

TAŞKIN YAPILARI TASARIMI
ve
KAYI DERESİ ÖRNEĞİ
Ebru DERNEK

Yüksek Lisans Tezi

Hidrolik Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Didem YILMAZER

TEKİRDAĞ-2012

T.C.
NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TAŞKIN YAPILARI TASARIMI ve KAYI DERESİ ÖRNEĞİ

Ebru DERNEK

HİDROLİK ANABİLİM DALI

DANIŞMAN: YRD. DOÇ.DR. DİDEM YILMAZER

TEKİRDAĞ-2012

Her hakkı saklıdır

Yrd. Doç. Dr. Didem YILMAZER danışmanlığında, Ebru DERNEK tarafından hazırlanan bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından İnşaat Mühendisliği-Hidrolik Anabilim Dalı'nda yüksek lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı : Yrd. Doç. Dr. Ali COŞAR

İmza:

Üye : Yrd Doç. Dr. Tuba BOSTAN

İmza:

Üye : Yrd. Doç. Dr. Didem YILMAZER

İmza :

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu adına

Prof. Dr. Fatih KONUKCU
Enstitü Müdürü

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

TAŞKIN YAPILARI TASARIMI ve KAYI DERESİ ÖRNEĞİ

Ebru DERNEK

Namık Kemal Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Hidrolik Anabilim Dalı

Danışman : Yrd. Doç. Dr. Didem YILMAZER

Yaşamını sürdürebilmek için daima suya yakın olmak isteyen insanoğlu buna bağlı olarak suyun oluşturduğu tehlikelerle de karşılaşmaktadırlar. Taşkın, doğal afet olarak; bir akarsuyun muhtelif nedenlerle yatağından taşarak, çevresindeki arazilere, yerleşim yerlerine, altyapı tesislerine ve canlılara zarar vermek suretiyle, etki bölgesinde normal sosyo-ekonomik faaliyeti kesintiye uğratacak ölçüde bir akış büyüklüğü oluşturmasıdır. Ülkemizde taşkınlar depremlerden sonra en büyük ekonomik kayıplara neden olan doğal afetlerdir. Ülkemizde sellerin önlenmesi konusunda yapısal birçok proje faaliyetleri başta DSİ olmak üzere birçok Kamu Kurum ve Kuruluşunca yürütülmektedir. DSİ Genel Müdürlüğü tarafından inşa edilen barajlar ile yağışlı sezonda oluşan yüksek akımlar depolanarak, taşkınların pik dönemlerinde barajlardan mansaba kontrollü su bırakılmakta, böylelikle mansapta oluşabilecek taşkınlar önlenmektedir. Havzada bulunan yerleşim yerlerini, tarım arazilerini taşkından korumak maksadıyla da sel kapanı, mahmuz, tersip bendi, birit, taşkın kanalı, sedde, anroşman taş dolgu gibi tesisler inşa edilmektedir. Sellerin en sık rastlanan sebebi şiddetli ve uzun süreli yağıştır. Son yıllarda küresel ısınmadan kaynaklanan iklimsel değişiklikler sebebiyle meteorolojik afetlerin sayısının arttığı gözlenmektedir. Taşkın debisinin hesaplanmasında yağış alanı, akış hacmi, yıllık yağış değerleri, su miktarı gibi özellikler dikkate alınmaktadır. Bu çalışmada taşkın konusu; oluşum sebepleri ve meydana getirdiği zararlarla birlikte tüm yönleriyle ayrıntılı olarak anlatılıp, taşkın önleme yapılarının tasarım aşamaları hakkında bilgi verilmiştir. Taşkın debilerinin tespitine yönelik hidrolojik verilerin toplanması ve bu veriler kullanılarak taşkın debisi hesaplama yöntemleri anlatılmıştır. Taşkınları önlemek amacıyla inşaa edilen yapı tipleri hakkında genel bilgilere yer verilmiş ve örnek olarak Tekirdağ ili Değirmenaltı mevkiinde bulunan Kayı Deresi Taşkın önleme yapısı tasarımı ele alınmıştır. Kayı Deresi hidrolojik verilere dayanarak taşkın debileri hesaplanmış ve hidrolik olarak boyutlandırılmıştır. Aquadyn[®] programı kullanılarak Kayı deresinin 2 boyutlu akım modellemesi yapılmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Anahtar kelimeler: taşkın, tasarım, modelleme

2012 , 164 sayfa

ABSTRACT

MSc. Thesis

DESIGN OF OVERFLOW STRUCTURES AND EXAMPLE OF KAYI RIVER

Ebru DERNEK

Namık Kemal University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Hydrolic

Supervisor : Assist Prof. Dr. Didem YILMAZER

The human race always want to be near water to sustain life. Accordingly they encounter with danger generated by water. In recent years damages caused by water are also increased due to the unplanned urbanization. As a natural disaster, flood is an overflow of an expanse of water that submerges land. Flood damages the surrounding land, residential areas, infrastructure facilities and all the creatures. Flood creates a largely flow in its domain which socio-economic activities will be affected. Flood often cause damage to homes and businesses if they are placed in natural flood plains of rivers astreambedshiftedfor various reasons. In our country, afterearthquakes,floods are the second natural disasters that cause maximum economic losses. In our country, manyprojectsfor the prevention offloodsare conducted by several Public institutions. DSI is heading between these institutions. High currents of the rainy season are stored by dams built by the General Directorate of State Hydraulic Works. During the peak periods of floods, water is released under control to the downstream to prevent overflowing which may occur at the downstream. In order to protect agricultural lands, torrent trap, sediment holding structures, spur, flood channel, dike, armourstone stone filling are built. The most common cause of floods is severe and long-term rain. In recent years,due toclimatic changescaused byglobalwarmingthe number ofmeteorologicaldisastershas increased. In the calculation offloodflow, rainfallarea, flowvolumes, annualprecipitationvaluesare taken into account. In this study the flood subject with the formation of damages caused reasons and described in detail. In this study explained the design of flood protection structures. Hydraulic calculation methods were described. In this study the Kayi River and the Kayi Flood will be described. The first and second studies of the Kayi River will be discussed. For Kayı River the two-dimensional flow modelling was performed by Aquadyn and results were compared.

Keywords : flood, design, modeling

2012, 164 pages

ÖNSÖZ

Dünyadaki bütün canlılar suya muhtaçtır. Canlı organizmalardaki bütün önemli hayati fonksiyonlar, suyun bulunduğu ortamlarda yer alabilirler. Ancak; hayat kaynağı olan su, bazan insan varlığını tehdit eden bir felakete dönüşebilmektedir. Aniden oluşan korkunç su taşkınları, suyla beraber gelen sürüntü maddelerinin tahrip ettiği ziraat ve iskan alanları, taşkınlarla bataklık haline gelen geniş ziraat sahaları ve selin sebep olduğu toprak alkalileşmesi, suyun insan hayatındaki önemi yanında, kontrol edilmediğinde de ne denli bir felaket unsuru olabileceğinin göstergeleridir.

Ülkemizde taşkınların önlenmesi ve zararlarının azaltılması ile ilgili çalışmalar 6200 Sayılı Kuruluş Kanunu ile DSİ Genel Müdürlüğü'nün görev ve sorumluluk alanı içinde tanımlanmıştır. DSİ tüm ülke çapında taşkınları önlemek amacıyla taşkın koruma yapıları inşaa etmek, dere yataklarında tanzim ve ıslah çalışmaları görevlerini başarıyla yürütmektedir. Bu çalışmada Taşkın konusu sebep ve sonuçları ile birlikte ele alınmaya çalışılmış, taşkın önleme yapılarının tasarımı etüd ve proje aşamalarıyla anlatılmış Kayı Deresi Taşkın Önleme Yapısı örneklendirilmiştir.

Tezimin son bölümünü oluşturan nümerik modelleme kısmı İTÜ Su ve Deniz Bilimleri Teknolojisi UY-GAR Merkezi Müdürlüğü'ne ait AquaDyn[©] adlı yazılım kullanılarak yapılmıştır. İTÜ Su ve Deniz Bilimleri Teknolojisi UY-GAR Merkezi Müdürü Sayın Prof. Dr. Sedat Kabdaşlı'ya yardımlarından ötürü teşekkür ederim. Çalışmama yön veren desteklerini esirgemeyen Tez Danışmanım, Sayın Yrd. Doç. Dr. Didem YILMAZER'e ve sevgisiyle beni motive eden hayat ışığım kızım Bade Dila DERNEK'e teşekkür ederim.

Haziran 2012

Ebru DERNEK

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

MÖ	Milattan önce
DSİ	Devlet Su İşleri
DMİ	Devlet Malzeme Ofisi
EİE	Elektrik İşleri Etüd İdaresi
©	Telif hakkına sahip
Q	Debi
Q_g	Giren debi
$Q_ç$	Çıkan debi
V	Su hızı
F	Nispi nem
e	Buhar basıncı
e_s	Doygun buhar basıncı
T_a	Hava sıcaklığı
a_h	Mutlak nem
a	Muline katsayısı
A	Islak alan
P	Islak çevre
R	Hidrolik yarıçap
C	Sabit bir katsayı
p	Bir olayın meydana gelme ihtimali
q	Bir olayın meydana gelmeme ihtimali
σ	Standart sapma
n	Olayın tekerrür sayısı
T_r	Bir olayın aşılma periyodu
z	Normalize olmuş değişken
(X)	Etüd edilen değişkenin muhtelif değerleri

I	Yağışın şiddeti
V_s	Çökme hızı
D_g	Dane yoğunluğu
g	Yerçekimi ivmesi
μ	Suyun viskozitesi
τ	Suyun sürüklenme gücü
γ	Suyun özgül ağırlığı
d	Dere yatağı derinliği
J	Dere yatağı eğimi
τ_0	Akarsu yatağındaki kayma gerilmesi
τ_c	Sürüklenmenin başlaması için gerekli kayma gerilmesi
$\tau_{şev}$	Şevdeki sürüklenme direnci
τ_{taban}	Tabandaki sürüklenme direnci
h_d	Taban düşü yüksekliği
h_3	Mansap su yüksekliği
h_{cr}	Kritik su yüksekliği
h_0	Memba su yüksekliği
α	Şevin yatayla yaptığı açı
\emptyset	İçsel sürtünme açısı
$T_{kş}$	Şev yüzeyindeki kayma gerilmesi
T_{kt}	Tabandaki kayma gerilmesi
A_0	Düzenlemeden önceki kesit alanları
A_s	Düzenlemeden sonraki kesit alanları
U_0	Düzenlemeden önceki ıslak çevre
U_s	Düzenlemeden sonraki ıslak çevre
L	Akarsu uzunluğu
L_c	Havza ağırlık merkezinin ana akarsu üzerindeki izdüşümünün proje kesitine olan mesafesi

h_a	1 mm akış yüksekliği
q_p	Akış verimliliği
Q_p	Sentetik birim hidrograf değeri
T_p	Hidrografın yükselme zamanı
ΔD	Birim sağnak süresi
CN	Yağış eğri numarası
T_c	Yağışın toplanma zamanı
n	Pürüzlülük katsayısı
b	Dere yatağı kesit genişliği
h	Dere yatağı derinliği
Q_{500}	500 yıllık taşkın debisi
Q_{100}	100 yıllık taşkın debisi
Q_{50}	50 yıllık taşkın debisi
Q_{10}	10 yıllık taşkın debisi
u	İki boyutlu akışkan parçacığının x yönündeki hızı
v	İki boyutlu akışkan parçacığının y yönündeki hızı
dx	İki boyutlu akışkan parçacığının boyuna profil uzunluğu
m	Akışkanın kütlesi
F_x	İki boyutlu akışkana etkiyen x yönündeki basınç kuvveti
F_y	İki boyutlu akışkana etkiyen y yönündeki basınç kuvveti
a_x	İki boyutlu akışkana etkiyen x yönündeki ivme
a_y	İki boyutlu akışkana etkiyen y yönündeki ivme
f	Koriolis parametresi
k	Rüzgar yükü parametresi
W	Yatay rüzgar hızı
W_x	X yönündeki rüzgar bileşeni
W_y	Y yönündeki rüzgar bileşeni
u_0	X yönündeki akıma katılan su hızı bileşeni

v_0	Y yönündeki akıma katılan su hızı bileşeni
d. a. nok. yağ.	Drenaj alanı noktasal yağış değerleri
Alan dağ. oranı	Alan dağılım oranı
d.a. yağ.	Drenaj alanı yağış değerleri
Y.D.K.	Yağış dağılım katsayısı
PLV. KAT.	Pülviograf katsayısı

İÇİNDEKİLER

ABSTRACT	i
ÖZET	ii
ÖNSÖZ.....	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	iv
İÇİNDEKİLER.....	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ	xii
TABLO DİZİNİ.....	xiv
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	4
2. MATERYAL ve YÖNTEM	5
3.1. Materyal.....	5
3.1.1. Taşkın zararları	6
3.1.1.1. Doğrudan doğruya meydana gelen zararlar.....	7
3.1.1.2. Dolaylı indirek zararlar.....	8
3.1.1.3. Para ile ölçülemeyen zararlar	9
3.1.2. Taşkınların temel nedenleri olarak görülen yanlış uygulamalar	9
3.1.3. Taşkınların önlenmesi ve olumsuz etkilerinin azaltılması için alınması gereken önlemler.....	16
3.1.4. Taşkın Zararlarını azaltma ve önleme tedbirlerinde yeni yaklaşımlar .	19
3.2. Yöntem	21
3.2.1. Fizibilite çalışmaları.....	23
3.2.1.1. Jeodezik çalışmalar	24
3.2.1.2. Hidrolojik çalışmalar	25
3.2.1.2.1. Hidrolojik çevrim ve aşamaları	27
3.2.1.2.1.1. Hidrolojik çevrim oluşumu.....	27
3.2.1.2.1.2. Yağış.....	29
3.2.1.2.1.3. Akış.....	31
3.2.1.2.1.3.1. Hacmin ölçülmesi	32
3.2.1.2.1.3.2. Hızın ölçülmesi.....	32
3.2.1.2.1.4. Hidrolojik kayıp.....	41

