



**KLASİK SULAMA ŞEBEKELERİNDE SANAT  
YAPILARI MALİYETLERİ ÜZERİNE BİR  
ARAŞTIRMA: SİVAS İLİ ULAŞ KARACALAR  
SULAMASI ÖRNEĞİ**

**RUKİYE KARAHAAN**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
BİYOSİSTEM MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**

**Prof. Dr. Hüseyin ŞİMŞEK**

**Temmuz - 2019**

**Her hakkı saklıdır**

T.C.  
TOKAT GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
BİYOSİSTEM MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KLASİK SULAMA ŞEBEKELERİNDE SANAT YAPILARI MALİYETLERİ  
ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA: SİVAS İLİ ULAŞ KARACALAR SULAMASI  
ÖRNEĞİ

RUKİYE KARAHAN

TOKAT  
Temmuz - 2019

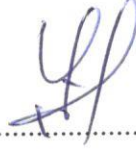
Her hakkı saklıdır

**Rukiye KARAHAN** tarafından hazırlanan “**Klasik Sulama Şebekelerinde Sanat Yapıları Maliyetleri Üzerine Bir Araştırma: Sivas İli Ulaş Karacalar Sulaması Örneği**” adlı tez çalışmasının savunma sınavı 29 TEMMUZ 2019 tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen Jüri tarafından Oy Birliği ile Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü BİYOSİSTEM MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Danışman  
Prof. Dr. Hüseyin ŞİMŞEK  
Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi



Üye  
Prof. Dr. Tekin ÖZTEKİN  
Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi



Üye  
Doç. Dr. Sinan GERÇEK  
Erciyes Üniversitesi



ONAY

Prof. Dr. Çetin ÇEKİÇ  
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü



## **TEZ BEYANI**

Tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu tezin yazılmasında bilimsel ahlak kurallarına uyulduğunu, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezin içerdiği yenilik ve sonuçların başka bir yerden alınmadığını, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, tezin herhangi bir kısmının bu üniversite veya başka bir üniversitedeki başka bir tez çalışması olarak sunulmadığını beyan ederim.

**Rukiye KARAHAN**

**29 Temmuz 2019**

## ÖZET

### YÜKSEK LİSANS TEZİ

#### KLASİK SULAMA ŞEBEKELERİNDE SANAT YAPILARI MALİYETLERİ ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA: SİVAS İLİ ULAŞ KARACALAR SULAMASI ÖRNEĞİ

RUKİYE KARAHAN

TOKAT GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
BİYOSİSTEM MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

(TEZ DANIŞMANI: PROF. DR. HÜSEYİN ŞİMŞEK)

Bu çalışmada Devlet Su İşleri 19. Bölge Müdürlüğü, Sivas ili Ulaş Karacalar Barajı proje sahası sınırları içerisinde yer alan klasik sulama şebekesi kapsamında bulunan sanat yapıları incelenmiştir. Sivas-Ulaş Karacalar Sulama Projesi DSİ Ön Raporundan klasik sulama şebekesi pilot bölge alanındaki her bir sanat yapısının metrajları kullanılarak DSİ 2015 yılı birim fiyatlarına göre keşif bedelleri hesaplanmıştır. Daha sonra sanat yapılarının kendi içindeki maliyet oranları ve şebeke maliyeti içindeki oranları yüzde olarak hesap edilmiştir. Bu işlem Microsoft Excel programı üzerinde gerçekleştirilmiştir. Sivas ili Ulaş Karacalar Sulaması klasik sulama şebekesi pilot bölge alanının keşif bedeli DSİ 2015 yılı birim fiyatlarına göre 13 979 474.80 TL olarak hesaplanmıştır. Sanat yapılarının toplam keşif bedeli ise 2 035 005.33 TL'dir. Sanat yapılarının maliyetinin şebeke maliyetine oranı % 14.56 bulunmuştur.

2019, 38 Sayfa

**ANAHTAR KELİMELER:** Geçit yapıları, Keşif Özeti, Klasik sulama şebekeleri, Sanat Yapıları, Su iletim yapıları, Su kontrol ve ölçme yapıları.

## ABSTRACT

### MASTER THESIS

#### AN INVESTIGATION ON THE COST OF HYDRAULIC STRUCTURES IN THE CLASSICAL IRRIGATION SCHEMES: A CASE STUDY OF THE SIVAS- ULAŞ KARACALAR IRRIGATION

RUKIYE KARAHAN

TOKAT GAZIOSMANPAŞA UNIVERSITY  
GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES  
DEPARTMENT OF BIOSYSTEMS ENGINEERING

(SUPERVISOR: PROF. DR. HUSEYİN SIMSEK)

In this study, the hydraulic structures within the classical irrigation schemes located within the scope of the project site of the Ulaş Karacalar Dam in the 19 th Regional Directorate of Government Water Works (DSI) Sivas province were examined. From the Sivas-Ulaş Karacalar Irrigation Project of the DSI Preliminary Report, the cost of discovery was calculated according to DSI 2015 unit prices by using the quantities of each hydraulic structures in the pilot irrigation area of the classical irrigation schemes. Afterwards, the cost ratios of in their own the hydraulic structures and the ratios within the network cost were calculated as percentages. This was performed in Microsoft Excel. The total estimated cost of the pilot area of Sivas Karacalar irrigation classic irrigation scheme area is calculated as 13 979 474.80 TL according to DSI 2015 unit prices. The total estimated cost of hydraulic structures is 2 035 005.33 TL. The ratio of the cost of the hydraulic structures to the network cost was found to be 14.56%.

2019, 38 Page

**KEY WORDS:** Bill of quantity, Classical irrigation schemes, Hydraulic structures, Water control and measurement structures, Water conveyance structures, Water transition structures.

## TEŞEKKÜRLER

Yüksek lisans öğrenimimde, tez konusu seçiminde ve yürütülmesinde desteğini ve görüşlerini eksik etmeyen değerli danışmanım Prof. Dr. Hüseyin ŞİMŞEK'e, Biyosistem Mühendisliği öğretim üyelerine, tez sürecinde kaynak ve yöntem açısından yardımlarını esirgemeyerek yol gösteren DSİ 19. Bölge Müdürlüğü personeline, Ziraat Yüksek Mühendisi Zekeriya SARITAŐ'a ve DSİ 72. Őube Müdürlüğü'nden İnşaat Mühendisi Halil CAMGÖZOğLU'na gönülden teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca benden maddi ve manevi desteklerini hiçbir zaman esirmeyen bu hayattaki en büyük Őansım olan aileme sonsuz teşekkür ederim.

**Rukiye KARAHAN**

**29 Temmuz 2019**

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
<b>ÖZET</b> .....	<b>i</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>ii</b>
<b>TEŞEKKÜRLER</b> .....	<b>iii</b>
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	<b>iv</b>
<b>ŞEKİL LİSTESİ</b> .....	<b>v</b>
<b>ÇİZELGE LİSTESİ</b> .....	<b>vi</b>
<b>1. GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
<b>2. KAYNAK ÖZETLERİ</b> .....	<b>3</b>
<b>3. MATERYAL VE YÖNTEM</b> .....	<b>20</b>
3.1. Materyal .....	20
3.1.1. Araştırma alanı genel özellikleri.....	20
3.1.2. Araştırma yöresinin iklim özellikleri.....	21
3.1.3. Araştırma alanının jeolojik özellikleri.....	21
3.1.4. Araştırma alanının tarımsal yapısı ve üretimi.....	21
3.1.5. Araştırma alanının toprak özellikleri.....	22
3.1.6. Araştırma bölgesinin su kaynakları.....	22
3.1.7. Araştırma bölgesinin sulama sistemi ve sulama durumu.....	22
3.1.8. Araştırma alanında bulunan sanat yapıları.....	22
3.2. Yöntem.....	23
<b>4. BULGULAR</b> .....	<b>24</b>
4.1. Pilot Bölge Genel ve Sanat Yapıları Keşif Özetleri.....	24
4.2. Sanat Yapılarının Maliyet Oranları .....	33
<b>5. SONUÇ VE ÖNERİLER</b> .....	<b>35</b>
<b>6. KAYNAKLAR</b> .....	<b>37</b>
<b>7. ÖZGEÇMİŞ</b> .....	<b>38</b>



## ŞEKİL LİSTESİ

<b><u>Şekil</u></b>	<b><u>Sayfa</u></b>
Şekil 2.1. Farklı geçiş yapıları (Aküzüm ve Öztürk, 1988).....	6
Şekil 2.2. Akedük (Aküzüm ve Öztürk, 1988; Bilen, 1988) .....	7
Şekil 2.3. Tipik bir sifon (Bosch ve ark., 1993) .....	9
Şekil 2.4. Şüt yapısı (Aküzüm ve Öztürk, 1988; Bilen, 1988) .....	10
Şekil 2.5. Dik, eğik ve borulu düşüler (Kraatz and Mahajan, 1975; Aküzüm ve Öztürk, 1988; Bilen, 1988) .....	12
Şekil 2.6. Çek yapısı (Bosch ve ark., 1993) .....	16
Şekil 2.7. Yol geçidi (Aküzüm ve Öztürk, 1988; Bilen, 1988) .....	18
Şekil 2.8. Alt sel geçidi (Aküzüm ve Öztürk, 1988; Bilen, 1988).....	19
Şekil 2.9. Üst sel geçidi (Aküzüm ve Öztürk, 1988; Bilen, 1988) .....	19
Şekil 3.1. Araştırma alanının uydu görüntüsü .....	20

## ÇİZELGE LİSTESİ

<b><u>Çizelge</u></b>	<b><u>Sayfa</u></b>
Çizelge 4.1. Pilot bölge yapım işi genel keşif özeti; kazı işleri .....	24
Çizelge 4.2. Pilot bölge yapım işi genel keşif özeti; imalat işleri .....	25
Çizelge 4.3. Pilot bölge yapım işi genel keşif özeti; nakliye işleri .....	26
Çizelge 4.4. Pilot bölge yapım işi genel keşif özeti; önlemler .....	27
Çizelge 4.5. Pilot bölge yapım işi keşif özeti .....	28
Çizelge 4.6. Üst sel geçidi keşif özeti .....	28
Çizelge 4.7. Yol geçiş yapısı keşif özeti .....	29
Çizelge 4.8. Dik şüt yapısı keşif özeti .....	30
Çizelge 4.9. Alt sel geçidi keşif özeti .....	31
Çizelge 4.10. Sifon yapısı keşif özeti .....	32
Çizelge 4.11. Beton çek yapısı keşif özeti .....	32
Çizelge 4.12. Sanat yapıları keşif özeti.....	33
Çizelge 4.13. Sanat yapıları maliyet oranları.....	34

## 1. GİRİŞ

Toprakta suyun depolanabilmesi için sulama suyunun, toprağın bulunduğu tarla veya parselde getirilip verilmesi gerekir. Bunun için bir takım yapı ve tesislere ihtiyaç vardır. Sulama suyunu kaynağından, bir depolama veya saptırma yapısından alıp sulanacak arazinin bulunduğu yere ileterek orada dağılımını sağlamak amacıyla kurulan sistem ve yapılan tesislerin tümüne sulama şebekesi veya sulama ağı denir (Kara, 2005).

Bir yerde sulama şebekesi yapılması tasarlandığında toprak kaynakları, su kaynakları, jeolojik ve topoğrafik yapı, sosyal ve ekonomik yapı etüt edildikten sonra şebekenin karlı olacağı kanaatine varılırsa, yapılacak tesisler ortaya konulup bunlarla ilgili her türlü hesaplama ve çizimler hazırlanır. Sulama projesinin araziye uygulanmış durumu ise sulama şebekesidir (Kara, 2005).

Suyun taşınmasında suyun alındığı yerin sulanacak araziye göre konumu, taşıma yolunun topoğrafik ve jeolojik özelliği çok önemlidir; zira taşıma şeklini, kolaylığını, ekonomikliğini büyük ölçüde bunlar tayin eder. Suyun iletim ve dağıtımında kullanılan taşıma elemanlarının geometrik şekli ve özellikleri ile taşınan suyun zemine göre konumu ve suyun dağıtım şekli göz önüne alındığında sulama şebekeleri üç gruba ayrılır. Klasik sulama şebekeleri, kanaletli sulama şebekeleri ve borulu sulama şebekeleridir (Kara, 2005). Bu çalışmada sadece klasik sulama şebekelerine yer verilmiştir.

