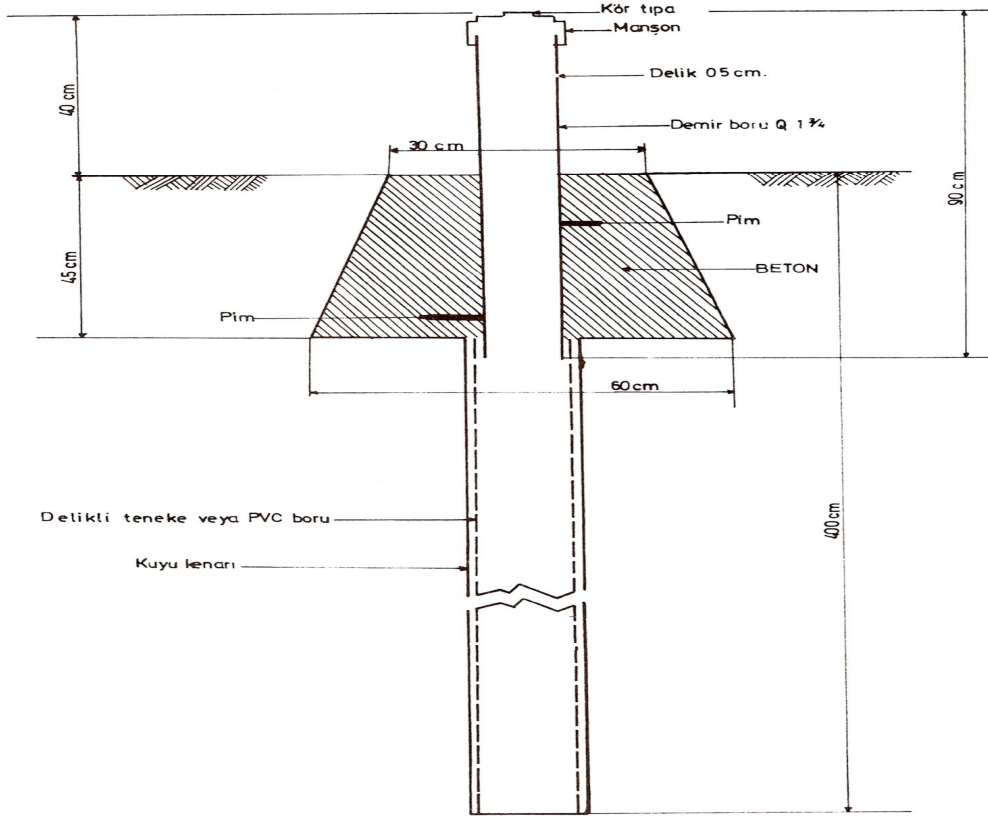
Her gözlem kuyusunun kolayca tahrip edilemeyen kıyaslama noktaları bulunmalıdır. Taban suyu tablası derinlikleri bu referans noktasına göre okunacağı için referans noktasının mutlak kotu ve toprak yüzeyine göre olan kotu bir ölçme grubu tarafından saptanmalıdır.

Kuyuların açılmasında genelde Hollanda tipi burgu kullanılmakta, toprağın alt katmanlarına doğru kum ile karşılaşıldığı durumlarda ise kovan burgu kullanılmaktadır (Şekil 2.2).



Şekil 2.2. Gözlem kuyusunun açılmasında kullanılan boru seti

Borular yerleştirildikten sonra boru etrafındaki deliklerin sonraki zamanlarda tıkanmaması için borunun etrafına 4-8 mm elenmiş çakıl konulmaktadır. Kuyuları çevreden gelecek müdahalelere karşı korumak için ise boruların ağızları kapaklı olarak yapılmakta, kuyu kör tapa ile kapatılmaktadır. Son olarak da çevrelerine ağızlık betonu dökülmektedir. Şekil 2.3'de bir taban suyu gözlem kuyusunun kesiti verilmiştir.



Şekil 2.3. Gözlem kuyusu kesiti

Gözlemler sırasında su olsun veya olmasın tüm kuyularda ölçüm sayısal olarak belirtilmektedir. Su olmayanların yanına kuru (K) işareti konulmaktadır. Aynı kuyunun gözlemleri sırasında görülen aşırı değişikliklerin nedeni (sulama vs.) belirtilmektedir (Çevik ve Tekinel 2000). Gözlem sırasında tahrip olduğu saptanan kuyular mümkün olan en kısa zamanda D.S.İ. tarafından tamir edilerek gözlemlerine devam edilmektedir.

### 2.3. Sulama Suyu Kalitesi ve Taban Suyunun Bitki Verimine Etkisi

Taban suyu ve sulama suyu kalitesinin toprak ve yetiştirilen bitkiye olan etkileri;

- toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerine,
- yetiştirilen bitkinin tuzluluk toleransına,
- bölgenin iklim durumuna,
- uygulanan sulama suyunun miktar ve sıklığına bağlıdır.



Bitkilerin normal gelişmeleri için gerek duydukları suyun % 80'nini aldıkları derinlik, “etkili bitki kök derinliği” olarak tanımlanmaktadır. Bu derinlik bitkiden bitkiye değişiklik göstermektedir. Örneğin sebzelerde 30–60 cm, tarla bitkilerinde 60-90 cm ve meyve ağaçlarında 90–150 cm arasında değişebilmektedir. Bitkilerin çoğu, kök bölgesinin üst kısımlarından, alt kısımlarına oranla daha fazla su almaktadırlar. Bitki kök derinliği ekim ya da dikimden başlayarak artmakta ve olgunlaşma döneminde en yüksek değerine ulaşmaktadır. Bitki gelişiminin ilk dönemlerinde kök daha sığ olduğundan taban suyundan daha az etkilenmektedir (Öztürk ve Erözel 1994).

Herhangi bir bitki için, farklı derinliklerde oluşan yüksek taban suyu düzeyleri, farklı verim değerlerinin ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Yani kök bölgesinin farklı seviyelerinde bulunan taban suyu, bitki verimini farklı miktarlarda etkilemektedir. Bitkilerin en yüksek verimi, her bitki için araştırmalarla belirlenecek olan optimum taban suyu düzeyinde elde edilmektedir. Çeşitli bitkiler için optimum taban suyu düzeyleri Çizelge 2.1’de verilmiştir. Taban suyunun belirtilen bu optimum düzeyde kontrol altında tutulması ancak drenaj sistemleri ile mümkün olmaktadır (Eminoğlu ve Demir 2007).

Çizelge 2.1. Farklı bitki türleri için optimum taban suyu düzeyleri (Eminoğlu ve Demir 2007)

<b>Tarla bitkileri</b>		<b>Sebzeler</b>	
<b>Bitki çeşidi</b>	<b>Taban suyu düzeyi (cm)</b>	<b>Bitki çeşidi</b>	<b>Taban suyu düzeyi (cm)</b>
Buğday	140	Bezelye	90
Arpa	100	Domates	75
Mısır	90	Biber	80
Pamuk	90	Soğan	80
Ş.pancarı	80	Kabak	80
Patates	100	Havuç	80
Fasulye	120	Lahana	50
Soya	80		
Yonca	100		

Öztürk (1994), taban suyu derinliği ve sulama suyu kalitesinin biber verimine, bitkinin bazı özelliklerine ve toprak tuzluluğuna olan etkilerini araştırmak amacıyla serada oluşturulan kolonlar halindeki lizimetrelerden yararlanmıştır. Araştırma sonuçlarına göre; taban suyu derinliğinin azalmasıyla, biber verimi, kök derinliği ve bitki boyu değerleri önemli ölçüde azalmış, buna karşılık toprak tuzluluğu değerleri artmış ve taban suyu bulunan kolonlarda su tüketimi daha yüksek bulunmuştur. Sulama suyu tuzluluğunun artmasıyla, biber verimi, su tüketimi, meyve boyu ve bitki boyu değerleri önemli ölçüde azalmasına karşılık, toprak tuzluluğu, meyvedeki kuru madde miktarı, meyve, yaprak ve dallardaki toplam kül miktarlarının önemli ölçüde arttığı gözlemlenmiştir.

Toprağa ekilen tohumun çimlenip gelişebilmesi için toprakta sıcaklık ve nemin belirli sınırlar içerisinde olması gerekmektedir. Taban suyu seviyesinin toprak yüzeyine yakın olduğu koşullarda, toprak ıslak olduğu için daha serin olmakta ve tohumun çimlenmesi için gerekli sıcaklık ya sağlanamamakta ya da geç sağlanmaktadır. Buna bağlı olarak bitki gelişmesi gecikmekte ve daha kısa süren bir yetiştirme periyodu sonunda, verim daha düşük olmaktadır (Öztürk 1994).

Sığ taban suyu bitki köklerinin gelişebileceği alanı daraltması ve oksijence yetersiz bir ortam yaratması nedeniyle bitki gelişimini azaltmaktadır. Yüzlek taban suyu kök bölgesinde anaerobik koşullara neden olarak bitkinin gelişmesini kısıtlaması yanında, bitkinin köklerinin derinleşmesini önleyerek daha derinlerdeki besin maddelerinin alımını engellemesi, verim azalmasına neden olan diğer bir etki şekli olmaktadır. Taban suyunun bitkilerin yararlanamayacağı kadar derinde olması da toprakta kök bölgesinde oluşabilecek su eksikliğinden dolayı bitki gelişmesini kısıtlayabilmektedir.

Sulanan alanlarda bitki desenlerinde planlanandan büyük farklılıklar görülmektedir. Bu da sulama suyu ve şebeke (sulama-drenaj) yetersizliği, tuzluluk-alkalilik ve taban suyu sorunlarının ortaya çıkmasına neden olmaktadır (Kanber ve Ünlü 2008).

Donma ve ark. (2008) Aşağı Seyhan Ovası'nda gerçekleştirmiş oldukları çalışmalarında taban suyu yükselmesini ve buna bağlı olarak taban suyu tuzluluğunun da yükselmesinin nedenini sulamaya bağlamışlardır.

Sulama suyu kalitesi bitki gelişimine doğrudan ve dolaylı olmak üzere iki şekilde etki etmektedir. Doğrudan etkisi, sulama suyunun bitki öz suyunda osmotik basıncı değiştirmesi ile, dolaylı etkisi ise sulama suyunun toprak özelliklerini olumsuz etkilemesi sonucu oluşmaktadır (Sönmez ve Kaplan 2004).

Daha fazla su daha fazla ürün anlamına gelmemektedir. İhtiyaçtan fazla kullanılan su, topraktaki bitki besin maddelerini yıkayarak bitki kök bölgesinden uzaklaştırdığı gibi, yüzey toprağını da yıkayarak verimli toprakların yok olmasına, taban suyunu yükselterek de bitkilerin havasız kalmasına yol açmaktadır. Bunun sonucunda da verim düşmekte ve tuzlanma sorununu da beraberinde getirerek toprak verimliliği gittikçe azalmaktadır. İhtiyaçtan fazla su kullanımı, taban suyu ile toprağın üst katmanlarına taşınan tuzların birikimiyle, toprakların çoraklaşmasına yol açmaktadır. Bu şekilde ortaya çıkan tuzlu ve sodyumlu toprakların tarıma tekrar kazandırılması oldukça pahalı ve güç bir iş olmaktadır (Korukçu ve ark. 2004).

Akış ve ark. (2005) araştırmalarında, bilinçsiz çiftçilerin fazla su kullanımıyla daha fazla verim elde edeceklerine inanmaları sonucu bazı bölgelerde gereğinden fazla su kullandıklarını saptamışlardır. Bunun sonucunda taban suyu yükselerek bitkiler için ciddi bir tehlike oluşturmaktadır. Bu nedenle öncelikle çiftçilerin bilinçlendirilmesi büyük önem taşımaktadır.

Toprağa verilen sulama suyunun bir kısmı bitkinin kök bölgesinde depolanırken, bir kısmı da derine sızarak yeraltı suyuna karışmaktadır. Derine sızan sular aşağı doğru olan bu hareket sırasında toprakta bulunan eriyebilir katı maddeleri ve kimyasal gübreleri eriterek bünyelerine almaktadırlar. Bunun sonucunda kaliteleri büyük ölçüde değişime uğramış olmaktadır. Bu şekilde yeraltı suyuna karışan sular, yeraltı suyunun kalitesinin kötüleşmesine neden olmaktadır. Doğal drenajın yeterli olmadığı alanlarda, yeraltı suyunun bu şekilde beslenmesi sonucu, taban suyu seviyesi yükselerek kök bölgesine kadar ulaşabilmektedir (Öztürk ve Çakmak, 1996).

Sulamadan beklenen yararın sağlanabilmesi için drenaj sistemlerine kesinlikle gereksinim bulunmaktadır. Sulama şebekelerinin drenaj sistemleriyle donatılmaması, yetersiz veya hatalı drenaj sistemlerinin tasarımı ve uygulanması, tuzlu ve alkali toprakların oluşumunun en önemli nedenlerinden birisi olarak gösterilmektedir. Drenaj sorununun çözümü için, taban suyunun çok iyi etüt edilmesi gerekmektedir. Taban suyu ile ilgili çalışmalar sonunda elde

edilen bilgiler, drenaj sorununun çözümünde kullanılmaktadır. Özellikle taban suyu derinliğinin ve tuz kapsamının zamansal ve mekansal değişimleri; tuzluluğun kökeni, kaynağı gibi bilgiler, tarımsal işlevlerin başarısı için gerekmektedir. Bu amaçla bir çok sulama sisteminde periyodik olarak, taban suyu gözlemleri yapılmaktadır (Kanber ve ark. 2005).

Modern sulamada sulama suyu miktarı, sulama zamanı ve sulama yöntemi kadar sulama suyunun kalitesi de önem taşımaktadır. Toprak ne kadar verimli olursa olsun, modern sulama yöntemleri ne kadar iyi kullanılırsa kullanılsın sulamada uygun kaliteli su kullanılmadığı zaman ürün miktarı ve kalitesi düşmekte, toprakta kısa süre içinde tuzlulaşma-çoraklaşma sorunu başlamaktadır.

Sulama suyunun kalitesi sudaki çözünmüş tuzların miktarı ile belirlenmektedir. Sulama suyu içerisinde en çok sodyum, magnezyum ve kalsiyum tuzları bulunmaktadır. Özellikle sodyum toprak yapısını çok hızlı bozmakta ve tarımda kullanılamayacak hale getirmektedir. Sulama suyunda fazla miktarda bulunduğu bitkiye zehir etkisi yapan elementler de bulunabilmektedir. Bunların başında bor elementi gelmektedir. Bakır, kurşun, çinko gibi elementler de aşırı dozlarda bitkilerde zehir etkisi yapan elementler içerisinde yer almaktadır. Bu elementler ayrıca çevre kirliliğine de yol açmaktadırlar. Bu nedenle sulama suyunun kullanılmadan önce, mutlaka tuzluluk ve zehir etkisi yapan elementler açısından önceden analiz ettirilmesi gerekmektedir (Atalık 2007).

Sulama suyunun yüksek tuz konsantrasyonu, toprak eriyiği osmotik basıncını arttırarak bitki köklerinin su alımını engellemekte ve bitkiler olumsuz yönde etkilenmeye başlamaktadır. Bu olay fizyolojik kuraklık olarak ifade edilmektedir (Dişli 1997).

Eminoğlu ve Demir'in (2007) yapmış oldukları çalışmaya göre sulama yöntemi, bir başka ifade ile suyun toprağa verilmiş biçimi, toprak tuzluluk zararının oluşmasında göz önünde bulundurulması gereken kriterlerin başında gelmektedir. Suyun verilmiş biçimi aynı zamanda tuzların toprakta birikme şeklini de etkilemektedir. Bu nedenle sulama suyunun kalitesi topraktaki tuz dağılımı ve bitki gelişmesi yönünden oldukça önem göstermektedir. Toprağın fiziksel özelliklerinin uygun olması durumunda tava yada salma sulama yöntemleri tercih edilmektedir. Ancak karık sulama yönteminde suyun toprağı ıslatma özelliğinden dolayı tuzlar karık sırtlarında birikmektedir. Yağmurlama sulama yönteminde sulama suyu içerisindeki tuzlar, hem toprağı hem de doğrudan bitkiye etki etmektedir. Bu yöntemde su

dağılımı uniform olduğundan tuzluluk kontrolü de kolaylaşmaktadır. Ancak yağmurlama sulama yöntemiyle genellikle yüzey sulamalarına oranla daha az su verildiğinden topraktaki tuz dengesini sağlayan yıkama suyunun azlığından dolayı tuz birikimi fazla olabilmektedir. Bu durumda sulama suyu kalitesine bağlı olarak yıkama suyu vermek gerekebilmektedir. Damla sulama yönteminde bitki kök bölgesindeki tuzlar sürekli olarak kök bölgesi dışına yıkanmakta ve orada biriktirmektedir. Tuz içeriği yüksek olan sulama sularının kullanıldığı koşullarda özellikle kök bölgesi dışına biriken tuzların kış yağışları ile yıkanması göz önüne alındığında sulama suyu kalitesi açısından en uygun sulama yönteminin damla sulama yöntemi olduğu sonucuna varılmaktadır.

Ayars ve ark. (2000) yaptıkları çalışmada pamuk ve domates bitkilerinin olduğu çalışma alanlarında damla sulama yönteminin taban suyuna, tuzluluğa, ürün gelişimine etkilerini incelemişlerdir. Başarılı ve doğru şekilde uygulanan damla sulama yöntemi ile her iki üründe de verim artışı gözlenmiş, uzun dönem tuzluluğun ortadan kalktığı belirlenmiş ve bitkilerin su ihtiyaçlarında azalma olduğundan, taban suyunun sulama suyu olarak kullanımında da azalma olduğu görülmüştür.

Belirli bir periyotta saptırılan su kaynağının ne kadarının bitki tarafından kullanıldığı, toprakta depolandığı, taban suyuna sızdığı ve drenaj fraksiyonu hakkında bir bilgi bulunmamaktadır. Sonuçta; su kaynakları boş yere israf edilmekte, drenaj sorunu yanında, sulama suyu kalitesine bağlı olarak taban suyu ve toprak tuzluluğu sorunları da ortaya çıkmaktadır (Çetin ve ark. 2008).

Öztürk'ün (1994) belirttiğine göre Oylukan ve Kuşaksızoğlu, çeşitli bitkilerin su altında kalmalarının verime etkisini belirlemek üzere bir arazi denemesi yürütmüşlerdir. Araştırmada şekerpancarı, buğday, nohut, ayçiçeği, mısır bitkileri yetiştirilmiş ve bu bitkiler 3, 7 ve 15 gün süreyle ayrı parsellerde su altında bırakılmıştır. Hasat edilen ürün şahit parsel ile karşılaştırılarak değerlendirilmiştir. Sonuçta, bitkilerin zarar görmesinin, bitkinin gelişme devresine, su altında kalma süresine ve su içinde kalan derinliğine bağlı olduğu belirlenmiştir.

Uygun olmayan sulama sularının bilinçsiz bir şekilde kullanılması sonucu dünyada geniş tarım alanları tuzluluk ve alkalilik problemi ile karşı karşıya kalmakta, verimleri büyük ölçüde azalmaktadır. Bilindiği gibi kötü nitelikli sulama suları toprağın fiziksel ve kimyasal yapısını olumsuz yönde etkilemektedir. Bu tür sular, uzun süre sulamada kullanılır ve toprakta tuz

dengesi sağlanmazsa toprakların çoraklaşmasına neden olmaktadır. Sulamada kullanılan su iyi ya da kötü nitelikli olsun toprak verimliliğinin uzun yıllar korunması ve iyi bir bitkisel üretim sağlanması için sulama ile drenaj beraberce düşünölmeli ve mutlaka tarım alanlarının drenajı sağlanmalıdır (Dişli 1997).

### **2.3.1. Taban suyunun sulama suyu olarak kullanılması**

Son yıllarda geliştirilen kontrollü drenaj ve sığ drenaj düşöncesi, aşırı drenajın önlenmesini ve bitkilerin yeraltı suyundan daha fazla yararlanmasını amaçlamaktadır. Böylece, hem kuraklığın zararı en az düzeye indirilerek, drenaj kanallarına akan suların yeniden kullanımı nedeniyle ortaya çıkan enerji kullanımını önlenmiş olacak, hem de drenaj suyunun ve diğere çözünebilir maddelerin alıcı ortamlara boşalımı azaltılmış olacaktır. Dünyada yapılan bir çok çalışma bitkilerin taban suyundan önemli düzeyde yararlandığını göstermektedir (Bahçeci ve ark. 2007).

Hutmacher 1989 yılında yapmış olduğı bir çalışmada, domatesin su ihtiyacının yaklaşık % 45'ini, tuzluluğı 5.0 dS m<sup>-1</sup> ve derinliğı 1.2 m olan taban suyundan sağladığını belirtmektedir (Christen ve Skehan 2000).

Ayars (1999), tarla çalışmalarında sığ tuzlu taban suyu kullanımının derinliğinin ve tuz içeriğinin bir fonksiyonu olduğunu ve pamuğın % 40-45 arasında su alımını taban suyundan karşıladığını bildirmektedir.

Namken ve ark. (1969) lizimetre çalışmalarında pamuğın su ihtiyacının % 60'ını 0.9 m derinlikte ve elektriksel iletkenliğı 1.6 dS m<sup>-1</sup> olan yeraltı suyundan sağladığını, Hutmacher ve ark. (1996) ise, pamuğın 1.1 m derinlikteki taban suyunun tuzluluğunun 15 dS m<sup>-1</sup> kadar artmasının su alımını etkilemediğini bildirmektedirler.

Grimes ve Henderson (1984), tarla çalışmalarında sığ tuzlu taban suyu kullanımının derinliğinin ve tuz içeriğinin bir fonksiyonu olduğunu ve yoncanın % 14-45, pamuğın % 27-60 arasında su alımını taban suyundan karşıladığını bildirmektedirler.

Kruse ve Champion (1985) lizimetrelerde yaptıkları bir çalışmada, mısırın su ihtiyacının yaklaşık % 55'ini tuzluluğu  $6.0 \text{ dS m}^{-1}$  ve derinliği 0.6 m olan taban suyundan sağladığını açıklamışlardır.

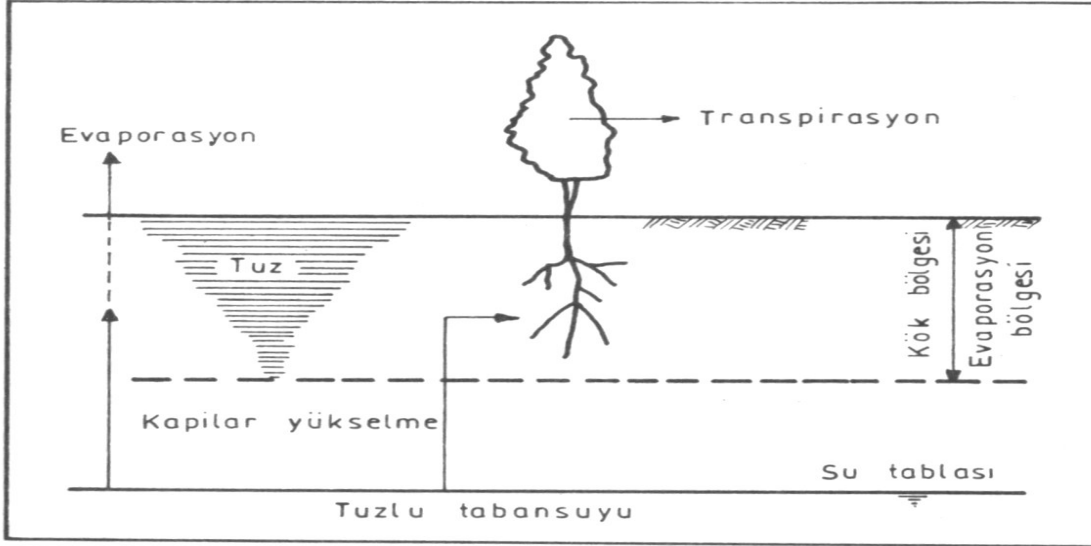
Meyer ve ark. (1996) ise, yoncanın 0.6 m derinlikte tutulan taban suyundan, su tuzluluğuna ve toprak tipine bağlı olarak, ihtiyacının % 13-55'ini sağladığını belirtirken, ince bünyeli topraklarda ve tuzlu yeraltı suyundan yararlanma oranının düşük olduğunu, taban suyu elektriksel iletkenliği  $1.6 \text{ dS m}^{-1}$  iken % 22-55,  $12.0 \text{ dS m}^{-1}$  olduğunda ise yararlanmanın % 13-25 azaldığını belirtmektedirler.