3.2.1.2.2. Hidrolik analizler	42
3.2.1.2.2.1. Eksik verilerin toplanması	42
3.2.1.2.2.2. Tutarlılık analizi	42
3.2.1.2.2.3. Saha yağışlarının hesaplanması	42
3.2.1.2.2.4. Olasılık (İhtimal hesapları)	42
3.2.1.2.2.5. İstatistik ve tekerrür analizi	44
3.2.1.2.2.6. Risk analizi	45
3.2.1.2.3. Taşkın etüdüleri	46
3.2.1.2.3.1. Taşkın pikinin hesaplanması	46
3.2.1.2.3.2. Frekans analizi	47
3.2.1.2.3.3. Birim hidrograf	48
3.2.1.2.3.4. Taşkın Debisi hesabı	50
3.2.1.2.4. Akarsulardaki katı madde (teressubat) hareketi	54
3.2.1.3. Ekonomik Çalışmalar	56
3.2.1.3.1. İlk yatırım maliyeti	58
3.2.1.3.2. Amortisman	59
3.2.1.3.3. İnşaat süresi	59
3.2.1.3.4. İşletme ve bakım masrafları	59
3.2.1.3.5. Fayda	60
3.2.2. Tasarım çalışmaları	65
3.2.2.1. Havza amenajmanı ve akarsu yatağı düzenlemesi	67
3.2.2.2. Taşkın önleme yapıları	92
3.2.3. İki boyutlu numerik akım modellemesi	104
3.2.3.1. Akım modelinde süreklilik denklemleri	105
3.2.3.2. Akım modelinde momentum denklemleri	107
3.2.3.3. Saint Venant denklemleri	110
3.2.3.4. Aquadyn yazılım programı ile iki boyutlu akım modellemesi	111
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA	113
4.1. Kayı deresi taşkın koruma yapısı çalışma bölgesi	113
4.2. Problemler	114
4.3. Projelendirmeye esas olacak ilk etüd değerleri	114

4.3.1. Etüd alanı coğrafi yeri	115
4.3.2. Topoğrafya	115
4.3.3. İklim	115
4.3.4. Genel jeoloji	116
4.3.5. Doğal kaynaklar.....	116
4.3.6. Taşkın debileri hesabı.....	116
4.3.7. Taşkın debilerinin DSİ Sentetik metod ile hesabı	124
4.3.8. Taşkın debilerinin Mockus yöntemi ile hesabı.....	130
4.3.9. Hidrolik hesaplar	133
4.3.10. Sürüklenme gücüne ilişkin hesaplamalar	134
4.3.11. Uygulama projesi.....	134
4.4. Projelendirmeye esas olan ikinci etüd (2008 yılı) verileri.....	136
4.4.1. Coğrafi yeri	136
4.4.2. Topoğrafya	136
4.4.3. İklim	136
4.4.4. Genel jeoloji	137
4.4.5. Toprak özellikleri	137
4.4.6. Sosyo ekonomik durum.....	137
4.4.7. Taşkın debileri hesabı.....	137
4.4.8. Taşkın debilerinin DSİ Sentetik metod ile hesabı	144
4.4.9. Taşkın debilerinin Mockus yöntemi ile hesabı	144
4.4.10. Hidrolik hesap	146
4.4.11. Sürüklenme gücüne ilişkin hesaplamalar	147
4.4.12. Ekonomik analiz.....	148
4.4.13. Uygulama projesi.....	149
4.5. Kayı deresi akım modellemesi	150
4.5.1. Düğüm noktalarının girilmesi ve ağların oluşturulması	151
4.5.2. Sınır koşullarının oluşturulması.....	156
4.5.3. Sonuçların görselleştirilmesi	156
5. SONUÇ ve ÖNERİLER.....	160
6. KAYNAKLAR.....	162

ÖZGEÇMİŞ.....	164
---------------	-----

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 3.1.	2007 Altınova-Tekirdağ taşkını.....	9
Şekil 3.2.	2009 Silivri-Selimpaşa taşkını	9
Şekil 3.3.	Dere yatağına malzeme yığılması	10
Şekil 3.4.	Dere yatağı kesitinin daraltılması.....	11
Şekil 3.5.	Dere yatağında yapılaşma	12
Şekil 3.6.	Dere yatağının kapatılması.....	12
Şekil 3.7.	Denetimsiz sanat yapıları	13
Şekil 3.8.	Dere yatağını kaplayan ağaçlar	14
Şekil 3.9.	Dere akış kesitini daraltan yapı	15
Şekil 3.10.	Dere üzerinde inşaa edilmiş yapı	15
Şekil 3.11.	Hidrolik çevrim	27
Şekil 3.12.	Yağış-Akış ilişkisi	31
Şekil 3.13.	Akarsu enkesiti	39
Şekil 3.14.	Bir taşkın hidrografı	48
Şekil 3.15.	Akarsu düzenlenmesinde güzergah seçimi.....	68
Şekil 3.16.	Düz akarsularda kum yığınlarının oluşumu	69
Şekil 3.17.	Uzun kıvrımların planlanması.....	69
Şekil 3.18.	Akarsu düzenlenmesinde enkesit tipleri.....	72
Şekil 3.19.	Mahmuz planı.....	81
Şekil 3.20.	Mahmuzların karşılıklı olarak tesisine ilişkin örnekler.....	82
Şekil 3.21.	Boyuna yapılar	84
Şekil 3.22.	Boyuna yapı örnekleri	85
Şekil 3.23.	Bir yargının plan ve kesiti	87
Şekil 3.24.	Akarsu kavşaklarının düzenlenmesi.....	89
Şekil 3.25.	Akarsuyun kollara ayrılması	89
Şekil 3.26.	Taşkın duvar kesit şekilleri	95
Şekil 3.27.	Minimum ve taşkın debilerde yatak düzenlemesi için kademeli kesitler.....	96
Şekil 3.28.	Sedde plan tipleri.....	96
Şekil 3.29.	Tipik bir sedde kesiti	97

Şekil 3.30.	Seddelerin su seviyesine ve yatak tabanına etkisi	100
Şekil 3.31.	Sedde boyutları ile ilgili semboller	100
Şekil 3.32.	Taşkın geciktirme havuzu	103
Şekil 3.33.	Tek boyutta parçacık yörüngesi	105
Şekil 3.34.	Permenan olmayan akımın profili	106
Şekil 3.35.	İdeal akışkanın iki boyutta hareketi	107
Şekil 4.1.	Kayı deresi taşkın önleme yapısı çalışma bölgesi	113
Şekil 4.2.	Mevcut beton kanal kesitleri	135
Şekil 4.3.	İnşaa edilecek olan betonarme kanal kesiti	149
Şekil 4.4.	Kayı deresi akım modellemesindeki ağ görüntüsü.....	151
Şekil 4.5.	Kayı deresi ağ sisteminde tanımlanan düğüm noktaları.....	152
Şekil 4.6.	Kayı deresi akım modellemesi ağ görüntüsü	153
Şekil 4.7.	Kayı deresi akım modeli üçgen elemanları	154
Şekil 4.8.	Kayı deresi ağ sistemi bağlantı elemanları.....	155
Şekil 4.9.	Kayı deresi su yükseklikleri görüntüsü	157
Şekil 4.10.	x yönündeki akış hızı değerleri görüntüsü	158
Şekil 4.11.	Su hızları görüntüsü	159

TABLO DİZİNİ

Sayfa

Tablo 3.1.	Taşkın zararlarını önleme ve azaltma yöntemleri	20
Tablo 3.2.	Bir tasarımın aşamaları	23
Tablo 3.3.	Hidrolojik çalışmalar	26
Tablo 3.4.	Manning formülündeki pürüzlülük katsayısı değerleri	40
Tablo 3.5.	Rasyonel formüldeki (C) değerleri.....	47
Tablo 3.6.	Bazı yapı elemanları için kritik kayma gerilmesi değerleri ..	74
Tablo 3.7.	Akarsu düzenleme yapıları.....	75
Tablo 3.8.	Seddelerle ilgili parametreler	101
Tablo 3.9.	Sedde kaplama tipleri	102
Tablo 4.1.	Tekirdağ DMİ yılda günlük maksimum yağışlar	116
Tablo 4.2.	Extrem değerlerin dağılımı	119
Tablo 4.3.	Normal dağılım fonksiyonu	119
Tablo 4.4.	Gumbel dağılım fonksiyonu.....	120
Tablo 4.5.	3 parametrelili dağılım fonksiyonu	120
Tablo 4.6.	Parametrelili dağılım fonksiyonu	120
Tablo 4.7.	Değişik yenilenmeli maksimum yağış yükseklikleri	121
Tablo 4.8.	Proje yağış alanı değişik yenilenmeli yağış değerleri	121
Tablo 4.9.	Tekirdağ (DMİ) 1,2,4,6,8,14 ve 24 saatlik değişik yenilenmeli yağış değerleri.....	122
Tablo 4.10.	Yağış-akış bağıntısına esas olacak eğri no'su hesabı.....	123
Tablo 4.11.	Drenaj alanı bölgesinde 8 saatlik yağış akış bağıntısı.....	123
Tablo 4.12.	Sentetik yöntemle birim hidrograf analizi.....	125
Tablo 4.13.	DSİ sentetik yöntemle birim hidrograf analizi.....	126
Tablo 4.14.	Kayı deresi değişik yenilenmeli DSİ sentetik birim hidrograf hesapları	128
Tablo 4.15.	D=3,72 (\cong 4) saat süreli yağışların akışlarına göre debileri	131
Tablo 4.16.	Kayı deresi DSİ sentetik metod ve Mockus yöntemi ile hesaplanmış debileri	132
Tablo 4.17.	Hidrolik kesit tahkiki.....	133

Tablo 4.18.	Tekirdağ DMİ Meteoroloji istasyonuna ait frekans analizi .	138
Tablo 4.19.	Tekirdağ DMİ Meteoroloji istasyonu günlük maksimum yağışlarının ekstrem dağılım hesabı	141
Tablo 4.20.	Dağılımların istatistik parametreleri.....	141
Tablo 4.21.	Dağılım tiplerinin sonuçları	142
Tablo 4.22.	Pülviograf katsayılarının tespiti	143
Tablo 4.23.	Yağış değerleri dağılımı	143
Tablo 4.24.	Yağış değerleri	143
Tablo 4.25.	DSİ Sentetik yöntem ile taşkın debileri hesabı	144
Tablo 4.26.	DSİ Sentetik yöntem ile hesaplanan debi değerleri	144
Tablo 4.27.	DSİ Mockus yöntem ile taşkın debileri hesap kriterleri.....	145
Tablo 4.28.	DSİ Mockus yöntemle hesaplanan debi değerleri.....	145
Tablo 4.29.	Kayı deresi DSİ Sentetik metod ve Mockus yöntemi ile hesaplanmış debileri	145
Tablo 4.30.	Hidrolik kesit tahkiki.....	146
Tablo 4.31.	Hidrolik kesit tahkiki.....	147
Tablo 4.32.	Ekonomik analiz tablosu	148

1. GİRİŞ

Dünyadaki bütün canlılar suya muhtaçtır. Yeryüzündeki tüm canlılar suyla hayat bulmuştur. Su insan yaşamı için oksijenden sonra gelen en önemli ögedir. Su dünyamızın yaklaşık dörtte üçünü oluşturmasına rağmen yeryüzünde bulunan toplam su kütlesinin %97.5'i denizlerde ve okyanuslardadır.

İnsanoğlunun bilinen tarihi, su-insan ilişkilerinin çok önemli bir yer teşkil ettiğini ortaya koymaktadır. Tarihin en eski çağlarından beri insan toplulukları suyun ya yetersiz ya da gereğinden fazla olduğu sahalarda yerleşmişler ve suyun yetersizliklerini, tesis ettikleri mühendislik yapıları ile kontrol altına almaya gayret etmişlerdir. Mezopotamya, Mısır ve Hindistan'da kurulmuş olan ilk medeniyetlerin temeli Fırat-Dicle, Nil ve İndüs nehirlerine dayanır. Su ekonomisine dayandırılarak kurulan medeniyetlerin , yine aynı su kaynaklarının doğurduğu taşkın, tuzlanma ve toprağın verimsiz hale gelme sebepleri ile son bulduğu bilinmektedir. 4-5 bin sene önce kurulup, sonrasında yıkılmış olan bu medeniyetlerde meydana getirilmiş olan su kontrol tesisleri, bugün bile bizleri o dönemin mühendisliğine hayran bırakacak özelliktedir.