Sulama suyunun arazinin topoğrafik yapısına uygun olarak açık kanallarla iletilip dağıtıldığı sulama şebekelerine klasik sulama şebekesi denir. Trapez kesitli olarak zemin üzerinde boyutlandırılırlar. Arazilerin sulama kaynağından çok uzakta olduğu durumlarda tercih edilir. Su alma yapısından iletim kanalına alınan sulama suyu tersiyer kanaldan araziye verilinceye kadar kat ettiği mesafede, güzergâhta karşılaşılan topoğrafik engeller nedeniyle çok çeşitli sanat yapıları gerektirir (Kara, 2005). Sulama şebekesi drenaj şebekesi ile birlikte bir bütündür. Açık kanallı sulama şebekelerinde, sulama kanalları genellikle istenen eğime göre araziye yerleştirilerek, taşıyacağı suya göre boyutlandırılır ve betonla kaplanırlar (Sepetçioğlu ve ark, 2018).

Sanat yapılarının sulama sistemlerinde önemli bir fonksiyona sahip oldukları bilinmektedir. Hazırlanan çeşitli sulama projeleri uygulama aşamasını tamamladıktan sonra çeşitli nedenlerle işletmeye açılmamakta veya projede tasarlanan şekilde fonksiyonel olamamaktadır. Ayrıca işletmeye açılan sulama projelerinde sanat yapıları açısından da bazı eksiklikler ortaya çıkabilmektedir (Apaydın, 1995).

Ülkemizde genellikle trapez ve beton kaplamalı olarak yapılan açık sulama kanallarının yapım maliyeti, sulama modülüne, kanal taban eğimine ve kanalın suladığı alanın büyüklüğüne bağlı olarak değişmektedir (Kanit ve Polat, 2004).

Sanat yapıları bilgi, özen ve inceleme gerektiren masraflı tesislerdir. Arazinin yapısı, eğimi, jeolojik durumu sanat yapılarını etkilemektedir. Bu yüzden bir projeye başlanmadan önce kontroller tam yapılmalı, eksiklikler giderilmeye çalışılmalıdır.

Bu çalışmada, Sivas ili Ulaş Karacalar Sulama Projesi çalışma alanı olarak seçilmiştir. Karacalar Sulaması Projesi kapsamında, Karacalar Irmağı üzerinde bulunan Ulaş-Karacalar Barajı rezervuarından alınacak su ile Ulaş ovasında bulunan 1 330 m-1 390 m kotları arası toplam 4 500 ha (brüt) saha sulanmaktadır. En ekonomik şebeke tipinin belirlenmesinde yaklaşık olarak 572 ha'lık bir alan üzerinde örnek bir saha çalışması yapılmıştır. Örnek saha içinde kalan kısım proje dosyasında pilot bölge olarak adlandırılmıştır.

Bu tezde, sadece klasik sulama şebeke kısmında bulunan sanat yapıları incelenmiştir. Klasik şebeke çalışmasında, örnek saha içinde kalan kısım incelenmiş ve pilot bölge olarak adlandırılmıştır.

## 2. KAYNAK ÖZETLERİ

Aktan (1992), DSI tarafından inşa edilen dikdörtgen ve trapez kesitli açık kanallarda üniform ve üniform olmayan akım koşullarında su yüksekliklerinin hesabı için geliştirilen ve Manning formülünü kullanan iki ayrı bilgisayar programını tanıtmıştır. Üniform olmayan akımlar için hazırlanan program rakortmanlar için de geçerlidir. Basic diliyle yazılan programlarda debi, taban genişliği, kanal eğimi, pürüzlülük katsayısının verilmesiyle kanaldaki suyun yüksekliği ve hızının yanı sıra kritik yükseklik de saptanmaktadır.

Apaydın (1995), Sulama şebekelerindeki sanat yapılarının yer seçimi, yapısal özellikleri, hidrolik esasları ve işletme açısından eksikliklerinin belirtilmesi, eksikliklerinin giderilmesi için öneriler ortaya koymak amacıyla bir çalışma yürütmüştür. Çalışmada Konya ili sınırları içinde yer alan 7 sulama işletmesi ele alınmıştır. Her bir işletmede kullanılan sanat yapıları; yer seçimi, yapısal özellik, hidrolik esaslar ve işletmecilik açısından incelenmiştir.

Balaban (1964), Türkiye'deki su kaynaklarının geliştirilmesi ve sorunları ile ilgili yapmış olduğu çalışmada, su kaynaklarından faydalanmada ana problemleri; finansman, teknik kapasite imkanları, su kaynaklarının geliştirme işlerinin koordinasyonu, sulama uygulamalarına ilişkin sorunlar, su ücretleri ve erozyon ile barajlarda oluşan sedimentasyon biçiminde gruplandırmıştır. Su kaynaklarının geliştirme planlarının hazırlanmasında göz önünde bulundurulması gereken başlıca etmenleri, teknik, ekonomik, politik ve organizasyon etmenleri olarak analiz etmiştir.

Bayrakçı ve ark. (1993), sulama şebekelerinin klasik sistemlerle tesisi ve devletin bu şebekeleri işletmeyi sürdürmelerinin sulama suyu kaynaklarının istikrarlı bir şekilde geliştirilmesini tehdit eder hale geldiğini, gelişmiş ülkelerde ise sulama işletmelerinin kullanıcılara devredilerek, sulamada daha etkin ve verimli uygulamanın temini için sulu tarımda etkin çiftçi katılımının sağlanması gerektiğini belirtmektedirler. Özellikle sulu tarımda sürdürülebilir tarımsal üretim için, gelişmekte olan ülkelerde de sulama işletmelerinden istifade eden menfaatdarların proje yatırım maliyetlerine katılımının sağlanmasının kaçınılmaz olduğunu işaret etmektedirler.

Kanıt ve Polat (2004), Düzce ovası sulamasında kanal tesis maliyeti ve maliyete etki eden etmenleri ele almışlar, bu amaçla beş ayrı bitki su tüketimi hesabı yöntemi seçmiş, planlanan optimum bitki deseni esas alınarak bu yöntemlere göre sulama modülleri bulmuş ve farklı modül, alan, kanal uzunluğu ve kanal eğimi ile kanal tesis maliyeti arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir.

Sepetçioğlu ve ark. (2018), Sulama şebekelerinin avantaj ve dezavantajları GAP 'ta yer alan ve işletmede olan sulamalar göz önüne alınarak değerlendirip, tartışmış ve yeni sulama sistemleri için öneriler sunmuşlardır.

Su alma yapısından iletim kanalına alınan sulama suyu tersiyer kanaldan araziye verilinceye kadar kat ettiği mesafede, güzergâhta karşılaşılan topoğrafik engeller nedeniyle çok çeşitli sanat yapıları gerektirir (Kara, 2005).

Klasik sulama şebekeleri; derin drenaj sorunu olan alanlarda ekonomik olmaktadır. Ayrıca arazi eğiminin fazla olduğu yerlerde, şüt yapılarak klasik kanallar tercih edilebilmektedir. Klasik sistemde tahliye kanallarının inşası ile beton kanal yapımı birbirini tamamlamakta ve drenaj şebekesi inşa edilerek taban suyu sorunu kısmen çözülebilmektedir (Bekişoğlu, 1982).

Klasik sulama şebekelerinde ihtiyaç duyulan sanat yapıları üç ana grup altında aşağıdaki gibi tasnif edilebilir (Kara, 2005):

#### I. İletim yapıları

1. Geçiş yapıları
2. Su köprüsü (Akedük)
3. Ters sifon
4. Düşü yapıları (Şüt)
5. Menfez
6. Tünel

## II. Kontrol ve düzenleme yapıları

1. lme yapıları
2. Su saptırma yapıları (Prizler)
3. Su seviyesi kontrol yapıları (ekler)
4. Emniyet yapıları

## III. Geçit yapıları

1. Sel geçitleri
2. Köprüler

### *I. İletim yapıları*

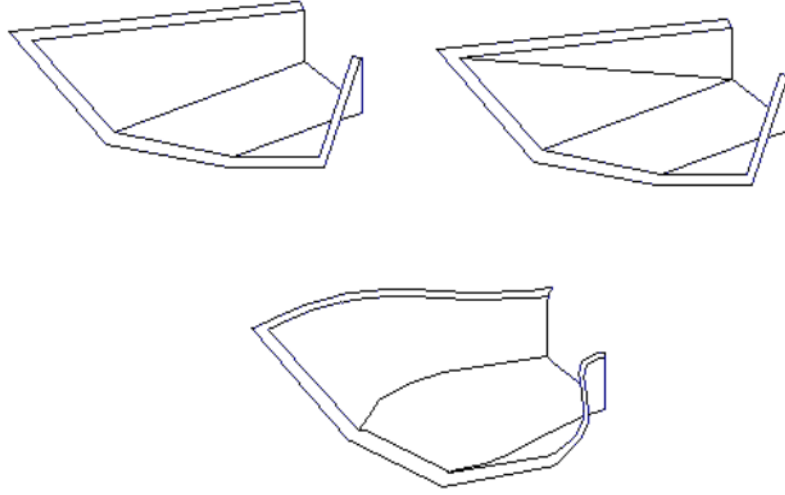
Suyun iletimi normal koşullarda trapez kesitli kanallarla yapılırken, geçiş hattında karşılaşılan topoğrafik zorunluluklar, belirli mesafelerde en kesit şeklinin ve akım koşullarının değişmesini gerektirebilir. Böyle durumlarda başvurulan yapılara iletim yapıları denir. Su, kanaldan bu yapılara geçer, gereği kadar ilerledikten sonra tekrar trapez kesitli kanal şeklinde ilerlemeye devam eder (Kara, 2005).

Açık kanal sistemindeki su iletim yapıları dağıtılan suyun erozyona sebep olmadan düzenli ve güvenli bir şekilde parsellere ulaştırılmasını sağlamak amacıyla kullanılır (Kraatz and Mahajan, 1975).

İletim yapısı, minimum bakım, kullanım kolaylığı ve minimum su kaybı ile işlevlerini etkin ve verimli bir şekilde yerine getirmelidir.

### *Geçiş yapıları (Rakortmanlar)*

Kanalın kesit değiştirmesini kolaylaştırarak hidrolik yük kayıplarını azaltmak amacıyla inşa edilen yapılardır (Kara, 2005). Bunlara rakortman adı da verilir. Farklı geçiş yapıları şekil 2.1'de gösterilmiştir.



Şekil 2.1. Farklı geçiş yapıları (Aküzüm ve Öztürk 1988)

Sulama kanallarında kesit değişince, değişik iki kanal kesitini birbirine bağlayan geçiş yapıları yapılarak oluşabilecek enerji kayıpları azaltılır. Geçiş yapıları genellikle, trapez (yamuk), dikdörtgen ve daire kesiti bir diğerine bağlar (Aküzüm ve Öztürk, 1988).

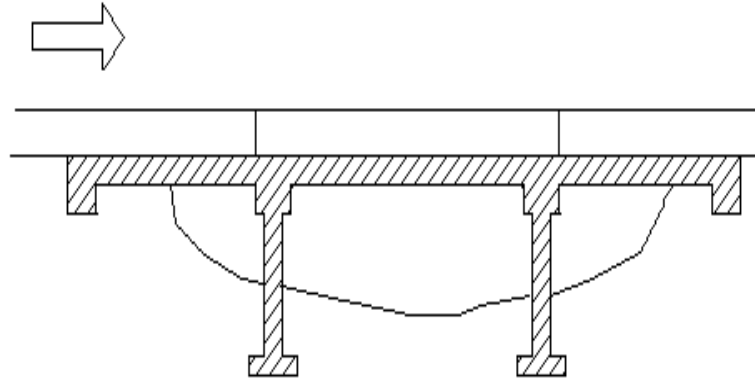
Su köprüsü, sifon, tünel, menfez giriş ve çıkışlarında uygulanır. Geçiş yapısı, kanal kesitinin değiştiği yerlerde kullanılır. Sulama kanallarında avantajlarından dolayı trapez kesit seçilir ancak akedük, şüt, düşü, çökeltim havuzu, savak, priz gibi pek çok sanat yapısı dikdörtgen kesitte inşa edilir. Bu gibi sanat yapılarından önce ve sonra kesit değiştirmek için geçiş yapısı kullanılır (Apaydın, 1995).

#### *Su köprüsü (Akedük)*

Sulama kanalının bir dere, akarsu veya vadiyi geçmesinde uygulanan iletim yapısıdır. Geçilecek kısma bir köprü yapılır ve su köprü üzerine inşa edilen dikdörtgen kesitli kanal ile karşıya iletilir, geçişten sonra tekrar eski kesite dönülerek devam edilir. Fazla derin olmayan sığ fakat uzun yatak veya vadilerde uygulanır (Kara, 2005).

Derin vadilerde köprü ayakları yüksek olacağından maliyeti yükseltir. Bu yüzden pek tercih edilmez. Sulama kanallarını geniş ve debisi büyük derelerden geçirirken dere derinliği 5 m'yi geçmiyor ise akedük uygulanabilir. Akedükler özellikle geniş yatakları geçmek için kullanılır (Şekil 2.2).