Bir diğer çalışmada ise, pamuk ekili olan alanda lizimetrelere dayalı olarak taban suyu derinliği ve tuzluluğu 1.1 m derinlikte 3 yıl gözlemlenmiştir. Taban suyu tuzluluğunun  $0.3 \text{ dS/m}$  iken % 30-42, tuzluluğun  $30,8 \text{ dS/m}$  olduğunda ise taban suyundan yararlanmanın % 12-19 oranında azaldığını belirtmişlerdir (Hutmacher ve ark. 1996).

Taban suyunun bitki kök bölgesine kadar yükselmesi ve kök bölgesinde kalma süresi hem bitki verimini etkilemekte hem de toprak tuzlanmasına ve diğer drenaj sorunlarının doğmasına neden olmaktadır. Ancak taban suyunun kaliteli olması halinde, özellikle kurak alanlarda bitkiler su gereksinimlerinin bir bölümünü bu sudan karşılayabilmektedirler (Bahçeci 2008).

### **2.3.2. Taban suyundan kaynaklanan tuzlulaşma (kapillar tuzlulaşma)**

Toprak tuzlulaşmasının nedenlerinden biriside taban suyunun topraktan buharlaşmasıdır. Taban suyu, bitki kök bölgesi içerisine kadar yükselmiş olduğu durumlarda direkt olarak buharlaşabilmektedir. Taban suyunun kök bölgesinden daha aşağıda olduğu durumlarda ise kök bölgesine doğru kapillar bir yükselme olmaktadır. Suyun kök bölgesinden buharlaşmasıyla Şekil 2.4'de görüldüğü gibi tuzlar toprakta kalmaktadır (Öztürk ve Çakmak, 1996).



Şekil 2.4. Taban suyundan kapillar yükselme ile toprakların tuzlulaşması (Öztürk ve Çakmak, 1996).

Toprak yüzeyine doğru herhangi bir tuz hareketi için kapilar akışın çok küçük olduğu mesafeye kritik kapilar yükseklik denmektedir. Toprak yüzeyine doğru taşınan tuz miktarı, yukarı akış hacmi ile tuz konsantrasyonunun çarpımından bulunmaktadır. Bu yüzden kritik taban suyu derinliği taban suyu tuzluluğunun artmasıyla artmaktadır. Küçük boyutlu toprak gözenek miktarının yüksek olduğu topraklarda kritik taban suyu derinliği yüksek çıkmaktadır (Öztürk ve Erözel 1994).

Bahçeci (2008)'nin belirttiğine göre, killi ve kumlu topraklarda başlangıçta yüksek taban suyu, verimde azalmaya, derin su tablası ise artışa neden olmaktadır. Ancak, killi toprakta taban suyu düzeyi 100-120 cm derinliğe düşünceye kadar verimin artmasına, kumlu toprakta taban suyu düzeyinin 60-70 cm'den daha derine düşmesi, üründe önemli düzeyde azalmalara neden olmaktadır. Yine killi topraklarda, taban suyu düzeyinin daha derinlere düşmesi verimde azalmaya neden olmazken, kumlu topraklarda önemli oranlarda ürün azalmaları olmaktadır.

Konukçu ve Akbuğa (2006) yapmış oldukları çalışmada genel olarak su tablasının yükselmesiyle birlikte kapillarite yoluyla taban suyundan buharlaşmanın meydana geldiğini, ancak bu artışın toprak tekstürüne göre önemli farklılıklar göstermediğini belirtmektedirler. Farklı bünyeye sahip üç toprak (killi, tınlı, kumlu) karşılaştırıldığında taban suyundan



kapillarite ile su kaybı büyükten küçüğe doğru sırasıyla tınlı, killi ve kumlu topraklardan oluştuğu gözlemlenmiştir. Kumlu, tınlı ve killi bünyeli topraklar için tuzlulaşma riski açısından kritik taban suyu derinlikleri sırasıyla 1.0 m, 2.5 m ve 3.0 m olduğu belirtilmiştir.

Kara ve Arslan (2004) Bafra Ovası'nda yapmış oldukları taban suyu ve tuzluluk çalışmaları ile, kapillar hareketin etkisiyle suyun çıkabileceği yüksekliğin toprak tanecik çapı (tekstür) ile ilişkili olduğunu göstermiştir. Killi-siltli toprakta taban suyundan olan kapillar yükselme 2.5 ile 3.0 m, kumlu bir toprakta ise 0.5–0.6 m olarak saptanmıştır. Teorik olarak killi yada tınlı topraklarda kapillar yükselmenin 4.5–5.0 m'ye kadar çıkabileceği belirtilmiştir.

Yapılan çalışmalarda genel olarak yarı kurak iklim bölgelerinde toprakların tuzlulaşmasını engellemek için taban suyu derinliğinin 150 cm'den daha derinde tutulmasının gerekli olduğu bildirilmektedir. Tuzlu ve alkali toprakların ıslahında başarılı olabilmek için taban suyu seviyesinin kurak bölgelerde 180 cm, nemli bölgelerde ise en az 75-120 cm'ye düşürülmesi gerektiği belirtilmektedir (Gökoğlu 2005).

Taban suyu tuzluluğu çeşitli etkiler altında değişebilmektedir. Bunlar sulama suyu kalitesi, drenaj sisteminin etkinliği ve bitki desenidir. Çünkü tuzluluk uzun zamanda oluşan bir birikimin sonucunda ortaya çıkmaktadır.

Yüksek tuzluluk yıkama için daha fazla su istemekte, bu nedenle su tablası (drenaj) problemi yaratılabilmekte veya çoğaltılmakta ve yetersiz drenaj nedeniyle uzun süreli sulu tarım yapmak neredeyse imkânsız olmaktadır. Eğer drenaj yeterli ise, tuzluluk kontrolü; bitki yeterli miktarda sulanarak ve bitkinin dayanabileceği tuz miktarını sağlayacak düzeyde yeterli yıkama suyu sağlayacak iyi bir yönetimle basitçe sağlanabilmektedir (Gündoğdu 2004).

Usta (1995), tuzlu topraklara genellikle sulanan arazilerde rastlandığını özellikle kontrolsüz ve bilinçsizce yapılan sulamaların bir kaç yıl içerisinde taban suyunu yükselterek toprakların tuzlulaşmasına neden olduğunu ve ülkemizde de Söke ve Çumra Ovaları topraklarının bu nedenle tuzlulaştığını bildirmektedir.

Çamoğlu ve ark. (2006-a), tuzluluk açısından sorunlu olan bölgelerin aynı zamanda taban suyu seviyesinin en yüksek olduğu bölgeler içinde yer aldığını vurgulamaktadırlar. Bu da, taban suyunun yükselmesinin tuzlulaşmayı ne derece etkilediğini açıkça göstermektedir.

Benzer şekilde, Kara (1990) çalışmasıyla drenajı yetersiz olan alanlarda taban suyu derinliğinin yükselmesinin, tuzluluğa neden olduğunu belirtmektedir.

Demir ve Antepli (2004), sulama amacıyla şebekeye çekilen su miktarının, mevcut bitki desenine göre hesaplanan sulama suyu ihtiyacından daha fazla olduğunu belirtmektedir. Sulama amacıyla şebekeye çekilen söz konusu suyun fazla kısmı drenaj şartlarının uygun olması halinde taban suyu tuz konsantrasyonunu azaltıcı yönde etki yaptığını bildirmektedirler.

Özkaldı ve ark. (2004), tuzlanmış veya yüksek taban suyu problemi olan bölgelerde de pahalı derin drenaj uygulamaları yerine şartların uygun olması durumunda çiftçilerin çok rahatlıkla ve daha ekonomik bir şekilde belirli periyotlarda gerçekleştirebilecekleri mole (köstebek) dren uygulamaları veya aşırı tuzlanmış bölgelerde de tuzu seven bitkilerin yetiştirilmesi gerektiğini önermektedirler.

Toprak profilinde tuzluluk, hidrolojik yönden, yüzey akımlarının az veya hiç olmadığı bölgelerde ve ayrıca taban suyu dengesinin terleme ve buharlaşma ile sağlandığı alanlarda ortaya çıkmaktadır. Taban suyu, yüzeye yaklaştıkça buharlaşma kayıpları artmaktadır. Bunun sonucu olarak, toprakta ve taban suyunda tuz konsantrasyonu yükselmektedir. Kurak bölgelerde 2-3 m derinlikteki taban suyu düzeylerinde bile buharlaşma kayıpları artmaktadır. Zaten tuzluluk yönünden yüzey suları ile taban suyu nitelikleri benzer etkiye sahip olmaktadır. Ülkemizde taban suları bikarbonat ( $\text{HCO}_3$ ), kalsiyum (Ca) ve magnezyum (Mg) bakımından zengindir. Buharlaşma arttıkça tuz birikimi de artmakta ve ortama sodyum hakim olmaktadır. Buharlaşmanın çok yüksek ve drenajın kötü olduğu yerlerde tuz konsantrasyonu bazen deniz suyunun 5-10 katı olabilmektedir. Bazı yörelerde çok yüksek tuz konsantrasyonlarına sahip taban sularının görülmesi bu nedenden kaynaklanmaktadır (Kanber ve ark. 2005).

Sodyum bikarbonatça ( $\text{NaHCO}_3$ ) zengin taban suları, eğer buharlaşmayı sağlayacak düzeyde bulunuyorsa, konsantrasyonu giderek artan bir sodyum tuzu haline gelmektedir. Ortamdaki kireç çökmekte ve tüm toprak kolloidlerinin katyon değişim kapasitesi sodyum adsorpsiyonu için kullanılmaktadır. Toprak hızla hidrolize olarak  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  ve  $\text{NaHCO}_3$  oluşmakta, sodikleşme başlamaktadır. Bu nedenle taban sularında buharlaşma düzeyinin

denetimi çok önemlidir. Denetim sağlanamazsa tuzluluk ve sodiklik kaçınılmaz olmaktadır (Kanber ve ark. 2005).

Karataş ve ark. (2006) Menemen’de yaptıkları çalışmada; sulu tarımda meydana gelen tuzluluk sorunlarının, genellikle sığ taban suyu ile ortaya çıktığını açıklamışlardır. Yükselen su, tuz içeriyorsa, su bitkiler tarafından kullanıldıkça veya toprak yüzeyinden buharlaştıkça kök bölgesinde sürekli bir tuz birikimi olmaktadır. Bu nedenle tuzluluğun kontrolü ve sürdürülebilir sulu tarım için sığ su tablasının kontrol edilmesi gerekmektedir.

Kırmızıtaş (2009) Şanlıurfa’da yapmış olduğu taban suyu gözlem çalışmalarının sonucunda; özellikle tuzluluk ve taban suyu sorununun olduğu sahalarda 5-8 m derinlikte ve 100-150 m mesafelerde dar çaplı sondaj kuyuları açılarak litolojik özelliklerin ve hidrolik iletkenliğin dağılımının belirlenmesi ve bu verilere göre tarla içi drenaj projeleri gerçekleştirilmesi gerektiğini belirtmiştir. Ayrıca, pompajla sulama amacıyla kullanılan tahliye kanallarının amaçları doğrultusunda çalıştırılması, drenaj projesinin etkinliğinin kontrolü için uygun yerlerde seviye ve kalite gözlem ağı kurulması yönünde çözüm önerilerinde bulunmuştur.

Sonuç olarak, taban suyu tuzluluğu sulama sisteminin izlenmesi ve değerlendirilmesinde önemli bir parametre olmaktadır. Taban suyu tuzluluğunun yıllık mekansal değişiminin belirlenmesi için, problemlili alanların tekrarlanma durumu ve çok yıllık değerlendirme gerekmektedir. Böylece, istenilen ölçümler tekrarlı ve potansiyel problemlili alanların tanımlanmasından sonra yapılabilecektir. Mevcut verilerin analizi ile problemlili alanlar, geleceğe yönelik planlama ve gerekli ölçümleri yapmak için de potansiyel problemlili alanlar belirlenmiş olacaktır. (Öztürk 1994).

### **2.3.3. Coğrafi bilgi sistemlerinin taban suyu izleme ve değerlendirilmesinde kullanılması**

Çullu (2003), Harran Ovası’nda bulunan Arıcan Köyü’nün tuzlu toprakları üzerinde uzaktan algılama tekniği ve Coğrafi Bilgi Sistemi yazılımlarını kullanarak, tuzluluğun ürün verimine olan etkisini belirlemiştir. Çalışma alanını simgeleyen toprak serilerinden alınan toprak örnekleri üzerinde fiziksel ve kimyasal analizler yapılarak, topraklara ait elektriksel iletkenlik (EC) haritası oluşturmuştur. Yer kontrol verileri temelinde, 2000 yılı temmuz ayı IRS LISS III uydu görüntülerini sınıflandırmış ve çalışma alanının arazi kullanım haritalarını oluşturmuştur. Çalışma sonucunda pamuk ve buğday üretiminde tuzluluk etkisinin

belirlenmesinde, uzaktan algılama tekniği ve coğrafi bilgi sisteminin kullanımının uygun olduğunu belirlemiştir.

Çamoğlu ve ark. (2006-b) çalışmalarında 1995–2006 yılları için, Menemen sulama sisteminde yer alan Maltepe ana kanalı hizmet alanının taban suyu tuzluluk değerlerini, coğrafi bilgi sistemi (CBS) ve jeostatistiksel yöntemlerle değerlendirmişlerdir. Bu bağlamda çalışma alanında, tuzluluğun hem yıllar arasında zamana; hem de gözlem kuyuları arasında mekana göre değişimini belirlemiştir. Taban suyu tuzluluğunun izlenmesi, değerlendirilmesi ve izin verilebilir sınırdaki tutulması, toprak muhafazası ve sulu tarımın sürdürülebilirliği açısından oldukça önemli olduğu ve bu amaca en uygun yöntemin Coğrafi Bilgi Sistemi olduğunu vurgulamışlardır.

Akbaş ve ark. (2008) Kazova’da 2006 yılı Temmuz ve Eylül aylarında yürüttükleri çalışmada, taban suyu gözlemleri yapmış ve su örnekleri almışlardır. Gözlemler bilgisayar ortamında ArcGIS 9.2 programı kullanılarak işlenmiş ve her bir dönem için taban suyu eş yükseklik, taban suyu eş derinlik ve taban suyu tuzluluk haritaları elde edilerek gerekli değerlendirmeler yapılmıştır. Çalışma alanının sadece %5-7’sinde taban suyu tuzluluğu 2 dSm<sup>-1</sup> den yüksek bulunmuştur. CBS yazılımları ile büro çalışmalarında eskisine göre daha kısa sürede ve daha kolay yorumlanabilir ve kaliteli haritalar elde edilebilmiştir.

Arslan (2005) Bafra Ovası sağ sahil sulama alanında 62 adet taban suyu gözlem kuyusunun Eylül 2003-Ağustos 2004 tarihleri arasındaki taban suyu seviyelerini ve tuzluluğunun belirlenmesi amacıyla da elektriksel iletkenlik değerlerini ölçmüştür. Yapılan bu ölçümler ile elde edilen veriler sayesinde taban suyunun konumunu ve dağılımını belirleyebilmek için bilgisayar ortamında Arcview 8 programını kullanarak taban suyu haritalarını oluşturmuştur. Bafra Ovası’nda taban suyu derinlik ve tuzluluğunu gözlemlemiş ve elde ettiği veriler ile Coğrafi Bilgi Sistemlerinden yararlanarak analizler yapıp, değerlendirmede bulunmuştur. Gözlem alanında Kasım-Mayıs döneminde yağışın taban suyu üzerine çok büyük etkisinin olduğunu, Haziran-Ekim ayları arasındaki dönemde ise taban suyu seviyesinde düşme olduğunu belirtmiştir.

Gündoğdu ve Değirmenci (2003) çalışmalarında Coğrafi Bilgi Sistemleri’nden yararlanarak taban suyu gözlem sonuçlarının hızlı bir biçimde haritalanması ve sorgulanabilir bir biçime

dönüştürülmesini sağlamışlardır. Bunun sonucu olarak yıllar bazında taban suyundaki değişim hızlı bir biçimde görüntülenebilmekte ve sorgulanabilmektedir.

Çetin ve Diker (2003), çalışmalarında taban suyu derinliğinde meydana gelen değişikliklerin, yersel değerlendirilmesi ile drenaj problemi olan alanların belirlenmesi için Coğrafi Bilgi Sistemini kullanmışlardır. Pilot alan olarak Adana, Aşağı Seyhan Ovası'nda 8494 ha'lık bir alanı seçmişlerdir.

Konukçu (2007) Menemen'de (İzmir) 271.000 da genişliğindeki çalışma alanında, toprakların bünye, geçirgenlik, strüktür, taban suyu durumu, drenaj koşulu gibi temel özellikleri, arazi kullanım şekli ve su istekleri, sulama işletim sistemi ile dağıtılması düşünülen su miktarı ve iklim koşulları dikkate alınarak, en uygun su yönetimi modelinin oluşturulmasını amaçlamıştır. Buna bağlı olarak da sulama yönteminde uzaktan algılama ve CBS'nin kullanılabilirliği üzerine bir araştırma yapmıştır. Sulamada kullanılacak su miktarının artırılmasındaki güçlükler, ürün deseni planlamasının yanında, sulama randımanının yükseltilmesi, çiftçilerin bol su kullanma alışkanlıklarının önüne geçilmesi ve randımanı yüksek sulama yöntemlerinin yaygınlaşması gerekliliği sonucuna varmıştır. Ayrıca, su tüketimi daha az ve dekara geliri daha yüksek olan bitkilerin tercih edilmesi, kısıtlı su uygulama yöntemlerinin yaygınlaştırılmasını önermiştir.

### 3. MATERYAL VE METOT

#### 3.1. Materyal

##### 3.1.1. Araştırma alanının coğrafi konumu

Araştırma alanı, Antalya-Alanya karayolunun 8.5 ile 20. km'leri arasında olup en kuzeyde Aksu Regülatörü, en güneyde ise Akdeniz'e kadar uzanan yaklaşık 21.340 ha'lık bir alanı kapsamaktadır. Çalışma alanının coğrafi konumu 36°06'22" ile 36°51'24" kuzey enlemleri ve 30°50'57" ile 30°57'51" doğu boylamları arasında bulunmaktadır (Şekil 3.1)



Şekil 3.1. Çalışma alanının coğrafi konumu

##### 3.1.2. Toprak ve su kaynakları

Aksu Ovası toprakları alüviyal ve kolüviyal oluşumdadır. Alüviyal topraklar taban arazilerde yer almakta olup, Aksu Çayı'nın taşıdığı ve ovaya yaydığı genç oluşumlardır. Bünyeleri hafiften ağıra kadar kısa mesafe ve derinliklerde değişmektedir. Toprak rengi koyu

kahverengiden kırmızıya ve açık kahverengiye kadar değişmektedir. Kaba bünyeli topraklar daha çok denize yakın kısımlarda yer almakta, ağır bünyeli topraklar ise ovanın değişik kısımlarına yayılmış bulunmaktadır. Ovanın % 39.25'i ağır bünyeye, % 11'i orta bünyeye, % 4.64'ü orta nisbette ağır bünyeye sahiptir. Arazideki toprakların profil derinlikleri 150 cm veya daha fazladır. Topoğrafya düz ve düze yakındır. Kolüviyal topraklar yamaç arazilerde ve bunların taban arazilerle birleştikleri kısımlarda yer almaktadır. Bünyeleri genellikle kumlu-kil ve kildir. Profiller taş ve çakılla karışık olup, derinlikleri yer yer iri taşlarla sınırlı ise de 150 cm veya daha fazla olmaktadır. Yıkılmaya uygun ve tarım yapılan hafif toprakların üst kısımlarında kireç az olup, derinliklere inildikçe fazlalaşmaktadır (Özkan 1993).

Bahçeci (2005) Antalya-Aksu Ovası da dahil olmak üzere çeşitli ovalarda toprak bünyesi ile drene edilebilir gözenek miktarının belirlenmesi üzerine yaptığı çalışmada Aksu Ovası topraklarının alüviyal oluşumda olduğunu ve kil oranının fazla olduğunu belirtmiştir. Çizelge 3.1'de ovaya ait toprak bünye dağılımı verilmektedir.

Çizelge 3.1. Aksu Ovasına ilişkin toprakların bünye dağılımı (Bahçeci 2005)

Deneme yeri	Toprak derinliği (cm)	Kil %	Silt %	Kum %
Aksu Ovası	0-30	52.79	40.30	6.93
	30-60	53.01	37.58	7.41
	60-90	51.05	41.23	7.72
	90-120	59.78	34.64	5.58
	120-150	55.48	37.67	6.85

Alkalilik ise, Aksu Çayı'nın doğusunda, Küçük Kundu ve Kemerağzı köyleri arasındaki saha ile Çakallık Köyünün Acısu tarafında bulunmaktadır.

Eğimin az olduğu ve tahliye sisteminin bulunmadığı geniş taban arazilerde yüzeysel suların toplandığı görülmektedir. D.S.İ. tarafından yapılmış tahliyeler bulunsada lodosun tesiriyle özellikle yağmurlu günlerde tahliye olanağı bulunmayan sular ovada uzun süre kalmaktadır. Denize yakın ve taban suyu yüksek olan düzlüklerde göllenme ve tahliye imkansızlığı topraklarda tuz birikmesine yol açmaktadır (Özkan 1993).

### 3.1.3. İklim

Kuruluş yeri itibari ile Toroslar üzerindeki ilçe iklimi Akdeniz iklimi ile İç Anadolu Bölgesi kara iklimi arasında bir geçiş alanı özelliğini yansıtmaktadır. Bölgede yazlar sıcak ve kurak, kışlar ılık ve bol yağışlı olmaktadır. Yağışların % 65'i kış, % 15.4'ü ilkbahar, % 1.3'ü yaz ve % 17.8'i sonbahar mevsiminde gerçekleşmektedir. Yıllık yağış miktarı 861.5 kg/m<sup>2</sup> olup, yıllık sıcaklık ortalaması 17.8 °C, en yüksek sıcaklık 32.3 °C, en düşük sıcaklık 12.5 °C'dir (Şentay 2008).

Çizelge 3.2. Antalya iline ilişkin uzun yıllık bazı iklimsel değerler (Anonim 2008)

Aylar	İklim Ögeleri							
	Min. Sıcaklık (°C)	Mak. Sıcaklık (°C)	Ort. Sıcaklık (°C)	Yağış (mm)	Buharlaştırma (mm/gün)	Güneşlenme (saat;dak/gün)	Rüzgar hızı (m/sn)	Oransal nem (%)
I	5.6	14.9	9.5	228.5	72.9	05:19	3.2	66
II	5.7	15.3	9.9	134.4	80.4	06:03	3.4	64
III	7.4	17.9	12.2	107.0	110.3	06:56	3.0	67
IV	10.6	21.4	15.8	64.8	134.7	08:01	2.8	68
V	14.5	26.0	20.3	32.5	185.1	09:54	2.4	66
VI	19.0	31.3	25.3	8.3	253.6	11:37	2.8	59
VII	22.2	34.5	28.4	3.0	292.3	11:58	2.7	56
VIII	21.9	34.2	27.8	2.0	262.7	11:33	2.4	60
IX	18.6	31.4	24.3	9.8	212.0	06:58	2.5	60
X	14.5	26.8	19.5	87.5	150.6	08:06	2.5	61
XI	9.8	20.8	14.2	187.3	88.2	6:21	2.7	65
XII	6.8	16.3	10.8	267.8	70.7	04:55	2.9	67
Ort.	<b>13.1</b>	<b>24.2</b>	<b>18.2</b>			<b>08:24</b>	<b>2.8</b>	<b>63</b>
Top.				<b>1132.9</b>	<b>1913.5</b>			

Bölgede güneş ışığı alma durumu, sıcaklık ve nisbi nem, çok çeşitli tarla ürünleri, meyve ve sebzenin yetiştirilmesini sağlayıcı özellikler göstermektedir. Uzun süren yetiştirme döneminde en önemli sınırlayıcı faktör, yağış dağılımının iyi olmamasıdır. Kış aylarında yoğun yağışlar düz olan sahil bölgesinde drenaj ve toprak muhafaza sorunları yaratarak tarım



yapılmasını güçleştirmekte ve birçok yerde bitkilerin zamanında ekilmesini geciktirmektedir (Anonim 2009).