Mısır tarihin bilinen en eski barajına sahiptir. 5000 yıl önce inşaa edilmiş olan bu tesis, içme, sulama ve kullanma suyu biriktirmeye ve muhtemelen taşkınları önlemek amacıyla yapılmıştı. MÖ 690 yılında “ Jerwan” da inşa edilmiş olan akedük bugünün mühendisliği için bile cesur bir girişimdir. 280 m uzunluğunda olan bu köprüden su 15 m genişlik ve 1.5 m derinlikteki bir oluk vasıtasıyla akmakta idi. Kraliçe Semiramis zamanında Van ovasına su getirme gayesi ile inşa edilmiş olan 56 km uzunluk ve 4 m³/sn kapasiteli “ Şamram” kanalı aradan geçen binlerce seneye rağmen bazı tamirler yapılmak suretiyle hala sulamada kullanılmaktadır. İndüs nehri kıyısında kurulmuş Mohancadaro medeniyetinin yıkılmasında, su dengesinin bozulması sonucu meydana gelen, büyük taşkınlar ön plandadır (Özal 1972). Medeniyet, Çin'de Huang-Ho Mezopotamya'da Dicle ve Fırat vadilerinde en üst seviyelere ulaşmış, Gılgamış Destanı da Fırat'ın bir ürünüdür. Lidyalıların Hermus diye adlandırdığı Gediz Nehri vadisindeki arazinin su feyezanlarından korunması ve azami fayda sağlanabilmesi için yapıldığı tahmin edilmektedir (Demir 2000).

Su insan yaşamını tehdit eden felaket sebebi de olabilmektedir. Taşkınlar, suyla beraber gelen sürüntü maddelerinin tahrip ettiği ziraat ve iskan sahaları, fazla suyun taşkınları ile bataklık haline gelen geniş ziraat sahaları ve taşkının sebep olduğu toprak alkalileşmesi, suyun insan hayatında ne kadar önemli olduğunu göstermektedir. Dünyamızda 20. ve 21. Yüzyılda yaşanan gelişmeler ve değişimler sonucunda meydana gelen küresel ısınma, kuraklık, iklim değişikliklerine bağlı olarak ani yağışların meydana getirdiği taşkınlar ve nüfus artışı sonrasında su ihtiyaçları artmakta, bu sebeple temiz su kaynakları bulunmasındaki zorluklar suyun önemini daha da artırmaktadır.

Tabiatta suyun çevrimi bir bütündür. Bu sebeple hidrolojik çevrimin bir bütün olarak gözlenmesi ve değerlendirilmesine ihtiyaç vardır. Dünyadaki toplam su miktarı 1.4 milyar km^3 'tür. Bu suların %97.5'i okyanuslarda ve denizlerde tuzlu su olarak, %2.5'i ise nehir ve göllerde tatlı su olarak bulunmaktadır. Bu kadar az olan tatlı su kaynaklarının da %90'ının kutuplarda ve yeraltında bulunması sebebiyle insanoğlunun kolaylıkla yararlanabileceği elverişli tatlı su miktarının ne kadar az olduğu anlaşılmaktadır. Türkiye'de yıllık ortalama yağış, yaklaşık 643 mm olup, yılda ortalama 501 milyar m^3 suya tekabül etmektedir. Bu suyun 274 milyar m^3 'ü toprak ve su yüzeyleri ile bitkilerden olan buharlaşmalar yoluyla atmosfere geri dönmekte, 69 milyar m^3 'lük kısmı yeraltı suyunu beslemekte, 158 milyar m^3 'lük kısmı ise akışa geçerek çeşitli büyüklükteki akarsular vasıtasıyla denizlere ve kapalı havzalardaki göllere boşalmaktadır. Yeraltı suyunu besleyen 69 milyar m^3 'lük suyun 28 milyar m^3 'ü pınarlar vasıtasıyla yerüstü suyuna tekrar katılmaktadır. Ayrıca komşu ülkelerden ülkemize gelen yılda ortalama 7 milyar m^3 su bulunmaktadır. Böylece ülkemizin brüt yerüstü suyu potansiyeli 193 milyar m^3 olmaktadır. Yeraltı suyunu besleyen 41 milyar m^3 de dikkate alındığında, ülkemizin toplam yenilenebilir su potansiyeli brüt 234 milyar m^3 olarak hesaplanmıştır. Ancak günümüz teknik ve ekonomik şartları çerçevesinde, çeşitli maksatlara yönelik olarak tüketilebilecek yerüstü suyu potansiyeli yurt içindeki akarsulardan 95 milyar m^3 , komşu ülkelerden yurdumuza gelen akarsulardan 3 milyar m^3 olmak üzere, yılda ortalama toplam 98 milyar m^3 'tür. 14 milyar m^3 olarak belirlenen yeraltı suyu potansiyeli ile birlikte ülkemizin tüketilebilir yerüstü ve yeraltı su potansiyeli yılda ortalama toplam 112 milyar m^3 olup, 44 milyar m^3 'ü kullanılmaktadır (www.dsi.gov.tr 2012). Hidrolojik olarak 26 akarsu havzasına bölünmüş olan ülkemizde su ve toprak kaynaklarının geliştirilmesi alanında faaliyetler yürüten birçok kurum ve kuruluş bulunmaktadır. Türkiye'de su

kaynakları yönetimi konusu DSİ (Devlet Su İşleri) Genel Müdürlüğü'nün faaliyetlerini yakından ilgilendirdiğinden, su kaynaklarının havza ve ülke bazında yönetilmesinde koordinasyon görevi DSİ Genel Müdürlüğü'nce yerine getirilmektedir. DSİ Genel Müdürlüğü'nün taşkınların önlenmesi ve zararlarının azaltılması ile ilgili çalışmaları “6200 Sayılı Kuruluş Kanunu” nda tanımlanan görev ve sorumluluklar çerçevesinde genelde yapısal önlemler içeren projeli faaliyetler şeklinde sürdürülmekte, ayrıca 4373 Sayılı 7269 Sayılı Kanunlarda ifade edilen hükümler doğrultusunda taşkın afetinin her sürecinde muhtelif çalışmaları içermektedir. Bu çalışmalar çerçevesinde; taşkınları önlemek amacıyla barajlar ve taşkından koruma tesisleri inşaa etmekte, dere yataklarında tanzim ve ıslah çalışmaları yapmaktadır (Eroğlu 2006).

Bu çalışmada taşkın konusu; oluşum sebepleri ve meydana getirdiği zararlarla birlikte tüm yönleriyle ayrıntılı olarak anlatılıp, taşkın önleme yapılarının tasarım aşamaları hakkında bilgi verilmiştir. Taşkın debilerinin tespitine yönelik hidrolojik verilerin toplanması ve bu veriler kullanılarak taşkın debisi hesaplama yöntemleri hakkında bilgi verilmiştir. Taşkınları önlemek amacıyla inşaa edilen yapı tipleri hakkında genel bilgilere yer verilmiş ve örnek olarak Tekirdağ ili Değirmenaltı mevkiinde bulunan Kayı Deresi Taşkın önleme yapısı tasarımı aşamaları ile anlatılmıştır. DSİ etüd raporlarından alınan Kayı Deresi hidrolojik verilere dayanarak taşkın debileri hesaplanmış ve tasarım yapısı hidrolik olarak boyutlandırılmıştır. Aquadyn[©] programı kullanılarak Kayı deresinin 2 boyutlu akım modellemesi yapılmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Çalışmanın 3.1. Materyal bölümünde ayrıntılarıyla ele alınan taşkın oluşumu ve verdiği zararlar konusunda 1. Ulusal Taşkın Sempozyumundaki Eroğlu, Bacanlı ve Aksu (2006) bildirilerinden yararlanılmıştır.

Taşkın Yapılarının Tasarımında en önemli kriter taşkın debisinin hesaplanmasıdır. Derelerdeki taşkın debilerinin hesaplanması için birçok hidrolojik veri ve bilgiye ihtiyaç duyulur. Çalışmamda taşkın yapıları tasarım yöntemleri anlatılırken hidrolojik verilerin toplanması, hesap yöntemleri konusunda Özal (1972), Özdemir (1978), DSİ (1990) ve DSİ (1977)'deki bilgilerden faydalanılmıştır. Bölüm 3.2.2.de taşkın önleme yapıları hakkındaki teorik bilgilerde Akbaş (2003) ile Erkek ve Ağırlioğlu (1986) ile DSİ (1990)'dan faydalanılmıştır.

Bölüm 3.2.3.de anlatılan akım modellemesi konusunda Kabdaşlı, Kırca, Kaçmaz, Yılmaz, Oğuz (2007) tarafından hazırlanan İstanbul İli Bakırköy ve Zeytinburnu İlçeleri Çırpıcı Mevkii Çırpıcı Deresi Mansap Kısmı Nümerik Modelleme Çalışması teorik bilgilerinden faydalanılmıştır.

Çalışmanın Araştırma Bulguları ve Tartışma bölümünü oluşturan Kayı Deresi taşkın yapısı tasarımı DSİ (1987) ile DSİ (2008) kaynaklarına dayanmaktadır. 1987 yılındaki hidrolojik ve hidrolik verilerinin bulunduğu DSİ (1987) etüd raporu sonucu Kayı deresi taşkın koruma yapısı tasarımı yapılmıştır. 2007 yılında meydana gelen taşkında mevcut taşkın tesisinin yetersiz kaldığı görülmüştür. Bunun üzerine dere taşkın etüdüleri yeniden yapılmıştır. Bu çalışmada DSİ (1987) ile DSİ (2008) kaynaklarındaki hidrolojik veriler kullanılarak hidrolik boyutlandırma yapılmıştır. Sonuç ve öneriler bölümünde hidrolik modelleme sonuçları karşılaştırılmış ve tartışılmıştır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Dünya nüfusunun çoğunluğu akarsu deniz ve sularının etkisi altında olan düz alanlarda yaşamaktadır. Çünkü genellikle bu gibi alanlar daha kolay ve ulaşılabilir özelliktedir. Ancak akarsu ve denize komşu alanlarda yaşamak zaman zaman oluşan su taşkınları riskini de beraberinde getirir.

Taşkın afeti ekonomik olarak deperemlerden sonra en çok zarar meydana getiren ve en sık meydana gelen doğa olayıdır. Çalışmanın bu bölümde taşkın tanımı yapılarak taşkınların oluş sebepleri ve çevreye verdiği zararlar tüm yönleri ile ele alındı.

3.1.Materyal

Taşkın; bir akarsuyun muhtelif nedenlerle yatağında taşarak çevresindeki arazilere yerleşim yerlerine, altyapı tesislerine ve canlılara zarar vermek, suretiyle, etki bölgesinde normal sosyo-ekonomik faaliyetleri kesintiye uğratacak ölçüde bir akış büyüklüğü oluşturması olayı şeklinde tarif edilen taşkın yaşandığı bölgenin iklim şartlarına topoğrafik niteliklerine bağlı olarak gelişen bir tabii oluşumdur.

Taşkın yağmur şeklindeki yağıştan, kar erimesinden veya her ikisinin birden birlikte tesiri ile meydana gelir. Proje sahasındaki taşkınların bunların hangisinin tesiri ile meydana geldiğinin bilinmesi önemlidir.Yağmur sebebiyle meydana gelen taşkınlarda pik büyük, hacim küçük, pike ulaşma ve taşkın süresi kısadır.Kar erimesi sebebiyle meydana gelen taşkınlarda ise; pik küçük, hacim büyük, pike ulaşım ve taşkın süresi uzun olmaktadır (Akbaş 2003).Taşkınlar, oluştukları yere göre deniz kıyısı taşkınları ve akarsu taşkınları olmak üzere ikiye ayrılır.

Akarsu taşkınlarında, akışlar vadinin bir kenarından diğerine uzanan bir taşkın yatağı ile sınırlanmıştır. Büyük sağanaklardan veya ani kar erimelerinden sonra hızla yükselen sular akarsu yatağını çevreleyen düz araziye taşar. Akarsuyun taşıdığı sedimentler biriktirdiği bu araziye taşkın bölgesi (taşkın ovası) denir. Taşkın, belirli bir gözlem süresindeki akımların üst sınırı veya debi gidış çizgisinin en büyük değeri olarak tanımlanabilir. Taşkın için ayrı bir tanım, “doğal veya

yapay olarak belirlenmiş ana yataktan taşarak çevredeki arazileri su altında bırakan akım miktarı” şeklindedir. Taşkınlar büyük debi, yüksek su seviyesi ve büyük hızlar ile karakterize edildiğinden akarsular üzerine inşa edilen tüm yapılar için taşkın debilerinin bilinmesi ve bunların zararsız hale getirilmesi gerekmektedir. Özellikle baraj, bağlama ve su kuvveti tesislerinde taşkın debilerinin belirlenmesi büyük önem taşır.

Taşkınlar, meydana geliş zamanına ve tekrarlanma aralığına bağlı olarak değişik isimler alırlar. Yıllık taşkın, bir su yılında ortalama bir kez meydana gelen taşkın tepe (pik) değeri olup taşkın tekrarlama hesaplarında genellikle bu değer esas alınır. En büyük taşkın, bir akarsu havzasında belirli bir sürede meydana gelen akımların üst sınır değeridir. Mevcut gözlem değerleri uzun süreli ise su yapılarının planlanmasında gözlem süresindeki en büyük taşkın değeri, emniyetli olarak kullanılabilir. Mümkün olan en büyük taşkın, büyüklük olarak düzenli veya nadiren meydana gelen taşkınların çok üzerinde olup, bölgedeki mevcut iklim şartlarında fiziksel olanakların yukarı sınırında meydana gelir. Zararlı etkileri çok büyük olan bu taşkına afet taşkını da denir. Afet taşkını, çok nadir meydana gelme olasılığı olan bir doğa olayı olarak taşkınlara karşı %100 koruma sağlamasına rağmen dolu savak dışında ekonomik nedenlerle su yapılarının boyutlandırılmasında proje taşkını olarak alınamaz.