Şekil 2.2. Akedük (Aküzüm ve Öztürk, 1988; Bilen, 1988)

Sığ ve geniş yataklarda sifon inşaatı, yük kaybı ve diğer teknik nedenlerle uygun değilse akedük inşa edilebilir. Akedükte, akedük uzunluğunun yüksekliğine oranı 1-3 arasında olmalıdır. En uygun oran 2'dir. Akedüğün eğimi ise 0.002'den fazla olmamalıdır (Apaydın, 1995).

Akedükte, akedük uzunluğunun yüksekliğine oranı 1-3 arasında olmalıdır. En uygun oran 2 dir. Akedüğün eğimi ise 0.002'den fazla olmamalıdır (Ertuğrul ve Apan, 1979).

Sığ ve geniş yataklarda sifon inşaatı, yük kaybı ve diğer teknik nedenlerle uygun değilse akedük inşa edilebilir (Apaydın, 1995).

### *Ters sifon*

Su köprüsü yapılmasını gerektiren koşullarda suyu, dere yatağı veya akarsuyun altından daire kesitle (borularla), basınç altında karşıya geçiren yapılara ters sifon veya kısaca sifon denir (Kara, 2005).

Sulama kanallarının çok fazla süprüntü malzemesi getiren yan dereleri, akarsuları, derin vadileri ve köprü yapımına uygun olmayan yol veya demiryollarını kesmesi halinde genellikle ters sifon olarak tanımlanan sifonla geçiş sağlanır (Aküzüm ve Öztürk, 1988).

Sifon; su köprüsünün alternatifidir. Sifonların vadi geçişleri dışında da uygulama alanları vardır. Kanalın yol ile veya başka bir kanal ile kesiştiği noktalarda sifonlar

vazgeçilmez iletim yapılarıdır. Tipik bir sifon Şekil 2.3’de gösterilmiştir. Sifonlarda akım basınç altında gerçekleştiğinden hidrolik yük kayıpları akedüklere göre daha fazladır. Genellikle 3 m<sup>3</sup>/s’nin üzerindeki kapasiteler için sifon kullanımı akedük kullanımından daha ekonomiktir.

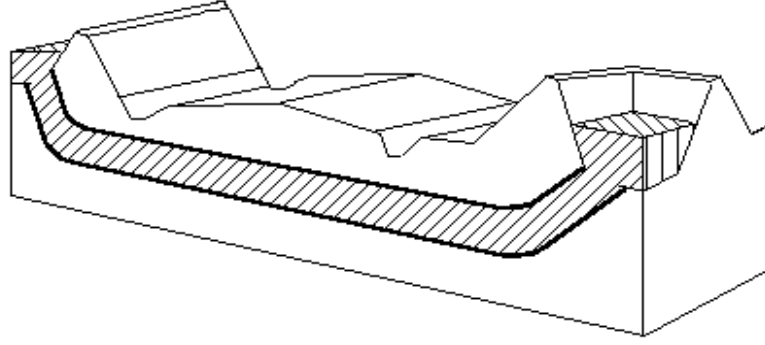
Ters sifon daima enerji kaybına sebep olur. Su kotunun kaybedilmesi düşünülüyorsa sifon inşaatından kaçınmak gerekir. İşletme yönünden de ters sifonların sakıncası vardır. Sifonlar basınç altında çalışır. Sifondaki hız kanaldaki hızın en az 1.5 katı olmalıdır (Aküzüm ve Öztürk, 1988).

Güzergah tespiti sifon maliyetine tesir eden önemli faktörlerdendir ve projelendirmede aşağıdaki hususlar göz önünde tutulmalıdır:

- a) Sifonun altından geçtiği doğal akarsu yatağının ve yanlardaki banketlerin doğal halinin değiştirilmesinden kaçınılmalıdır,
- b) Sifon yatay kurb üzerinde olmamalıdır,
- c) Akarsuyun aşındırma tesirinden sifonun korunması için sifon üstünde en az 1 m kalınlığında bir toprak tabakası bulunmalıdır,
- d) Sifon güzergahında fazla hafriyattan kaçınılmalıdır,
- e) Geniş akarsu yataklarını geçen uzun sifonlarda profil mümkün olduğu kadar düz olmalıdır (Bilen, 1988).

Sifonun işletilmesi ve bakımı için gerekli yardımcı yapılar:

- a) Tahliye vana ve bacaları: Bu yapılar, sifonda meydana gelebilecek arızanın tamiri için sifondaki suyu tahliye etmek ve sulama mevsimi haricinde, özellikle kış mevsiminde boru içindeki suyun donarak sifonu tahrip etmesine engel olmak amacıyla kullanılır (Bilen, 1988).



Şekil 2.3. Tipik bir sifon (Bosch ve ark., 1993)

Tahliye vanaları, boru güzergahı üzerinde en düşük noktaya yerleştirilmelidir. Topoğrafik durum uygun olduğu takdirde, sifondaki suyun boşaltılması cazibe ile yapılabilir. Topoğrafik durum uygun değilse pompaj ile tahliye gerekebilir (Bilen, 1988).

b) Temizleme bacaları: Sifon içinde biriken süprüntü malzemelerinin temizlenmesi için temizleme bacaları kullanılır. Boyutları sifon içine insan girebilecek şekilde seçilmelidir. Temizleme ve tahliye bacaları birleştirilerek ekonomik yönden avantaj sağlanabilir (Bilen, 1988).

#### *Düşü yapıları (Şüt)*

Kanal geçiş hattında su kotunun önemli ölçülerde düşürülmesini sağlayan yapılara düşü yapısı veya şüt denir (Kara, 2005). Genellikle teknik literatürde düşü (drop) ve şüt (chute) terimleri, yapının yerleştirildiği su seviyeleri arasındaki farka bağlı olarak, ana fonksiyonları aynı olmakla beraber farklı anlamlarda kullanılmaktadır. Seviye farkları 4.5 metreden büyük olan su seviyeleri arasına yerleştirilen ve genellikle uzun boylarda devam eden kanallardan oluşan yapılara şüt denilmektedir. Şüt yapısı Şekil 2.4' de gösterilmiştir. 4.5 metreden küçük seviye farklarında kullanılan yapılar ise düşü olarak isimlendirilmektedir. Her iki halde de suyu ileten kanalda sel rejimli akım meydana gelmektedir (Bilen, 1988).

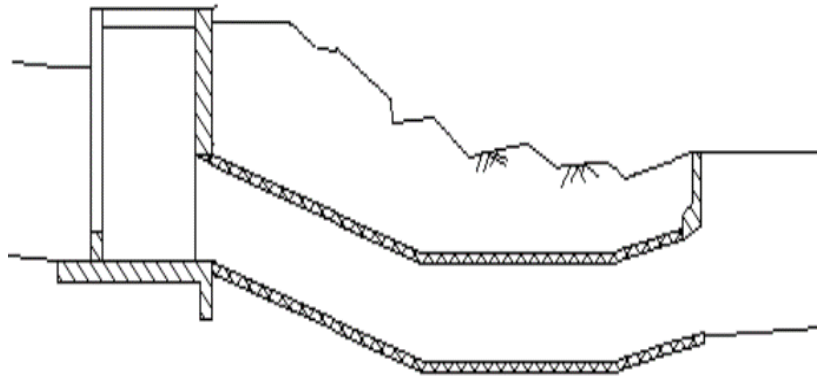
Şütler, mansap su seviyesini ve akım hızını düşürmek için kanallara inşa edilen kontrol yapılarıdır. Aynı zamanda enerjinin güvenli şekilde kırılmasını da sağlarlar. Şütler bir veya birkaç düşü bulunması gereken eğimli arazilerde daha ucuz ve uygun olması sebebiyle kullanılabilirler (Kraatz and Mahajan, 1975).

Şütler genellikle tesviye eğrilerine dik geçtikleri için arazi eğimine uymayan yedek kanallarda kullanılır (Aküzüm ve Öztürk, 1988).

Düşü yapılarında enerjinin kırılarak emniyetli bir şekilde kot değişikliğinin yapılması esastır. Kanallardaki su hızını müsaade edilen sınırlarda tutmak için de düşü yapılarından yararlanılır. Düşü yapıları, arazinin topoğrafik yapısı, kot farkı, iletilen suyun debisine bağlı olarak, dik düşü, eğik düzlemlili düşü, borulu düşü, kaskat olmak üzere farklı tiplerde yapılabilir. Hangi tip yapılırsa yapılsın, bir düşü yapısında şu üç kısım mutlaka bulunmalıdır: Düşü yapısına giriş ve çıkıştaki geçiş yapıları, düşü kanalı ve enerji kırıcı havuz (Kara, 2005).

Dik düşü, kot farkının az olduğu durumlarda uygulanır, su düşü kanalı yapılmaksızın doğrudan enerji kırıcı havuza düşürülür (Kara, 2005).

Küçük boyutlu eğik düşü ve şütler dikdörtgen kesitlerde kullanılır. Eğik düşü ve şütlerde enerji kırılımı genellikle yapının çıkış kısmında hidrolik sıçrama veya enerji kırıcı bir duvarla olur (Apaydın, 1995).



Şekil 2.4. Şüt yapısı (Aküzüm ve Öztürk, 1988; Bilen, 1988)

Dik ve eğik düşüler arasındaki seçim yapı tarafından kontrol edilecek su seviyesi yani kırılacak enerji miktarına göre yapılır. Seviye düşürmek ve enerji kırmak için gerekli olan yapı aynı mesafede birkaç tane büyük veya daha fazla sayıda küçük düşü olarak yapılabilir. Bu tercih malzeme, iş gücü ve toplam maliyete göre belirlenir (Kraatz and Mahajan, 1975).

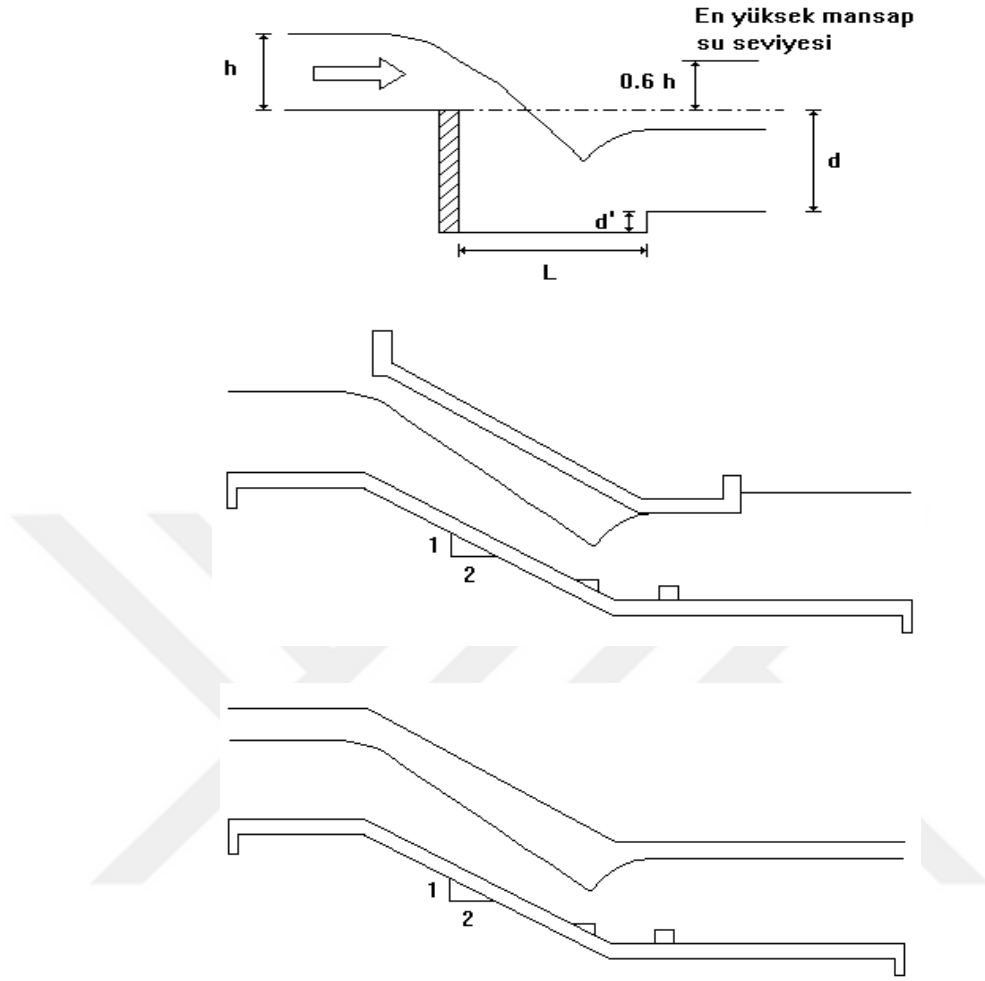
Kanal su seviyesinin düşürülmesi gereken yerle aynı zamanda bir karayolu, drenaj kanalı, demiryolu vb. tesislerin geçilmesi gerekiyorsa borulu düşüler en ekonomik ve pratik çözümdür. Borulu düşüler, küçük kanallarda eğik düşülerle birleştirildiğinde çok daha uygun ve ekonomik olurlar. Düşü kanalı, eğik düzlemlili düşülerde dikdörtgen, borulu düşülerde daire kesitlidir (Apaydın, 1995).