Çalışma sahasında 2008 yılında 249 mm'lik aylık toplam yağışı ile Aralık ayı en çok yağışın olduğu ay olmaktadır. Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarında ise ovada yağış görülmemektedir. Bu aylarda sıcaklıktaki yüksek artış sonucunda doğal olarak buharlaşma miktarında da artışlar meydana gelmektedir.

Çizelge 3.3. Aksu 2008 yılı iklim verileri (Anonim 2008)

Aylar	Ortalama Sıcaklık (°C)	Max. Sıcaklık (°C)	Min. Sıcaklık (°C)	Oransal Nem (%)	Max Rüzgar Hızı	Yağış (mm)
Ocak	8.6	15.1	3.8	N/A	21.2	9
Şubat	9.6	15.8	4.5	N/A	17.6	16
Mart	14.7	20.6	9.3	N/A	16.5	46
Nisan	16.9	22.3	12	N/A	15.8	23
Mayıs	20.7	27.2	14.8	N/A	17.8	23
Haziran	27.2	34	20.8	N/A	20.1	
Temmuz	29.5	36.7	23	66	19.1	
Ağustos	30.4	36.6	24.7	75	18	
Eylül	25.7	31.2	20.6	N/A	18.4	52
Ekim	20.9	27.8	15.6	N/A	16.9	11
Kasım	16.6	23.3	11.8	N/A	14.6	87
Aralık	11.1	17.9	6.9	74	16.2	249

#### 3.1.4. Tarım

Akdeniz iklim kuşağı içinde yetiştirilebilecek tüm bitkilerin üretilmesine olanak sağlayan iklim özelliklerine sahiptir. Aksu ilçesi genelinde toplam 32.000 da alanda bitkisel üretim yapılmaktadır. Üretim deseninde; % 4.2 bostan, % 4.3 pamuk, % 5.0 sebze, % 13.3 narenciye, % 17.4 sera, % 10.5 fidan ve ikinci ürün olarak da % 7.8 susam ve % 34.7 mısır üretimi yer almaktadır. Drenajı iyi alanlarda çeşitli sebzeler ve başta turunçgil olmak üzere çeşitli meyveler yetiştirilmektedir (Şentay, 2008).

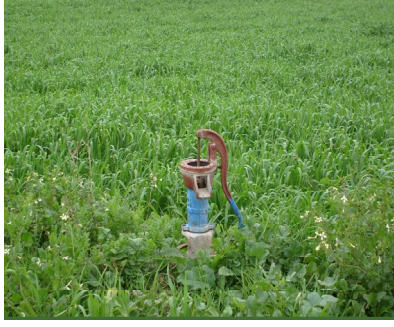
## 3.2. Metot

### 3.2.1. Çalışma alanında ölçüm alınan taban suyu gözlem kuyuları

Aksu sağ ve sol sahil sulama alanında D.S.İ. tarafından açılmış olan 107 adet taban suyu gözlem kuyusu yer almaktadır. Şekil 3.2 ve 3.3’de çalışma alanında yer alan kuyulardan örnekler verilmektedir. Gözlem kuyularının arazideki yerini tespit etmek için gerekli kuyu koordinatları, UTM koordinat sisteminde WGS84 datumunda GPS aleti ile belirlenmiştir. Böylece sonraki gözlemlerde kuyuların yerlerinin bulunmasında kolaylık sağlanmıştır. Sağ sahil, 1 nolu kuyu ile Gökdere Köyü’nden başlayıp, 44 nolu kuyu ile Kemerağzı Köyü’nde sona ermektedir. Sol sahil ise, 45 nolu kuyu ile Gebiz-Aşağıova Köyü’nde başlayıp, 107 nolu kuyu ile Kumköy’de bitmektedir. Çalışma alanında gözlemlediğimiz kuyular içerisinde sol sahilde 35 adet kuyuyu, sağ sahilde ise 2 adet kuyuyu köy kuyuları oluşturmaktadır. Gözlem yılı içerisinde sağ sahilde 10 kuyu, sol sahilde ise 6 kuyu tahrip edilmiştir. Açılan kuyuların tahrip olmalarının nedeni genellikle çiftçiler tarafından arazi işleme çalışmaları sırasında traktörle veya tarım makineleriyle ezilmelerinden kaynaklanmaktadır. Bu da gözlem kuyularının bulunduğu alanlarda üretim yapan çiftçilerin, taban suyu gözlem kuyuları hakkında gerekli bilgiye sahip olmamalarının bir sonucudur. Tahrip edilen kuyulardan ölçüm yapılamadığından, bu kuyular değerlendirmeye alınmamıştır. Bu nedenle toplam 91 kuyu değerlendirmeye tabi tutulmuştur. Şekil 3.4’de tahrip edilen kuyulardan örnekler verilmektedir. Tahrip olan bu kuyular D.S.İ. tarafından yeniden yapılmaktadır.



Şekil 3.2. Çalışma alanında bulunan gözlem kuyuları



Şekil 3.3. Çalışma alanında gözlemlenen köy kuyuları



Şekil 3.4. Tahrip edilen gözlem kuyuları

### 3.2.2. Taban suyu seviyesinin ölçülmesi ve değerlendirilmesi

Taban suyu düzey ölçümleri 2008 yılı süresince yapılmıştır. Ölçümlerde homojenlik sağlayabilmek amacıyla her ayın son haftasında ölçüm gerçekleştirilmiştir. Seviye ölçümleri Şekil 3.5’de görülen elektronik düzey ölçer ile yapılmıştır. Taban suyu gözlem kuyularının derinliği 400 cm olduğundan 0 ile 400 cm arasında ölçümler kaydedilmiş, 400 cm’deki ölçümler ise “kuru” olarak belirtilmiştir. Bu da ölçüm yapılan kuyuda su olmadığının bir göstergesidir. 0-200 cm aralığında yapılmış olan ölçümler, taban suyunun toprak yüzeyine yaklaştığı kısımları temsil etmekle beraber taban suyu sorununun olduğu alanları da oluşturmaktadır. 200-400 cm aralığında taban suyu derinliğine sahip alanlar ise, taban suyunun toprak yüzeyinden uzaklaştığı alanları yani taban suyu sorununun bulunmadığı alanları temsil etmektedir.



Şekil 3.5. Elektronik taban suyu düzey ölçeri

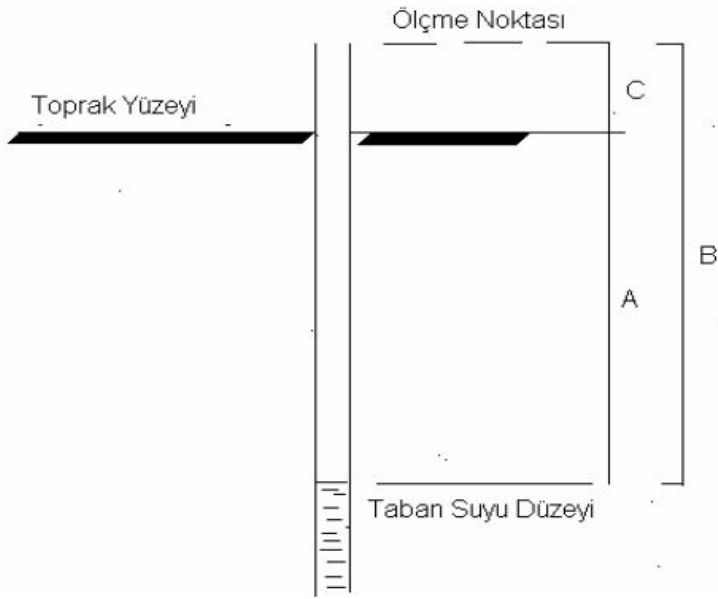
Taban suyu derinliğinin saptanması için ölçümler ölçme noktalarında Şekil 3.6’da gösterildiği gibi yapılmıştır.

$$A = B - C$$

A= Taban suyu derinliği (cm)

B= Taban suyunun ölçme noktasına göre yüksekliği (cm)

C= Ölçme noktasının toprak yüzeyine göre yüksekliği (cm)



Şekil 3.6. Taban suyu gözlem kuyusunda ölçüm parametreleri

### 3.2.3. Su örneklerinin alınması

Taban suyu düzeyindeki değişimlerin izlenmesi ile birlikte taban suyunun kalitesi ve tuzluluk düzeyini incelemek için açılan gözlem kuyularından sulamanın en yoğun olduğu Ağustos ayında su örnekleri alınmıştır. Kuyulardan alınan su örneklerinin EC değerleri Şekil 3.7’de görülen “elektriksel iletkenlik cihazı” ile arazide belirlenmiştir. Yıl içerisinde tahrip ve kuru olan kuyular analizde elemine edilmiştir.



Şekil 3.7. Elektriksel iletkenlik aleti

### **3.3. Büro Çalışmaları**

#### **3.3.1. Taban suyu haritalarının çizimi**

Herhangi bir havzanın yeraltı suyu karakterlerinin en iyi şekilde analizlerinin yapılması ancak toplanan donelerin haritalar ile ifade edilmesiyle mümkün olmaktadır (Çevik ve Tekinel 2000).

Araştırma alanında, taban suyunun nerede ve ne zaman, hangi düzeyde, hangi tuzluluk sınıfında bulunduğunu belirleyebilmek için taban suyu haritaları çizilmiştir. Taban suyu derinlik bölgeleri haritaları; gözlemlerin yapıldığı dönem için aylık olarak, kritik en yüksek eş derinlik ve kritik en düşük eş derinlik haritaları çizilmiştir. Araştırma alanında ayrıca sulamanın en yoğun olduğu Ağustos ayında kuyulardan su numunesi alınarak taban suyu EC değeri belirlenmiştir. Belirlenen bu değerler yardımıyla tuzluluk haritası çizilmiştir. Son yıllarda taban suyu izleme çalışmalarında gelişen teknolojiye yararlanarak izleme ve değerlendirme çalışmaları yapılmaktadır. Aksu sağ ve sol sahil sulama alanlarında bulunan taban suyu gözlem kuyularından alınan ölçümler değerlendirmeye alınarak, hazırlanan haritaların çiziminde de ArcGIS 9.2 yazılım programı kullanılmıştır.

Taban suyu ölçümleri esnasında elde edilen taban suyu tuzluluk ve taban suyu derinlik verilerinden yararlanılarak taban suyu tuzluluk ve taban suyu derinliğine ilişkin haritaların çizilmesinde şu aşamalar gerçekleştirilmiştir:

1. Öncelikle çalışma alanına ait raster veriler (çalışma alanının sınırları, sulama kanalı ve gözlem kuyu noktalarına ait paftalar) taranarak bilgisayar ortamına aktarılmıştır.
2. Çalışma sahasında GPS ile belirlenen taban suyu gözlem kuyularına ait koordinatlar Excel'de kaydedilerek ArcGIS programına aktarılmıştır.
3. Çalışma alanında ölçülen, 2008 yılını içeren döneme ait taban suyu tuzluluk ile taban suyu derinlik değerleri Excel programında girilmiş ve dbf formatında kaydedilmiştir. Her gözlem kuyusuna ait ölçüm değerlerini içeren bu dosya ArcView'de hazırlanan gözlem kuyularına ait veri katmanı ile ilişkilendirilmiştir. Böylece tablosal değerlerin veri tabanına aktarılması sağlanmıştır.

4. Öznitelik tablosunda bulunan tuzluluk ve taban suyu derinlik değerleri her ay için ayrı ayrı ele alınarak CBS'nin analiz fonksiyonlarından yararlanılarak analiz edilmiştir. Noktasal değere sahip olan gözlem değerleri, Kriging ve Spline yöntemlerine göre amacımız doğrultusunda daha doğru sonuçlar elde etmemize imkan sağlayan Inverse Distance Weight (IDW) enterpolasyon yöntemiyle enterpole edilmiş ve sonuçta 20 m hücre boyutunda ve her bir aya ait ilgili veri katmanları üretilmiştir.

5. Hazırlanan bu veri katmanları CBS kapsamında birlikte veya ayrı ayrı değerlendirilmiş ve amaçlar doğrultusunda sorgulama ve sınıflandırma işlemlerine tabi tutulmuştur.

6. Taban suyu derinliğinin ve taban suyu tuzluluğunun beraber sorun olduğu alanları gösteren haritayı oluşturmak için ise, ArcGIS programında yer alan Spatial Analiz Modülü fonksiyonlarından "raster hesaplayıcı" fonksiyonu ile taban suyu derinlik ve taban suyu tuzluluk katmanları kullanılarak çakıştırma analizi yapılmıştır.

CBS yöntemlerinin kullanılması taban suyu gözlem kuyularının izlenmesine ait verilerin değerlendirilmesi, yorumlanabilmesi, saklanabilmesi ve sunulabilmesinin hızlı ve doğru bir şekilde yapılmasına imkan sağlamaktadır. Ayrıca GPS cihazının kullanımıyla, arazide kuyuların yerlerinin bulunmasında kolaylık sağlanmakta ve sonraki dönemlerde izleme yapılmasını da kolaylaştırmaktadır.

## 4. BULGULAR ve TARTIŞMA

### 4.1. Taban Suyu Derinlik Haritalarının Değerlendirilmesi

Araştırma alanında yapılan ölçümler sonucunda alınan değerler ışığında ovada taban suyunun derinliğinin dağılımını, konumunu ve aylara göre değişimini daha kolay izlemek amacıyla taban suyu derinlik haritaları çizilmektedir.

2008 yılına ait her ay için ayrı ayrı oluşturulan taban suyu derinlik haritalarında, taban suyu derinlikleri gruplandırılırken bitki kök seviyeleri dikkate alınmaktadır. Taban suyu derinliğinin bitki verimini aşırı derecede etkilediği 0-50 cm arasında kaldığı alanlar bir grup yapılarak ve mor renkle belirtilmektedir. Bitki gelişiminin nispeten olumsuz yönde etkilendiği 50-100 cm arasında kalan kısımlar ikinci bir grup olarak değerlendirilmekte ve bu alanları ifade etmek için mavi renk kullanılmaktadır. Diğer bir gruplandırma da ise kısmen drenaj sorunu olan, taban suyu derinliğinin 100-150 cm arasında olduğu alanlar alınmaktadır. Bu aralıkta kalan kısımlar ise haritalarda kırmızı renk ile gösterilmektedir. Yine kısmen sorunlu alan olan, taban suyu derinliğinin 150-200 cm arasında olduğu alanlar yeşil renkle belirtilmektedir. Taban suyu probleminin oluşmadığı 200-300 cm aralığında kalan kısımlarda farklı bir grup yapılmakta ve bu aralıkta olan alanlar ise sarı renkle ifade edilmektedir. Taban suyunun 300 cm'den daha derinlerde olduğu alanlarda farklı bir grupta ifade edilmekte ve bu alanlarda kahverengi ile belirtilmektedir.

Gözlem yılı içerisinde taban suyu derinlik ölçümleri iki dönemde değerlendirilebilmektedir. Sulama mevsiminin bitişi ile başlayıp, sulama mevsiminin başlaması ile son bulan dönem olan Kasım-Mayıs ayları arasındaki zaman ilk değerlendirme dönemi olarak alınabilmektedir. İkinci dönem ise, sulama mevsiminin başlaması ve sulamanın etkisini yitirdiği Mayıs-Ekim ayları arasındaki dönem olarak belirlenebilmektedir.

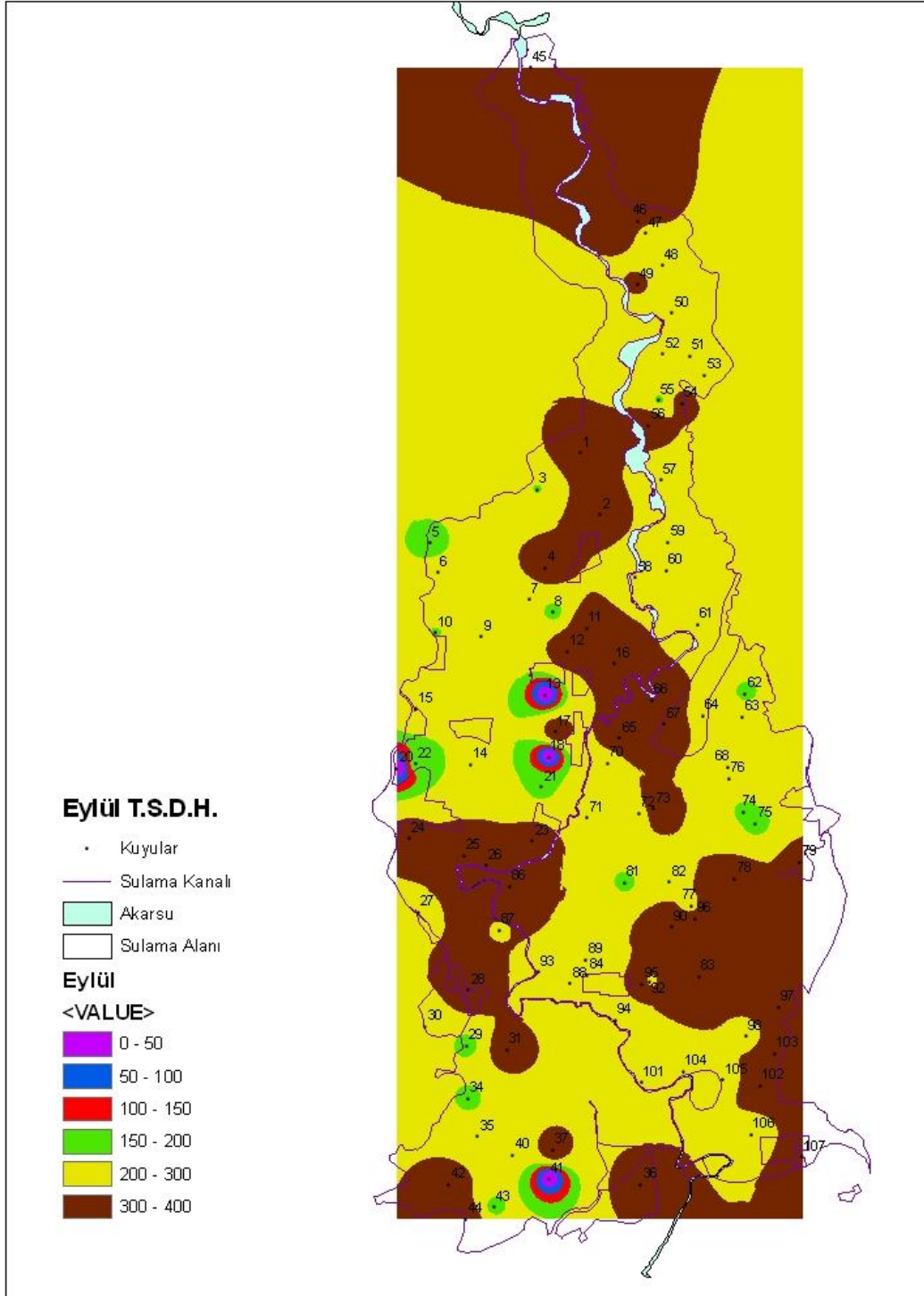
Eylül 2008 ayına ait taban suyu derinlik haritası (Şekil 4.1) ile taban suyuna yağışın etkisinin olup olmadığını incelemek amacıyla ölçümlerin yapıldığı ayda araştırma sahasında oluşan yağışında incelenmesi gerekmektedir. Eylül ayında araştırma sahasına düşen toplam yağış miktarı 52 mm'dir. Eylül ayında yapılan ölçümler sonucunda bu ayda araştırma sahasında taban suyunun yüksek olduğu gözlenmemektedir. Araştırma sahasının % 2.3'üne karşılık gelen 394 ha arazide taban suyu derinliği 100-200 cm arasında bulunmaktadır.



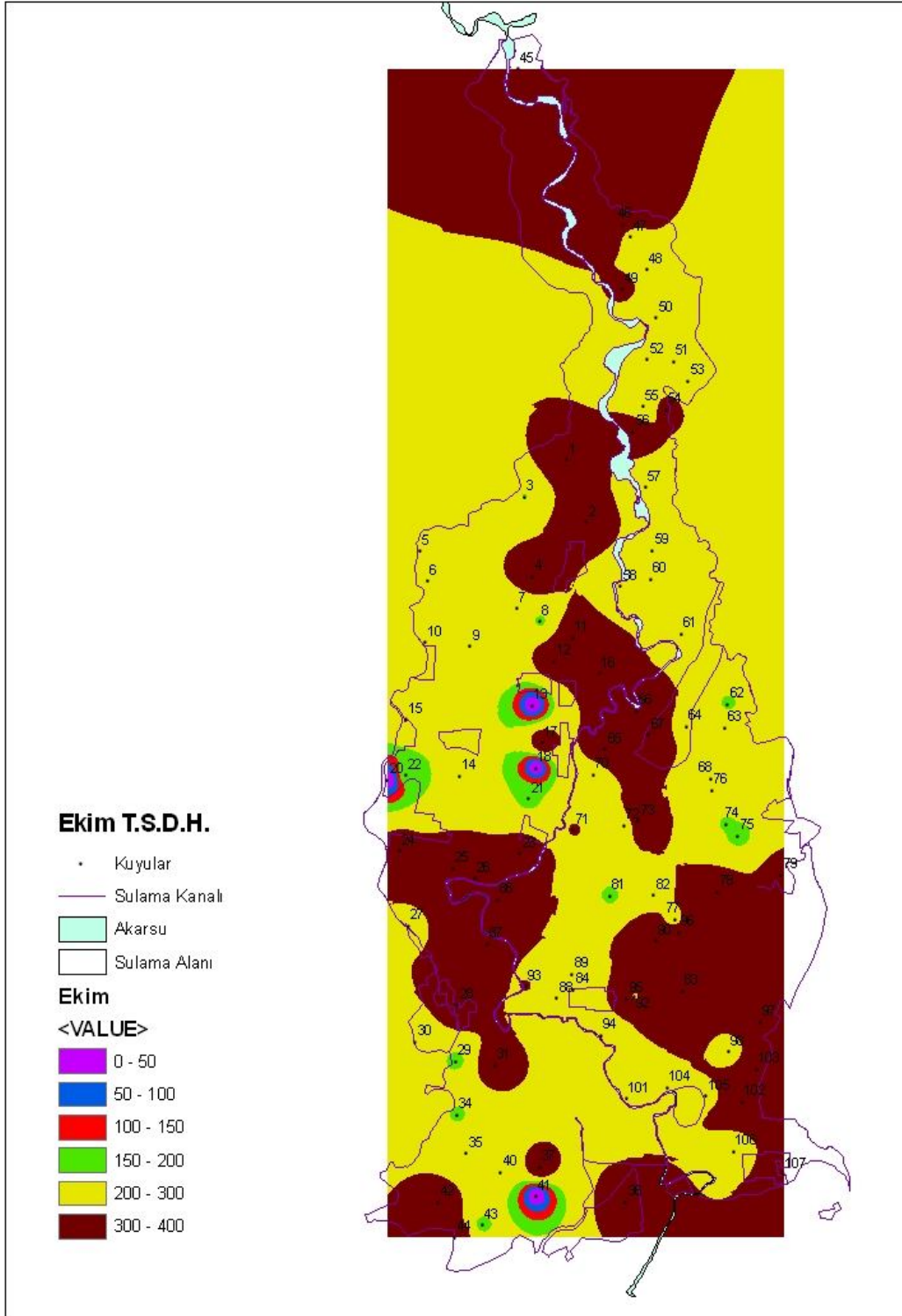
Araştırma sahasının % 77'sine denk gelen 16.514 ha alanda ise taban suyu derinliği 200-300 cm arasında bulunmaktadır. Taban suyu derinliğinin 300 cm'den fazla olduğu alanlar, toplam alanın % 20'sine karşılık gelen 4299 ha alanı kapsamaktadır. Bazı bitkilerin gelişmeleri için ihtiyaç duydukları optimum taban suyu derinlikleri şeker pancarı için 80 cm, buğday ve mısır için 100 cm ve sebzeler için 75 cm'dir (Öztürk ve Erözel, 1994). Bu duruma göre bitkilerin ihtiyaç duyduğu taban suyu aralığı 0-100 cm olarak kabul edilirse; bu ayda toplam araştırma sahasında yağışın da az olmasının etkisiyle, taban suyu derinliği zarar verecek kadar toprak yüzeyine yakın olmamaktadır.