Kritik taşkın seviyesi, yerel özelliklere göre belirlenen ve bu değer üzerinde çıktığında akarsuyun taşkın halinde olduğu kabul edilen su seviyesidir. Taşkın kontrolü, taşkın zararlarını azaltmak veya tamamen önlemek için yapılan bir dizi çalışmadır. Taşkın kontrolü bakımından cana ve mala zarar veren ve zamanla çabuk değişen yüksek akım veya seviye taşkın olarak kabul edilir.

3.1.1. Taşkın Zararları

Taşkın zararları, taşkın sularının ve bunların taşıdığı katı materyalin cana ve mala doğrudan doğruya veya dolaylı olarak verdikleri zararlardır. Taşkın zararları meydana geliş şekline göre su altında kalma, büyük hızlar ve taban suyunun yükselmesi sonucu oluşur. Bunlar tek tek veya birlikte etkili olabilirler. Gelişmiş ülkelerde taşkınları önceden haber verme hizmetlerinin geliştirilmesi sayesinde can kaybı azalırken, az gelişmiş ülkelerde problem halen büyük

boyutlardadır. Taşkın zararları, taşkınların doğrudan doğruya etkili olup olmadığına göre doğrudan (direkt) ve dolaylı (indirekt) zararlar olmak üzere ikiye ayrılabilir. Doğrudan zarar, su altında kalma veya doğrudan doğruya taşkın akımlarının etkisi ile oluşan zararlardır. Yıkılma, sedimentasyon, oyulma ve yıkama şeklinde olabilir. Dolaylı zararlar ise taşkınların neden olduğu fakat taşkın sularının doğrudan etkisi ile oluşmayan zararları kapsar. İş, ticaret, ekonomi ve genel hizmet faaliyetlerindeki aksamalar bu tip zararlara örnek olarak gösterilebilir. Dolaylı zararların doğrudan zararlara oranı genellikle 0.5-1.0 arasında değişir.

3.1.1.1. Doğrudan Doğruya Meydana Gelen Zararlar

Taşkın çeşitli kıymetler üzerinde yaptığı zararlardır. Zararların saptanmasında taşkından önceki ve sonraki malın ekonomik değeri arasındaki fark taşkın zararı olarak hesap edilir. Suyun çevreye etkileri genel olarak yıkmak, sürüklemek, yığmak, zirai ve ekonomik uğraşları tamamen veya geçici olarak durdurmak şeklinde zararlar meydana getirir. Bu tip taşkınların meydana getirdiği zarar gruplarını aşağıdaki gibi sıralayabiliriz:

a. Kitle tesiri ile yaptığı zararlar

1. Yerleşim merkezindeki binaları yıkar, kullanılmaz hale getirir ya da tamir gerektirecek hale getirir.
2. Yol, köprü vs. sanat yapıları için ayrı şekilde zararlar meydana getirir.
3. Tarla ve sebze bahçeleri ile meyveli ve meyvesiz ağaçlara zarar verir.
4. Hayvanları alıp sürükleyerek ölümlerine neden olma şeklinde zararlar meydana getirir.

b. Erozyon tesiri ile yaptığı zararlar

1. Akarsuyun yatak değiştirmesi sonucu ziraat arazisinin kullanılmaz hale getirir.
2. Yüzeysel akışı şiddetli olan taşkınların yatağın etrafında kıyı oyulması nedeni ile zirai alanlardaki toprak kayıplarına neden olur.
3. Taşkın anında yüzeyden akan suların, toprağın besleyici kısımlarını sürüklemek suretiyle geri kalan kısmın ıslahı güç, işe yaramaz arazi halinde kalmasına neden olur.

c. Sediment zararları

1. Arazi üzerine iri kaya parçaları yığmak suretiyle araziyi kullanılmaz hale getirir.
2. Özellikle çapa yapma olanağımız olmayan fakat ekili bulunan tarım arazisi üzerinde taşkından sonra kaymak tabakasının bağlanmasına neden olur.
3. Yerleşim sahalarında, sediment (su tarafından taşınabilen maddeler) yığarak bir müddet için veya tamamen araziyi işletmeden alıkoyar.

Bunlara karşılık taşkın sularının çok şiddetli olmadığı bazı hallerde tarım arazisi üzerinde milleden tabir edilen sediment bırakması sonucu toprağa gübre verilmesi şeklinde olumlu bir etki de yapılabilir.

d. Su altında kalmaktan dolayı meydana gelen zararlar

1. Ambar, depo ve silolarda bulunan malların suyla teması sonucu, yapısında olan değişiklik nedeniyle kullanılmaz hale getirir.
2. Tarımsal bitkilerin köklerinin uzun süre su altında kalması nedeniyle bitkilerde verim düşüklüğüne ve hatta bitki ölümüne neden olur.
3. Tabanda, fiziksel ve kimyasal yapı bozukluğu nedeniyle tuzlulaşma ve çoraklaşma meydana getirir.
4. Suların geç çekilmesi nedeniyle tarım arazilerinin o ürün yılı boş kalışı veya geç ekilmesine ve böylelikle ekonomik zarara neden olur.

3.1.1.2. Dolaylı İndirek Zararlar

Doğrudan doğruya meydana gelen zararların ortaya çıkması sonucu olarak oluşan zararlardır. Örneğin taşkın sonrası karayolunun bozulması, doğrudan doğruya bir zarar olmasına karşın ulaşımın aksaması dolaylı zarardır. Doğrudan doğruya tarımsal sahalarda meydana gelen taşkın zararlarının sonuçlarını tarımsal ürün işleyen fabrikaların üretim gelirinde düşüşte görmemiz dolaylı zarara bir örnektir. Hesaplanması ve tarafsız ölçülerle tahmini çok güç olan dolaylı zararlar bugüne kadar çok fazla dikkate alınmamıştır. Zira, sulama kurutma gibi projelerde de

faydalar hesaplanırken dolaylı faydalar hesaplarda ihmal edilir. Dolaylı zararlar için genellikle doğrudan meydana gelen zararın %0.5-%1'i arasında bir değer kabul edilmiştir (DSİ 1975).

3.1.1.3. Para ile Ölçülemeyen Zararlar

Doğrudan doğruya veya dolaylı zararların doğal sonucu işsizlik, sosyal güvensizlik, can kayıpları, sağlık problemleri vs. gibi para ile ölçülemeyen zararlardır.

Taşkın ve taşkınların verdiği zararlara örnek olarak DSİ 113. Şube Müdürlüğü fotoğraf arşivinden alınan Şekil 3.1. ve Şekil 3.2. de verilen fotoğraflara bakmak yeterlidir.



Şekil 3.1. 2007 Altınova-Tekirdağ taşkını

Şekil 3.2. 2009 Silivri- Selimpaşa taşkını

3.1.2. Taşkınların Temel Nedenleri Olarak Görülen Yanlış Uygulamalar

Taşkın bir doğa olayıdır ancak çoğu zaman taşkınların sebebi aşağıda anlatılmaya çalışılan insanmüdahaleleridir.

1. Havzalarda ormanlık alanların tahrip edilerek tarım alanlarına dönüştürülmesi sonucu arazi stabilitesinin bozulması.
2. Arazi kullanım koşullarının ve konut inşaat tarzlarının değişimi.

3. Yüksek eğimli ve heyelana duyarlı bölgelerde, fazla yağışı derive eden sistemlerin uygulanmaması.
4. Arazi stabilitesinin bozulduğu, topoğrafik koşulların ve arazi yapısının uygun olmadığı koşullarda özellikle imar sahaları dışında denetimsiz konut inşaa edilmesi.
5. Heyelana uygun topoğrafik koşulların olduğu bölgelerde dağınık yerleşim alanları oluşturulması ve her yerleşim birimine ulaşım için yollar yapılması, yol şevlerinin korunması amacıyla yeterince tesis inşaa edilmemesi.
6. Dere yataklarında ruhsatlı, ruhsatsız malzeme alımı sonucu akış şartlarının bozulması ve ocak işletme sahalarının dere akış şartlarına uygun olmayan alanlarda oluşturulması.
7. İşleme sonrası pasa malzemenin dere yatağına düzensiz yığılması ve dere akış koşullarının bozulması. DSİ 113. Şube Müdürlüğü arşivinden alınan Şekil 3.3. akışı engelleyecek şekilde dere yatağına malzeme yığılmasına bir örnektir.



Şekil 3.3. Dere yatağına malzeme yığılması

8. Aşırı malzeme alımı sonucu dere akış koşullarının bozulması ve sanat yapılarının topuklarında oturmalar meydana gelmesi.
9. İmar sahası harici vadi tabanlarındaki alanlarda ve dere yataklarında, yapılaşma denetiminin yapılmaması, bu alanlara akışı engelleyecek ve taşkına maruz kalabilecek şekilde betonarme yapılar yapılması.

DSİ 113. Şube Müdürlüğü arşivinden alınan Şekil 3.4.de menfez içinden geçen bir boru görülmektedir. Bu boru taşkın sırasında gelebilecek rusubatın takılmasına ve dolayısıyla menfezin tıkanmasına yol açarak taşkın zararlarının artmasına neden olacaktır.



Şekil 3.4. Dere yatağı kesitinin daraltılması

Dere yatağı içindeki yapılaşmaya örnek olarak DSİ 113. Şube Müdürlüğü fotoğraf arşivinden alınan Şekil 3.5. verilebilir.



Şekil 3.5. Dere yatağında yapılaşma

DSİ 113. Şube Müdürlüğü fotoğraf arşivinden alınan Şekil 3.6.da dere yatağı içerisine yapılan bir geçiş yolu ile derenin geçişi için bırakıldığı sanılan bir büz görülmektedir.



Şekil 3.6. Dere yatağının kapatılması

DSİ 113. Şube Müdürlüğü fotoğraf arşivinden alınan Şekil 3.7.de ise dere yatağı üzerindeki bir köprünün yıkılmak üzere olmasına rağmen hala araç geçişinde kullanıldığı görülmektedir. Bu şekildeki kontrolsüz yapılar kullanım amacına hizmet etmemenin yanında can ve mal kayıplarına neden olacağı gibi dere akış kesiti önünde bir engel teşkil ettiğinden taşkın sırasında daha büyük tehlikelere sebep olabilmektedir.



Şekil 3.7. Denetimsiz sanat yapıları

10. Kontrolsüz olarak dere yataklarında yetiştirilen ağaçların barajlama görevi görmesi.

DSİ 113. Şube Müdürlüğü fotoğraf arşivinden alınmış olan Şekil 3.8. bu duruma bir örnektir.



Şekil 3.8. Dere yatağını kaplayan ağaçlar

11. Dere vadilerinde sürdürülen kadaströ çalışmalarında DSİ'nin görüşü alınmadan yapılan tapulama işlemleri ve bunun ıslah çalışmaları sırasında problem yaratması, inşa edilen tesislere vatandaşların müdahalesi sonucu tamamlanamayan tesislerin işlevlerini yeterince yerine getirememesi.
12. Dere akış koşullarına engel olacak şekilde sanat yapıları inşa edilmesi. DSİ 113. Şube Müdürlüğü fotoğraf arşivinden alınan Şekil 3.9.da görülen menfez yapısı akış koşullarına engel teşkil etmektedir.



Şekil 3.9. Dere akış kesitini daraltan yapı

13. İmar sahaları içerisinde, DSİ'nin belirlediği taşkın koruma tedbirleri alınmadan yapılaşmaya gidilmesi, alan kazanmak amacıyla dere yataklarının üzerinin kapatılması. DSİ 113. Şube Müdürlüğü fotoğraf arşivinden alınan Şekil 3.10.da bu durum görülebilir.



Şekil 3.10. Dere üzerine inşa edilmiş yapı

14. Vadi güzergahlarında değişik amaçlı inşaa edilecek sanat yapılarının boyutlandırılmasında esas olacak hidrolik hesaplarda ve kesit alanlarının belirlenmesinde, ilgili kurumların DSİ ile koordineli olarak çalışmaması.
15. Alan kazanmak amacıyla, Taşkın Koruma Tesisi olarak inşa edilen sedde şevlerinin toprakla doldurulması ve dere yatağı kesitlerinin daraltılarak akış şartlarının bozulmasıdır (Aksu ve İnal 2006).

3.1.3. Taşkınların Önlenmesi ve Olumsuz Etkilerinin Azaltılması İçin Alınması Gereken Önlemler

Taşkınların insan hayatına, malına ve çevreye olumsuz etkilerini önlemek veya azaltmak için alınan önlemler taşkın zararlarını azaltma veya önleme yöntemleridir. İnsan hayatına ve mallarına karşı taşkınların etkisini azaltmak çok büyük teknoloji ve maddi yaptırımlar gerektirir.

Geçmişte taşkınlardan korunma önlemleri genelde yapısal önlemler ve geleneksel mühendislik tasarımları olarak yapılmıştır. Fakat yapısal önlemler taşkınların etkisini azaltmasına rağmen, doğayı ve taşkın büyüklüğünü değiştirmeyen önlemler de taşkından korunma araçları olarak kullanılmalıdır (Sarıbacak 2002).