Borulu düşüler, genellikle inşa kolaylığı, birkaç işlemi birden yerine getirmeleri (menfez, sifon gibi) ve ekonomikliğinden dolayı yol ve sulama kanallarının kesim yerlerine inşa edilir (Kraatz ve Mahajan, 1975).

Kaskat, merdiven şeklinde birbirini takip eden dik düşülerden oluşur (Kara, 2005).

Değişik düşü tiplerinden hangisinin uygulanacağına karar verilmesinde ekonomik etkenler rol oynamakla beraber proje tatbikatında dik düşüler 2,5 m yüksekliğe kadar uygulanmaktadır. Ancak düşü yüksekliğinin 10 m'den fazla olması durumunda tek bir eğik düzlemlili düşü yerine yaklaşık 10 m ile sınırlanmış kademeli bir seri düşü (kaskat) kullanılması hidrolik yönden uygun olmakta; ancak genellikle ekonomik açıdan uygun olmamaktadır (Bilen, 1988).

Dik, eğik ve borulu düşüler Şekil 2.5' de gösterilmiştir.



Şekil 2.5. Dik, eğik ve borulu düşüler (Kraatz and Mahajan, 1975; Aküzüm ve Öztürk, 1988; Bilen, 1988).

### *Menfez*

Kanalın dikdörtgen, daire veya benzeri bir kesitle üzeri örtülü olarak geçişini sağlayan yapıya menfez denir. Genellikle dikdörtgen kesitli yapırlar. Dikdörtgen kanalın taban ve yan duvarları betonarme olarak yapıldıktan sonra üzeri parça, beton plakalarla örtülür. Geçiş hattının yerleşim yerlerine rastladığı kısımlarda, arazi çapraz eğiminin çok yüksek olması nedeniyle kazı ihtiyacının fazla olduğu yamaç yerlerde, heyelan tehlikesinin bulunduğu yerlerde kanal geçişleri menfezle sağlanır (Kara, 2005).

## *Tünel*

Kanalların yüksek kotlu bir topoğrafik engeli geçmesinde uygulanan yapılara tünel denir. Akedük veya sifon yapılmasını gerektiren topoğrafik koşulların tam aksi olan, yani kanal güzergahı bir tepe veya benzeri topoğrafik engel ile karşılaştığında daire veya atnalı (yarım daire, yarım elips) kesitte tünel açılarak beton veya betonarme kaplama yapılarak suyun akışı sağlanır (Kara, 2005).

## *II. Kontrol ve düzenleme yapıları*

Kanaldaki suyun miktarını belirleme, dağıtımını yönlendirme, kanala zarar verilmesini veya kanalın kendi çevresine zarar vermesini önleyen yapılara kontrol ve düzenleme yapıları denir. Ayrıca kanalın taşıyabileceğinden fazla su gelmesi halinde fazla suyu araziye zarar vermeden uzaklaştırırlar. Sistemdeki suyun kontrolünü sağlarlar. Bunlar; ölçme yapıları, su saptırma yapıları, seviye kontrol yapıları ve emniyet yapıları olarak dört gruba ayrılabilir (Kara, 2005).

### *Ölçme yapıları*

Su alma yapısından kanala alınan, bir kanaldan kendisinde daha küçük kapasiteli diğer kanallara saptırılan veya kanaldan tarlalara verilen suyun miktarını, yani debisini belirlemeye yarayan yapılara ölçme yapıları denir (Kara, 2005).

Bir sulama şebekesinde sistem debisini etkileyen faktörler; seçilen sulama yöntemi, toprak tipi, arazi eğimi, alanın büyüklüğü, sulama için gerekli su miktarı, sulanacak bitki, gelişme dönemi uzunluğu ve zamanı şeklinde sıralanabilir (Bosch et al, 1993).

Sulama kanallarındaki su seviyesini ayarlamak ve ihtiyaç kadar suyu araziye ulaştırmak için sürekli olarak debi ölçmeleri yapılmalıdır (Aküzüm ve Öztürk, 1988).

Bu amaçla geliştirilen ölçme yapıları savaklar ve orifisler olmak üzere ikiye ayrılır. Savakların, suyun geçirildiği kesitin kenar şekline göre; keskin kenarlı (dikdörtgen,

üçgen, yamuk) kalın kenarlı, kesik boğazlı savaklar ve Parshall savağı olarak çeşitli tipleri vardır (Kara, 2005). Savaklar, yeterli yük varsa su ölçümünde en pratik ve ekonomik araçtır (Kraatz and Mahajan, 1975).

Orifis, bir akış ortamında enkesit alanının küçültülmesi ile meydana gelen hidrolik yük kaybından yararlanarak küçültülen kesitteki hızın ve buna bağlı olarak debinin hesaplanmasını sağlayan düzendir. Bunların sabit yüklü veya dikdörtgen batmış tipte olanları vardır. Orifisin çalışma prensibinden yararlanarak, kanallardan su saptırmak için prizler geliştirilmiştir (Kara, 2005).

Sulama şebekesinin işletiminde debi kayıtları gerekliyse su ayırım ve dağıtım noktasına su ölçüm yapısı yapılması gereklidir. Diğer taraftan, savak su alma yapısının çok yakınına konursa dalgalanma ve düzensiz akımlar oluşarak ölçümde hatalara sebep olabilir. Ölçüm için en iyi yer düz bir kanal hattıdır (Apaydın, 1995).

Sulama kanallarında, sediment birikintileri, asılı madde ve yabancı otlar mansap akım durumunu değiştirebilir ve batıklık derecesini etkiler. Savaklar bu gibi etkilere maruz kalmayacakları yerlerde yapılmalı veya bu etkenlerden etkilenmeyen yapılar (Parshall savağı gibi) seçilmelidir (Apaydın, 1995).

#### *Su saptırma yapıları (Prizler)*

Bir kanaldan başka bir kanala veya kanaldan araziye, suyun debi ve seviyesini kontrol ederek su almaya yarayan yapıya priz veya su alma yapısı denir. Prizler genellikle sabit yüklü orifis şeklinde düzenlenirler. Ana sulama kanalından sekonderlere su saptıran prizlere sekonder prizi, sekonder sulama kanalından tersiyere su saptıran prize tersiyer prizi, tersiyer sulama kanalından tarlaya veya tarla iletim kanallarına su saptıran prizlere ise çiftçi prizi denir. Sekonder ve tersiyer prizleri sabit yüklü orifisli priz şeklinde yapılırlar (Kara, 2005).

Çiftçi prizlerinde tarlaya saptırılacak debi 60 l/sn'den az ise, priz orifissiz olarak yapılır; bu nedenle ölçü kutusu ve orifis kapağı bulunmaz, tersiyer kanaldaki su seviyesini



debiye bağı kalmaksızın kontrol edebilmek için priz mansabına kabartma yapısı (çek) inşa edilir (Kara, 2005).

Sulama kanallarında priz yerlerinin seçimi önemlidir. Kanal geçiş hattında prizler, arazinin çevreye göre en hakim noktalarında yapılarak, suyun ulaşamayacağı ölü noktaların kalması önlenmelidir. Zorunluluk olmadıkça ana ve sekonder sulama kanallarından araziye doğrudan su alınmamalıdır. Normal koşullarda, ana kanal üzerinde 3-5 km'de bir sekonder prizi, sekonder kanal üzerinde 300-500 m'de bir tersiyer prizi, tersiyer kanal üzerinde ise her 200-300 m'de bir çiftçi prizi yapılır (Kara, 2005).

Su toprağa, toprağın su tutma kapasitesi ve alma hızına göre verilmelidir. Bu nedenle verilen su miktarı ölçülmelidir (Apaydın, 1995).

Sel rejimine sahip kanallarda prizle su alınacak yerlerden yeterli bir mesafede kanaldaki su akımı nehir rejimine geçirmek ve suyun hızını düşürmek için kanal eğimi düşürülmeli ve priz bu düşük eğimli kısmın sonuna yerleştirilmelidir (Bilen, 1988).

Prizler bir sistemdeki diğer tüm sanat yapılarından daha fazla miktarda bulunurlar ve bu yüzden sistemin fonksiyonerliğine en çok etki eden yapılardır. Priz tipinin seçimi; prizin maliyeti, işletim için gerekli su yükü, suda bulunan sediment miktarı, işletim kolaylığı, su seviyesindeki değişimlerin prize olan etkisi gibi faktörlere bağlıdır. (Apaydın, 1995). Prizin tasarım ve işletimi mümkün olduğunca tatmin edici ve güvenli olmalıdır. Örneğin çiftçi alacağı suyu kendi istediği zamanda almayı, su dağıtımını yapan kurum suyu iyi bir şekilde kontrol etmeyi ister (Kraatz and Mahajan, 1975).

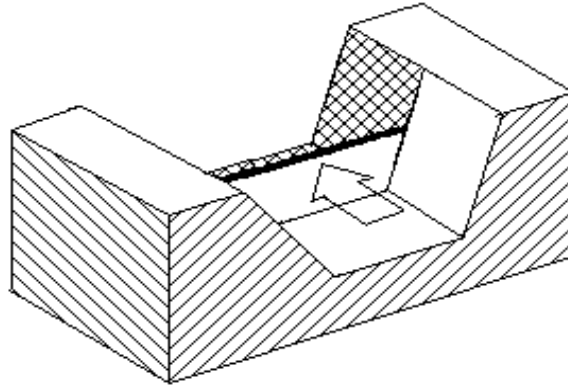
#### *Su seviyesi kontrol yapıları (Çekler)*

Sulama kanallarında prizler, kanaldaki belirli bir su seviyesine göre, genellikle maksimum debiye göre projelendirilirler. Ancak, kendisinden su sapıtılacak kanaldaki debi her zaman aynı olmayıp değişebilir. Su seviyesinin düştüğü zamanda prizler istenen debinin sağlanması için kanaldaki su seviyesini yükseltmeye yarayan tesise su

seviyesi kontrol yapısı veya kısaca çek adı verilir (Şekil 2.6). Çekler, bazen sifon ve şüt girişlerinde akımın hızlanmasını önlemek amacı ile de yapılırlar. Prizlere yardımcı olması amacıyla yapılan çekler, prizın mansap kısmında ve hemen bitişiğinde inşa edilirler. Prizin çekle birlikte projelendirilmesi inşaatta ekonomi sağlar (Kara, 2005).

Çek yapısı maksimum su seviyesinde şebekenin su isteğinin tamamını karşılayacak şekilde imal edilmelidir. İşletme kolaylığı ve inşaat ekonomisi bakımından çek ve priz yapıları beraber projelendirilmelidir (Bilen, 1988).

Çek tesisinin amacı suyu kabartarak prize gerekli suyu sağlamak olduğuna göre çekin gerekliliğine karar verilirken sulanacak arazi kotlarının göz önüne alınması gerekmektedir. En düşük işletme debisine göre kanalda oluşacak su seviyesinin kanal civarındaki sulanacak arazi kotundan aşağıda bulunması halinde priz yerinde suyun bir çekle kabartılmasına gerek vardır. Kanalın yamaçtan geçmesi sebebiyle hemen kanal civarında sulanacak arazi bulunmayıp, sulanacak arazinin çok aşağı kotlarda bulunması halinde çek tesisine gerek yoktur (Apaydın, 1995).



Şekil 2.6. Çek yapısı (Bosch ve ark., 1993)

### *Emniyet yapıları*

Dışarıdan gelebilecek yüzey akışlarının kanallara ve kanallardaki debi artışlarının çevre arazilere zarar vermesini önlemek amacıyla yapılan tesislere emniyet yapıları denir. Şiddetli yağışlardan sonra kanalın üst yamacında oluşan yüzey akışları kanala girerken fiziksel tahribatta bulunur, süprüntü maddesi taşıyıp kanalın dolmasına neden olur ve

kanaldaki su kalitesini olumsuz etkileyebilir. Yüzey sularının kanala girmesini engellemek için kafa hendeği ve yamaç suyu alma tesisi yapılır (Kara, 2005).

Kanaldaki suyu tamamen veya kısmen boşaltan, normal su seviyesinden itibaren hava payına taşan ani yükselmelerde kanalları korumak amacıyla inşa edilen yapılar tahliye yapıları olarak isimlendirilmektedir (Apaydın, 1995). Tahliye yapılarını otomatik sifonlar, yan savaklar, boşaltma yapıları olmak üzere üç grupta toplayabiliriz.