Taban suyu derinliğinin inceleneceği ikinci dönemi, sulamanın etkisini bitirdiği Ekim ayı sonlandırmaktadır. Ekim ayına ait taban suyu derinlik haritasının görüldüğü Şekil 4.2 incelendiğinde; bu ayda araştırma sahasına düşen toplam yağış miktarı 11 mm olarak gerçekleşmektedir. Bu ayda yapılan ölçümler sonucunda taban suyu derinliğinin 0-100 cm arasında olduğu alan 177 ha, yani % 1'lik alanı oluşturmaktadır. Taban suyu derinliğinin 100-200 cm arasında olup; sorunlu alan olarak kabul edilen kısmı Eylül ayına oranla yağışın azalması ile toplam sahanın % 6'sı olan 1209 ha'lık kısmını oluşturmaktadır. Araştırma sahasında taban suyu derinliğinin 200-300 cm arasında olduğu alan toplam alanın % 13.4'ünü oluşturmaktadır. Taban suyu derinliğinin 300 cm'den fazla olduğu alan ise 17.250 ha olup toplam alanın % 80'ini oluşturmaktadır. Bu ayda, yağışın Eylül ayına göre daha az olması ve taban suyunun Aksu nehrini beslemesinden dolayı taban suyu derinliği artmaktadır.

Akarsuyun taban suyu derinliği üzerindeki etkisi, Eylül ve Ekim aylarına ait haritalar (Şekil 4.1 ve Şekil 4.2) üç bölüme ayrılarak incelendiğinde görülebilir. Haritalarda, 48 ve 49 numaralı kuyuların bulunduğu regülatör bölgesi, 14, 23 ve 89 numaralı kuyuların bulunduğu orta bölge ve 36 ve 106 numaralı kuyuların bulunduğu denize yakın bölgelerde akarsu akış yönüne dik bir kesit alınıp incelendiğinde akarsuyun bir drenaj kanalı görevi gördüğü görülmektedir. Söz konusu bölgelerde, akarsuya yakın kısımlarda taban suyu derinliği 400 cm'e kadar azalırken, akarsudan uzaklaştıkça taban suyu derinliğinin 200 cm civarında olduğu görülmektedir. Bir başka deyişle, akarsudan uzaklaştıkça toplam hidrolik yük artmakta, bunun sonucu olarak da taban suyu nehre doğru akmaktadır.



Şekil 4.1. Eylül ayı taban suyu derinlik haritası (Ö:1:100.000)

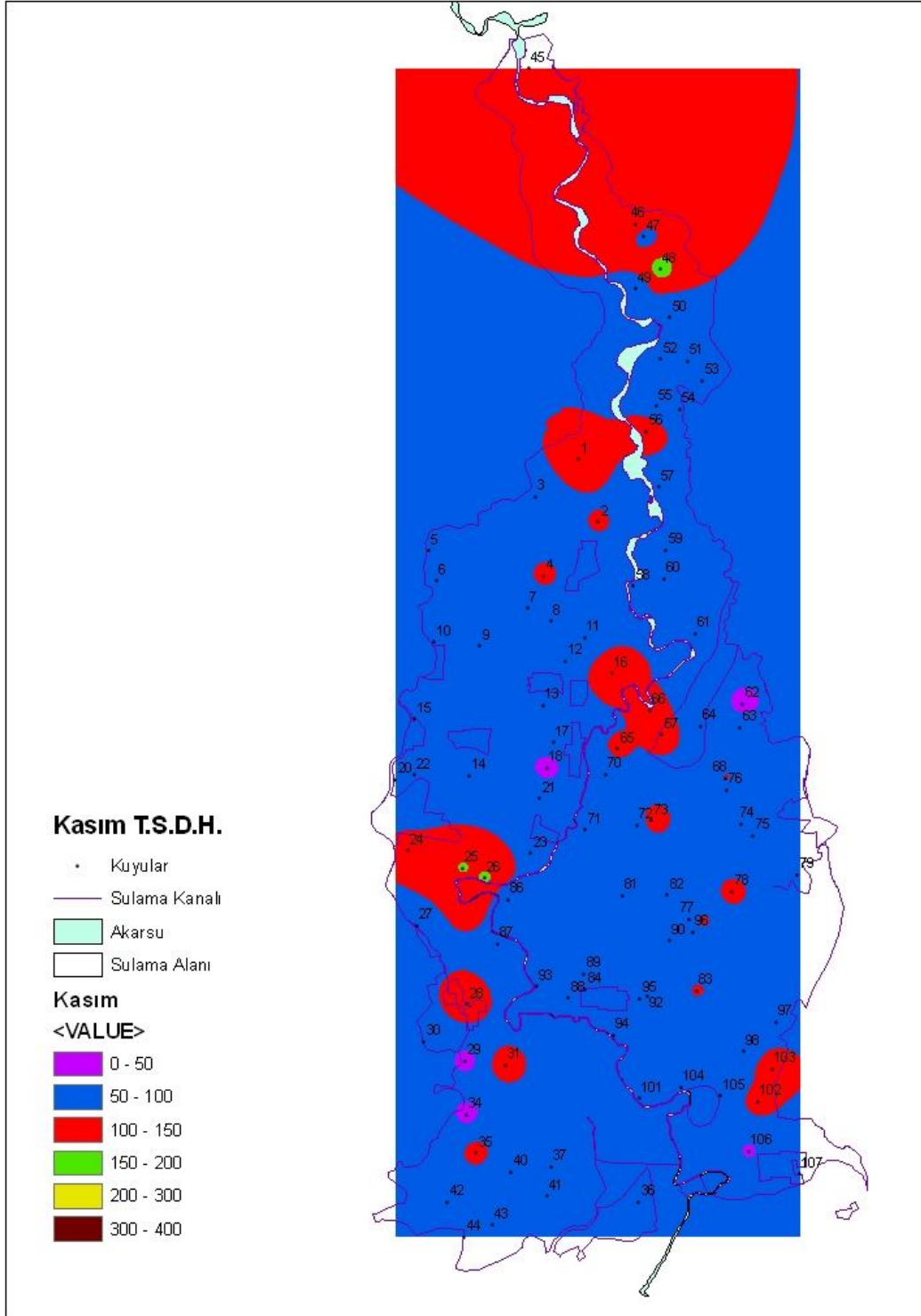


Şekil 4.2. Ekim ayı taban suyu derinlik haritası (Ö:1:100.000)

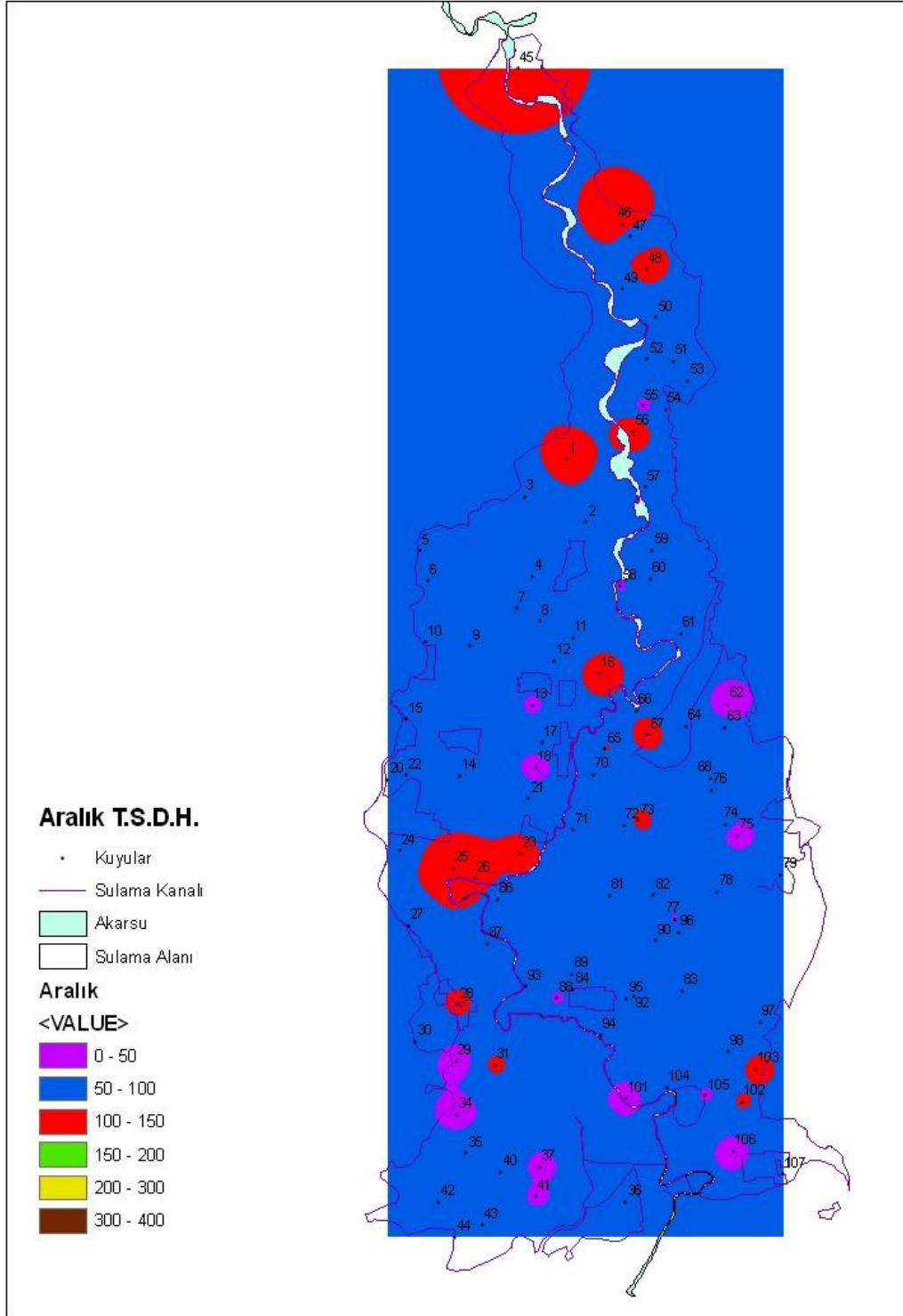
Ovada sulama mevsiminin sonlandığı Kasım ayında araştırma sahasına düşen toplam yağış miktarı 87 mm olarak gerçekleşmektedir. Bu ayda yapılan ölçümler sonucunda taban suyu derinliğinin 0-50 cm arasında olduğu alanların toplamı 70 ha olup bu ise toplam sahanın % 0.3'üne karşılık gelmektedir (Şekil 4.3). Taban suyu derinliğinin 50-100 cm arasında olduğu alan 18.164 ha olup bu alan araştırma sahasının % 85'lik kısmını oluşturmaktadır. Taban suyu derinliğinin 100-200 cm arasında olduğu alan toplam sahanın % 14'üne karşılık gelen 3106 ha alandır. Kasım ayında, araştırma sahasında taban suyu derinliğinin tamamının 200 cm'den daha az olduğu görülmektedir (Şekil 4.3). Taban suyu derinliğinde sorunlu olarak kabul edilen derinlik 0-200 cm arası derinliktir. Kasım ayında yapılan gözlemler incelendiğinde, çalışma alanının 18.234 hektarında taban suyu derinliğinin 0-100 cm arasında olduğu belirlenmiştir ki; bu alan da toplam çalışma sahasının % 85.3'üne karşılık gelmektedir. Kasım ayında Ekim ayına göre yağışın artması taban suyu seviyesinin yükselmesinin nedenini oluşturmaktadır. Buradan az bir yağışın bile taban suyunda farklılıklar meydana getirdiğini ve ovada biriken fazla suyun uzaklaştırılması için daha etkin bir drenaj sisteminin oluşturulması gerekliliğini ortaya çıkarmaktadır. Eylül ve Ekim aylarında olduğu gibi Aksu nehri, bu ayda da bir drenaj kanalı görevi görmekle beraber yetersiz olduğundan taban suyu yükselmektedir. Çalışma alanının üst (1-56 nolu kuyular) ve orta (16-67 nolu kuyular) kısımlarında akarsu drenaj kanalı gibi çalışmaktadır. Diğer kuyulara göre buralarda yapılan ölçümlerde taban suyu derinliğinde bir azalma meydana gelmektedir. Sahanın denize yakın olan güney kısımlarında ise (37-101-104 nolu kuyular), taban suyu yükselmesi denizin kabarması ile suyun geri itilmesi ve denize olan deşarjın azalmasından kaynaklanmaktadır.

Çalışma sahasında Aralık ayı 249 mm ile en çok yağış alan ay olmuştur. Yağışın taban suyu derinliği üzerinde artan yöndeki etkisi önceki aylarda olduğu gibi devam etmektedir. Yapılan ölçümler sonucunda 492 hektar alanda, yani çalışma alanının % 2'lik kısmında taban suyu derinliğinin 0-50 cm arasında olduğu belirlenmiştir. Taban suyu derinliğinin 50-100 cm arasında olduğu alan çalışma alanının % 91'i olan 19.313 ha'lık alanı kapsamaktadır. Taban suyu derinliğinin 100-150 cm arasında olduğu alan toplam sahanın % 7'sine karşılık gelen 1535 ha alan olarak tespit edilmiştir. Taban suyunun problem olarak değerlendirildiği 0-100 cm aralığında olduğu alan toplamı 19.805 hektar olup bu ise toplam çalışma sahasının % 93'üne karşılık gelmektedir. Bu ayda 200 cm'den daha fazla derinliğe sahip alan bulunmamaktadır. Aralık ayında da çalışma sahasının genelinde Kasım ayında olduğu gibi yağışın etkisiyle ovanın büyük bir bölümünde taban suyu probleminin olduğu görülmüştür. Denize yakın olan bölgelerde de denizin şişerek suyu araziye geri itmesi nedeniyle taban suyu

seviyesi, denize uzak olan bölgelere göre daha yüksek olmuştur. Kasım ve Aralık aylarında yapılan ölçümlerde, taban suyu seviyesinin 0-200 cm aralığında olması, taban suyunun toprak yüzeyine yaklaşmasının yanı sıra arazilerde göllenmelere de neden olmaktadır. Bu da toprak gözeneklerinin tamamının suyla dolduğu anlamına gelmektedir. Bitki köklerinin gelişiminde, toprağın havalanması ve sıcaklığı çok etkilidir. İyi havalanan bir toprakta gözeneklerin %50'si hava ile dolu olmalıdır. Çalışma sahasını genelde killi toprak oluşturmaktadır; killi topraklarda da havalanma kötüdür. Toprak gözeneklerinde gerekli havanın sağlanması sonucu oksijen, köklerden besin maddelerinin alınmasını kolaylaştırmaktadır. Kasım ve Aralık aylarında ise, aksine toprak gözenekleri suyla doludur ki bu da göllenmelere, var olan çok yıllık bitki kökleri için havasız bir ortam oluşmasına dolayısıyla bitki gelişiminin olumsuz etkilenmesine neden olmaktadır. Toprağın iyi havalanması için gerekiyorsa drenaj yapılmalıdır. Çok yıllık bitkilerde 2 m, sebzelerde 1.5 m'nin üzerine çıkmayacak şekilde taban suyu seviyesi kontrol edilmelidir. Ayrıca taban suyu seviyesinin toprak yüzeyine yakın olması, yukarıya doğru kapillar su hareketine neden olacağı için infiltrasyon hızını da azaltmaktadır.



Şekil 4.3. Kasım ayı taban suyu derinlik haritası (Ö:1:100.000)

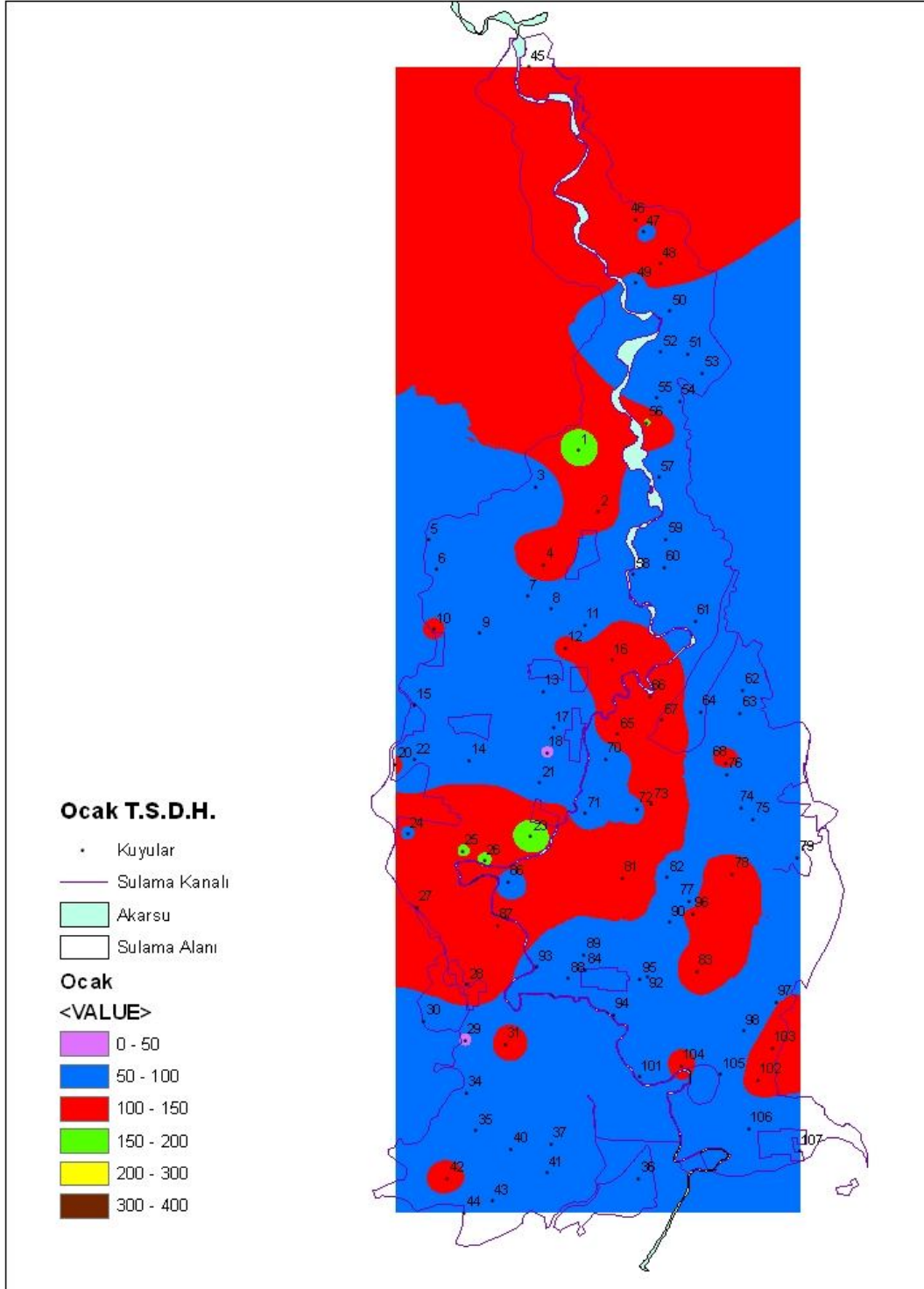


Şekil 4.4. Aralık ayı taban suyu derinlik haritası (Ö:1:100.000)

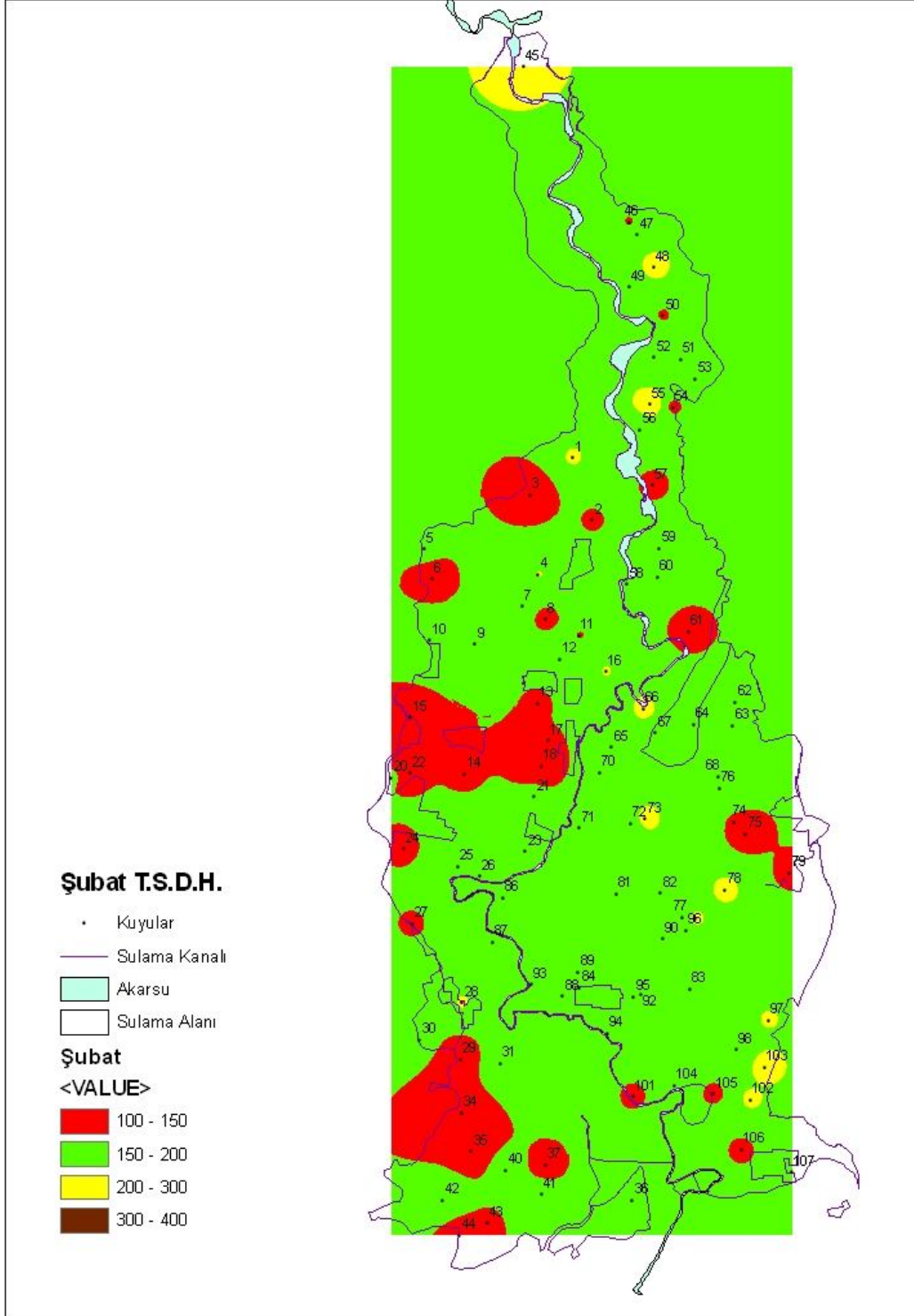
Ocak ayında çalışma sahasında ölçülen yağış miktarı 9 mm'dir. Yapılan ölçümlerde taban suyu derinliğinde yağışın da azalmasıyla bir düşüş olduğu belirlenmiştir. Problem teşkil eden 0-50 cm aralığında olan alanların toplamı 8 ha olan % 0.04'lük kısımdır. Taban suyu derinliğinin 50-100 cm aralığında olduğu alan, çalışma sahasının % 83'ünü (17730 ha) oluşturmaktadır. Taban suyu derinliğinin 100-200 cm arasında olduğu alan toplam sahanın % 16.4'üne karşılık gelen 3602 ha'lık alanı oluşturmaktadır. 0-100 cm arasında kalan alanlar ise toplam çalışma sahasının % 83.04'üne denk gelen 17.738 ha alanı oluşturmaktadır. Taban suyu derinliğinin 200 cm'nin üzerinde olduğu alan tespit edilmemiştir. Bu değerlerden de anlaşılacağı üzere bu ayda yağışın azalması taban suyu derinliğini doğrudan etkilemiş ve taban suyu derinliğinin 0-100 cm arasında olduğu bölümlerin bir önceki aya göre azalmasına neden olmuştur. Şekil 4.5 incelendiğinde, Aksu regülatörüne yakın alanı temsil eden 3, 1, 56, 54 nolu kuyulardan akış yönüne dik bir kesit alındığında, akarsuya yakın olan 1 ve 56 nolu kuyularda taban suyu derinliğinin 100-200 cm aralığında olduğu görülmektedir. Akarsudan uzaklaştıkça, 3 ve 54 nolu kuyu civarında taban suyu derinliğinin yükselerek 50 cm'e kadar çıktığı görülmektedir. Çalışma alanının orta kısımlarını temsil edebilecek 11, 16, 64 nolu kuyuların oluşturduğu kesite bakıldığında da akarsu yakınında olan 16 nolu kuyu ve etrafının 100-150 cm iken, uzak olan noktalarda bulunan 11 ve 64 nolu kuyuların olduğu yerlerde 50 cm'e kadar taban suyu derinliğinde yükselme meydana gelmiştir. Yine şekil üzerinde denize yakın bölgede 41, 36, 107 nolu kuyular dikkate alındığında; bu noktada akarsu, denizden uzak bölgelerdeki gibi drenaj kanalı görevi yapmamaktadır. Bu bölgede denizin etkisiyle taban suyu yükselerek, toprak yüzeyine yaklaşmıştır.