Bir taşkın dalgası, akarsu yatağı veya depolama yapısının haznesinden geçerek mansaba doğru ilerlerken değişime uğrar. Bu değişim, taşkın dalgasının geçtiği kesimin suyu depolama özelliklerine bağlı olarak az veya çok olur. Akarsuyun belirli bir kesimine veya bir hazneye giren taşkın dalgası su seviyesinin yükselmesine sebep olur. Suyun bir kısmı bu şekilde geri tutulurken diğer kısmı çıkış kesitinden mansaba geçer, giren ve çıkan taşkın hidrografları karşılaştırıldığında giren taşkın dalgasının yayvanlaşmış olarak çıkış kesitinden çıktığı görülür. Taşkın dalgası geçişi sırasında zamana göre bir miktar ötelendiği için bu işleme taşkın ötelemesi denir. Taşkın ötelemesi, bir akarsu veya bir göl boyunca ilerleyen taşkın dalgasının bu bölümün sonundaki değişimi taşkın ötelemesi ile belirlenir. Bu değişiklik en büyük debinin değerinde azalma ve en büyük debinin oluş zamanında gecikme şeklinde iki önemli ve pratik sonuç doğurur. Taşkın ötelenmesi hesaplarının taşkın kontrolü açısından birçok yararı vardır. Bunlardan bazıları aşağıda sıralanmıştır.

1. Akarsuyun belirli bir noktasındaki taşkın büyüklükleri bilindiğinde, taşkın ötelenmesi hesapları ile bu noktanın kilometrelerce mansabındaki bir yerde taşkın büyüklükleri saatlerce hatta günlerce önce hesaplanabilir. Bu durumda can ve malın kurtarılması ve korunması için gerekli zaman kazanılır. Bu şekilde taşkın zararlarının azaltılması sağlanır.
2. Taşkın ötelenmesi hesapları ile akarsu boyunca taşkın debilerinin ve su seviyelerinin hesaplanabildiğinden taşkın koruma yapılarının, örneğin seddelerin boyutları emniyetle belirlenir.
3. Baraj göllerinde taşkın ötelenmesi ile göle giren taşkın hidrografı bilindiğinde dolusavaktan çıkan debiler hesaplanabilir. Bu çalışmalar sonunda ve dolusavak boyutları, batardo yüksekliği, baraj gölündeki en yüksek su seviyesi, baraj yüksekliği, baraj gölü altında kalacak topraklar ve su altında kalma süreleri belirlenmiş olur.
4. Yağmur sularını toplayan kanalizasyon şebekelerinde taşkın ötelemesi hesapları yapılarak şiddetli sağanaklardan sonraki taşkın dalgasının şebeke boyunca değişimi belirlenir. Boru veya kanalların nerede dolacağı, şehrin hangi bölgelerini su basacağı belirlenir.

Taşkın ötelemesini, akarsularda, barajlarda ve kanalizasyon şebekelerinde taşkın ötelemesi olmak üzere üç gruba ayırmak uygun olur. Bununla birlikte kullanılan taşkın öteleme yöntemi ne olursa olsun hepsi aynı süreklilik denklemini esas alır. Süreklilik denklemi, “verilen bir zaman aralığı için belirli bir dilime giren ve dilimden çıkan debiler farkı, debinin depolanmasında ortaya çıkan değişikliğe eşittir” şeklinde ifade edilebilir. Matematik olarak Formül 3.1.deki gibi yazılabilir (Erkek ve Ağırlioğlu 1986).

$$Q_g = Q_c = \frac{V}{t} \quad \mathbf{3.1}$$

Q_g : Giren debi (m^3/sn),

Q_c : Çıkan debi (m^3/sn),

V : Depolama hacmi (m^3)

t : zaman (sn)

Diğer taşkın önleme genel yöntemlerini ise aşağıdaki gibi sıralayabiliriz:

1. 4373 Sayılı Kanun kapsamında olan veya olmayan akarsu yatakları içinde suyun kabarmasına sebebiyet veren, akım rejimini değiştiren bent ve kabartıcı tesis yapılmasının, ağaçlık ve fidanlık meydana getirmesinin ve yol olarak kullanılmasının önlenmesi,
2. Taşkın riski taşıyan alanların önceden belirlenmesi ve afet planlarının hazırlanması,
3. Taşkın riski taşıyan sahalardaki alt yapı standartları ile ilgili düzenlemelerin yapılması,
4. Taşkın tesislerinin plan, proje, inşaat ve bakım-onarımlarında yerel yönetimlerin ve tesisin hizmet alanında kalacak yerleşim birimlerinde yaşayanların katılımının sağlanması,
5. Taşkın tesislerine her türlü müdahalenin önlenmesi,
6. Dere yataklarında, yatak stabilitesini bozacak ve kıyı oyulmalarına meydan verecek şekilde kum ve çakıl ocaklarının açılmasının ve kontrolsüz aşırı malzeme alımlarının önlenmesi,
7. Akarsu havzalarında ve akarsu yatakları ile mücavir alanlarda çeşitli amaçlara yönelik malzeme ocaklarının açılması ve işletilmesi konusunda DSİ'nin görüşünün alınması,
8. İşletme kurallarına uymayan işletmelerin DSİ tarafından Valiliğe bildirilmesini müteakip işletme ruhsatlarının iptal edilmesi,
9. İmara açılmış veya açılacak alanlarda ve gecekondu bölgelerinde ıslahı henüz yapılmamış akarsu yataklarında taşkın önleyici tesislerin DSİ tarafından projelendirilmesi ve belediyeler ile diğer kurumlarca hazırlanan projeler hakkında DSİ görüşünün alınması,
10. Büyükşehir ve diğer belediye sınırları içerisinde yer alan dere yataklarının büyük çoğunluğu, yağış alanlarının tamamı kentsel kullanım için planlandığından (şehir imar planlarında) söz konusu mecralardaki akışların düzenlenmesinin dere ıslah projeleri yerine şehir yağmur suyu projesi kapsamında değerlendirilmesi,
11. Yerel yönetimlerce düzenlenen imar planlarının çeşitli kararnamelerle tespit ve ilan edilen taşkın alanlarını göz önüne alınarak hazırlanması, dere yataklarına ve dere tesislerine müdahale edecek imar planı uygulamalarının engellenmesi,
12. Bütün bölgelerde taşkın yatakları için risk alanları belirlenmesi, birinci drecede riskli olan alanlarda her ne koşulda olursa olsun yerleşmeye yapılaşmaya izin verilmemesi,
13. Tek merkezli Sel ve Taşkın Erken Uyarı Sistemi kurularak tehlike bölgelerindeki insanların bilgilendirilmesi, taşkın anında en geç bir saat içerisinde boşaltılabilecek şekilde gerekli olan afet planı hazırlıklarının yapılması,
14. Su havzalarında belirlenecek noktalarda suların seviyesi sürekli izlenerek kritik seviyelerin açılması durumunda halka gerekli uyarıların yapılması,

15. Türkiye’de yağan yağışı DMİ (Devlet Meteoroloji İşleri), akışa geçen yağışı ise DSİ ve EİE (Elektrik İşleri Etüd) İdaresi Genel Müdürlüğü ölçmektedir. Hidrolojik ve meteorolojik hizmetlerin tek çatı altında toplanması (Aksu ve İnal 2006).

3.1.4. Taşkın Zararlarını Azaltma ve Önleme Tedbirlerinde Yeni Yaklaşımlar

Zarar azaltma uzun süreli ve geniş kapsamlı bir süreçtir. Teknik olarak bakıldığında, mühendislik önlemleri ile önlenemeyecek herhangi bir taşkın zararı yoktur. Ancak karar verilmesi gereken konu maliyettir. Ayrıca taşkın alanındaki sosyal, çevresel ve ekonomik faktörler tam olarak nasıl bir taşkından korunma yolunu izleneceğine karar vermemizi sağlar (Bacanlı 2006).

Günümüzde hala birçok hidrolik mühendisi taşkın problemlerinin çözümünü, hidrolik hesaplama, tasarım debisinin bulunması, bulunan debi için yapısal sistemin seçilmesi ve seçilen sistemin tasarımdan oluşan mantık zinciri ile yapmaktadır. Başka bir deyişle taşkın problemleri diğer mühendislik problemleri ile aynı şekilde ele alınmaktadır. Aslında bu yaklaşım yanlış değil aksine yapısal önlem alınmasına karar verildiğinde geçerlidir (Plate 2002). Taşkın Zararlarını Önleme ve Azaltma Yöntemlerini Bacanlı (2006) Tablo 3.1.de özetlemiştir.

Tablo3.1. Taşkın zararlarını önleme ve azaltma yöntemleri

TAŞKIN YÖNTEMİ	
YAPISAL ÖNLEMLER	Taşkına Karşı Korunma
	Taşkını Değiştirme
	Kirliliği Azaltma
YAPISAL OLMAYAN ÖNLEMLER	Acil Yardım Önlemleri
	Hazırlıklı Olma Önlemleri
	Genel ve Yerel Yönetmelikler
	Finasman
	Çevre Etki Değerlendirmesi
İYİLEŞTİRME ÖNLEMLERİ	Sağlık ve Sığınak Programları
	Vergi Uygulamaları
	Finansal Yardım
	Taşkın Sigortası

Taşkın problemleri döngüsel bir yapı izlediğinden; yönetimi, ileriki aşamalar için planlama ve gerektiğinde azaltıcı önlemlerinalınması gibi birçok aşama içermektedir. Azaltıcı ve önleyici önlemler içinde yapısal olanlar seçildiğinde yukarıda bahsedilen geleneksel tasarım zinciri kullanılacaktır (Bacanlı2006).

Geçtiğimiz yıllarda tüm dünyada taşkından korunma hep yapısal önlemler alınarak yapılmıştır. Dünyada yapısal olmayan önlemlerin kullanımı geçtiğimiz otuz yıl içinde artmıştır ve ülkemizde ise yeni yeni başlamaktadır. Çevreyi koruma ve sürdürülebilir kalkınmayı devam ettirebilmek adına, taşkın kaynaklı afet yönetimi planları yenilenmeli, tüm korunma yöntemlerinin avantajlarını içeren yeni bir plan yapılmalıdır (Sarıbacak2002). Bu yeni plan taşkın riskinden korunma, korunamadığı durumlarda, bu riskin zararlarını azaltmak, zararlar oluşuktan sonra etkilerini azaltmak ve tüm bunları doğal çevreyi koruyan ve geliştiren şekilde ve sürdürülebilir kalkınma ile uyumlu olarak uygulamak şeklinde özetlenebilir (Bacanlı2006).

Yapısal olmayan önlemler temelde taşkın alanlarına yerleşen veya bu alanları değişik yollarla kullanan insanların, ne tür bir risk ile karşılaştıkları konusunda bilgilendirilmelerini gerektirir.

Temelde kişiler riski görmeli ve risk nedeni ile oluşacak zararları kendi başlarına karşılamalı veya karşılamayacak ise riskli bölgeden uzaklaşmalıdır. Bu açıdan bakıldığında taşkınların doğal bilimler ve mühendislik ile ilgili yönlerinin yanında sosyal bir yönü “toplum tepkisi bölümü” ortaya çıkar. Taşkın yönetiminin toplum tepkisi bölümü, en geleneksel olarak çalışılan diğer bölümler kadar önemlidir. Japonya’da taşkınların çokça yaşandığı bölgelerde belediyeler, insanları taşkın zararlarına karşı bilgilendirmek ve taşkın esnasında yönlendirmek amacıyla tasarlanmış taşkın zararları haritaları bastırıp dağıtırlar. Bu haritalar geçmiş taşkın bilgileri, taşkın derinlik eğrileri, sığınak bilgileri, acil yardım kurumları ulaşım bilgileri gibi insanlara yardımcı olabilecek bilgileri içerir (Bacanlı2006).

3.2. Yöntem

Taşkın kontrolü kademeli bir çalışma sonucu gerçekleştirilir:

1. Proje taşkını ve bölgenin taşkın karakteristikleri belirlenir.
2. Korunacak bölge tanımlanır.
3. Taşkın kontrolünde uygulanabilecek yöntemler ve koruma yöntemleri belirlenir.
4. Herbir koruma önlemlerinin maliyeti ve taşkın kontrolüne etkisi saptanır.
5. En düşük maliyetle en iyi korumayı sağlayan çözüm veya birlikte uygulanabilecek koruma önlemleri belirlenir.
6. Projenin fayda-maliyet yönünden ekonomik olup olmadığı hesaplanır.