Otomatik sifonlar veya yan savakların konulduğu noktalara aynı zamanda kapaklı tahliye yapılarının da inşa edilmesi uygun olur (Bilen, 1988).

Sulama kanallarında su seviyesinin, ani priz kapatmaları, yamaç sularının kanala alınması veya başka bir sebeple su seviyesinin yükselmesi halinde su, kanaldan dışarı taşarak tarım arazisine zarar verir. Sulama kanalından suyun taşmasını önlemek için gerekli yerlere otomatik sifon ve yan savaklar inşa edilmelidir (Aküzüm ve Öztürk, 1988).

Otomatik sifon, normal su seviyesinin artması ile kendi kendine çalışarak kanaldaki fazla suyu dışarı atar. Kanaldaki su seviyesi normal seviyeye düştüğü zaman sifonun çalışması durur. Otomatik sifonlar, dere yatakları veya tahliye kanallarının bulunduğu kısımlara konur (Aküzüm ve Öztürk 1988, Bosch et al 1993).

Ana kanal güzergahı üzerindeki yamaçtan su geliyorsa ve suyun debisi ve taşıdığı sediment miktarı az, kalitesi sulama suyuna zarar vermeyecek durumda ise bu suyu sulama kanalına alınması amacıyla yamaç su alma tesisi inşa edilebilir. Yan dere debisi ve taşıdığı sediment miktarı fazla ise sel suları alt veya üst sel geçidi ile kanala zarar vermeden uzaklaştırılır (Apaydın, 1995).

Yamaç su alma tesisi için en büyük debi  $2 \text{ m}^3/\text{s}$ 'dir. Yamaç su alma tesisi ile kanala alınan sel sularının dere veya drenaj kanalı gibi yerlerde, inşa edilecek otomatik sifon ya da tahliye prizi ile kanaldan dışarı atılması gereklidir (Aküzüm ve Öztürk, 1988).

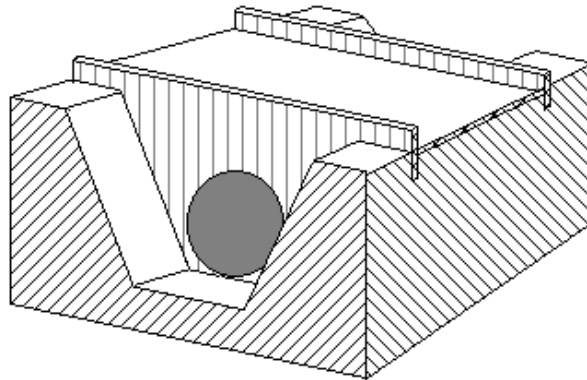
### III. Geçit yapıları

Sulama kanallarının yan dere ve yollarla kesiştiği yerlerde inşa edilen yapılardır. Yan dere geçişlerinde kullanılan yapılara sel geçitleri, yol geçişlerinde kullanılanlarına köprü denir (Şekil 2.7). Topoğrafik koşullar, geçişin geçit yapıları ile sağlanmasına müsait değilse sifon ve akedük yapılır (Kara, 2005).

Kanallar, arazide ulaşımı aksatan yapılardır. Aksamayı önlemek için normal ulaşım yolları ile kesiştiği yerlerde köprü yapıldığı gibi, arazide kanalın böldüğü iki yaka arasındaki ulaşımı sağlamak için de her 1.5 - 2.0 km de bir köprüler yapılmalıdır (Kara, 2005).

Sel geçitleri, kesişilen yan dere kotuna göre alt sel geçidi ve üst sel geçidi olarak iki çeşittir. Yan dere kanal kotu kanal kotundan düşük ise alt sel geçidi yapılır (Şekil 2.8). Bunlarda sel suları, debiye göre, bir büz veya menfez ile kanal altından geçirilir. Eğer yan dere kotu kanal kotundan yüksek ise üst sel geçidi yapılır (Şekil 2.9). Bunlarda, dere suları derlenip dikdörtgen kesitli bir kanalla sulama kanalı üzerinde geçirilip tekrar dere yatağına verilir (Kara, 2005).

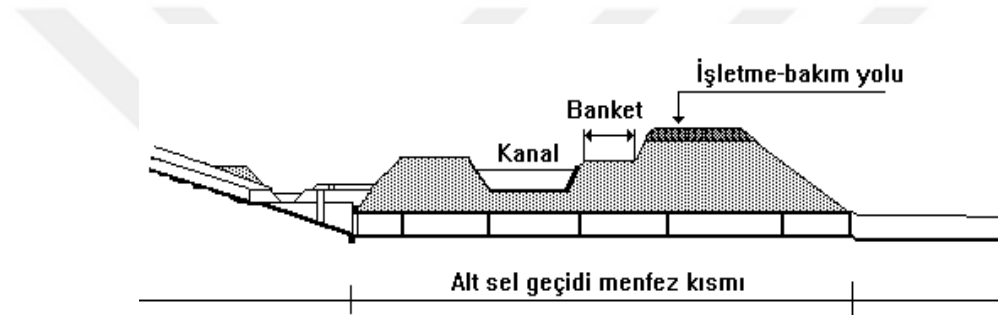
Eğer sulama kanalını kesen dere fazla miktarda sediment taşıyorsa alt sel geçidi kolaylıkla tıkanabileceği için üst sel geçidi uygulanmalıdır. Arazi eğiminin az olduğu yerlerde üst sel geçidi, çok olduğu yerlerde alt sel geçidi tesis etmek uygundur (Aküzüm ve Öztürk 1988).



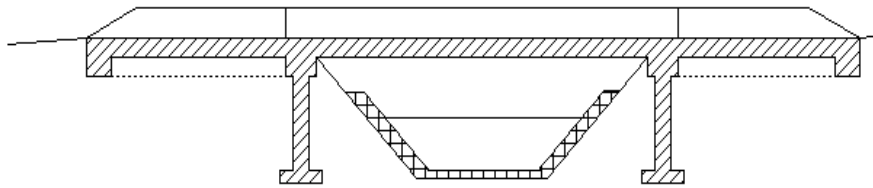
Şekil 2.7. Yol geçidi (Köprü) (Aküzüm ve Öztürk, 1988; Bilen 1988)

Alt sel geçidi genellikle derenin taşkın debisi küçük ve sediment miktarı az olduğu zaman uygulanır. Bunlar tek bir büz ile yapılabildiği gibi bir kutu menfez biçiminde de yapılabilir (Aküzüm ve Öztürk, 1988).

Üst sel geçitleri ayaklar üzerine oturan genellikle dikdörtgen kesitli bir kanaldır. Sel geçidi tabliye üst kotunu kesişme yerindeki kanal su kotu belirlediğinden, eğer bu kot çevre arazi kotundan fazla yüksek ise sel geçiti giriş yapısı dolgu üzerine gelir. Ayrıca geçitte toplanan suyun çevre araziye basmaması ve suyun sel geçitine çevrilebilmesi için uzun yöneltme duvarları gerekir (Bilen, 1988).



Şekil 2.8. Alt sel geçidi (Aküzüm ve Öztürk, 1988; Bilen, 1988)



Şekil 2.9. Üst sel geçidi (Aküzüm ve Öztürk, 1988; Bilen, 1988)

### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

#### 3.1. Materyal

##### 3.1.1. Araştırma alanının genel özellikleri

Ulaş Karacalar Barajı ve proje sahası Yukarı Kızılırmak Havzasında, Sivas'ın 32 km güneyinde yer almaktadır. Projenin tamamı Sivas ili sınırları içerisinde yer almaktadır (Şekil 3.1). Ulaş Karacalar Sulama Alanı 10 km genişliğinde ve 16 km boyunda bir alanı kapsamaktadır. Baraj aks yeri Karacalar köyünün altındaki Karacalar ırmağı üzerindedir. Yağış alanı 243.3 km<sup>2</sup>'dir. Proje bölgesi genel olarak engebeldir. Proje alanının büyük bir kısmında tarım yapılmaktadır. Proje sahası tamamen Ulaş Ovası içerisinde kalmaktadır. Proje alanının en önemli su kaynağı Karacalar deresidir.

Etüt alanının denizden yüksekliği 1 350-1 390 m arasındadır. Proje alanında sulanması planlanan toplam alan 4 720 ha'dır. Bu alanın; % 91.50'si olan 4 319 ha alanı sulanır, % 8.50'si olan 401 ha alanı ise sulanamaz (6. sınıf göl, yol ve yerleşim alanı) niteliktedir (Anonim, 2004).



Şekil 3.1. Araştırma alanının uydu görüntüsü.

Sivas Ulaş ilçesi Karacalar Deresi üzerine inşa edilerek 2008 yılında tamamlanan 43.6 milyon m<sup>3</sup> depolama kapasiteli Ulaş Karacalar Barajıyla 4 100 ha alanın sulanması 2010 yılında sağlanmıştır. Baraj gövdesi zonlu toprak dolgu olup temelden yüksekliği 49.00 m ve dolgu hacmi 860 000 m<sup>3</sup>'tür (Anonim, 2015).

Baraj gölünde maksimum su seviyesi 1 421.50 m, normal su seviyesi 1 419.60 m, minimum su seviyesi ise 1 402.00 m'dir (Anonim, 2004).

### **3.1.2. Araştırma yöresinin iklim özellikleri**

Proje sahasında karasal iklim hakim olup yazlar sıcak ve kurak, kışlar soğuk ve yağışlı geçer. Yağışlar genellikle kış aylarında kar şeklinde yağar. Bol yağışlı geçen Nisan ve Mayıs aylarında karların da erimesiyle akarsu debileri yükselir. Yaz aylarında gece ile gündüz arasında büyük sıcaklık farkları doğar (Anonim, 2004).

### **3.1.3. Araştırma alanının jeolojik özellikleri**

Ova toprakları kireç ve jipsçe zengin, organik madde içerikleri bakımından zayıftır. İnceleme alanında temel formasyon eosen flişidir. Alüvyon genel olarak Karacalar deresi ve Yağlak deresinin yataklarında görülmektedir. Ayrıca kuru derelerin ana derelerle birleştikleri kısımlarda alüvyon konileri bulunmaktadır. Kil-silt, kum-silt oranı çok yüksektir (Anonim, 2004).

### **3.1.4. Araştırma yöresinin tarımsal yapısı ve üretimi**

Araştırma yerinin ekonomik açıdan en önemli geçim kaynağı tarım ve hayvancılıktır. Tarımda farklı bitki desenleri uygulanmaktadır. Esas mahsul hububattır. Hububat toplam bitki deseninin % 48.6'sını oluşturmaktadır. % 16.1 oranında sulu tarım yapılabilmektedir. Su kaynaklarının yetersiz oluşu nedeniyle arazilerin % 29.7'lik bir kısmı her yıl nadasa bırakılmaktadır. Etüd sahasında ticaret hacminin tamamını tarımsal ve hayvansal ürünlerin pazarlanması oluşturmaktadır. Şeker pancarı haricindeki ürünler Ulaş nahiyesi ile Sivas il merkezinde pazarlanmaktadır (Anonim, 2004).

### **3.1.5. Araştırma alanının toprak zellikleri**

Sulama alanı toprakları bünyeleri bakımından ağır, orta ve hafif bünyeli topraklardan oluşmaktadır. Etüt sahasındaki toprakların renkleri taban arazilerde kahverengi, yamaçlarda ise açık kahverengidir. Organik madde içerikleri düşük, jips içerikleri yüksektir. Toprakların amur pH'ları 7.0-8.0, 1:5'lik sulandırılmış pH'ları 7.5-8.6 arasındadır (Anonim, 2004).

### **3.1.6. Araştırma bölgesinin su kaynakları**

Proje alanının en önemli su kaynağı Karacalar Deresidir. Büyüklü küçüklü birçok yan kolun birleşmesinden oluşan Karacalar deresi, Tecer Irmağı ile birleşerek Kızılırmak'a karışmaktadır. Sulama suyu ise Karacalar Deresi zerine yapılan Karacalar Barajından sağlanmaktadır. Karacalar Deresi ve Tecer Deresi ile Ebugen Deresinden mahalli arklarla yetersiz sulama yapılmaktadır.

### **3.1.7. Araştırma bölgesinin sulama sistemi ve sulama durumu**

1995 yılında inşaatına başlanan ve 2009 yılında sulamaya açılan Ulaş Karacalar Barajı'nda toplam sulamaya elverişli arazi 173 345 ha, toplam ekonomik olarak sulanabilir arazi 113 319 ha'dır. Karacalar Barajı sayesinde ilçede 4 100 ha alanda tarımsal sulama yapılabilmektedir (Anonim, 2004; Anonim, 2015).