Şubat ayında ovaya düşen yağış miktarı 16 mm olarak gerçekleşmiştir. Bu ayda da ölçümler taban suyunda bir azalmanın olduğunu göstermektedir. Bitki gelişimi açısından önemli olan 0-100 cm aralığında kalan alan bulunmamaktadır. Bu ise yağışın taban suyu üzerine olan etkisini göstermektedir. Taban suyu derinliğinin 100-200 cm aralığında olduğu alan toplam alanın % 97'si olan 20.795 ha'dır. Çalışma sahasının % 3'ü olan 545 ha alan ise taban suyu derinliğinin 200-300 cm olduğu alandır. Şubat ayı gözlemlerinde, taban suyu derinliği 300 cm üzerinde olan ölçüm kaydedilmemiştir.





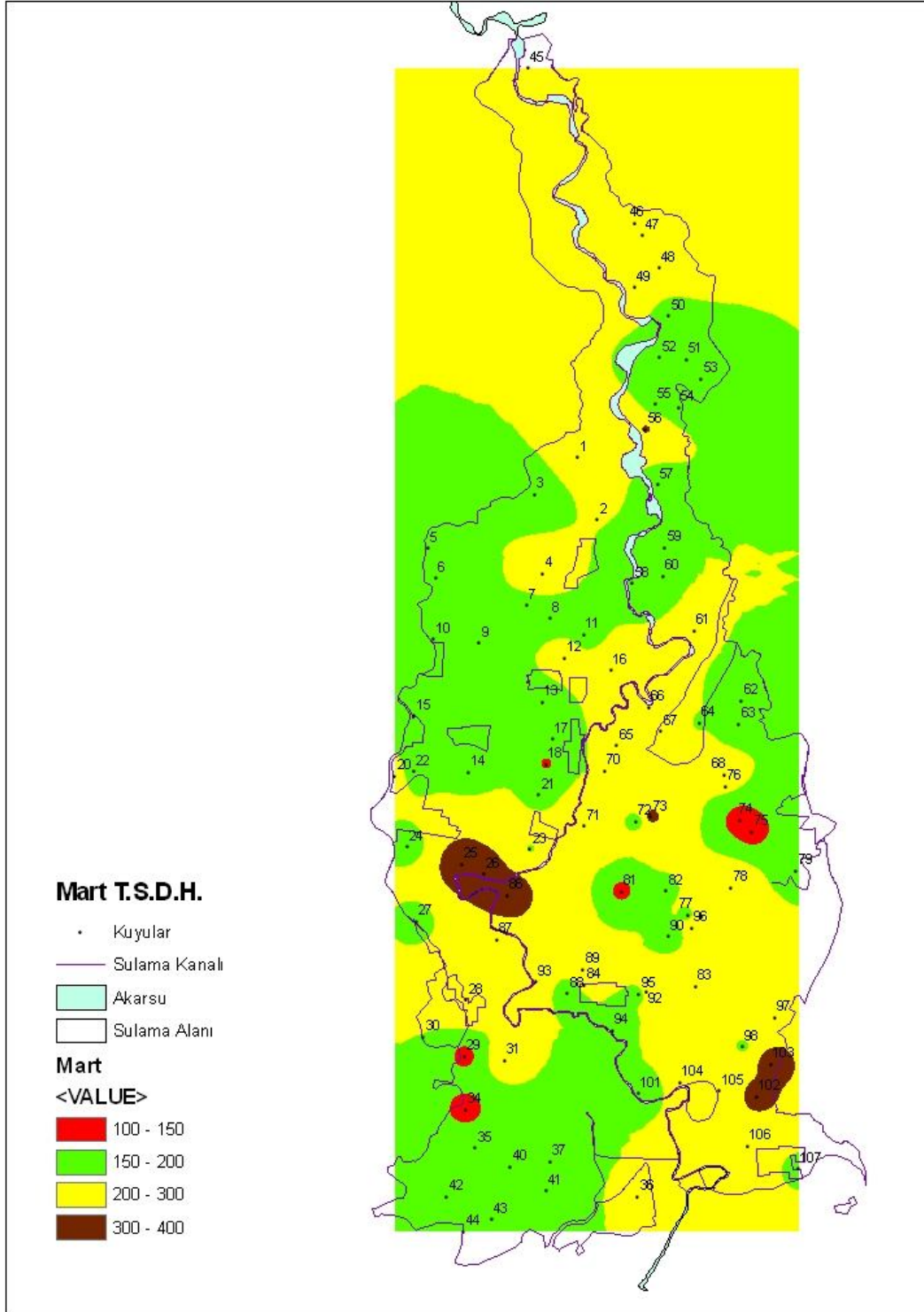
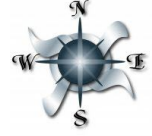
Şekil 4.5. Ocak ayı taban suyu derinlik haritası (Ö:1:100.000)



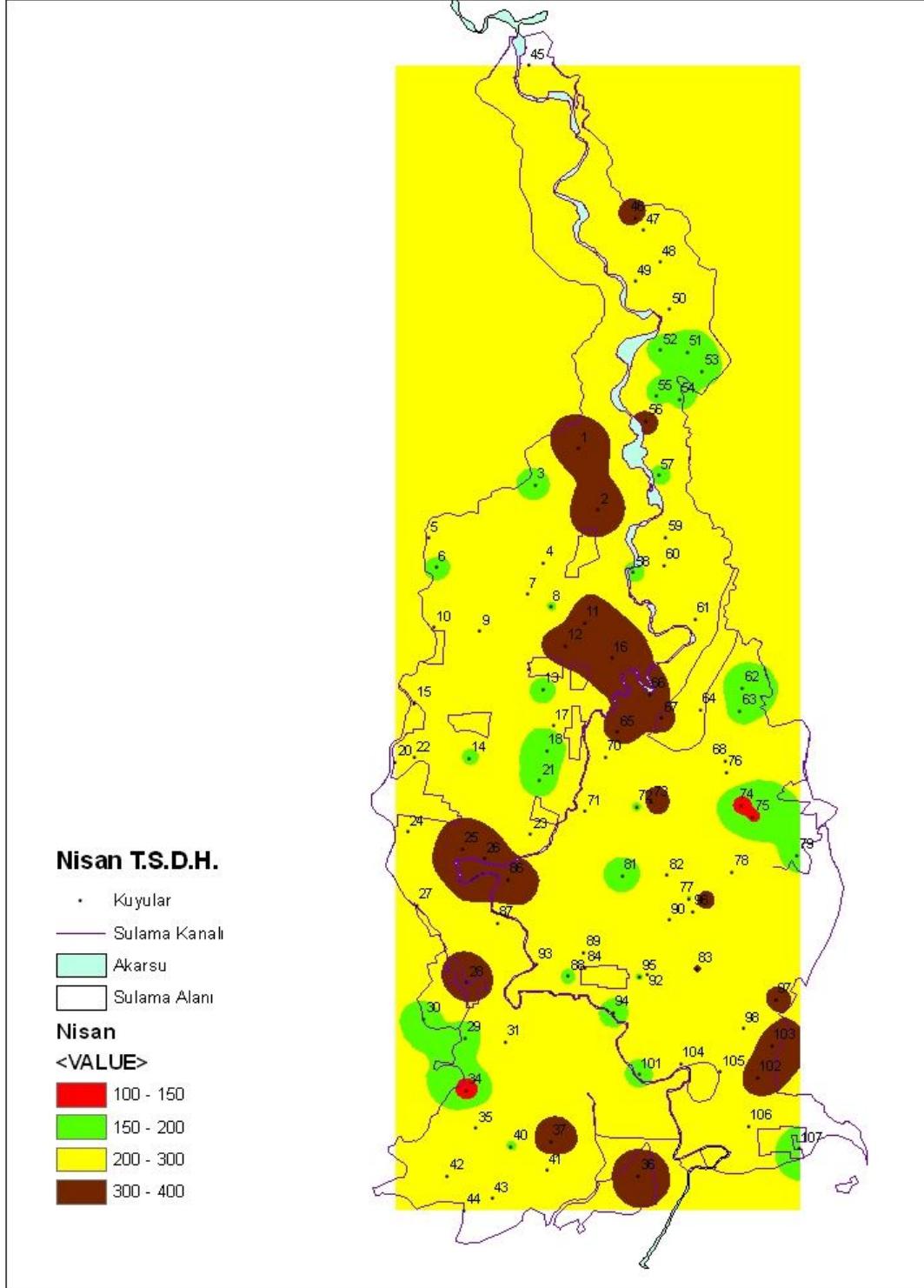
Şekil 4.6. Şubat ayı taban suyu derinlik haritası (Ö:1:100.000)

Mart ayında ise yağış miktarı biraz artmış ve 46 mm olarak gerçekleşmiştir. Düşen yağış drene olan toprak gözeneklerini kısmen, ancak doldurduğundan taban suyuna ulaşmamış dolayısıyla; taban suyu derinliğinde herhangi bir artışa sebep olmamış aksine bir azalma gerçekleşmiştir (Şekil 4.7). Mart ayında 0-100 cm arasında olan alan Şubat ayında olduğu gibi bulunmamaktadır. Çalışma sahasının % 81.2'sini oluşturan 17.277 ha alan taban suyu derinliği 100-200 cm aralığında olan alanı oluşturmaktadır. 200-300 cm taban suyu derinliğine sahip olan alan toplam alanın % 18'i olan 3930 ha'dır. 133 ha yani çalışma sahasının % 0.6'sı ise 300 cm üzerinde belirlenmiştir.

Nisan ayına ait derinlik haritasından da anlaşılacağı üzere bu ayda yağış miktarında meydana gelen bir azalma söz konusudur (Şekil 4.8). Bu nedenle bir önceki ay olduğu gibi taban suyu derinliğindeki azalmanın devam ettiği görülmektedir. Nisan ayında araştırma sahasına 23 mm yağış düştüğü tespit edilmiştir. Bu ayda da araştırma sahasında taban suyu derinliğinin 0-100 cm arasında olduğu alan yoktur. Taban suyu derinliğinin 100-200 cm arasında olduğu alan ise 4398 ha olan çalışma sahasının % 20.6'sıdır. 200-300 cm derinliğinde olan alan toplam alanın % 50'si oluşturan 10.737 ha'dır. Çalışma sahasının % 29'u ise 6205 ha olup taban suyu derinliği 300 cm üzerinde olan alan olarak belirlenmiştir.



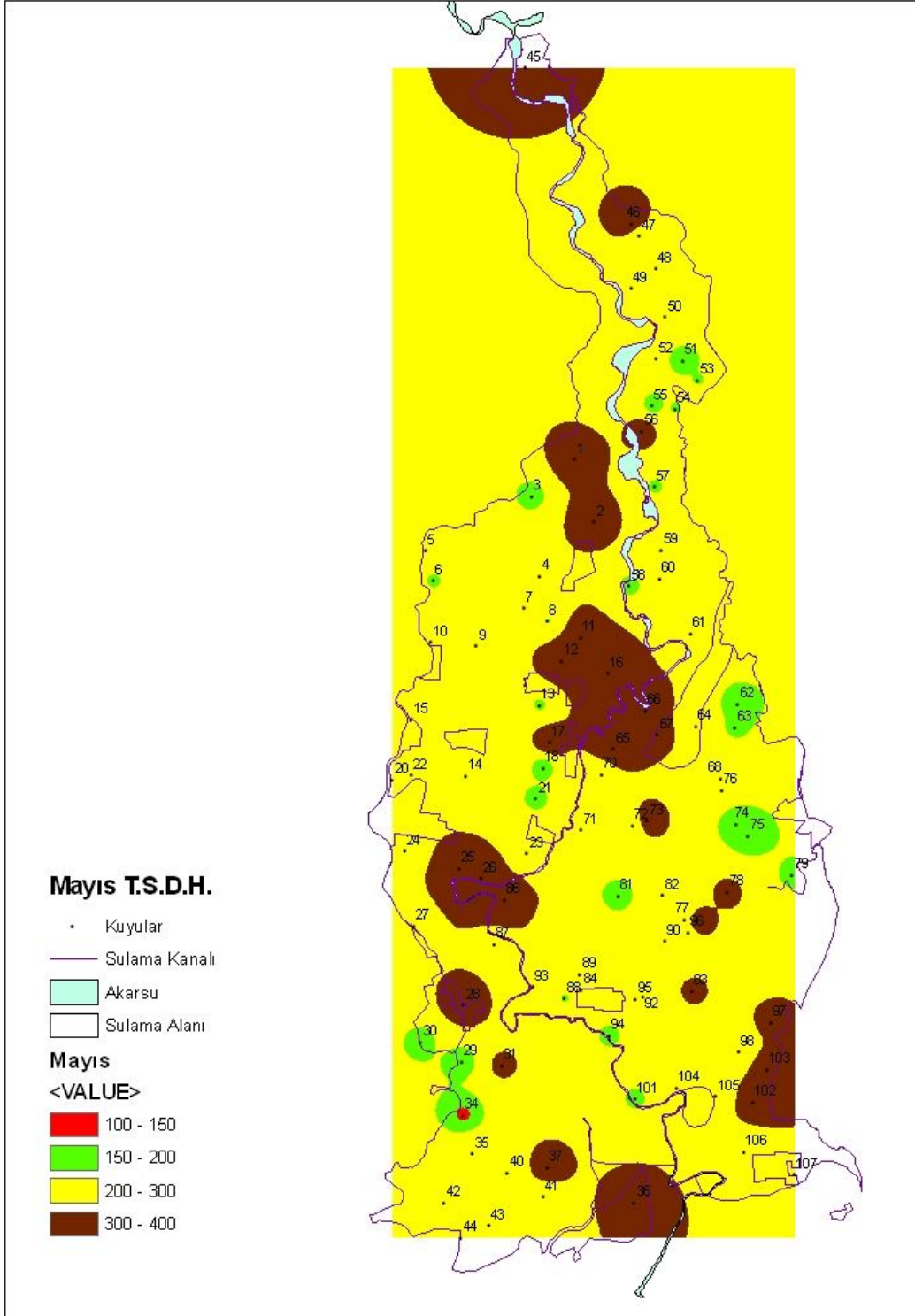
Şekil 4.7. Mart ayı taban suyu derinlik haritası (Ö:1:100.000)



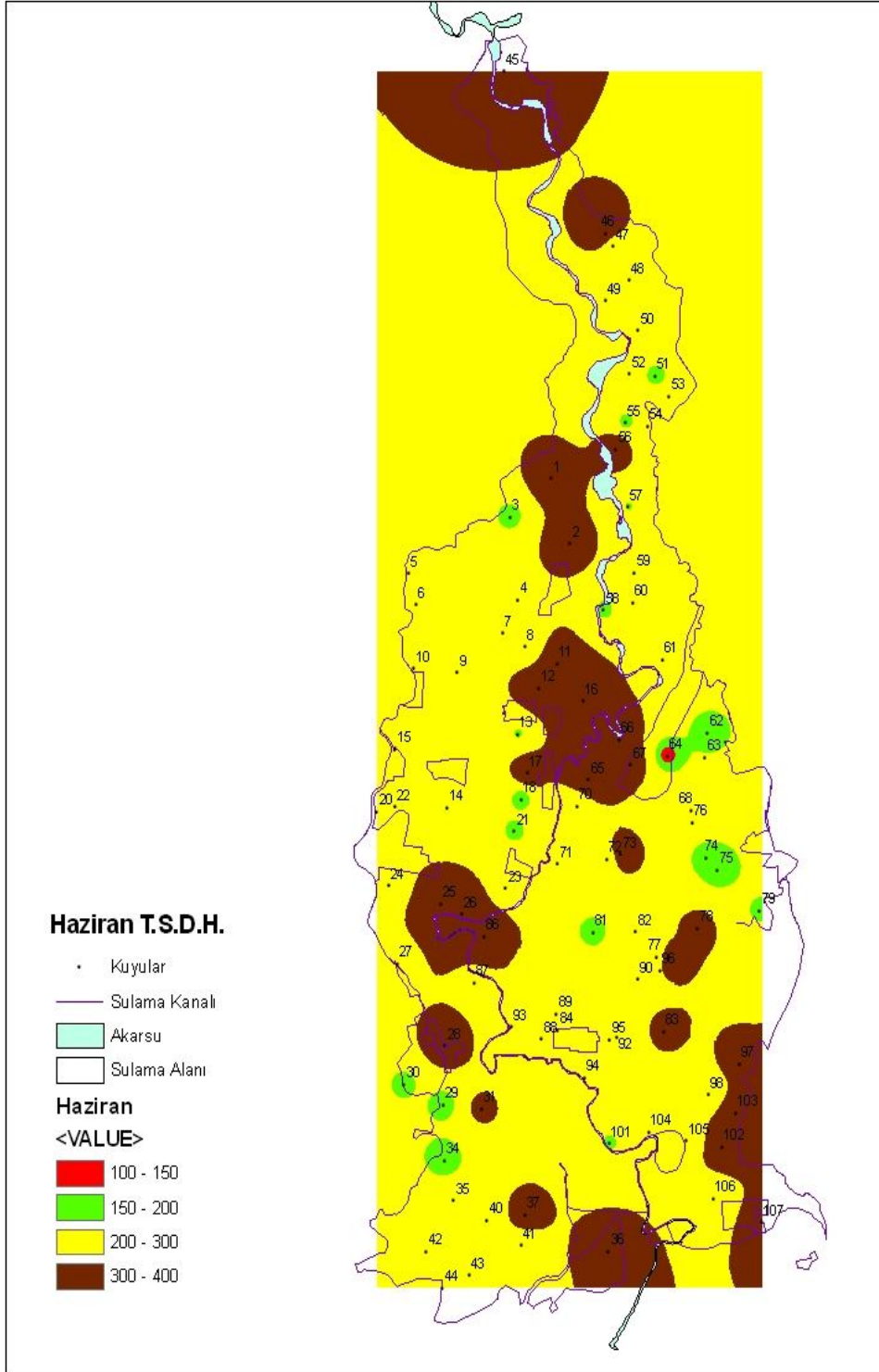
Şekil 4.8. Nisan ayı taban suyu derinlik haritası (Ö:1:100.000)

Mayıs ayının ilk haftasından itibaren taban suyu derinliğinde meydana gelen değişmeyi incelerken sulama ve yağış birlikte ele alınmıştır. Sulama mevsiminin başlamasıyla beraber taban suyu derinliğinin inceleneceği ikinci döneme girilmiştir. Bu ayda ovaya düşen yağış miktarı 23 mm olarak ölçülmüştür. Yapılan ölçümler sonucunda haritadan da (şekil 4.9) anlaşılacağı üzere taban suyu derinliğinin 0-100 cm olduğu alan bulunmamaktadır. Taban suyu derinliğinin 100-200 cm arasında olduğu alan 435 ha olup toplam alanın % 2'sini oluşturmaktadır. Taban suyu derinliğinin 200-300 cm belirlendiği alan ise 18.778 ha olan % 88'lik kısımdan oluşmaktadır. Derinliğin 300 cm'den fazla olduğu gözlem kuyusu 27 adet olup toplam çalışma sahasının % 10'unu oluşturan 2127 ha alandan ibarettir. Bu ayda taban suyuna, sulama ve yağışın etkisinin birlikte olmasına rağmen taban suyu seviyesinde azalma olmuştur. Yani taban suyu derinliğinin hala yağıştaki azalmalara bağlı olarak düştüğü, sulamanın bu aşamada bir etkisinin olmadığı ifade edilebilir. Şekil 4.9'a göre akarsuyun yine bir drenaj kanalı görevi üstlendiği görülmektedir. Şekil üzerinde 9-66-68 nolu kuyular hizalandığında suya yakın alanda taban suyu derinliğinin 400 cm'e kadar azaldığı; akarsudan uzaklaştıkça 200 cm'ye kadar yükseldiği görülmektedir.

Haziran ayında ise yağış olmamıştır. Bu ayda yağış gerçekleşmediğinden dolayı sulama faktörü tek başına etken olup; taban suyu derinliği üzerindeki etkisi gözlenmiştir. Uygulanan sulamanın da, taban suyu derinliğinde bir artışa neden olmadığı aksine; taban suyunda meydana gelen azalmanın devam ettiği Şekil 4.10'da açıkça görülmektedir. Yapılan gözlemler sonucunda bitki gelişimini olumsuz etkileyen, taban suyu derinliğinin 0-100 cm arasında olduğu alan yine bulunmamaktadır. Taban suyu derinliğinin 100-200 cm aralığında olduğu alan toplam alanın % 1'i olan 294 ha'dır. 200-300 cm derinliğindeki alanlar 19.160 ha olup % 89'luk kısmı oluşturmaktadır. Mayıs ayında olduğu gibi çalışma sahasının % 11'i olan 2486 ha alanda taban suyu derinliği 300 cm üzerinde ölçülmüştür. Taban suyu derinliğinin azalması sonucu toprak gözeneklerindeki su-hava dengesi de tekrar sağlanmaya başlanmış ve bitki gelişimi için daha uygun bir ortam oluşmaya başlamıştır. Alanda genel olarak sıcaklık artışının olmasıyla birlikte toprak yüzeyinden buharlaşmanın da artması, taban suyu derinliğinde azalmalara neden olmuştur.