Akarsu düzenlemesi ile aşağıdaki amaçlardan biri veya birkaçı gerçekleştirilmek istenir:

1. Taşkın zararlarını önlemek veya azaltmak
2. Su enerjisinden faydalanmak
3. Yeni tarım ve yerleşim alanları kazanmak
4. Sulama ve drenaj şartlarını düzeltmek
5. Akarsu ulaşımını sağlamak
6. Su yapılarının emniyetini sağlamak
7. Akarsuyun kendi kendini temizlemesini sağlamak
8. Yeraltı su seviyesini düzenlemek
9. Buz yığılmalarını önlemek

10. Akarsuyun doğa ile uyumunu sağlamak
11. Akarsu yatağındaki kenar ve taban oyulmalarını önlemek

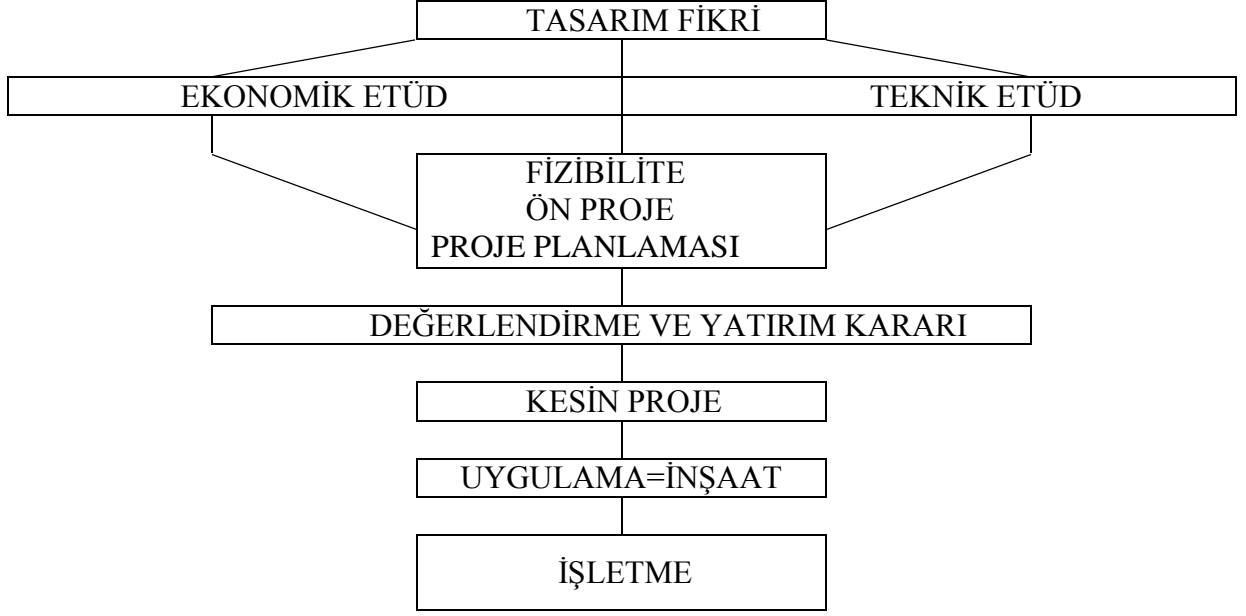
Kendi haline bırakılan akarsular, dar vadilerde yamaç kaymaları, geniş ve birikinti vadilerinde ise kollara ayrılarak morfolojik değişikliklere uğrar. Bu durumdan yerleşim alanları, tarım, ulaşım ve enerji üretimi etkilenir ve zarar görür. Akarsuyun zamanla uğradığı morfolojik değişikliklere engel olmak, taşkınları önlemek, su yapılarının stabilite ve işletme emniyetleri sağlamak, bir akarsudan daha iyi yararlanmak amacıyla, taban ve kıyılarda yapılan çalışmalara akarsu yatağı düzenlemesi ve kısaca akarsu düzenlemesi, bu amaçla inşaa edilen yapılara da düzenleme yapıları denir. Bir akarsuda düzenleme çalışmaları doğal kanunlara karşı zorlanarak yapılmamalı, aksine akan suyun dinamiği düzenlemek amaçlanmalıdır. Bir akarsuyun düzenlenmesi genel bir plan çerçevesinde yapılmalıdır. Bu plan, su toplama havzasının özellikleri de dikkate alınarak kaynaktan boşaltım ağzına kadar yan dereler de dahil olmak üzere tüm akarsu güzergahını kapsayacak şekilde bir bütün olarak hazırlanmalıdır.

Bir akarsuda düzenleme çalışmaları vahşi dere (taşkın olasılığı yüksek dereler) ıslahı hariç, daima aşağıdan yukarıya doğru yani akıma ters yönde yapılır. Bu kural, düzenlenmemiş akarsu kesimlerinde düzenleme öncesinden daha büyük zararların meydana gelmesini önlemek için gereklidir. Yerleşim yerleri, sanayii kuruluşlarını ve ulaşım tesislerini, tarım alanlarını taşkın zararlarından korumak için yerel düzenlemelere gidilmesi durumunda, düzenlemenin akarsuyun mansap kesimindeki zararlı etkilerine karşı gerekli önlemler de birlikte planlanmalıdır.

Çalışmanın bu bölümünde taşkın önleme yapıları tasarımı anlatılmıştır. Tasarım kriterleri ve aşamaları, taşkın yapılarının tasarımının temel verisi olan taşkın debisinin hesaplanması öncesinde yapılması gerek hidrolik çalışmalar hakkında bilgiler verilmiştir.

Tablo 3.2.de bir yapının tasarımının aşamaları gösterilmiştir.

Tablo 3.2. Bir tasarımın aşamaları



3.2.1. Fizibilite Çalışmaları

Planlamada göz önünde bulundurulacak başlıca konular:

- coğrafik yer,
- havzanın büyüklüğü,
- meteorolojik ve hidrolojik bilgiler,
- jeolojik durum,
- yüzey şekilleri,
- yükseklik,
- toprak durumu,
- bitki örtüsü,
- tarım ve orman alanlarından yararlanma,
- su kaynaklarının durumu,
- yeraltı suyu,
- akarsu ağı,
- akarsu kollarının ve göllerin etkisi,

- taşkınlar,
- dreanaj sorunu olan bölgeler,
- mevcut yapılar,
- su almalar,
- atık sular,
- sediment kaynakları,
- yerleşim yerleri,
- genel ekonomik yapı,
- ulaşım durumu,
- bölge düzenlemesi,
- doğa koruması,
- balıkçılık,
- dinlenme vb gibi.

Akarsu düzenlemesi ile ilgili ön çalışmalar üç grupta toplanır:

1. Jeodezik çalışmalar
2. Hidrolojik çalışmalar
3. Ekonomik Çalışmalar

3.2.1.1. Jeodezik Çalışmalar

Bir akarsu ile ilgili proje hazırlanabilmesi için 1/25000 ölçekli bir genel plan ile akarsuyun planı 1/1000-1/5000 ölçekli boykesitine ihtiyaç vardır. Bunların daha önce hazırlanmış olmaları durumunda mevcut şartları yansıtmadığı, önemli yapıları ve gerçekleştirilen önlemleri kapsayıp kapsamadığı kontrol edilemelidir. Bir akarsuyun planı kıyı boyunca oluşturulan poligon yardımıyla çıkartılır.

Büyük çaptaki düzenleme çalışmalarında hava fotoğraflarından da yararlanır. Hava fotoğrafları, özellikle akarsu yatağındaki değişimleri kum adacıklarının yerlerini ve taşkın durumunda su altında kalabilecek alanları belirlemek için çok uygundur. Bir akarsuyun boykesitinin çıkartılması

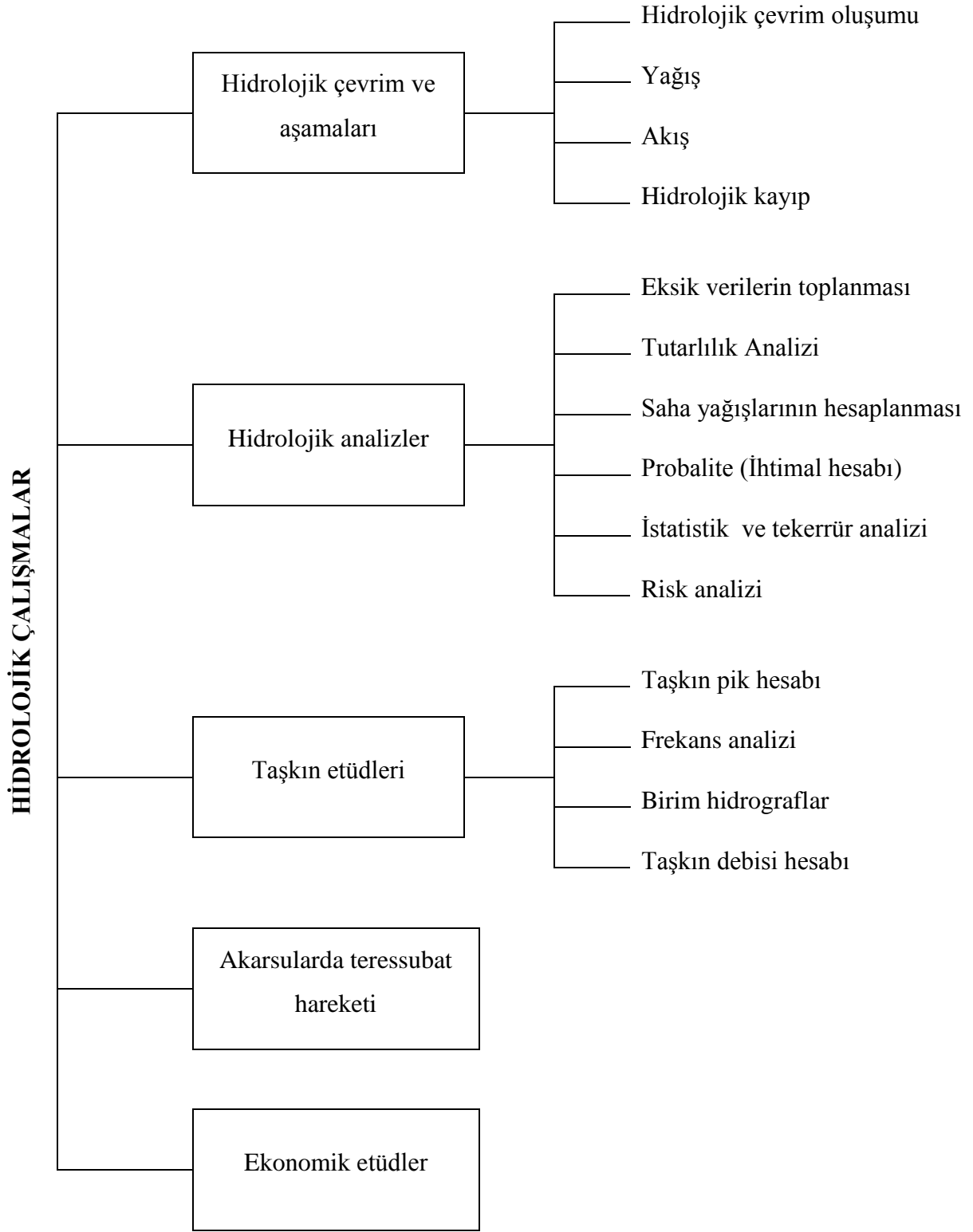
eğim durumlarını belirtmek için gereklidir. Boykesitte genellikle talveg çizgisi gösterilir. Küçük akarsularda enkesitlerin çıkartılması plan ve boykesit ile birleştirilerek yürütülür. Büyük akarsularda ise enkesitler çıkartılır. Enkesitler 25 m, 50m, veya 100 m aralıklarla tespit edilerek 1/100 ve 1/200 ölçekte çizilir. Ayrıca yatak tabanının eşyükselti eğrilerini de gösteren plan hazırlanmalıdır.

3.2.1.2. Hidrolojik Çalışmalar

Taşkın yapıları dere taşkın debisine göre boyutlandırılır. Bu sebeple tasarım yapılırken ilk önce dere taşkın debisinin belirlenmesi gerekir. Taşkın debisini belirlemek amacıyla yapılan bir dizi çalışma, hidrolojik çalışmalar olarak adlandırılır. Bu çalışmalar kapsamında önce yağış gözlem istasyonu verilerinden yararlanılarak dere havzasına gelen ve taşkında etkin olan maksimum yağışlar bir dizi ihtimal hesapları yapılarak belirlenir. Belirlenen maksimum yağış hesaplarından çeşitli tekerrür yıllarında yenilenen taşkın debileri hesaplanır. Çalışmanın bu bölümünde yağış ve akış kavramlarının tanımı yapılarak, debi hesaplarına kaynak teşkil eden meteorolojik verilerin hesap yöntemleri hakkında bilgi verilmiştir. Çalışmanın 4. Bölümünde anlatılan Kayı deresi taşkın debi hesabında kullanılan verileri doğru yorumlayabilmek ve hesapları yapabilmek için bu bölümde verilen literatür bilgilerinin bilinmesi gerekmektedir.

Suyun doğada bulunuşu ve bununla ilgili kanunları inceleyen bilime “Hidroloji” denir. Akarsu düzenlenmesi ile ilgili hidrolojik ön çalışmalarda akarsudaki su seviyeleri, su hızları, su yüzey eğimleri, taşıdığı sediment miktarı ve yatak yükü miktarı belirlenir. Ölçülen veya hesaplanan karakteristik akımlar akarsuyun hidrolojik boykesitinde gösterilir. Hidrolojik boykesitte ayrıca havzanın büyüklüğü, su kalitesi, kirlilik yükü ve istatistiksel olarak belirlenen alçak, orta ve yüksek su seviyeleri gibi karakteristik değerleri de gösterilir. Özal (1972) Tablo 3.3.de taşkın yapıları tasarımı kapsayan hidrolojik çalışmaları göstermiştir.

Tablo 3.3. Hidrolojik çalışmalar



kütlelerini besledikleri zaman gölleri meydana getiriler.Hidrolojik çevrim, akarsuların denizlere ulaşması ile son bulur.

Bazı durumlarda bu çevrim çok hızlı gerçekleşir. Sabahleyin denizden buharlaşan su aynı akşam yağmur halinde denize iner. Diğer taraftan yeraltına akan bir suyun devrini tamamlaması yüzlerce yıl sürebilir.