### **3.1.8. Araştırma alanında bulunan sanat yapıları**

Bu projede, klasik sulama şebekesi pilot bölge alanında toplam 325 adet sanat yapısı bulunmakta olup iletim yapısı kapsamında 3 adet sifon, 52 adet dik şt, 24 adet bztl geçiş; kontrol ve düzenleme yapıları kapsamında 162 adet priz, 57 adet ek yapısı; geçit yapıları kapsamında 6 adet st sel geçidi, 18 adet alt sel geçidi ve 3 adet yol geçiş yapısı bulunmaktadır.



### 3.2. Yöntem

Bu çalışmada, Sivas-Ulaş Karacalar Sulama Projesi DSİ Ön Raporundan klasik sulama şebekesi pilot bölge alanındaki her bir sanat yapısının metrajları kullanılarak DSİ Proje ve İnşaat Dairesi 2015 yılı birim fiyatlarına göre keşif bedelleri hesaplanmıştır. Daha sonra sanat yapılarının kendi içindeki maliyet oranları ve şebeke maliyeti içindeki oranları yüzde olarak hesap edilmiştir. Bu hesaplamalar çizelgeler halinde verilmiştir. Yapılan bu işlemler Microsoft Excel programı üzerinde gerçekleştirilmiştir.



## 4. BULGULAR

Sivas DSİ 19. Bölge Müdürlüğü'nün, 1995 yılında inşaatına başlanan ve 2009 yılında sulamaya açılan Karacalar Barajı Sulaması klasik sulama şebekesi pilot bölge sahası; sanat yapıları sayıları, maliyetleri ve maliyet oranları hakkında bilgi sahibi olmak amacıyla incelenmiştir. Yapılan bu incelemeler sonucunda hesaplanan keşif özetleri çizelgeler halinde sunulmuştur.

### 4.1. Pilot Bölge Genel ve Sanat Yapıları Keşif Özetleri

Pilot bölge için genel keşif özetleri; kazı işleri için 1 113 716.56 TL, imalat işleri için 6 581 215.04 TL, nakliye işi için 1 384 600.23 TL, önlem işleri için ise 2 864 937.64 TL bulunmuştur. Böylece klasik sulama şebekesi pilot bölge toplam maliyeti 11 944 469.47 TL olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.1, Çizelge 4.2, ..., Çizelge 4.5).

Çizelge 4.1. Pilot bölge yapım işi genel keşif özeti; kazı işleri

Sıra	Poz No	Malzeme Adı	Birim	Miktar	Birim Fiyat (TL)	Tutar (TL)
1	14.012/1	Kaya ve küskülükten başka her cins zeminde sanat yapısı kazısı (% 20)	m <sup>3</sup>	477.27	26.95	12 862.42
2	14.013/1	Her nevi küskülük zeminde sanat yapısı kazısı (% 20)	m <sup>3</sup>	1 431.81	38.83	55 597.18
3	14.016/1	Her nevi kayalık zem. pat. mad. kullanılmadan sanat yapısı kazısı (% 20)	m <sup>3</sup>	477.27	66.59	31 781.40
4	15.002	Makina ile kaya ve küskülükten başka her cins zem. kanal açılması (% 20)	m <sup>3</sup>	44 194.24	2.00	88 388.48
5	15.007	Makine ile her nevi küskülük zeminde kanal açılması (% 60)	m <sup>3</sup>	132 582.68	3.33	441 500.32
6	15.011/1	Makine ile her nevi kayalık zeminde pat. mad. kullanılmadan kanal açılması (% 20)	m <sup>3</sup>	44 194.24	6.49	286 820.61
7	15.002/1	Makine ile her cins zeminde dolgu altına sandık açılması	m <sup>3</sup>	551.34	1.39	766.36
8	15.044/3	Yol mak. ile top. zem. reg. a=6.00 m	km	2.4	3 450.85	8 282.04
9	15.045/3	Yol mak. ile küs. zem. reg. a=6.00 m	km	7.2	5 176.29	37 269.29

Çizelge 4.1. (Devam) Pilot bölge yapım işi genel keşif özeti; kazı işleri

10	15.046/3	Yol mak. ile kaya zem. reg. a=6.00 m	km	2.4	6 901.71	16 564.10
11	15.040	Makine ile röpriz	m <sup>3</sup>	2 646	1.17	3 095.82
12	15.041	Mak. ile her türlü kaya zem. röprizi	m <sup>3</sup>	661.5	2.56	1 693.44
13	15.D/2-1	Tuvanen malzeme ile stabilize yol temel ve taban kaplaması	m <sup>3</sup>	18 462	6.05	111 695.10
14	D.150	Hizmet yolu	m	12 000	0.71	8 520
15	D.151	Hizmet yolu bakımı	m	12 000	0.74	8 880
<b>TOPLAM KAZI İŞİ</b>						<b>1 113 716.56</b>

Çizelge 4.2. Pilot bölge yapım işi genel keşif özeti; imalat işleri

Sıra	Poz No	Malzeme Adı	Birim	Miktar	Birim Fiyat (TL)	Tutar (TL)
1	16.D/1	Çimento bedeli	ton	3 502.59	200.31	701 603.80
2	16.D/3	Kaplama betonu itina zammı	m <sup>2</sup>	63 329.03	5.29	335 010.57
3	16.D/6-1	Kaplama makinası itina zammı	m <sup>3</sup>	14 852.88	48.68	723 038.19
4	16.D/5	Sifon betonarme beton zammı	m <sup>3</sup>	743.44	23.06	17 143.72
5	16.041/1	İd. ist. muk. kum ve çakıl ile yap. beton veya betonarme betonu	m <sup>3</sup>	13 502.62	115.35	1 557 527.21
6	17.086	Toplama taşı ile istifli taş dolgu	m <sup>3</sup>	612.05	90.45	55 359.92
7	17.138	Toplama taşı ile blokaj	m <sup>3</sup>	144.82	94.19	13 640,59
8	18.425/1	Ø 40 beton büz döşenmesi	mt	202	39.68	8 015.36
9	D.18.505	H tipi lastik conta	mt	226.68	16.59	3 760.62
10	14.D/19	Kay. Gayri zem. kaplama bet. altı hesaplanması	m <sup>2</sup>	40 451.05	5.29	213 986.05
11	14.D/20	Her nevi kay. zem. kap. bet. altı hazırlanması	m <sup>2</sup>	26 859.56	6.80	182 645.01
12	21.011	Düz yüzeyli beton veya betonarme kalıbı	m <sup>2</sup>	18 736.07	29.91	560 395.85
13	21.013	Rendeli düz yüzeyli beton veya betonarme kalıbı	m <sup>2</sup>	3 099.54	36.88	114 311.03
14	21.021	Eğri yüzeyli beton veya betonarme kalıbı	m <sup>2</sup>	1 083.02	53.02	57 421.72
15	21.022	Rendeli eğri yüzeyli beton veya betonarme kalıbı	m <sup>2</sup>	2 156.89	61.89	133 489.92
16	21.051	Taşıyıcı iskele	m <sup>2</sup>	1 365.44	9.80	13 381.31

Çizelge 4.2. (Devam) Pilot bölge yapım işi genel keşif özeti; imalat işleri

17	21.054	Ahşap kalıp iskelesi	m <sup>3</sup>	4 307.44	3.80	16 368.27
18	23.001/2	İnce betonarme demiri	ton	44	2 624.01	115 456.44
19	23.002	Kalın betonarme demiri	ton	28.75	2 363.63	67 954.36
20	23.167/1	Çeşitli pro. dem. ve saç lev. yap. İm.	kg	51 252	6.86	351 588.72
21	25.015	Demir imalatın bir kat stülyen iki kat yağlı boya ile boyanması	m <sup>2</sup>	295.29	20.61	6 085.93
22	25.017	Dem. imalatın iki kat stülyen ve pasa karşı özel boyayla iki kat boyanması	m <sup>2</sup>	521.00	18.74	9 763.54
23	38.D/2	Ø 60 cm iç çapında büzlü geç. memba ve man. iml. yapılması	ad	24	2 307.36	55 376.64
24	38.D/8	40 cm çapında tek büz S.Y.O.P. memba ve mansap imalatı	ad	114	3 730.10	425 231.40
25	38.D/11	80 cm çapında tek büz S.Y.O.P. memba ve mansap imalatı	ad	48	7 935.99	380 927.52
26	38.D/35A	Gömlek betonlu 80 cm çapında d=9.5 cm büz döşenmesi	m	384	500.25	192 096
27	38.D/23A	Gömlek betonsuz 40 cm çapında d=5.5 cm büz döşenmesi	m	684	125.80	86 047.20
28	38.D/33A	Gömlek betonlu 60 cm çapında d=7.5 cm büz döşenmesi	m	144	363.85	52 394.40
29	38.D/1-2	Dikenli tel örgü yapılması	m	102	32.66	3 331.32
30	08.009/2	Elek artığı malzeme	m <sup>3</sup>	16308.55	3.75	61 157.06
31	D.09.003/1	Kum çakılın yük. boş. ve figüresi (el ile)	m <sup>3</sup>	2446.46	14.38	35 180.09
32	D.09.003/2	Kum çakılın yük. boş. ve figüresi (makina ile)	m <sup>3</sup>	10942.34	2.88	31 513.94
33	207.410	Ø 300 sürgülü vana	ad	6	1.89	11.34
<b>TOPLAM İMALAT İŞİ</b>						<b>6 581 215.04</b>

Çizelge 4.3. Pilot bölge yapım işi genel keşif özeti; nakliye işleri

Sıra	Poz No	Malzeme Adı	Birim	Miktar	Birim Fiyat (TL)	Tutar (TL)
1	07.D/1	Çimento nakli (M=30 km, d=10 km) Kayseri	ton	3 502.59	8.2026	28 730.34
2	07.D/2	Demir nakli (M=586 km, d=10 km) Karabük	ton	72.75	103.36	7 519,44
3	07.D/2	Saç nakli (M=708 km, d=10 km) Ereğli	ton	51.25	124.2436	6 367.48

Çizelge 4.3. (Devam) Pilot bölge yapım işi genel keşif özeti; nakliye işleri

4	07.D/4	Taze beton nakli (M=30 km, d=10 km)	ton	32 406	8.2026	265 813.46
5	07.005/E	Eleğe kum çakıl taşınması (2 km)	ton	19 571.69	2.67	52 256.41
6	07.006/K	Kum çakıl nakliyesi (M=30 km, d=10 km)	ton	14 925.19	8.2026	122 425.36
7	07.005/T	Toprak nakliyesi (M=5 km, d=5 km)	ton	212 880.89	4.23	900 486.16
8	07.004	Brüknere göre toprak nakliyesi (M=50 cm)	ton	90 000	4.141	372.69
9	07.006/S	Stabilize taşınması (M=20 km, d=25 km)	ton	33 231.60	10.31	342.62
10	07.005/Taş	Taş taşınması (M=35 km, d=10 km)	ton	817.92	0.35	286.27
<b>TOPLAM NAKLİYE İŞİ</b>						<b>1 384 600.23</b>

Sulama alanı jips bakımından zengin bir jeolojik yapıdadır. Jips bünyesinde susuz sülfat asidinin tuzlarını bulundurur. Bu tuzların şişme ve su ile erimesi sonucu; betonda kabarma, çatlama, pullanıp dökülme ile beton mukavemetinde azalma veya betonda parçalanma görülmektedir. Sülfatlı suların betona olan etkisini minimuma indirebilmek için önlemler alınmıştır (Çizelge 4.4).