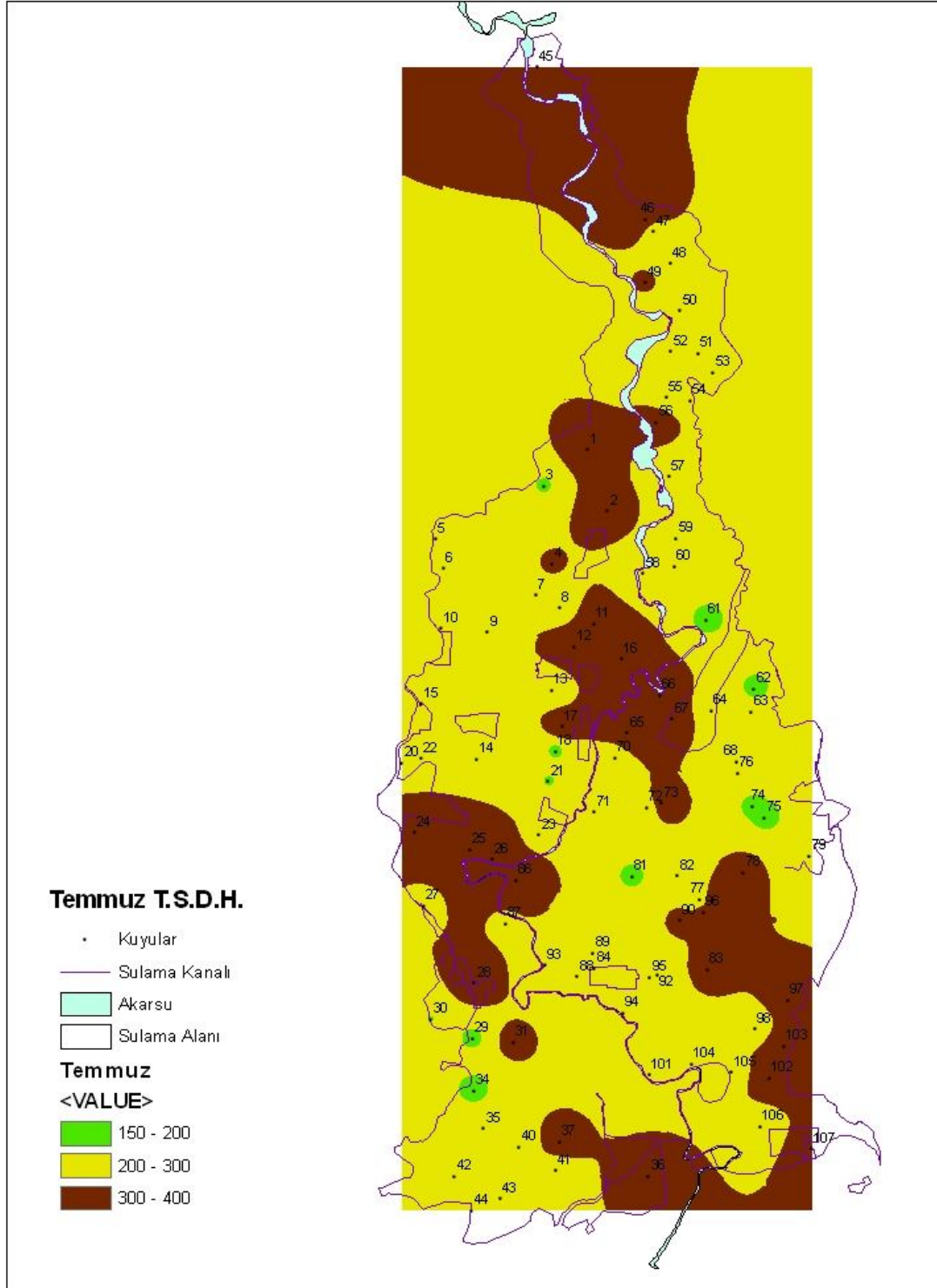
Şekil 4.9. Mayıs ayı taban suyu derinlik haritası (Ö:1:100.000)



Şekil 4.10. Haziran ayı taban suyu derinlik haritası (Ö:1:100.000)



Temmuz ayında da yağış olmamıştır ve 0-100 cm derinliğinde alan gözlenmemiştir. Haritadan da (Şekil 4.11) anlaşılacağı gibi taban suyu derinliğinde ki azalma sürmektedir. Buradan bu ayda yağışın olmaması nedeniyle sulamanın taban suyu derinliğinde bir artışa neden olmadığı anlaşılmaktadır. Taban suyu derinliği 100-200 cm derinliğinde olan alan çalışma alanının % 3'ü olan 529 ha'dır. 200-300 cm derinliğinde olan alan 17.241 ha'la % 80'lik bir alanı oluşturmaktadır. Derinliğin 300 cm üzerine çıktığı alanda artış olmuş ve toplam alanın % 17'si yani 3570 ha'lık alanı oluşturmuştur. Yağışın olmaması ve sıcaklığın yükselmesine bağlı olarak buharlaşmanın artması sonucu taban suyu derinliğindeki azalma sürmektedir. Şekil 4.11'e bakıldığında regülatör bölgesi ve alanın orta kısımlarında bazı alanlarda akarsu yakınında ölçülen taban suyu derinlik değerleri suya uzak mesafede yapılan ölçümlere göre daha düşük çıkmıştır. Örneğin alanın orta kısmında 14-65-64 nolu kuyuların bulunduğu kesit incelendiğinde akarsuyun yakınında olan 65 nolu kuyu ve civarı 400 cm'e ulaşırken; 14 ve 64 nolu kuyuların etrafında yapılan ölçümler 150-200 cm derinliklerindedir.



Şekil 4.11. Temmuz ayı taban suyu derinlik haritası (Ö:1:100.000)

Sulamanın taban suyuna olan etkilerinin bilinmesi için; su gereksiniminin fazla ve sulamanın en yoğun gerçekleştiği aya (Ağustos) ait taban suyu değerleri harita üzerine işlenerek sulamanın en yoğun olduğu ay eş derinlik haritası Şekil 4.12’de verilmektedir. Aksu Ovasında en kurak ay hiç yağış almayan Ağustos ayı olarak gözlenmiştir. D.S.İ. tarafından Aksu regülatöründen çalışma alanına gözlem yılı içinde sulama amaçlı saptırılan su miktarları Çizelge 4.1’de verilmektedir. Sulama suyuna en çok Ağustos ayında ihtiyaç duyulmuştur. Bu nedenle ovada sulamanın en yoğun olduğu ay Ağustos ayı olarak kabul edilebilir.

Çizelge 4.1. Aksu regülatöründen çalışma alanına 2008 yılında saptırılan su miktarı

Aylar	Su miktarı (m <sup>3</sup> )
Ocak	0
Şubat	0
Mart	5574096
Nisan	7297668
Mayıs	14462244
Haziran	16379796
Temmuz	21447154
Ağustos	21778023
Eylül	17366737
Ekim	9685811
Kasım	3412420
Aralık	0

Ağustos ayında yağışın olmaması, buharlaşma ve bitki su tüketiminin de artması sonucunda taban suyundaki azalma devam etmektedir. Ağustos ayında en yüksek rasat alınan kuyular, 21 (168 cm), 22 (175 cm), 29 (163 cm) ve 44 (162 cm) numaralı kuyulardır. Şekil 4.12 dikkate alındığında, taban suyunun 0-100 cm arasında bulunduğu alan gözlenmemiştir. 100-200 cm arasında olduğu alanların toplamı ise 1132 ha olan toplam alanın % 5.6’sı olarak gerçekleşmektedir. Derinliğin 200-300 cm olduğu alanlar çalışma sahasının % 43’ü olan 9293 ha alandan oluşmaktadır. Ağustos ayındaki ölçümlerde taban suyu derinliği 300 cm üzerinde olan alanda artış gözlenmiş ve 10.808 ha olan % 51’lik bir alanı kapsamıştır. Mayıs, Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarına ait Şekil 4.9, Şekil 4.10, Şekil 4.11, Şekil 4.12 incelendiğinde,

bu aylarda akarsuyun yakınında bulunan alanlarda yapılan ölçüm değerleri 400 cm'e ulaşırken; akarsudan uzaklaştıkça 150 cm'e kadar taban suyu derinliğinde artışlar meydana geldiği görülmektedir.

Genel olarak değerlendirildiğinde, 12 ay boyunca yağışın olduğu dönemlerde; yağışın toprağın yıkanmasına neden olması, su ihtiyacı yüksek bitkilerin ekilmeyişi, uygulanan sulamanın göllenmeye neden olmaması, ovada bulunan drenaj kanallarının bakım onarım çalışmalarının sürdürülmesi taban suyu derinlik değerlerinin çok yüksek çıkmasını engellemektedir. Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarında ovada gözlem yılı dahil olmak üzere son üç yıldır yağış olmamaktadır. Yağış olmayan aylarda yapılan ölçümler dikkate alındığında yağış faktörü etkisiz olacağından, sulama etkeninin taban suyu derinliği üzerindeki etkisi daha belirgin anlaşılmaktadır. Bu aylara ait haritalar incelendiğinde taban suyunda sulamaya bağlı olarak bir artış gözlenmemektedir. Aksine, önceki aylarda yağışa bağlı olarak taban suyu derinliğinde meydana gelen azalmaların devam ettiği görülmektedir. Böylece yıl içerisinde meydana gelen taban suyu derinliğindeki artışların nedeninin sulamaya değil; yağışa bağlı olarak gerçekleştiği ifade edilebilmektedir. Sulama tek başına taban suyu derinliğinde bir artışa neden olmamaktadır. Çizelge 4.2'den Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında taban suyu seviyesinin genellikle düştüğü, diğer aylarda yükselerek toprak yüzeyine yaklaştığı ve gözlem noktalarının çoğunda Aralık ayında, bir kısmında da Kasım ve Ocak aylarında en yüksek düzeye çıktığı görülmektedir. Bu durumun, aylık ortalama yağış ve yaz aylarında sıcaklığın artmasıyla oluşan buharlaşmanın doğal bir sonucu olduğu söylenebilir. Taban suyu seviyesinin yüksek olduğu aylarda, yağış miktarının diğer aylara oranla genellikle daha yüksek olduğu görülmektedir.

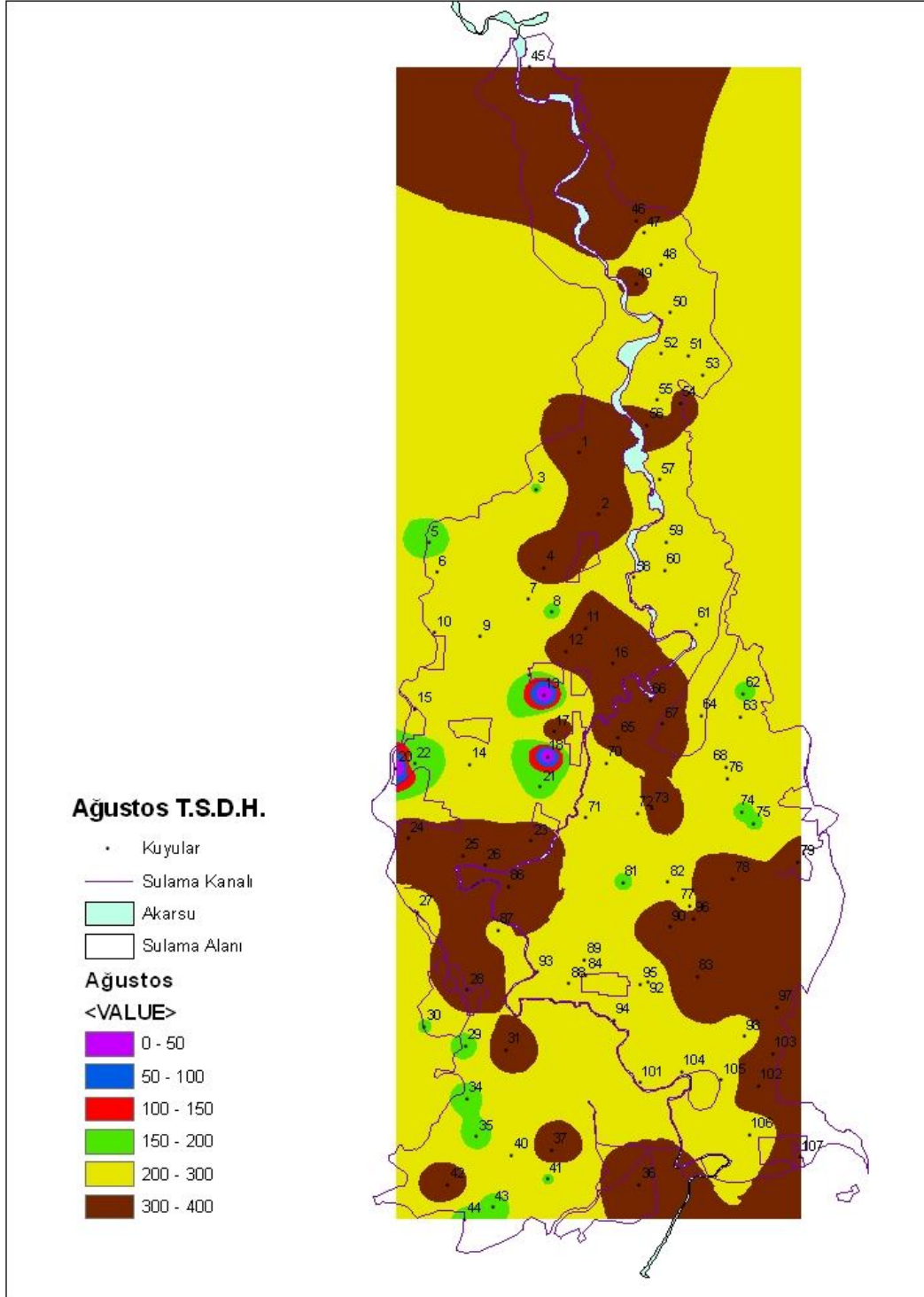
Ercan (1990) Sivas'ta bir yıl boyunca yapmış olduğu taban suyu seviyesi ölçümleri ve aylık ortalama yağış değerlerinin birlikte değerlendirilmesi sonucunda taban suyu seviyesinin genellikle yağışa bağlı olarak değiştiği; diğer bir anlatımla yağış miktarının diğer aylara oranla daha fazla olduğu Ekim-Mayıs döneminde taban suyu seviyesinin toprak yüzeyine yaklaştığı, yağış miktarının daha az olduğu, Haziran-Eylül döneminde ise taban suyu seviyesinin düştüğünü saptamış ve ovada, taban suyunun ana kaynağını yağışların oluşturduğunu ifade etmiştir.

Kara (1990) ise Bafra'da çalışmasını sürdürmüş ve yağışın fazla olduğu aylarda taban suyu seviyesinde artış olduğunu, yağışın az veya olmadığı dönemlerde ise taban suyu seviyesinde

düşme olduğunu; ayrıca yüksek taban suyunun tuzluluk sorununu beraberinde getirdiğini vurgulamıştır.

Çizelge 4.2. Taban suyu derinliği % değerleri

Aylar	Taban suyu derinliği % değerleri			
	0-100 cm	100-200 cm	200-300 cm	300-400 cm
Eylül	0.7	2.3	77	20
Ekim	1	6	13.4	80
Kasım	85.3	14		
Aralık	93	7		
Ocak	83.04	16.4		
Şubat		97	3	
Mart		81.2	18	0.6
Nisan		20.6	50	29
Mayıs		2	88	10
Haziran		1	89	11
Temmuz		3	80	17
Ağustos		5.6	43	51



Şekil 4.12. Ağustos ayı taban suyu derinlik haritası (Ö:1:100.000)

#### 4.2. Taban Suyu Tuzluluk Haritasının Değerlendirilmesi

Sulanan alanlarda; taban suyu tuzluluk seviyesi, uygulanan sulama suyunun miktarı ve kalitesi, drenaj sisteminin aktivitesine bağlı olarak değişebilmektedir. Taban suyu tuzluluğu, sulama sistemlerinde bitkilerin gelişimi için uygun çevre koşullarını etkilediği için çok önemli role sahiptir. Bundan dolayı taban suyu tuzluluğunun hem zamansal hem de konumsal değişiminin izlenmesi gerekmektedir. Taban suyu tuzluluk haritaları genellikle bu amaçla kullanılmaktadır (Gündoğdu ve Akkaya Aslan 2008).

Araştırma alanında Ağustos ayında, gözlem kuyularından alınan su numunelerinin EC değerleri belirlenmiştir. Sadece taban suyu derinliği bitki verimine olumsuz yönde etki etmemekte, bununla birlikte suyun EC değeri de bitki verimini etkilemektedir. Kuyulardan alınan su örneklerinin EC değerleri arazide EC metre ile ölçülmüştür. Kuyulardan alınan örneklerin öncelikle sıcaklıkları belirlenmiş ve daha sonra EC değerleri tespit edilmiştir. Belirlenen EC değerlerinin 25°C'ye karşılık gelen eş değeri belirlenmiştir. Ölçümlerde elde edilen verilerin değerlendirilmesi T.S.E. tarafından belirlenen değerlere göre yapılmıştır. 0-250 µmhos/cm düşük tuzlu sular, 250-750 µmhos/cm orta tuzlu sular, 750-2250 µmhos/cm yüksek tuzlu sular, 2250 µmhos/cm üzeri ise çok yüksek tuzlu sular olarak yorumlanmıştır (Anonim 1989).

Çalışma alanının yaklaşık % 1'i olan 237 ha'lık kısımda tuzluluk değeri 2250 µmhos/cm üzerinde belirlenmiştir. % 18.5'lik kısmı olan 3948 ha alan ise 750-2250 µmhos/cm olarak gözlenmiştir. Toplam alanın % 19.5'i yüksek tuzluluk içermektedir. Taban suyu derinliğinin tuzluluk üzerine etkisini değerlendirebilmek için ovada Ağustos ayında gerçekleştirilen taban suyu ölçümlerinde yüksek derinlikte olan alanlara ait tuzluluk değerleri karşılaştırılmaktadır. Şekil 4.12'de yer alan 5 nolu kuyu 150-200 cm civarında taban suyu derinliğine sahip olup, yeşil renkle belirtilmektedir. Ağustos ayında aynı kuyuda yapılan tuzluluk ölçümünde 987 µmhos/cm değeri elde edilmiştir. 6 nolu kuyuda taban suyu derinliği 200 cm civarında belirlenmiştir, tuzluluk değeri ise 5720 µmhos/cm olarak ölçülmüş olup çok yüksek tuzluluk içermektedir. 74 ve 105 nolu kuyularda da taban suyu derinliği 150-200 cm civarında olup, tuzluluk değerleri ise 2410-2900 µmhos/cm olarak belirlenmiştir. Ovada regülatörün bulunduğu yukarı kısımlarda, taban suyu derinliği 200-400 cm arasında olup, buralarda ölçülen taban suyu tuzluluk değerleri 400-600 µmhos/cm aralığında belirlenmiştir yani tuzluluk orta seviyededir. Ovanın orta kısımlarında taban suyu derinliğindeki artışla beraber

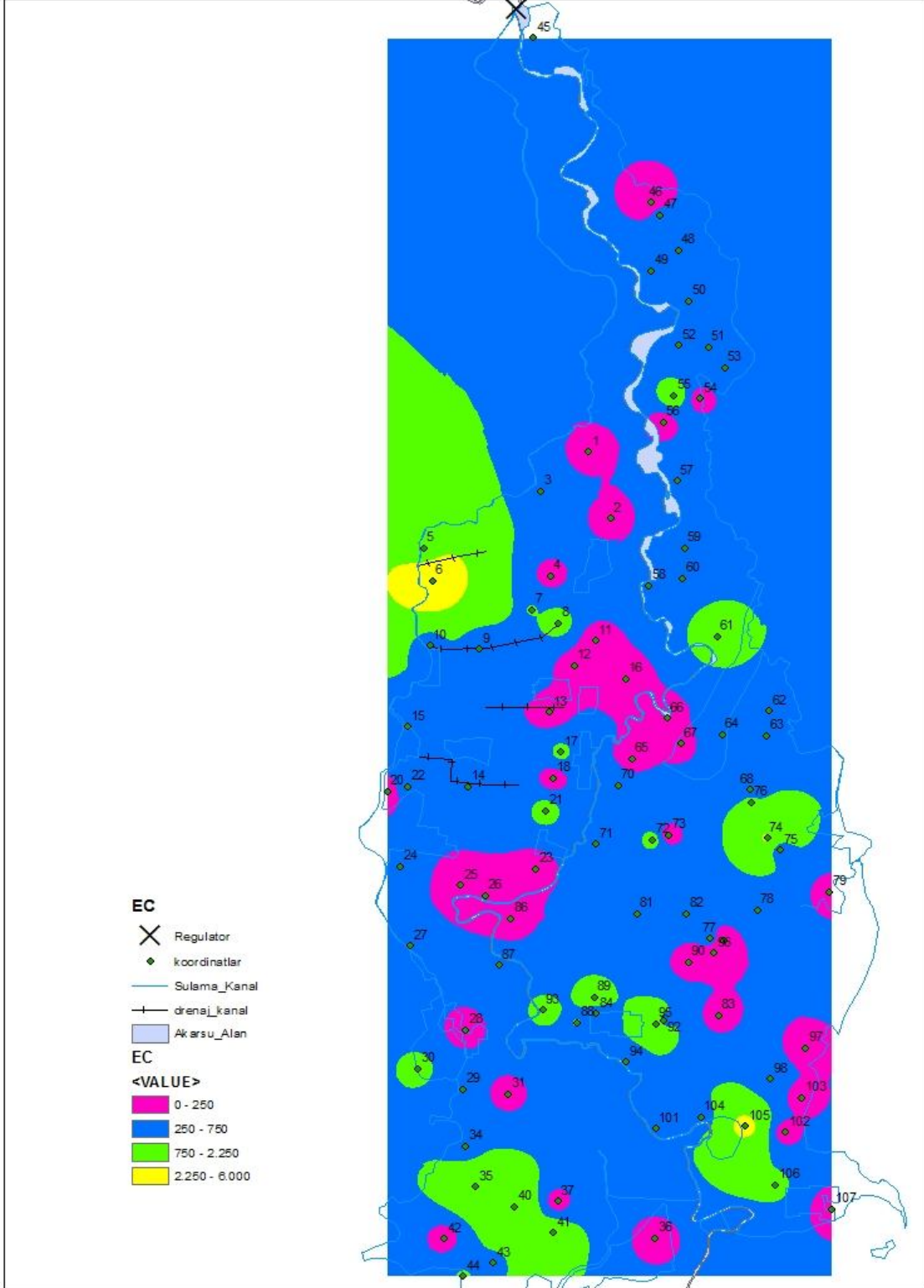
taban suyu tuzluluk değerlerinde de yükselmeler gözlenmektedir. Denize yakın bölgelerde ise, denizin de etkisiyle taban suyu tuzluluğunun daha da arttığı gözlenmektedir.

Sonuç olarak, ovada sulamadan çok yağışa bağlı olarak değişiklikler gösteren taban suyu seviyesi, taban suyu tuzluluğu üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Taban suyu derinliğinin artış gösterdiği noktalarda tuzluluk değeri de artarken, taban suyu derinliğinin azaldığı noktalarda taban suyu tuzluluk değeri de azalmaktadır. Ayrıca ovada sıcaklığın en fazla arttığı bu ayda sıcaklığın etkisiyle buharlaşmanın da artmasıyla; buharlaşıp kaybolan sular, yerlerine bünyelerinde barındırdıkları tuzları bırakmaktadırlar.

Genel olarak tarım arazilerinde tuz birikiminin kaynağı sulama ve yüksek taban suyudur. Çalışma alanında sulama ana su kaynağı Aksu Çayı olup, sulama suyu EC değeri 381  $\mu\text{mhos/cm}$ 'dir (Şentay 2008). Yani orta derece tuzluluk sınıfında yer almaktadır. Elde edilen taban suyu tuzluluk değerleri, uygulanan sulama suyundan daha fazla tuz içermektedir. Taban suyu seviyesinin yüzeğe yakın olduğu noktalarda, bu ayda sıcaklığın etkisiyle buharlaşma ve bitki su alımının artması sonucu olarak tuzlu taban suyunun yukarıya doğru hareketine elverişli bir ortam hazırlanmış olmaktadır. Taban suyu uzun süre toprak yüzeyine yakın bir konumda kalırsa, toprakta tuz birikimi kültür bitkilerinin gelişmesini engelleyecek yoğunluklara erişebilir. Buradan yüksek buharlaşmanın özellikle de kurak ve yarı kurak iklim bölgelerinde ki tuzluluğun en önemli nedenlerinden biri olduğu söylenebilir. Çalışma alanı da kurak ve yarı kurak bölgeler içine dahil olmaktadır ve burada buharlaşma işlemi toprak yüzeyinden daha aşağılardan başlayıp, tuzlulaşmanın daha derinlerde oluşmasına neden olabilir. Tuzluluğun etkisini minimuma indirgeyebilmek için var olan drenaj kanallarının yeterliliği denetlenmeli, etkin bir drenaj sistemi oluşturulmalıdır. Tuzluluğun yüksek olduğu alanlarda tuza dayanıklı bitkilerin yetiştirilmesine öncelik verilmelidir.

Ağustos ayında yapılan ölçümler sonucunda elde edilen değerler taban suyu tuzluluğunun araştırma sahasındaki dağılımını belirlemede kullanılmaktadır. Alınan bu değerler ArcGIS 9.2 bilgisayar programında yer alan Inverse Distance Weight (IDW) enterpolasyon yöntemiyle haritalandırılarak Şekil 4.13 oluşturulmuştur.