Hidrolojik çevrime etki eden ana faktörler “sıcaklık, basınç, nem ve rüzgar” olup bunlardan aşağıda kısaca bahsedilmiştir.

a) Sıcaklık ve basınç:

Yeryüzündeki sıcaklığın ana kaynağı güneşin radyasyonla gönderdiği enerjidir. Atmosferin üst tabakalarına ulaşan güneş enerjisi 2 kalori/cm²/dakika olup, bunun (gece-gündüz sebebi ile) ortalama 1 kalorisi devamlı olarak alınır. Bu miktarın takriben 0.30 kal/cm²/dakikası yeryüzüne ulaşır. Bu enerji iki şekilde kullanılır (Özal 1972).

1. Ulaştığı yüzeyin ısı derecesini yükselterek,
2. Ulaştığı yüzeydeki suyu buharlaştırarak.

Isınan hava hacmi genişler (eğer basınç sabit ise) ve hafifleyerek düşey doğrultuda yükselir. Eğer, hacmi genişlemeden sıcaklığı artarsa bu takdirde basıncı yükselir. Atmosferin içinde yükseldikçe havanın sıcaklığı azalır. Sıcaklık termometrelerle ölçülür. Devamlı olarak sıcaklığı kaydeden termograflar da kullanılır.Sıcaklık, yaz ve kış aylarında farklı dağılımlar gösterir. Genel olarak karalar yazın sıcak ve kışın soğuk olur. Deniz kıyıları ise, yazın nispeten serin, kışın nispeten ılık olur. Aynı şekilde sıcaklık gece ile gündüz arasında da büyük değişiklikler gösterebilir. Atmosferin basıncı da, hava kütlelerinin hareketi ile değiştiği gibi rakım ile de değişir. Basınç yüksek rakımlarda düşüktür. Alçak basınç merkezlerinde hava düşey olarak yükseldiği için basınç düşer. Buna rağmen yüksek basınç merkezlerinde düşey olarak alçalan hava basıncı yüksektir.Alçalan havanın sıcaklığı yükseleceğinden dolayı, nispi rutubeti azalır. Bu sebepten

yağış olmaz ve hava açıktır. Buna rağmen yükselen havanın sıcaklığı düşer, nispi rutubeti artar ve yağış sebebi olur (Özal1972).

b) Nem:

Hava içinde, buhar halinde bulunan su miktarına nem (rutubet) denir. Rutubetin çeşitli ölçü birimleri vardır.

Nispi Rutubet;Havadaki rutubet miktarının, doygun halde taşıyabileceği rutubet miktarına yüzde oranıdır.

Mutlak Rutubet; Birim hava hacminde bulunan su miktarıdır. Nispi ve Mutlak rutubet hesabı için Özal (1972) tarafından Formül 3.2. ve Formül 3.3. verilmiştir.

$$f = 100 \times \frac{e}{e_s} \quad 3.2$$

$$A_h = 217 \times \frac{e}{T_a} \quad 3.3$$

f: nisbi nem (gr/m^3)

e: buhar basıncı (milibar)

e_s : doygun buhar basıncı (milibar)

T_a : hava sıcaklığı (Kelvin)

A_h : mutlak nem (gr/m^3)

3.2.1.2.1.2. Yağış

Yağış havada bulunan su buharının yoğunlaşarak, yeryüzüne sıvı veya katı olarak düşmesidir.

Yağışın oluşabilmesi için üç ana unsur vardır:

1. Havada su buharının bulunması
2. Soğuma
3. Yoğunlaşma çekirdeği

Havada gözle görülemeyecek kadar küçük zerreler (is, tuz, çiçek tozları vs.) mevcuttur. Yoğunlaşma ve sıcaklığın düşmesi ile sıvı haline gelen su buharı molekülleri, önce bu zerreler üzerinde katılışrlar. Sonra büyüyerek, önce damlacıkları, sonra da damlaları meydana getiriler. (Suni olarak yağmur yağdırmanın esası, havada eksik bulunan yoğunlaşma çekirdeklerini temin etmektir.)Yağış soğumanın şekline göre çeşitli şekillerde oluşabilir(Özal1972).

a) Cephe yağışları:Atmosferde hareket halinde bulunan sıcak ve soğuk hava kütlelerinin birbirleriyle karşılaştıkları cephelerde sıcak havanın rutubeti soğuk havanın soğutması ile yağış haline gelir.

b) Oroğrafik yağışlar:Denizlerden karalara doğru esen rüzgarlar, dağlara rastladıkları zaman dağ yamaçları boyunca yükselir ve yükseldikçe soğurlar. Bu soğuma sonucu meydana yağışlara orografik yağış denir.

c) Konvektif yağış:Yeryüzünün ıslak olan yüzü güneş enerjisi ile ısınınca, buharlaşan su ile birleşen hava hafifleyerek düşey olarak yükselir. Bu yükselme sırasında meydana gelen yağışa konvektif yağış denir.

d) Siklonik yağış:Hava kütlelerinin çevrıntiler sonucunda bir hortum meydana getirerek yükselmesi sonucunda yağın yağışlara siklonik yağış denir. Bu siklonlar genellikle cephe hareketleri sonucu meydana gelir ve bazen tehlikeli ebatlara da ulaşabilir.

Yağışın Ölçülmesi:

Bilinen bir noktaya düşen yağışın ölçülmesi, yağış ölçekleri yardımı ile yapılır.Bir yağış ölçeği yağış yönüne göre dik bir alanın sularının toplandığı bir kaptan oluşur. Yağan yağış bu kapta toplanır ve derinliği ölçülür. Yağışı yakalayan alan (çanak) ile yağışın toplandığı kabın alanı genellikle aynı değildir. Toplama kabının alanı çanak alanından 10 defa daha küçük olunca, 10 kat hassas ölçü mümkün olur.

Önemli olan yağış istasyonlarında yağışın bir alet vasıtası ile sürekli ölçülmesidir. Bu amaçla çok çeşitli ölçekler geliştirilmiştir. Dikkatli davranılmadığı takdirde, yağış ölçülerinin hatalı olması mümkündür. Hatanın genellikle üç kaynağı mevcut olup bunlara özellikle dikkat edilmelidir.

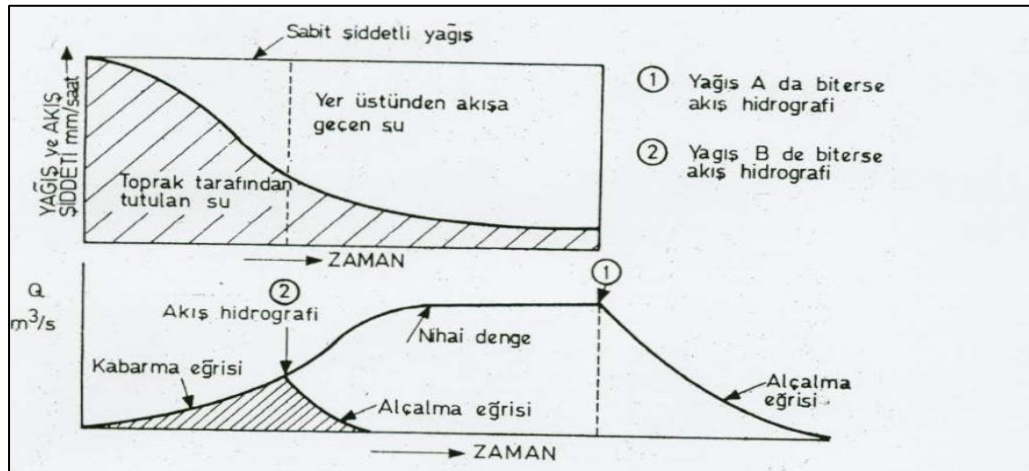
a) Ölçücünün hatası: İyi yetişmemiş olan bir ölçücü (rasıt) önemli hatalar yapabilir. Bu hatalar kasıtlı veya kasıtsız olabilir. Bundan kurtulmanın yolu, rasıtların sık sık kontrol edilmesi ve eğitimlerinin sağlanmasıdır.

b) Alet hataları: Kullanılan aletlerin, iyi ayarlanmaması halinde, sistematik olarak hatalar yapılabilir. Rasat aletlerinin belirli aralıklarla kalibre edilmesi ile bu hatalar önlenir.

c) Çevreye ait hatalar: Rasat istasyonunun bulunduğu noktanın iyi seçilmemesi halinde önemli hatalar oluşur (Özal 1972).

3.2.1.2.1.3. Akış

Kuru bir toprak üzerine düşen yağışın başlangıçta önemli bir kısmı toprak tarafından emilir. Yağış devam ettikçe doymun hale gelen toprak tarafından emilemeyen yağış akışa geçer.



Şekil 3.12. Yağış-Akış ilişkisi (Özal 1972)

3.2.1.2.1.3.1. Hacmin Ölçülmesi

Akarsudan belirli bir zaman süresi içinde geçen su miktarının hacminin ölçülmesi için, akarsuyun bir yerde biriktirilmesi gerekir veya akan suyun içine memba tarafından tuzlu su, radyoaktif madde, boya gibi izleyiciler karıştırıp daha aşağıdan numuneler alınarak da akan suyun hacminin ölçülmesi mümkündür. Bu ölçüm sonuçlarını kullanarak Özal (1972)debi hesabını Formül 3.4 ile ifade etmiştir.

$$Q = Q_i \times \left(\frac{C_i - C_2}{C_2 - C_1} \right) \quad 3.4$$

Q=Akımın debisi (m³/sn)

Q_i= Sabit debili izleyicinin debisi (m³/sn)

C_i= İzleyici konsantrasyonu,

C₁=Enjeksiyondan önceki nehir akım konsantrasyonu,

C₂= Enjeksiyondan sonraki nehir akımı konsantrasyonu,

3.2.1.2.1.3.2. Hızın Ölçülmesi

Bir akarsudan belli bir zaman diliminde geçen su miktarının ölçümü için rasat istasyonları kurulur. Rasat istasyonunun tespit ettiği ölçümler aşağıda ayrıntıları anlatılan işlemlerle akarsuyun hızını belirlemek için kullanılır.

1. Akım rasat istasyonları ve seviye rasatları

Bir akarsuyun belirli bir kesitinden, belirli bir zaman zarfında geçen suyun seviyesini ölçmek için kurulan tesis “Akım rasat istasyonu” olarak isimlendirilir. Su seviyesini ölçmek için eşeller ve limnigraflar kullanılır.

Eşeller;2 m veya 4 m boyunda ve üzerinde 2 cm’lik kırmızı-beyaz kalın çizgiler bulunan basit cetvellerdir.

Limnigraflar;seviyeyi devamlı ve otomatik olarak kaydeden alettir. Bunlar tanburlu veya rulolu olabilirler.

Seviye tesbiti için bu aletlerin tesis edildiği akım-rasat istasyonlarının da bazı şartlara sahip olması gerekir. Genel olarak, akarsuyun her seviyesine bir tek sarfiyat tespit edilir. Anahtar eğrisi dediğimiz, seviye-sarfiyat bağıntısını iyi bir şekilde elde etmek istasyonun aşağıdaki şartları gerçekleştirilmesi ile mümkün olur:

1. İstasyon, zamanla değişmeyen kontrol kesitlerinin membaında kurulmalı,
2. İstasyon kesitinde değişiklik olmamalı,
3. İstasyon mansabında kabartıcı tesis bulunmamalı,
4. İstasyon kesiti mansabında akarsuya bir kol karışmamalı,
5. Akarsu, istasyon kesiti ve civarında yatağından fazla taşmamalı,
6. İstasyon, maksadı sağlayacak yere tesis edilmeli,
7. İstasyona ulaşım kolay olmalı,
8. İstasyonun kuruluş ve işletme masrafları asgari olmalı (DSİ 1977).

2. Akım ölçümleri ve anahtar eğrileri

Akım ölçümü bir kesitten saniyede geçen sarfiyatı bulmak için yapılır. En sağlıklı ölçüm şekli mulinelerle yapılandır. Muline olmadığı hallerde flatörlerle, boya ve tuz metodları ile ölçüm yapılır. Bunlardan en pratik olanı flatörle yapılandır.

Akarsuyun debisinin hızın ölçülmesi sureti ile belirlenmesi mümkündür. Hız, çeşitli şekillerde ölçüldükten sonra, ortalama hız hesaplanabilir. Bu şekilde debi bulunabilir.

Ölçü Birimleri: Akarsu sarfiyatının ölçülmesi ile ilgili olarak çeşitli birimler kullanılabilir. Bunların en önemlileri:

- Debi (Q : m^3/sn) : Akarsudan 1 saniyede geçen su miktarıdır.
- Hız (V : m^3): Akarsuyun belirli bir zaman aralığında geçirdiği su miktarı
- Su yüksekliği (h : mm): Akarsuyun belirli bir zamanda getirdiği su miktarının havza alanına bölünmesi ile bulunan su derinliğidir.
- Birim hidrograf (q_p : $m^3/sn/km^2$): $1 km^2$ sahadan geçen ortalama debi değeridir.

- Havza Akış alanı (A: km²): Akış havzası alanı miktarıdır.