Çizelge 4.4. Pilot bölge yapım işi genel keşif özeti; önlemler

Sıra	Poz No	Malzeme Adı	Birim	Miktar	Birim Fiyat (TL)	Tutar (TL)
1	15.002	Makine ile kaya ve küskülükten başka her cins zeminde kanal açılması (% 20)	m <sup>3</sup>	5 005.29	2.00	10 010.58
2	15.007	Makine ile her nevi küskülük zeminde kanal açılması (% 60)	m <sup>3</sup>	15 015.86	3.33	50 002.81
3	15.011/1	Makine ile her nevi kayalık zeminde pat. mad. kul. kanal açılması (% 20)	m <sup>3</sup>	5 005.29	6.49	32 484.33
4	15.D/3	El ile granülometrik kum çakıl serilmesi	m <sup>3</sup>	1 729.34	21.81	37 716.91
5	15.D/6	Makine ile granülometrik kum çakıl serilmesi	m <sup>3</sup>	16 212.03	18.41	298 463.47
6	16.D/1	Cimento bedeli	ton	1 314.96	200.31	263 399.64
7	16.002/1	Kum ve gravye (çakıl) ile yapılan beton	m <sup>3</sup>	5 067.48	100.51	509 332.42
8	16.041/1	İdarece istenilen muk. Yapılan beton	m <sup>3</sup>	2 017.58	115.35	232 727.85

Çizelge 4.4. (Devam) Pilot bölge yapım işi genel keşif özeti; önlemler

9	18.468/1	PVC esaslı jeomembran (1.5 mm)	m <sup>2</sup>	53 434.7	17.05	911 061.64
10	18.470	Jeotekstil keçe serilmesi	m <sup>2</sup>	24 380.18	2.00	48 760.36
11	38.D.900/2	Ø 200 drenfleks boru	mt	9 988	19.93	199 060.84
12	07.D/1	Çimento nakli	ton	1 314.96	13.26	17 436.37
13	07.006/K	Kum çakıl nakliyesi (M=20 km, d=10 km)	ton	32 294.47	7.88	254 480.42
<b>TOPLAM ÖNLEMLER</b>						<b>2 864 937.64</b>

Pilot bölge yapım işi keşif özeti toplamı Çizelge 4.5'te verilmiştir. Keşif özeti toplamı 11 944 469.47 TL olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 4.5. Pilot bölge yapım işi keşif özeti

<b>İş Kısımları</b>	<b>Tutar (TL)</b>
Kazı işleri	1 113 716.56
İmalat işleri	6 581 215.04
Nakliye işleri	1 384 600.23
Önlemler	2 864 937.64
<b>TOPLAM</b>	<b>11 944 469.47</b>

Sanat yapılarının keşif özetleri ise aşağıdaki çizelgelerde verilmiştir (Çizelge 4.6-4.12).

Üst sel geçidi, şebeke içerisinde 6 adettir. Üst sel geçidi toplam keşif bedeli 338 128.44 TL olarak hesaplanmıştır. Üst sel geçidinin 1 adedinin ortalama keşif tutarı 56 354.74 TL'dir (Çizelge 4.6).

Çizelge 4.6. Üst sel geçidi keşif özeti

<b>Sıra</b>	<b>Poz No</b>	<b>Malzeme Adı</b>	<b>Birim</b>	<b>Miktar</b>	<b>Birim Fiyat (TL)</b>	<b>Tutar (TL)</b>
1	21.011	Düz yüzeyli kalıp	m <sup>2</sup>	1 828.01	29.91	54 675.78
2	21.013	Rendeli düz yüz. kalıp	m <sup>2</sup>	600.95	36.88	22 163.03
3	21.051	Taşıyıcı iskele	m <sup>3</sup>	28.9	9.80	283.22
4	21.054	Ahşap kalıp iskelesi	m <sup>3</sup>	836.87	3.80	3 180.10
5	16.041/1	İd. İstenilen muk. beton	250 Dz	919.56	115.35	106 071.24
6			350 Dz	19.86		2 290.85

Çizelge 4.6. (Devam) Üst sel geçidi keşif özeti

7	23.001/1	İnce beton demiri	ton	2.844	2 637.39	7 500.73
8	23.002	Kalın beton demiri	ton	0.934	2 363.63	2 207.63
9	17.086	Toplam T istifli taş dol.	m <sup>3</sup>	59.45	90.45	5 377.25
10	17.138	Toplam T ile blokaj	m <sup>3</sup>	144.82	94.19	13 640.59
11	08.009/2	Elek artığı malzeme	m <sup>3</sup>	1 193.07	3.75	4 474.01
12	16.D/1	Çimento bedeli	ton	236.842	200.31	47 441.82
13	07.D1	Çimento taşınması	ton	236.84	13.26	3 140.49
14	07.D/2	Demir taşınması	ton	4.07	103.36	420.68
15	07.D/4	Trans. beton taşınması	ton	2 254.62	6.61	14 903.04
16	07.006/T	Taş taşınması	ton	408,55	7.88	3 219.37
17	07.005/E	Eleğe kum çakıl taşınması	ton	7 882,71	5.98	47 138.61
<b>TOPLAM (6 adet)</b>						<b>338 128.44</b>
Üst Sel Geçidi Ortalama Keşif Tutarı (Adet): 56 354.74 TL						

Yol geçiş yapısı, şebeke içinde 3 adettir. Yol geçiş yapısı toplam keşif bedeli 19 490.50 TL olarak hesaplanmıştır. Yol geçiş yapısının 1 adedinin ortalama keşif tutarı 6 496.83 TL'dir (Çizelge 4.7).

Çizelge 4.7. Yol geçiş yapısı keşif özeti

Sıra	Poz No	Malzeme Adı	Birim	Miktar	Birim Fiyat (TL)	Tutar (TL)
1	21.011	Düz yüzeyli kalıp	m <sup>2</sup>	116.39	29.91	3 481.22
2	21.013	Rend. düz yüzeyli kalıp	m <sup>2</sup>	10.92	36.88	402.73
3	21.054	Ahşap kalıp iskelesi	m <sup>3</sup>	24.11	3.80	91.62
4	21.051	Taşıyıcı iskele	m <sup>3</sup>	28.5	9.80	279.30
5	16.041/1	İd. ist. muk beton	m <sup>3</sup>	250 Dz	115.35	3 921.90
6				350 Dz		2 484.64
7	16.D/1	Çimento bedeli	ton	16.04	200.31	3 212.97
8	23.001/2	İnce beton demiri	ton	0.33	2 624.01	865.92
9	23.002	Kalın beton demiri	ton	0.27	2 363.63	638.18
10	08.009/2	Elek artığı malzeme	m <sup>3</sup>	70.53	3.75	264.49
11	07.D/1	Çimento taşınması	ton	16.04	13.26	212.69
12	07.D/2	Demir taşınması	ton	0.65	103.36	67.18
13	07.D/4	Trans. beton taşınması	ton	133.28	6.61	880.98
14	07.005/E	Eleğe kum çakıl taşınması	ton	466	5.98	2 786.68
<b>TOPLAM (3 adet)</b>						<b>19 490.50</b>
Yol Geçiş Yapısı Ortalama Keşif Tutarı (Adet): 6 496.83 TL						

Dik şüt, şebekede toplam 52 adettir. Dik şüt giriş ve çıkış yapısının metrajları ayrı ayrı alınmış, tek bir keşif özeti cetvelinde gösterilerek toplam keşif bedeli hesaplanmıştır. Dik şüt yapısının toplam keşif bedeli 243 985.22 TL olarak hesaplanmıştır. 1 adedinin ortalama keşif tutarı 4 692.02 TL'dir (Çizelge 4.8).

Çizelge 4.8. Dik şüt keşif özeti

Sıra	Poz No	Malzeme Adı	Birim	Miktar	Birim Fiyat (TL)	Tutar (TL)
1	D21.011	Düz yüzeyli kalıp	m <sup>2</sup>	3 688.16	29.91	110 312.87
2	D21.013	Rend. düz yüzeyli kalıp	m <sup>2</sup>	503.67	36.88	18 575.35
3	21.054	Ahşap kalıp iskelesi	m <sup>3</sup>	1 781.51	3.80	6 769.74
4	16.041/1	İd. ist. muk. Beton 250 Dz	m <sup>3</sup>	519.28	115.35	59 898.95
5	16.D/1	Çimento bedeli	ton	130.38	200.31	26 116.41
6	07.D1	Çimento taşınması	ton	130.38	13.26	1 728.84
7	07.D/3	Trans. beton taşınması	ton	1 246.27	7.41	9 234.86
8	08.009/2	Elek artığı malzeme	m <sup>3</sup>	1 354.06	3.75	5 077.73
9	07.005/E	Eleğe kum çakıl taşınması	ton	204.94	5.98	1 225.54
10	18.425/1	Beton büz döşeme	m	52.00	39.68	2 063.36
11	25.015	Izgara boyanması	m <sup>2</sup>	116.74	20.61	2 406.01
12	15.007	Sanat yapısı kazısı	m <sup>3</sup>	172.84	3.33	575.56
<b>TOPLAM (52 adet)</b>						<b>243 985.22</b>
Dik Şüt Ortalama Keşif Tutarı (Adet): 4 692.02 TL						

Alt sel geçidi sanat yapısı şebeke içinde giriş çıkış yapısı, gövde yapısı ve kazı şeklinde metrajları ayrı yapılmış, tek bir keşif özeti cetvelinde gösterilerek maliyetleri hesaplanmıştır. Projede toplam 18 adet alt sel geçidi kullanılmıştır. Alt sel geçidinin boyu 20.00 m'dir. 1 adedinin keşif bedeli 43 807.20 TL olup 18 adedinin toplam keşif bedeli 788 529.60 TL olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.9).

Sifon sanat yapısı proje içerisinde giriş çıkış, dirsek yapısı, tahliye bacası ve gövde yapısı şeklinde ayrı ayrı metrajları yapılmış, tek bir keşif özeti cetvelinde gösterilerek maliyetleri hesaplanmıştır. Proje içerisinde toplam 3 adet sifon kullanılmıştır. Sifonların yatay boyları 567.00, 214.00 ve 74.00 m'dir. Sifonunun 1 adedinin ortalama keşif bedeli 202 678.20 TL olup 3 adedinin toplam keşif bedeli 608 034.59 TL olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.10).



Çizelge 4.9. Alt sel geçidi keşif özeti

Sıra	Poz No	Malzeme Adı	Birim	Miktar	Birim Fiyat (TL)	Tutar (TL)
1	14.012/1	Kaya ve küskülükten başka her zeminde sinai imalat kazısı	m <sup>3</sup>	12.25	26.95	330.14
2	14.013/1	Kaya ve küskülük zeminde sinai imalat kazısı	m <sup>3</sup>	85.75	38.83	3 329.67
3	14.014/1	Her nevi kayalık zeminde patlayıcı mad. kullanarak imalat kazısı	m <sup>3</sup>	24.5	48.43	1 186.54
4	15.002	Makine ile kaya ve küskülükten başka her cins zeminde kanal açılması	m <sup>3</sup>	30.63	2.00	61.26
5	15.007	Makine ile her nevi küskülük zeminde kanal açılması	m <sup>3</sup>	214.83	3.33	715.38
6	15.011	Makine ile her nevi kayalık zeminde pat. mad. kullanılarak kanal açılması	m <sup>3</sup>	61.25	10.31	631.49
7	15.040	Makine ile kayadan başka her türlü zeminin röprizi	m <sup>3</sup>	147	1.17	171.99
8	15.041	Mak. ile her türlü kaya zemin röprizi	m <sup>3</sup>	36.75	2.56	94.08
9	D.09.003/2	Kum ve çakılın mak. ile yükleme boşaltma ve istifi	m <sup>3</sup>	64.25	2.88	185.04
10	08.009/2	Elek artığı malzeme	m <sup>3</sup>	88	3.75	330
11	16.D/1	Çimento bedeli	ton	21.67	200.31	4 340.72
12	16.041/1	İd. ist. muk. kum ve çakıl ile yapılan beton veya betonarme betonu (B betonu)	m <sup>3</sup>	69.3	115.35	7 993.76
13	17.086	Toplama taşı ile istifli taş dolgu	m <sup>3</sup>	30.7	90.45	2 776.82
14	21.011	Düz yüzeyli beton veya betonarme kalıbı	m <sup>2</sup>	174.07	29.91	5 206.43
15	21.013	Rendeli düz yüzeyli beton veya betonarme kalıbı	m <sup>2</sup>	104.6	36.88	3 857.65
16	21.051	Taşıyıcı iskele	m <sup>3</sup>	45	9.80	441
17	21.054	Ahşap kalıp iskelesi	m <sup>3</sup>	65.76	3.80	249.89
18	23.001/2	İnce betonarme demiri	ton	1.48	2 624.01	3 883.53
19	23.002	Kalın betonarme demiri	ton	1.38	2 363.63	3 261.81
20	07.D/1	Çimento nakli (25 km)	ton	21.67	7.41	160.57
21	07.D/2	Demir nakli (350 km) Ham yol=10 km.	ton	2.86	62.91	179.92
22	07.D/4	Transmikserle beton taşınması (20 km)	ton	123.36	6.61	815.41
23	07.005/Tş	Taş taşınması (5 km)	ton	45.44	4.23	192.21
24	07.005/E	Eleğe kum-çakıl taşınması (2 km)	ton	355.74	2.67	949.83
25	07.006/K	Beton santraline kum-çakıl taşınması (95 km)	ton	102.8	23.95	2 462.06
<b>ORTALAMA KEŞİF TUTARI (Adet)</b>						<b>43 807.20</b>
<b>TOPLAM (18 adet)</b>						<b>788 529.60</b>