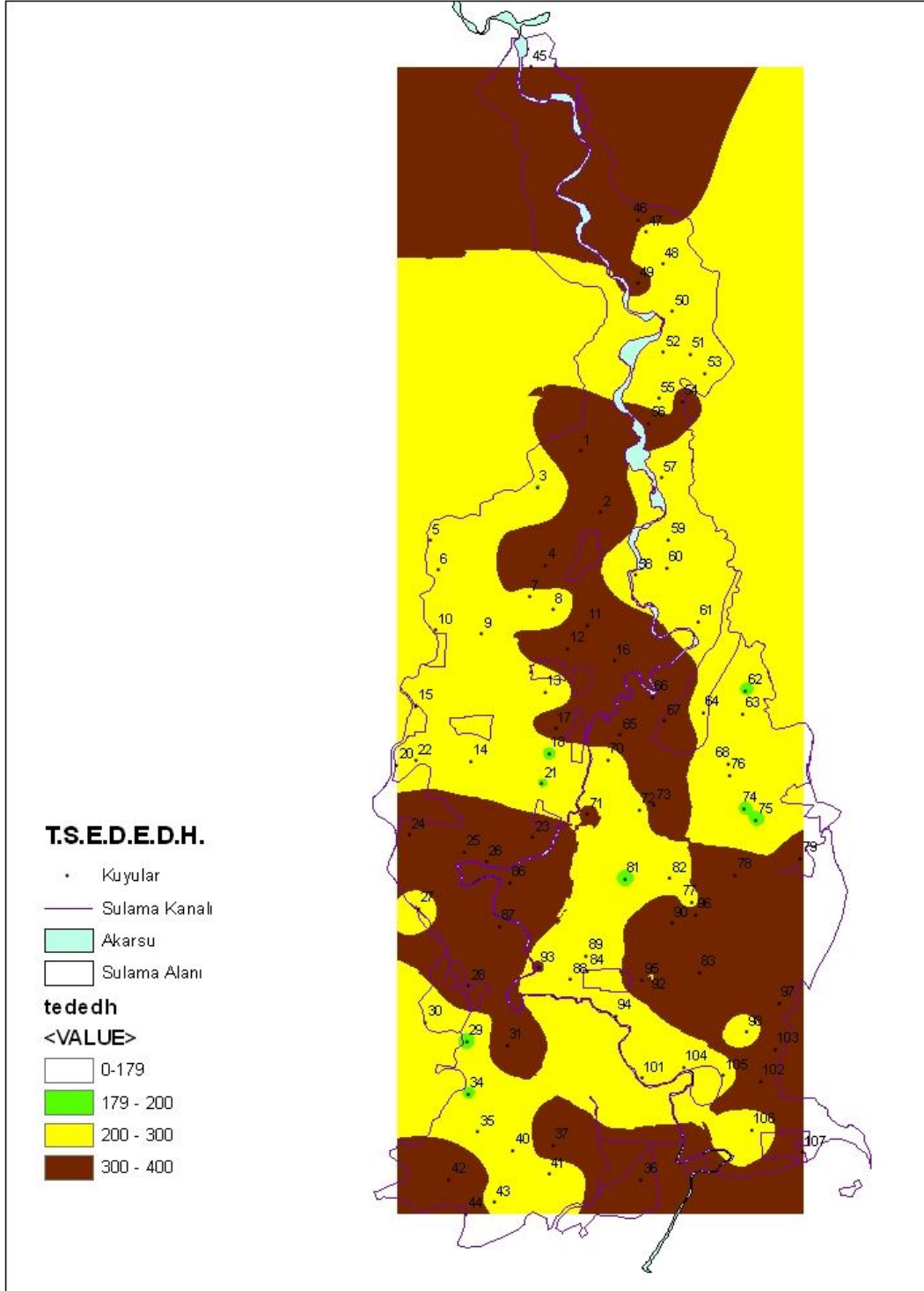
Şekil 4.13. Taban suyu tuzluluk haritası (Ö:1:100.000)

### **4.3. Taban Suyu En Yüksek Eş Derinlik Eğrileri ile Taban Suyu En Düşük Eş Derinlik Eğrileri Haritalarının Değerlendirilmesi**

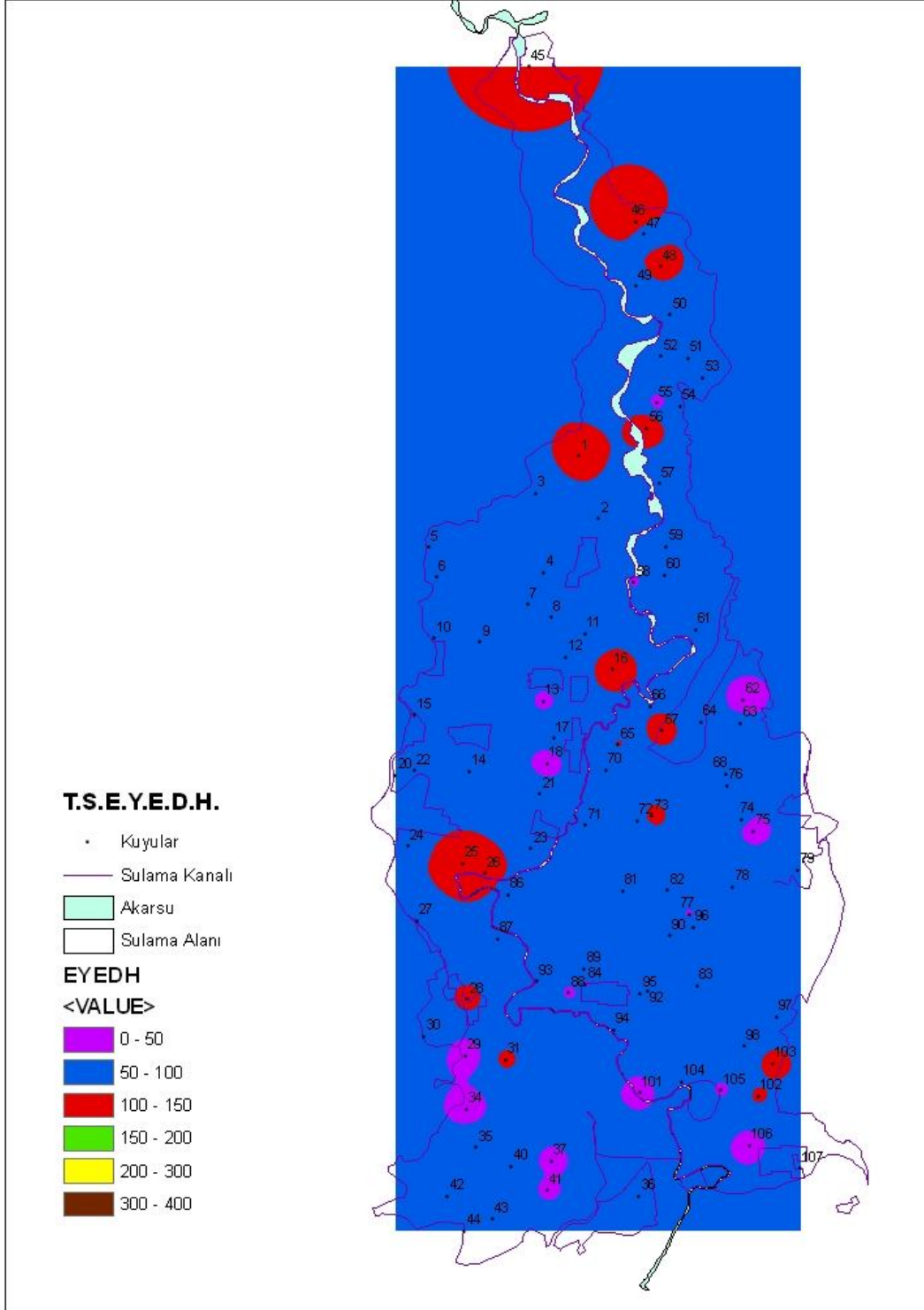
Taban suyunun 12 aylık dönem içinde her kuyuda toprak yüzeyine en yakın ve en uzak olduğu değerler saptanmaktadır. Yıl boyunca her kuyuda saptanan en düşük değer harita üzerine işlenerek, taban suyu kritik en yüksek eş derinlik eğrileri haritası çizilmektedir. Bu harita, sulama alanında, taban suyunun bir yıl içerisinde en fazla hangi düzeye kadar yükseldiğini göstermektedir. Gözlem formunda saptanan en küçük değer, taban suyunun toprak yüzeyine en yakın, en büyük değer ise en uzak olduğu ölçümü vermektedir.

Araştırma sahasında bulunan 107 adet taban suyu gözlem kuyusunun en düşük değerleri belirlenmiş ve buna göre taban suyu en yüksek eş derinlik haritası olan Şekil 4.14 çizilmiştir. 0-100 cm arasındaki alanlar, toplam çalışma alanının % 83'üne denk gelmektedir. 100-150 cm derinliğindeki alanlar ise % 17'dir. Buradan da anlaşılacağı gibi çalışma sahasının tamamında kısmen de olsa drenaj sorunu bulunmaktadır.

Araştırma sahasında bulunan kuyuların 12 aylık ölçüm değerlerinden her bir ay için gözlenen en büyük değerler kullanılarak ise kritik en düşük eş derinlik eğrileri haritası çizilmektedir. Çizilen harita, sulama alanında taban suyunun bir yıl içerisinde en fazla hangi düzeye kadar düştüğünü göstermektedir. Bu haritada, taban suyunun 0-100 cm arasında olduğu alanlar taban suyunun tüm yıl bitki kök bölgesinde olduğu alanları, başka bir deyişle çiftlik drenajı yapılması gereken alanları göstermektedir. Belirlenen değerlere göre hazırlanan haritada 100 cm'den düşük değere sahip alanlar tespit edilmemiştir. Şekil 4.15 incelendiği zaman 0-100 cm aralığındaki derinliklerde herhangi bir problem olmadığı görülmektedir.



Şekil 4.14. Taban suyu en düşük eş derinlik haritası (Ö:1:100.000)

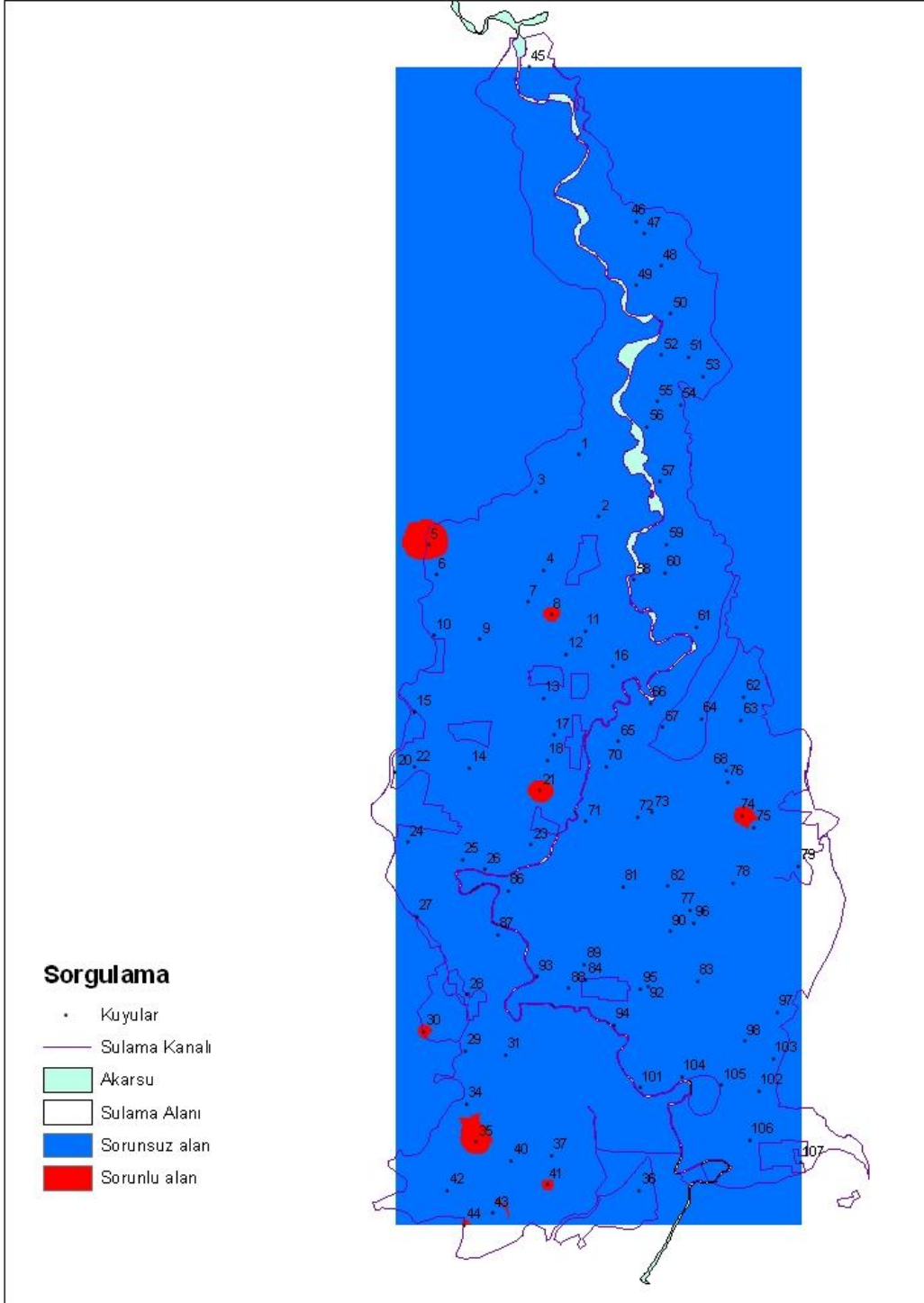


Şekil 4.15. Taban suyu en yüksek eş derinlik haritası (Ö:1:100.000)

#### **4.4. Taban Suyu Derinliği ve Taban Suyu Tuzluluğunun Birlikte Sorun Olduğu Alanları Gösteren Haritanın Değerlendirilmesi**

Taban suyu derinliği ve taban suyu tuzluluğunun birlikte sorun olduğu alanları gösterebilmek için ilk önce sulamanın en yoğun olduğu Ağustos ayına ait taban suyu eđ derinlik eğrileri haritasında taban suyunun 0-200 cm arasında olduğu sorunlu kuyular ve temsil ettiği alanlar belirlenmiştir. Daha sonra taban suyu tuzluluk eğrileri haritasında taban suyu derinliğinin 0-200 cm arasında olduğu sorunlu kuyular içerisinde, aynı zamanda taban suyu tuzluluğunun da yüksek olduğu kuyular belirlenmiştir. Taban suyu tuzluluğunun sorun oluşturduğu sınır değerler T.S.E. tarafından belirlenmiş olan 750  $\mu\text{mhos/cm}$  ve üzeri değerler olarak alınmiştir (T.S.E. 1989). Ortak sorun içerenler D5, D21, D30, D35, D41, D44, D61, D74 numaralı kuyular olarak belirlenmiştir. Bu alanlar çiftlik drenajı gereken alanlar olarak nitelendirilmektedir. Taban suyu derinliği ve taban suyu tuzluluğunun birlikte problem olduğu alanlara ait haritayı oluşturmak için ArcGIS programında yer alan Spatial Analiz Modülü fonksiyonlarından “raster hesaplayıcı” fonksiyonu ile taban suyu derinlik ve taban suyu tuzluluk katmanları kullanılarak çakıştırma analizi yapılmıştır. akıştırma işleminden önce bu katmanlara ait çakıştırma kriterleri belirlenmiştir. Taban suyu derinliği 200 cm’nin altında olan sorunlu alanlarla, taban suyu tuzluluğu 750  $\mu\text{mhos/cm}$ ’den fazla yani aynı zamanda tuzluluğu yüksek olan alanlar Raster Calculator’da sorgu alanına girilerek yeni bir “Calculation (hesaplanan alan)” katmanı oluşturularak Şekil 4.16’da verilen harita elde edilmiştir.

Taban suyu derinliği ve taban suyu tuzluluğunun problem olarak görüldüğü 200 cm kotu ve altındaki alanlarda etkin bir drenaj sistemi sağlanamamış olması nedeniyle bu bölgedeki biriken sular, buharlaşarak uzaklaşmaktadır. Suların buharlaşması nedeniyle su kaybolmakta ve tuzlar toprakta kalmaktadır. Bunun sonucunda ise, sorunlu alanda tuzluluk artışı olabilmektedir. Yüksek taban suyu seviyesi olan toprakların büyük bir çoğunluğunda ışlah çalışmasının yapılabilmesi, öncelikle bitkiler için zararlı miktarda erimiş tuz içeren taban suyu düzeyinin kök bölgesinden uzaklaştırılmasına bağlıdır.



Şekil 4.16. Taban suyu derinliğinin ve taban suyu tuzluluğunun birlikte sorun olduğu alanları gösteren harita (Ö:1:100.000)

Ağustos ayında araştırma sahasının % 7'sine karşılık gelen 1398 ha alan, hem taban suyu derinlik, hem de taban suyu tuzluluk problemi ile karşı karşıya bulunmaktadır.

Aksu Sağ Sahil Sulama Alanında Dumanlar (D5), Yeniköy (D21), Karacalı (D30-35) ve Kundu (D41-44) sorunlu alanlardır. Aksu Sol Sahil Sulama Alanında ise, Abıcılar çevresi (D61-74) taban suyu derinliği ve taban suyu tuzluluğunun ortak sorun oluşturduğu alanı kapsamaktadır.

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Araştırma alanı olan Aksu Ovası'nda D.S.İ. tarafından açılmış toplam 107 adet taban suyu gözlem kuyusu incelenmiştir. Bu kuyular içerisinde sol sahilde 35 adet, sağ sahilde ise 2 adet köy kuyusu bulunmaktadır. Bu bölümde, 2008 yılının her ayının son haftası kuyulardan elde edilen verilerden yararlanılarak taban suyu seviyesi ve sulamanın en yoğun olduğu ay gözlenen taban suyu elektriksel iletkenlik değeri değişimlerinin incelenmesi ile elde edilen sonuçlar verilmekte, ovada drenaj ve tuzluluk sorununa ilişkin çözüm önerilerinde bulunmaktadır.

Yıl içerisinde taban suyu derinliğinin 100 cm'nin altına düştüğü sorunlu alanlar yalnızca Kasım, Aralık ve Ocak aylarında gözlenmektedir. Kasım ayında yapılan ölçümler sonucunda taban suyu derinliğinin 0-100 cm arasında olduğu alan araştırma sahasının % 85.3'lük kısmını oluşturmaktadır. Bitki gelişimi için zarar oluşturacak, toprak gözeneklerinin su-hava dengesini bozacak, tuzlanma vb. sorunları beraberinde getirecek olan bu % 85.3'lük alandaki taban suyu derinliğinin artış nedeni başta yağış olmak üzere, bu dönemde bitki-su tüketiminin azalması ve etkin bir drenaj sisteminin olmamasıdır. Ovanın büyük bir bölümünde taban suyu probleminin arttığı gözlenmektedir.

Araştırma alanında 2008 yılı değerlerine göre en çok yağış alan Aralık ayında, taban suyunun problem olarak değerlendirildiği 0-100 cm aralığında olduğu alan toplam çalışma sahasının % 93'üne karşılık gelmektedir. Yıl içerisinde en fazla yağış alan bu ay; aynı zamanda taban suyu derinliğinin sorun yarattığı 0-100 cm değerinin de en fazla gözlendiği ay olmaktadır. Aralık ayında da Kasım ayına benzer nedenlerle ovanın büyük bir bölümünde taban suyu probleminin olduğu görülmektedir. Ocak ayında ise 0-100 cm taban suyu derinliğine sahip alanlar toplam çalışma sahasının % 83'ünü oluşturmaktadır. Taban suyu seviyesi ölçümleri ile aylık ortalama yağış değerlerinin birlikte değerlendirilmesi sonucunda ve hiç yağışın olmadığı yaz ayları dikkate alındığında çalışma alanında uygulanan sulamanın, taban suyu seviyesine pek etki etmediği görülmektedir. Taban suyu seviyesinin genellikle yağışa bağlı olarak değiştiği, her aya ait haritaların o ay ovaya düşen yağış değerleriyle beraber incelenmesi gerektiği sonucuna ulaşılmaktadır.

Ovada taban suyu değişimini daha net ifade edebilmek için, araştırma sahasını yıl içerisinde 2 farklı döneme ayırarak elde edilen sonuçlar değerlendirilmektedir. Bunlardan birincisi



sulama mevsiminin bitiŖi ile baŖlayıp, sulama mevsiminin baŖlaması ile son bulan d6nemdir. AraŖtırma sahasında, bu d6nem Kasım ile Mayıs ayları arasına denk gelmektedir. Taban suyu seviyesi, yađıŖın diğer aylara g6re fazla olduğu Kasım ve Mayıs ayları arasında kalan d6nemde daha y6ksek belirlenmektedir. S6z konusu d6nem, ovada bitki ekimi ile bitki hasat mevsimine denk gelmekte olup; y6ksek taban suyunun oluŖturduđu g6llenmelerden dolayı bitki veriminde kayıplara neden olmaktadır. Bu d6nemde g6llenme nedeniyle tarlaların iŖlemesi de zorlaŖmakta ve bitki ekim zamanında gecikmeler olmaktadır.

Taban suyu derinliğinin deđiŖiminin incelendiği ikinci d6nem ise, sulama mevsiminin baŖladığı Mayıs ayı ile sulamanın etkisini bitirdiği Ekim ayları arasında kalan b6l6md6r. Bu d6nemde araŖtırma sahasında bitkinin olması ve genel olarak sıcaklık artışı ile birlikte buharlaŖmanın meydana gelmiŖ olması nedeniyle taban suyu seviyesinde d6Ŗme g6r6lmektedir.

Eyl6l ve Ağustos ayları arasında yapılan taban suyu seviyesi 6lç6mleri ile aylık ortalama yađıŖ değerlerinin birlikte değerlendirilmesi sonucunda taban suyu seviyesinin genellikle yađıŖa bağlı olarak deđiŖtiđi g6r6lmektedir. Bu d6nem içerisinde hiç yađıŖ almayan Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarında taban suyu seviyesinin en d6Ŗ6k değerleri belirlenmektedir.

G6zlem kuyularından alınan bir yıllık 6lç6m verilerinden yararlanılarak taban suyu en d6Ŗ6k ve taban suyu en y6ksek eŖ derinlik haritaları hazırlanmaktadır. Taban suyu en d6Ŗ6k eŖ derinlik eğrileri haritasında dikkate alınması gereken b6l6m 0-200 cm arasında kalan alanlardır. Bu alan ise bize drenaj problemi olan b6l6m6 vermektedir.alıŖma alanının % 0.3'l6k kısmını oluŖturan 59 ha alanda taban suyu y6ksekliliğinin 0-200 cm arasında olduğu g6r6lmektedir.

Aksu Ovası al6viyal topraklardan oluŖmakta ve topoğrafya d6z ve d6ze yakındır. Dolayısıyla, Aksuayı aŖađı kısımlarında denizle kot farkı çok az olduğundan doğal tahliye imkansızlaŖmaktadır ve taban suyu seviyesinde y6kselmeler meydana gelmektedir. Bunun sonucu Aksu'da kiŖ aylarında kiŖlik sebze ve ikinci 6r6nlerin yetiŖtiriciliđi ovanın 6nemli bir b6l6m6nde yapılamamaktadır. Bu nedenlerle, taban suyunun 6r6n deseninin geliŖimi 6zerinde 6nemli etkisi olduğu ortaya çıkmaktadır. Taban suyu seviyesinin toprak y6zeyine yaklaŖtıđı sorunlu alanlarda, toprak g6zeneklilik yapısında olması gereken hava-su dengesi bozulmakta; g6zenekler tamamen su ile dolarak toprak y6zeyinde g6llenmelerin oluŖmasına neden

olmaktadır. Taban suyu sorununun olduğu bu kısımlarda üreticiler zamanında ekim yapamayabilir ve yetiştirdikleri ürünleri hasat ederken sorunlar yaşayabilirler. Aynı zamanda bu durum ürün çeşitliliğini de önlemektedir.

Arazideki sulama ve yağışlardan dolayı oluşan fazla suyun uzaklaştırılması için drenaj tahliye kanallarının iyileştirilmesi gerekmektedir. Mevcut drenaj kanallarının bakım, onarım ve temizliğinin düzenli olarak kontrol edilmesi gerekmektedir, bu da D.S.İ. tarafından takip edilmektedir. Fazla su toprağın gözeneklerini tamamen doldurmaktadır. Böylece toprağın hava ve su dengesi bozulur ki, bu da bitki gelişmesini olumsuz etkilemektedir. Bir sulama şebekesinde drenaj koşullarının yeterli olması durumunda sulama için kullanılan fazla suyun taban suyu sorunlarına etkisinin az olacağı, hatta tuzlu topraklarda verilecek fazla suyun yıkama suyu gibi davranarak toprak tuzluluğunda bir iyileşme yaratabileceği sonucunu ortaya koymaktadır. Bu nedenle drenaj kanalları temizliği ve bakımı, rahat bir su akışı sağlanması açısından önemlidir. Bakımsız veya bakımı yeterli olmayan kanallar yalnız drenajı engellemez aynı zamanda temizlenmeleri gerektiğinde yapılacak masraflar yapım maliyetinin birkaç katına ulaşabilmektedir. Drenaj kanallarının sık temizliğinin yanı sıra derinlikleri artırılmalı, tarla içi drenaj sistemlerinin çıkış ağızlarının kapanmamasına özen gösterilmelidir. Özellikle yaz aylarında drenaj kanallarının temizliğine önem verilerek yağışlı dönemlere hazırlık yapmak gerekmektedir. Çiftçiler tarafından drenaj kanallarının önlerine su almak amacıyla konulan bentlerin kaldırılarak bu kanalların asli görevlerini yapmaları sağlanmalıdır. Bunun için de çiftçilerin bilinçlendirilmesi oldukça önem taşımaktadır.

Aksu Ovasındaki bir diğer önemli sorun ise son yıllarda ülkemizde sıkça duymaya başladığımız ve giderek tarım üzerindeki olumsuz etkisini hissettiğimiz tuzlanmadır. Sulamanın en yoğun olduğu Ağustos ayında yapılan ölçümler sonucunda elde edilen tuzluluk haritası incelendiğinde ovanın geneli 250-750 µmhos/cm aralığında yer almaktadır. Sulamanın yoğun olduğu dönemde taban suyu seviyesi yüksek olmadığından, bu dönemde ölçülen elektriksel iletkenlik değerleri kış yağışları ile yıkama sonucu oluşan durumu göstermektedir. Aksu Sağ Sahil Sulama Alanında Dumanlar, Yeniköy, Karacalı ve Kundu'da yüksek taban suyu tuzluluğuna rastlanmaktadır. Aksu Sol Sahil Sulama Alanında ise, Azaplar, Boztepe, Kumköy, Dibektepe ve Abıcalar bölgesinde yer alan taban suyu gözlem kuyularının bazılarında taban suyu tuzluluk değerleri uygulanan gübreleme ve sulama suyunun etkisiyle yüksek çıkmaktadır. Bu bölgelerdeki taban suyu tuzluluğu artışının sebebi yaz mevsiminde yağışın olmaması nedeniyle üst katmanlardan alt katmanlara doğru bir tuz yıkanmasının

gerçekleşmemesi; buna karşın yaz mevsimi boyunca terleme ve buharlaşmanın diğer mevsimlere oranla daha fazla olması nedeni ile yıl içinde kapillarite ile toprak yüzeyine kadar çıkmış olan suyun, buharlaşma ve terleme ile kaybolurken, taşınmış olduğu tuzları toprak yüzeyine bırakarak tuz birikimine yol açmasıdır.

Araştırma bölgesindeki tarla ve bahçelerde bazı üreticiler taban suyundan sulama için yararlanmaktadırlar. Gözlenen köy kuyularını da bu amaçla kullanmaktadırlar fakat bu sular sulama için uygun değildir. Yeraltı suyunun bu şekilde kullanılması arazilerin çoraklaşmasını aşırı bir şekilde hızlandırmaktadır. Devamlı kullanımları halinde tuzluluk probleminin oluşmaması için sürekli yıkama ve özel toprak işleme uygulaması yapılmalıdır. Yetiştirilecek bitkilerin tuza dayanıklı olması gerekmektedir ve özellikle drenajın yeterli olmadığı yerlerde kullanılmamalıdır. Bu nedenle sulama suyu olarak yeraltı suyundan faydalanılan alanlarda bir an önce sulama kanallarının yapımının tamamlanmasıyla, çoraklaşma önlenmeli ve bu bölgede üretim yapan çiftçilerin ürün ekimindeki kısıtlamaları ortadan kaldırılmalıdır.

Çalışma alanında eğimin yetersiz olduğu koşullarda suyun doğal yollarla uzaklaştırılmamasının bir diğer olumsuz etkisi ise, tuzlanmanın artmasına neden olmasıdır. Buradan suyun araziden uzaklaştırılması için iyi bir drenaj sisteminin oluşturulması gerekliliği sonucuna çıkmaktadır. Bölgede tuzlanmanın artmaması ve önlenmesi için iyi bir drenaj sistemi şarttır. Tuzluluğun görüldüğü alanlarda, tuza dayanıklı bitkilerin yetiştirilmesi önerilmektedir. Bu bağlamda tarla bitkilerinden arpa, pamuk, şeker pancarı, buğday; sebzelerden kabak, karnabahar, domates, hıyar; meyvelerden hurma, greyfurt, portakal ve şeftali yetiştirilebilir.

Tohum çevresinde tuz birikimini engelleyecek şekilde ekim yapılmalıdır. Bu amaçla sırta ekim yapılması en önemli yöntemdir. Taban suyu ile arazi yüzeyine kadar taşınan tuzların burada birikerek zarara yol açmaması açısından sık sık sulama yapılmalı, tuzlar bitki kök bölgesinden uzaklaştırılmalıdır. Sulamada kaliteli sular tercih edilmeli ve tuzluluğu önleyebilmek için suyun toprakta yukarıdan aşağıya doğru hareketi sağlanmalıdır. Bu amaçla kullanılacak en önemli sulama yöntemleri tuzun kaynağına bağlı olarak değişmekle birlikte yağmurlama ve damla sulama yöntemleridir. Damlama ve yağmurlama sulama sistemleri yaygınlaştırılarak etkin bir sulama sistemi geliştirilmeli ve üreticiler bu konuda bilgilendirilmelidir.

Çalışma alanında hem taban suyu derinliğinin hem de taban suyu tuzluluğunun birlikte sorun olduğu alanlar 200 cm kotu ve altı sahada bulunmaktadır. Toplam alanın % 7'sine karşılık gelen 1398 ha alanda taban suyu derinliği ve taban suyu tuzluluğu sorunları aynı anda bulunmaktadır. Bu alanlardaki drenaj, sulama, gübreleme, arazi işleme gibi uygulamalara daha özen gösterilmelidir. Taban suyu derinlik ve taban suyu tuzluluk değerlerinin takibine devam edilmelidir.

Üreticinin sulama bilgi ve becerisinin artırılması, çağdaş bir sulama bilincinin yerleşmesi için etkin çalışan bir çiftçi eğitim ve yayım sistemi kurulmalıdır. Aşırı sulama alışkanlığının önüne geçebilmek için, çiftçi eğitim çalışmalarına önem verilmelidir.

Taban suyu sorunlarının azaltılmasında en önemli faktör olan planlı su dağıtım uygulamaları içindeki su dağıtım programlarında, taban suyu raporlarında belirtilen sorunlu sulama alanlarına verilecek sulama suyu miktarının iyi tespit edilmesi gerekmektedir. Bu nedenle sulama planlaması ve su dağıtım uygulamaları ile sulama sonuçları değerlendirme çalışmalarında sorunlu alanlarda yapılan çalışmalara önem verilmelidir.

Sonuç olarak ovada hem tuzlanma, hem de taban suyu sorununu çözümlmek için yapılacak olan tek işlem bir an önce etkin bir drenaj sisteminin sağlanmasıdır. Aksu Ovası Sağ Sahil ve Sol Sahil Sulama Alanındaki drenaj kanalları D.S.İ. tarafından takip edilmektedir. Gerekli ilave, bakım ve onarım işlemleri sürdürülmektedir. Bu anlamda özellikle geri dönüşü daha pahalıya mal olacak çoraklaşma sorununun daha hat safhalara ulaşmasını önlemek için çalışmaların daha hızlı bir şekilde yapılarak bir an önce drenaj sisteminin iyileştirilmesi, çiftçiye sulama bilincinin aşılınarak fazla suyun zararları hakkında bilgi verilmesi ve suyun daha tasarruflu kullanımını sağlayan modern sulama sistemlerine geçilmesi gerekmektedir.

En önemli drenaj kriterlerinden biri olan taban suyu düzeyinin işletme aşamasında sürekli ve düzenli olarak izlenmesi gereklidir. Sürekli ve düzenli izleme için taban suyu gözlem kuyularının tahrip edilmeleri önlenmelidir. Bunun önlenmesi için kuyunun içinde bulunduğu arazi sahiplerine bu kuyuların önemi ve hangi amaçlarla tesis edildiği açıklanmalı, ölçüm yapılamayan, tahrip edilmiş kuyular en kısa sürede onarılmalıdır.

## 6. KAYNAKLAR

AKBAŞ, F., ÜNLÜKARA, A., KURUNÇ, A., İPEK, U. ve YILDIZ, H. 2008. Tokat Kazova'da Taban Suyu Gözlemlerinin CBS Yöntemleriyle Yapılması ve Yorumlanması. Sulama Tuzlanma Toplantısı, Şanlıurfa.

AKKAYA ASLAN, Ş.T. 2005. Coğrafi Bilgi Sistemi Olanakları ile Bazı Havza Özelliklerinin Belirlenmesi. KSÜ. Fen ve Mühendislik Dergisi, 8 (2): 128-134.

AKIŞ, A., KAYA, B., SEFEROV, R. ve BAŞKAN, H.O. 2005. Harran Ovası ve Çevresindeki Tarım Arazilerinde Tuzluluk Problemi ve Bu Problemin İklim Özellikleriyle İlişkisi. Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, Sayı: 14, Sayfa: 21-38.

ANONİM. 2005. ArcGIS 9 Uygulama Dökümanı. İşlem Şirketler Grubu Eğitim Dökümanları, Ankara.

ANONİM. 2008. Antalya-Aksu Meteoroloji İstasyonu. Aksu Ovası İklim Verileri.

ANONİM. 2009. Aksu İlçesi Genel Bilgiler. Kültür ve Turizm Bakanlığı Resmi Web Sitesi. (<http://www.kultur.gov.tr>).

ARSLAN, H. 2005. Bafra Ovası Sağ Sahil Sulama Alanının Taban Suyu Derinlik ve Tuzluluk Haritalarının Coğrafi Bilgi Sistemi Yardımıyla Hazırlanması ve Değerlendirilmesi. Ondokuzmayıs Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, 90 ss.

ARSLAN, H., GÜLER, M., CEMEK, B. ve DEMİR, Y. 2007. Bafra Ovası Yeraltı Suyu Kalitesinin Sulama Açısından Değerlendirilmesi. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi, 4 (2): 219-226

ATALIK, A. 2007. Su Sorunu ve Tarımda Sulama Suyu Kullanımı. Ziraat Mühendisleri Odası Tarım ve Mühendislik Dergisi, Sayı: 81.

AYARS, JE. 1999 Integrated Management Of Irrigation and Drainage Systems. In: Goosen MFA, Shayya WH (eds) Water Management, Purification and Conservation In Arid Climates, Vol 1. Technomic, Lancaster, pp: 139–164.

AYARS, R.J., HUTMACHER, R.B., SCHONEMAN, R.A., SOPPE, R.W., VAIL, S.S. and DALE, F. 2000. Realizing The Potential Of Integrated Irrigation And Drainage Water Management For Meeting Crop Water Requirements In Semi-Arid And Arid Areas. Kluwer Academic Publishers, *Irrigation and Drainage Systems* 13: 321–347.

BAHÇECİ, İ. 2005. Drene Edilebilir Gözenek Hacmi İle Toprak Bünyesi İlişkileri. Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 9 (1):63-71.

BAHÇECİ, İ., TARI, A. ve DİNÇ, N. 2007. Konya Ovası Yüzeyaltı Drenaj Sistemlerinde Taban Suyu ve Drenaj Sularının Sulamada Kullanılma Olanakları. Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 21 (43): 7-13.

BAHÇECİ, İ. 2008. Harran Ovasında Drenaj Sorunları ve Önlemler. Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar Sulama Bölümü, Ders Notu, Şanlıurfa, 63 ss.

BAHÇECİ, İ., TARI, A. ve DİNÇ, N. 2008. Konya Ovasında Kontrollü Drenajın Sulama Etkinliği ve Toprak Tuzlanması Üzerine Etkisinin SALTMOD ile Tahmin Edilmesi. Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, Araştırma Makalesi, 12 (2): 69-77.

CHRISTEN, E., SKEHAN, D. 2000. Design And Management Of Subsurface Pipe Drainage To Reduce Salt Loads. CSIRO Land And Water, Griffith NSW 2680, Counsultancy Report 22-00

ÇAMOĞLU, G., KARATAŞ, B.S., ÖLGEN, K. ve AŞIK, Ş. 2006-a. Taban Suyu Tuzluluğunun Coğrafi Bilgi Sistemi ve Jeostatistiksel Yöntemler ile Değerlendirilmesi. 4. Coğrafi Bilgi Sistemleri Bilişim Günleri. Fatih Üniversitesi, İstanbul, S: 77-86.

ÇAMOĞLU, G., ÖLGEN, M.K., KARATAŞ, B.S. ve AŞIK, Ş. 2006-b. Menemen Sulama Sisteminde Taban Suyunun Zamana Ve Mekana Göre Değişiminin Jeostatistiksel

Yöntemlerle Değerlendirilmesi: Maltepe Ana Kanalı Örneği. 4. Coğrafi Bilgi Sistemleri Bilişim Günleri. Fatih Üniversitesi, İstanbul, S. 423-431.

ÇETİN, M., DİKER, K., 2003. Assessing Drainage Problem Area by GIS: A Case Study in the Eastern Mediterranean Region of Turkey. Irrigation and Drainage, 52:343- 353, John Wiley & Sons, Ltd.

ÇETİN, M., KIRDA, C., EFE, H. ve TOPÇU, S. 2008. Düşük Kaliteli Suların Sulamada Kullanılmasının Neden Olabileceği Olası Tuzluluk Sorununun Coğrafi Bilgi Sistemi Ortamında İrdelenmesi. TMMOB 2. Su Politikaları Kongresi, S: 471-481.

ÇEVİK, B. ve TEKİNEL, O. 2000. Sulama Şebekeleri ve İşletme Yöntemleri. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları: 229, Ders Kitabı, Adana, 188 ss.

ÇULLU, M. A. 2003. Estimation of the Effect of Soil Salinity on Crop Yield Using Remote Sensing and Geographic Information System. Turkish Journal of Agriculture and Forestry. V:27, P:25-28.

DEMİR, N. ve ANTEPLİ, S. 2004. D.S.İ. Projelerinde Sulamanın Taban Suyuna Etkisi. Sulanan Alanlarda Tuzluluk Yönetimi Sempozyumu, S: 69-77.

DEMİR, N. ve GÖZAR, M. 2005. Taban Suyu İzleme Rehberi. D.S.İ. Genel Müdürlüğü Basımevi, Ankara, 61 ss.

DİŞLİ, Y., 1997. Antalya İli Kale (Derme) İlçesi Yer altı Sulama Suyu Kalitesi Üzerine Bir Araştırma. Selçuk Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, 66 ss.

DONMA, S., NAGANO, T., KUME, T., BERBEROĞLU, S. ve KAPUR, S. 2008. Aşağı Seyhan Ovasında Taban Suyu Seviyesi ve Tuzluluktaki Uzun Dönem Değişiklikler. 5. Dünya Su Forumu Bölgesel Hazırlık Süreci D.S.İ. Yurtiçi Bölgesel Su Toplantıları, Sulama-Drenaj Konferansı, Adana, Sayfa: 214-226.

DURU, H. 1990. Elektronik Kuyu Hidrometresi ile Su Seviye Ölçüm Tekniği. D.S.İ. Teknik Bülteni, Sayı: 71, Sayfa: 11-18.

EMİNOĞLU, E. ve DEMİR, N. 2007. D.S.İ. Sulamalarında Taban Suyu İzleme Çalışmaları. D.S.İ. Genel Müdürlüğü. S: 137-148.

ERCAN, H. 1990. Sivas-Şarkışla Gazibey Ovasında Taban Suyu Seviyesi ve Tuzluluğunun Aylık Değişimi ve Drenaj Sorununa İlişkin Çözüm Önerileri. Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, 112 ss.

GRIMES, DW., HENDERSON, DW. 1984. Developing The Resource Potential Of A Shallow Groundwater, California Water Resources Bulletin 188, August.

GÜNDOĞDU, K.S. 2004. Sulama Proje Alanlarındaki Taban Suyu Derinliğinin Jeostatistiksel Yöntemlerle Değerlendirilmesi. Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 18 (2): 85-95.

GÜNDOĞDU, K. S., DEĞİRMENCİ, H., 2003. WATMAPGIS: Taban Suyu Haritalarının Arc/Info Coğrafi Bilgi Sistemi İle Hazırlanması. I. Ulusal Su Mühendisliği Sempozyumu, Gümüşhane/İzmir.

GÜNDOĞDU, K.S., AKKAYA ASLAN, Ş.T. 2008. Mapping Multi-Year Groundwater Salinity Patterns in Irrigation Areas Using Time-Series Analysis of Groundwater Salinity Maps. Hydrological Processes. 22 (6), 821-826.

GÖKOĞLU, B. 2005. Organik Materyal Kullanımının Alkali Bir Toprağın Bazı İslah Göstergeleri Üzerine Etkisi. Ankara Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, 84 ss.

HUTMACHER, R.B., AYARS, J.E., VAIL, S.S., BRAVO, A.D., DETTINGER, D. and SCHONEMAN, R.A. 1996. Uptake Of Shallow Ground Water By Cotton: Growth Stage, Ground Water Salinity Effects in Column Lysimeters. Elsevier Science, Agricultural Water Management, Volume: 31, Issue: 3, Pages: 205-223.

KANBER, R., M.A. ÇULLU, B. KENDİRLİ, S. ANTEPLİ ve N. YILMAZ, 2005. "Sulama, Drenaj ve Tuzluluk", Türkiye Ziraat Mühendisliği VI. Teknik Kongresi, s.213-251, Ankara.



KANBER, R. ve ÜNLÜ, M. 2008. Türkiye’de Sulama ve Drenaj Sorunları: Genel Bakış. 5. Dünya Su Forumu Bölgesel Hazırlık Süreci DSİ Yurt İçi Bölgesel Su Toplantıları, Sulama-Drenaj Konferansı, S: 1-45

KARA, T., 1990. Bafra Ovası Emenli ve Karaburç Köyleri Drenaj Sorunlu Alanlarda, Taban Suyu Seviyesinin ve Tuz İçeriğinin Yıl İçerisindeki Değişiminin Saptanması. Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, 78 ss.

KARA, T. ve ARSLAN, H. 2004. Bafra Ovası Sulama Alanında Taban Suyu ve Tuzluluk Sorunları. Sulanan Alanlarda Tuzluluk Yönetimi Sempozyumu, S: 89-94.

KARATAŞ, B., AKKUZU, E., ÇAMOĞLU, G. ve AVCI, M. 2006. Taban Suyu Derinliğinin Jeostatistiksel Yöntemlerle Değerlendirilmesi. S: 23-32.

KIRMIZITAŞ, H. 2009. Harran Ovasında (Şanlıurfa) Sulama Sonrası Oluşan Taban Suyu ve Tuzluluk Sorunlarının Jeolojik ve Hidrojeolojik Yapı ile İlişkisi. DSİ 5. Bölge Müdürlüğü, Ankara.

KOL, Ç. ve KÜPCÜ, S. 2008-a. ESRI ArcGIS Spatial Analiz. İşlem Şirketler Grubu Eğitim Dökümanları, 268 ss, Ankara.

KOL, Ç. ve KÜPCÜ, S. 2008-b. ESRI ArcGIS 3D Analiz. İşlem Şirketler Grubu Eğitim Dökümanları, 180 ss, Ankara.

KONUĞÇU, F. ve AKBUĞA, R. 2006. Konya-Çumra Yöresinde Yüzeysel ve Tuzlu Taban Suyunun Sulanan Alanlardaki Toprak-Su ve Tuz Dengesi Üzerine Etkisi. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi, 3 (2).

KONUĞÇU, H. Ö. 2007. Sulama Yönteminde Uzaktan Algılama Tekniği ve Coğrafi Bilgi Sisteminin Kullanılabilirliği Üzerine Bir Araştırma. Ege Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, 108 ss.

KORUKÇU, A., GÜNDOĞDU, K.S., AKKAYA ASLAN, Ş.T. 2004. Taban Suyu Gözlem Değerlerinin Çok Yıllık Değerlendirilmesi. Sulanan Alanlarda Tuzluluk Yönetimi Sempozyumu, S: 107-115, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara.

KRUSE, EG., CHAMPION, DF. 1985. Effects Of Saline Water Table On Corn Irrigation. In: Keyes CG, Ward TJ (eds) Development and Management Aspects Of Irrigation and Drainage Systems [Proceedings of Specialty Conference ed.]. ASCE, New York, pp 444-453.

MEYER, WS., WHITE, B., SMITH, D. 1996. Water Use Of Lucerne Over Shallow Water Tables in Australia. In: Camp CR, Sadler EJ, Yoder RE (eds) Proceedings of international conference, evapotranspiration and irrigation scheduling, Nov 3-6, 1996, San Antonio, Texas ASAE, St. Joseph, pp: 1140-1145.

NAMKEN, L.N., WEIGAND, C.L., ve BROWN, R.O. 1969. Water Use By Cotton From Low and Mod- Erately Saline Static Watertables. Agronomy Journal, 61: 305-310.

ÖZKALDI, A., BOZ, B. ve YAZICI, V. 2004. Gap'ta Drenaj Sorunları ve Çözüm Önerileri Sulanan Alanlarda Tuzluluk Yönetimi Sempozyumu D.S.İ. Genel Müdürlüğü, Ankara, S: 97-156.

ÖZKAN, B. 1993. Aksu Sulama Projesi Alanına Giren Tarım İşletmelerinin Ekonomik Analizi ve Ürün Desenini Etkileyen Faktörler. Çukurova Üniversitesi, Doktora Tezi, 232 ss.

ÖZTÜRK, A. 1994. Taban Suyu Derinliği ve Sulama Suyu Kalitesinin Biber Verimine Etkisi. Ankara Üniversitesi, Doktora Tezi, 121 ss.

ÖZTÜRK, A. ve ERÖZEL, A.Z. 1994. Sulama Suyu Kalitesi ve Taban Suyu Derinliğinin Bitki Verimlerine Etkisi. D.S.İ. Teknik Bülteni, Sayı: 81, Sayfa: 55-60.

ÖZTÜRK, A. ve ÇAKMAK, B. 1996. Tarım Topraklarının Korunması Açısından Sulama Suyu Kalitesinin Önemi. Topraksu Dergisi. (96) 3:17-23., Ankara.

SARUHAN, V., ÜZEN, N., EYLEN, M. ve ÇETİN, Ö. 2008. Toprak Tuzluluğunun Kültür Bitkilerine Etkileri ve Alınabilecek Somut Öneriler. Sulama-Tuzlanma Konferansı, S: 319-328. Şanlıurfa.

SÖNMEZ, İ. ve KAPLAN, M. 2004. Demre Yöresi Seralarında Toprak ve Sulama Sularının Tuz İçeriğinin Belirlenmesi. Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 17(2), 155-160.

ŞENTAY, H. 2008. Aksu Sulaması Raporu. D.S.İ. XIII. Bölge Müdürlüğü, Antalya.

TOPÇU, S., ÇETİN, M., KIRDA, C., KARACA, Ö.F., EFE, H. ve SESVEREN, S. 2008. Sulamadan Dönen Suların Tarımda Kullanımının Sürdürülebilirliği. 5. Dünya Su Forumu Bölgesel Hazırlık Süreci D.S.İ. Yurtiçi Bölgesel Su Toplantıları, Sulama-Drenaj Konferansı, Adana, Sayfa: 135-144.

ANONİM. 1989. Türk Standartları Enstitüsü. Sulama Suyu, Birinci Baskı. Ankara. (<http://www.tse.org.tr>)

USTA, S. 1995. Toprak Kimyası. A. Ü. Ziraat Fakültesi, Yayın No:1387, Ankara, 217 ss.

YÜCEL, R., ALİYAZICIOĞLU, Ş. ve ASLAN, C. 2008. Arazi Sınıflandırma ve Drenaj Çalışmalarının Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) Yardımıyla Oluşturulması, Değerlendirilmesi ve Uygulama Projelerinin Yapımı. 5. Dünya Su Forumu Bölgesel Hazırlık Süreci D.S.İ. Yurtiçi Bölgesel Su Toplantıları, Sulama-Drenaj Konferansı, Adana, Sayfa: 145-156.

YOMRALIOĞLU, T. 2000. CBS Temel Kavramlar ve Uygulamalar Kitabı, S: 390-391.

## ÖZGEÇMİŞ

Gül Aras 1983 yılında İstanbul'da doğdu. İlköğretim ve lise öğrenimini Antalya'da tamamladı. 2000 yılında girdiği Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Teknolojisi Toprak alt programından 2004 yılında Ziraat Mühendisi olarak mezun oldu. 2007 yılında Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Ana Bilim Dalı'nda Yüksek Lisans öğrenimine başladı ve 2007 yılının Kasım ayında Araştırma Görevlisi kadrosuna atandı. Halen Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Ana Bilim Dalı'nda Araştırma Görevlisi olarak görev yapmaktadır.