Çizelge 4.10. Sifon yapısı keşif özeti

Sıra	Poz No	Malzeme Adı	Birim	Miktar	Birim Fiyat (TL)	Tutar (TL)
1	16.D/1	Çimento bedeli	ton	185.86	200.31	37 229.62
2	16.D/5	Bet. betonu zammı	m <sup>3</sup>	743.44	23.06	17 143.73
3	16.041/1	İd. ist. muk. beton	m <sup>3</sup>	857.44	115.35	98 905.70
4	18.425/1	Ø40 beton büz döşeme	m	150.00	39.68	5 952
5	D18.505	Lastik conta H tipi (II. sınıf)	m	249.72	16.59	4 142.85
6	D21.011	Düz yüzeyli kalıp	m <sup>2</sup>	1 386.49	29.91	41 469.92
7	D21.013	Rendeli düz yüzeyli kalıp	m <sup>2</sup>	70.34	36.88	2 594.14
8	D21.021	Eğri yüzeyli kalıp	m <sup>2</sup>	1 083.02	53.20	57 616.66
9	D21.022	Rend. eğri yüzey kalıp	m <sup>2</sup>	2 156.89	61.89	133 489.92
10	21.051	Taşıyıcı iskele	m <sup>3</sup>	453.99	9.80	4 449.10
11	21.054	Ahşap kalıp iskelesi	m <sup>3</sup>	543.9	3.80	2 066.82
12	23.001/2	İnce beton demiri	ton	30.352	2 624.01	79 643.95
13	23.002	Kalın beton demiri	ton	42.204	2 363.63	99 754.64
14	25.015	Demir imalat boyası	m <sup>2</sup>	158.65	20.61	3 269.78
15	38.D/1-2	Dikenli tel örgü	m	204.00	32.66	6 662.64
16	207.410	Vana takılması	adet	6	1.89	11.34
17	08.009/2	Elek artığı temizleme	m <sup>3</sup>	854.95	3.75	3 206.06
18	07.D/1	Çimento taşınması	ton	185.86	13.26	2 464.50
19	07.D/2	Demir taşınması	ton	76.75	103.36	7 932.88
20	15.007	Sanat yapısı kazısı	m <sup>3</sup>	8.51	3.33	28.34
<b>TOPLAM (3 adet)</b>						<b>608 034.59</b>
Sifon Yapısı Ortalama Keşif Tutarı (Adet): 202 678.20 TL						

Beton çek yapısı 57 adettir. 57 adedinin toplam keşif bedeli 36 836.98 TL olarak hesaplanmış olup 1 adedinin toplam keşif bedeli 646.26 TL'dir (Çizelge 4.11).

Çizelge 4.11. Beton çek yapısı keşif özeti

Sıra	Poz No	Malzeme Adı	Birim	Miktar	Birim Fiyat (TL)	Tutar (TL)
1	D21.011	Düz yüzeyli kalıp	m <sup>2</sup>	531.85	29.91	15 907.63
2	D21.013	Rendeli düz yüz. kalıp	m <sup>2</sup>	67.9	36.88	2 504.15
3	21.051	Taşıyıcı iskele	m <sup>3</sup>	45.03	9.80	441.29
4	14.D/19	Kaplama beton altı hazır.	m <sup>2</sup>	158.84	5.29	840.26
5	16.D/3	Kaplama muh. itina zammı	m <sup>2</sup>	151.61	5.29	802.02

Çizelge 4.11. (Devam) Beton çek yapısı keşif özeti

6	16.041/1	İd. istenilen muk. beton	m <sup>3</sup>	141.67	115.35	16 341.63
<b>TOPLAM (57 adet)</b>						36 836.98
Beton Çek Ortalama Keşif Tutarı (Adet): 646.26 TL						

Yukarıdaki hesaplamalar sonucu pilot bölge sanat yapılarının toplam keşif bedeli, DSİ 2015 yılı birim fiyatlarına göre 2 035 005.33 TL olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.12).

Çizelge 4.12. Sanat yapıları keşif özeti.

Sanat Yapıları	Birim Keşif Özeti (TL)	Adet	Keşif Özeti Toplam (TL)
Üst Sel Geçidi	56 354.74	6	338 128.44
Yol Geçiş Yapısı	6 496.83	3	19 490.50
Dik Şüt	4 692.02	52	243 985.22
Alt Sel Geçidi	43 807.20	18	788 529.60
Sifon	202 678.20	3	608 034.59
Beton Çek	646.26	57	36 836.98
<b>GENEL TOPLAM</b>		<b>139</b>	<b>2 035 005.33</b>

#### 4.2. Sanat Yapılarının Maliyet Oranları

Sanat yapılarının şebeke maliyeti içindeki oranlarının belirlenmesi amacıyla; sanat yapısının yapımını oluşturan iş ve malzemelerin miktarları, o yıla ait birim fiyatlarıyla çarpılarak tek bir yapının maliyeti tespit edilmiş ve maliyetin toplamı alınarak bulunan toplam sanat yapısı maliyeti şebekenin keşif bedeline oranlanarak yapının şebeke maliyeti içindeki yüzdesi bulunmuştur. Ayrıca sanat yapısı maliyeti, her bir sanat yapısının maliyetine ayrı ayrı oranlanmış ve sanat yapıları içindeki maliyet oranları belirlenmiştir (Çizelge 4.13).

Bulunan toplam sanat yapısı maliyeti 2 035 005.33 TL'dir; şebekenin toplam keşif bedeli ise 13 979 474.80 TL'dir. Her bir sanat yapısının keşif bedeli, şebekenin toplam keşif bedeline ve sanat yapısı toplam keşif bedeline bölünerek maliyet oranları hesap edilmiştir (Çizelge 4.13).

Çizelge 4.13. Sanat yapıları maliyet oranları

<b>Sanat Yapıları</b>	<b>Sanat Yapısı Maliyeti İçindeki Oranı (%)</b>	<b>Şebeke Maliyeti İçindeki Oranı (%)</b>
Üst sel geçidi	16.62	2.42
Yol geçiş yapısı	0.96	0.14
Dik şüt	11.98	1.75
Alt sel geçidi	38.75	5.64
Sifon	29.88	4.35
Beton çek	1.81	0.26
<b>TOPLAM</b>	<b>100</b>	<b>14.56</b>

Sanat yapılarının maliyetinin şebeke maliyetine oranı % 14.56 olarak hesaplanmıştır.

Maliyet oranları arazinin topoğrafyasına, su kaynağına, su dağıtım yöntemine, arazi mülkiyet durumuna, kullanılan suyun ücretlendirme yöntemine bağlı olmaktadır. Sanat yapısı sayısının artmasıyla sanat yapılarının şebeke maliyeti içindeki oranları artmaktadır. Sanat yapıları, şebeke maliyetinin % 0.14 - % 5.64' ünü oluşturmaktadır (Apaydın, 1995).

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, Sivas-Ulaş Karacalar Sulama Projesi DSİ Ön Raporundan klasik sulama şebekesi pilot bölge alanındaki her bir sanat yapısının metrajları kullanılarak DSİ Proje ve İnşaat Dairesi 2015 yılı birim fiyatlarına göre keşif bedelleri hesaplanmıştır. Daha sonra sanat yapılarının kendi içindeki maliyet oranları ve şebeke maliyeti içindeki oranları yüzde olarak hesap edilmiştir.

Sivas ili Ulaş Karacalar Sulaması klasik sulama şebekesi pilot bölge keşif bedeli DSİ 2015 yılı birim fiyatlarına göre 13 979 474.80 TL olarak hesaplanmıştır. İlgili sahada 6 adet üst sel geçidi, 3 adet yol geçiş yapısı, 52 adet dik şüt, 18 adet alt sel geçidi, 3 adet sifon yapısı, 57 adet beton çek yapısı bulunmaktadır. Sanat yapıları toplam keşif bedeli 2 035 005.33 TL olarak hesaplanmıştır. Sanat yapılarının maliyetinin şebekenin toplam maliyeti içindeki oranı % 14.56 bulunmuştur.

Üst sel geçidinin, sanat yapısı maliyeti içindeki oranı % 16.62, şebeke maliyeti içindeki oranı ise % 2.42'dir. Yol geçiş yapısının, sanat yapısı maliyeti içindeki oranı % 0.96, şebeke maliyeti içindeki oranı ise % 0.14'tür. Dik şüt yapısının sanat yapısı maliyeti içindeki oranı % 11.98, şebeke maliyeti içindeki oranı ise % 1.75'tir. Alt sel geçidinin sanat yapısı maliyeti içindeki oranı % 38.75, şebeke maliyeti içindeki oranı ise % 5.64'tür. Sifon yapısının sanat yapısı maliyeti içindeki oranı % 29.88, şebeke maliyeti içindeki oranı ise % 4.35'tir. Beton çek yapısının sanat yapısı maliyeti içindeki oranı % 1.81, şebeke maliyeti içindeki oranı ise % 0.26'tır. Maliyet açısından, şebeke maliyeti içindeki oranına göre en az % 0.14 ile yol geçiş yapısı, en fazla % 5.64 oranla alt sel geçidi bulunmuştur.

Bu çalışma da bir klasik sulama şebekesinde hangi sanat yapısı tiplerinin kullanılacağı, maliyet hesabı ve toplam maliyet içindeki oranları belirlenmiş olduğundan benzer sulama şebekelerinin planlanmasında ve projelenmesinde yol gösterici olacaktır.

Bir sulama projesinde sanat yapıları belirlenirken, en yüksek faydayı en az maliyetle sağlanacak şekilde tertip edilmelidir. Sanat yapıları masraflı tesislerdir. Arazinin yapısı, eğimi ve jeolojik durumu sanat yapılarını etkilemektedir. Bu nedenle de sanat yapılarının yerlerinin, boyutlarının ve konumlarının iyi bir şekilde planlanması gerekir.



## 6. KAYNAKLAR

- Aktan, Ö. 1992. Dikdörtgen ve Trapez Kesitli Açık Kanallarda Su Derinliklerinin Bilgisayarla Hesabı. DSİ Teknik Bülteni, Sayı 77, 29-42, Ankara.
- Aküzüm, T. ve Öztürk, F., 1988. Topraksu Yapıları. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 1105, Ders Kitabı No: 316, Ankara.
- Anonim, 2004. Ulaş Karacalar Sulaması Projesi Yapım İşİ Ön Raporu. DSİ 19. Bölge Müdürlüğü.
- Anonim, 2015. Bölgesel Kalkınma Projeleri. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, <http://basinhaber.ormansu.gov.tr/osb/Files/duyuru/BolgeselKalkinmaProjeleri/ortagep.pdf> (06.12.2018).
- Apaydın, H., 1995. Sulama Şebekelerinde Sanat Yapılarının Yeterliliğinin Belirlenmesi. (Y.Lisans Tezi), Ankara Üniversitesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Ankara.
- Balaban, A., 1964. Türkiye'deki Su Kaynaklarının Geliştirilmesi ve Problemleri. TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası Yayını, Ankara.
- Bayrakçı, M. A. ve Sayın, S., 1993. Sulu Tarımda Etkin Çiftçi Katılımı. Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Sulama Dairesi Başkanlığı, Ankara.
- Bekişoğlu, Ş., 1982. Sulama Şebekelerinde Klasik, Kanalet ve Borulu Sistemlerin Mukayesesi. DSİ Teknik Bülten, 51, 18-24.
- Bilen, Ö., 1988. Sulama Kanalları Üzerindeki Yapıların Projelendirilmesi. DSİ Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Bosch, B. E., Snellen, W. B., Brouwer, C. ve Hatcho, N., 1993. Structures for Water Control and Distribution. Irrigation Water Management, Training Manual No: 8, Rome.
- Ertuğrul, H. ve Apan, M., 1979. Sulama Sistemlerinin Projelenmesi. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın No: 252, Ders Kitapları Serisi No: 38, Erzurum.
- Kant, R. ve Polat, H., 2004. Düzce ovası sulamasında sulama kanalı tesis maliyetinin incelenmesi. Politeknik Dergisi, 7(1), 71-78.
- Kara, M., 2011. Sulama ve Sulama Tesisleri. Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Selçuk Üniversitesi Basımevi, 268 s, Konya.
- Kraatz, D. F. ve Mahajan, J. K., 1975. Small hydraulic structures. FAO Irrigation and Drainage Paper 26/2, 292 p, Rome.
- Sepetçioğlu, M. Y., Yenigün, K., Karakuş, S. ve Aslan, V., 2018. Şanlıurfa İli Sulamaları Işığında Sulama Şebekelerinin Karşılaştırılması. Türk Hidrolik Dergisi, 2(1), 19-30.

## 7. ÖZGEÇMİŞ

### Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı : Rukiye KARAHAN  
Doğum Yeri ve Yılı : Sivas/1991  
Medeni Hali : Bekar  
Yabancı Dili : İngilizce  
Telefon : 05389295831  
e-mail : rky.krh91@gmail.com

### Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Yılı
Yüksek Lisans	Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı	2019
Lisans	Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Bölümü	2013
Lise	Kongre Anadolu Lisesi, Sivas	2009