Hızın ölçülmesinde aşağıdaki yöntemler kullanılmaktadır:

a)Yüzgeçler ile hız ölçülmesi:

Akarsuyun hızının basit yüzgeçler kullanılarak ölçülmesi mümkündür. Satış ve derin yüzgeçler olmak üzere iki tip yüzgeç bulunur. Pratikte en kolay olan satış yüzgeçlerdir. Bunlarla hız ölçmek için önce akarsuyun akımının düzgün olduğu ve güzergahın doğrusal bir kısmında 30-50 m lik bir kısım ölçülür. Yüzgeç suyun üzerine, giriş kesiti membaından biraz yukarıda bırakılır. Giriş kesitinde kronometre tutularak çıkış kesitine kadar ne zamanda ulaştığı ölçülüp, buradan azami yüzey hızı bulunur (Özal 1972).

b) Mulineler ile hız ölçülmesi:

Mulineler, yatay veya düşey bir eksen etrafında dönen pervanelerden oluşur. Yatay eksenlilere Uskurlu, düşey eksenlilere Gerdeli muline denir. Bunlar suyun içinde akıma karşı tutuldukları zaman hızın tesiri ile dönerler. Hız ne kadar yüksek ise dönüş o kadar hızlı olup, genel olarak hız ile dönme sayısı arasında Özal (1972) Formül 3.5.deki gibi bir ilişki olduğunu belirtmiştir.

$$V = a + b \times N$$

3.5

V: suyun hızı (m/sn)

a: muline katsayısı (m/sn)

b: dönme katsayısı (m/sn/dönme)

İyi yapılmış mulinelerde (a) genellikle 0.02-0.03 mertebesindedir. (b) değeri de 0.60-0.70 arasında bulunur. Mulinelerle hız ölçülmesinden önce akımın kesiti düşey akımlara ayrılır. Her düşey kısımda bir veya daha fazla akım ölçümü yapılır. (Eğer bir ölçüm yapılacak ise ortalama hız, su derinliğinin %66- %67'sinde ölçülür. İki hız ölçümü yapılacaksa derinliğin %20 ve %80'inde yapılan hız ölçümlerinin ortalaması alınır (Özal 1972).

Mulinelerle hız ölçümü çeşitli şekillerde yapılır :

- 1. Su içine girilerek yapılan ölçüm:** Su derinliğinin fazla olmadığı hallerde hidrolog (hidroloji ile uğraşan kişi) bizzat suya girerek yapar.
- 2. Kayıktan yapılan ölçüm:** Su hızı max 1-1.5 m/sn olan akarsularda yapılır.
- 3. Köprüden yapılan ölçüm:** Bu çeşit ölçüm ulaşım kolaylığı yanında, türbülanslı bir akım mevcut olduğunda sağlıklı olmayabilir.
- 4. Havai hatla yapılan ölçüm:** Bu ölçüm masraf gerektirse de gerek emniyet ve gerekse yüksek seviyelerde ölçüm yapmak imkanını verdiği için faydalıdır.

Ortalama hız tespiti aşağıdaki yöntemlerle yapılır.

1. Düşey hız eğrisi
2. İki nokta yöntemi
3. %60 derinlik yöntemi
4. %20 %80 derinlik yöntemi
5. Üç nokta yöntemi
6. Entegrasyon yöntemi

Akım ölçüsünün doğruluk değerlendirmesi DSİ (1977)'de aşağıdaki gibiyorumlanmıştır.

Mükemmel:

Dümdüz nehir.

Gayet düzgün yatak.

Derinliklerde değişiklik yok.

Düzgün akım.

Kanal ve eşiklerde olduğu gibi nispeten dikdörtgen kesit.

0.3 ile 1.5 m/sn arasında ortalama hız.

Yatak yosun vs. bitkilerden temiz.

Ölçü esnasında seviye değişimi yok.

Bu kalite ölçüye, normal doğal sular üzerinde çok seyrek rastlanır.

Yukarıdaki özelliklerin hemen hepsinin toplanabileceği kanal veya eşiklerde yapılacak ölçüler mükemmel olarak değerlendirilir.

İyi:

Nispeten düz nehir.

Kum veya benzeri yatak.

Derinlikte düzgün bir değişme.

Düzgün akım.

0.2 m/sn'den fazla ortalama akım.

Akımı köstekleyen su bitkileri yok.

Küçük sularda 1 cm'den fazla olmayan veya nispeten büyük sularda suyun ebadına uygun bir şekilde fakat birkaç cm.yi geçmeyen seviye değişimi,

Genellikle bu ölçü kalitesi kum veya ince çakıl yataklı ve yukardaki özellikleresahip sularda yapılan ölçüler için kullanılır.

Orta:

Nehir düz olmayabilir.

Büyük çakıl veya ufak kayalar bulunabilir.

Derinlik değişmesi düzgün olmayabilir.

Akım düzgün olmayabilir.

Ortalama akım 0.2 m/sn'den az olabilir.

Bazı yosun, saz benzeri su bitkileri bulunabilir.

Ufak sularda birkaç cm büyüklerde 8-12 cm seviye değişimi oluşabilir.

Yukarıdaki özelliklerden yalnız iki veya üç halin bulunması durumunda yapılan ölçüler orta olarak nitelendirilir.

Yetersiz:

Su fazla bükümlü olabilir.

Derinlik değişimi çok kötü olabilir.

Akış türbülanslı olabilir.

Ortalama akım 0.1 m/sn'den az olabilir.

Emniyetli oranda su bitkisi olabilir.

Seviyede emniyetli değişimler olabilir.

Yukarıdaki özelliklerden yalnız iki veya üç halin bulunması durumunda yapılan ölçüler yetersiz olarak değerlendirilir.

c)Flatörle akım ölçümü:

Yatağın düzgün olduğu bir kesitte, tespit edilen bir noktadan itibaren yine tespit edilen diğer bir noktaya kadar yüzen bir cismin (flatörün) katetdiği zaman süresi kronometre ile tespit edilir. Bu işlem akarsuyun her iki sahilinde ve ortasında olmak üzere yapılır. Bunların ortalaması, tespit edilen iki nokta arasındaki mesafeye bölünerek ortalama hız bulunur. Kesitin genişliği ve ortalama derinliği ölçülerek hesaplanan alan ile ortalama hız çarpılarak akım bulunur (DSİ 1977).

3. Kontrol kesitleri

Bir akarsuyun üzerindeki bir kesitte, kritik hızdan daha yüksek hızlar meydana geliyorsa bu kesit bir kontrol kesittir. Böyle bir kesitin özelliği; bu kesitin mansap tarafından meydana gelen kabarmaların memba tarafını etkilememesidir. Başka bir ifade ile kontrol kesitinden geçen akım, sadece memba tarafındaki su seviyesinin bir fonksiyonudur. Bu gibi durumlarda, gerekli kalibrasyonlar yapıldığı takdirde, membadaki su seviyesinin ölçülmesi ile debi hesaplanabilir (Özal1972).

4. Akım anahtar eğrileri

Bir akarsuyun seviyeleri ile debileri arasındaki ilişkiyi göstermek amacıyla çizilen eğriye “akım anahtar eğrisi” denir. Akarsular üzerinde kurulan akım ölçme istasyonlarında, debi ölçülen hız değerinin kesit alanı ile çarpılması sureti ile hesaplanabilir. Ancak, kesitten geçen suyun kolay ve sürekli olarak ölçülebilmesi için daha basit bir ölçü yolunun bulunması gerekir. Bu amaçla su seviye ölçekleri (eşeller) kullanılır.Eşeller su seviyesini ölçmede kullanılır. Eşel akarsuyun membanda yerleştirildiği takdirde eşeldeki seviyelerle, akarsuyun debileri arasında bir ilişki kurulabilir. Bu ilişki anahtar eğrisi olarak karşımıza çıkar.Anahtar eğrisinin çıkarılması için bir akarsuyun muhtelif seviyelerinde, debi ve seviye ölçümleri yapılır. Bu ölçüler bir grafik şeklinde noktalanarak anahtar eğrisi çizilir. Bu eğrinin sağladığı bütün kolaylık sadece seviye ölçme ile debinin hesaplanmasına imkan vermesidir. Bazı eşeller (limnigraf) akarsu seviyesini devamlı olarak kaydederler (Özal 1972).

Çeşitli seviyelerde yapılan akım ölçümleri kronolojik bir sıra takip etmek üzere seviyeler ordinatta ve buna karşılık gelenakımlar apsiste gösterilmek üzere logaritmik kağıda noktalanır. Meydana gelen nokta dizisi bir doğru veya bir eğri oluşturur. Bir akım rasat istasyonunda eşel sınırı tam talveg hizasında sıfır oluyorsa akım anahtarı logaritmik kağıt üzerinde bir doğru gösterir. Bu doğru denklemi Formül 3.6 ve Formül 3.7 ile gösterilmiştir (DSİ 1977).

$$Q = C \times H^n \quad \mathbf{3.6}$$

$$\log Q = \log C + n \log H \quad \mathbf{3.7}$$

Q: Debi (m³/sn)

H: Eşel yüksekliği (m)

n: Pürüzlülük katsayısı

C: Sabit

Fakat akarsularımızın düzgün bir yatağa sahip olmamaları nedeniyle eşeller ya gömülü veya talveg seviyesinden daha yukarıda bulunurlar. Bu durumda anahtar eğrisi denklemi Formül 3.8 ve Formül 3.9 deki gibi gösterilmiştir (DSİ 1977).

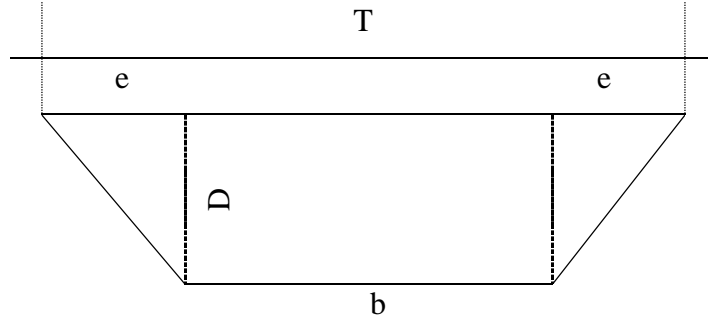
$$Q = C \times (H - K)^n \quad (m^3/sn) \quad \mathbf{3.8}$$

$$\log Q = \log C + n \log (H - K) \quad \mathbf{3.9}$$

K: Talveg (m)

Yukarıdaki bağıntıdan da görüleceği gibi bu hallerde, akım anahtarı bir eğri gösterir. Akarsu kesitleri içerisinde en ideal kesit trapez kesitler ve bunların içinde taban genişlikleri Formül 3.10. daki şekliyle gösterilir (DSİ 1977).

$$b = 2 \times D \sqrt{1 + \left(\frac{e}{D}\right)^2} - \frac{e}{D} \quad \mathbf{3.10}$$



Şekil 3.13. Akarsu enkesiti

b: Yatak genişliği (m)

e: Dere kıyısı yatay izdüşüm uzunluğu (m)

D: Derinlik (m)

T: Üst genişlik (ıslak kesitin serbest su yüzeyi genişliği) (m)

Manning formülünün en iyi tatbik edildiği kesit Şekil 3.13.deki tip kesittir.

Manning Metodu:

Manning Formülü:

$$Q = \frac{1}{n} \times A \times R^{\frac{2}{3}} \times J^{\frac{1}{2}} \quad 3.11$$

$$R = \frac{A}{\text{Ç}} \quad 3.12$$

Q: Debi (m³/sn)

R: Hidrolik yarıçap (m)

A: Islak alan (Su yüzeyinin temas ettiği kesit alan değeri) (m²)

Ç: Islak çevre (Su yüzeyinin değdiği kesitin çevre değeri) (m)

J: Yatak eğimi

n: pürüzlülük katsayısını ifade etmektedir.

n'in çeşitli değerleri DSİ(1983)'den alınarak Tablo 3.4.de verilmiştir.

Tablo 3.4. Manning formülündeki pürüzlülük katsayısı değerleri

n=0.016	Normal beton kanallar
n=0.014	Tuğla ve kesme kanallar
n=0.018	Moloz taş duvar veya harçlı pere kaplamalar
n=0.028	Kuru duvar veya kuru pere kaplamalar
n=0.028	Kuruda açılmış düzgün kesitli, tabanı kum, çakıllı bitkili kanallar
n=0.035	Şevleri bozulmuş, bitki kaplı kum birikintili kanallar
n=0.038	Doğal kaynaklarda patlayıcı ile açılmış şevleri düzelmemiş kanallar
n=0.050	Vahşi dereler, düzensiz ve iri çakıllı kayalık yataklar
n=0.038	Taşkın yatakları ve vadi tabanları

Manning formülü bir kanalda uygulanacağı zaman kanalın tabanı ve malzemesi bilindiğinden “n” pürüzlülük katsayısını tahmin etmek zor değildir. Fakat akarsularda genellikle yatak malzemesi değişiktir. Herhangi bir düzensizlik türbülansı artırır ve dolayısıyla pürüzlülük büyür. Akarsularda alan hesaplanırken; ölü suyun alanı dahil edilmelidir. Buna göre; genellikle bir akarsuda bulunan 0.025 ile 0.030 gibi bir “n” değeri yerine daha büyük bir “n” değeri, örneğin 0.040 veya 0.050 gibi değerler kullanılmalıdır.

Akarsu yatağından taşıdığı hallerde, ana yataktaki pürüzlülük katsayısı ile taşan alandaki pürüzlülük katsayısı ayrı hesaplanması gereklidir. Beraber mütaala edildiği takdirde bulunacak debi ana yataktakinden az bile çıkabilir. Manning formülünün tatbikine hazırlık olmak üzere daha önceden J eğiminin bilinmesi gereklidir. Yüksek seviyede ölçülmüş bir Q debisinden J değerini Formül 3.13 deki gibi yazabiliriz.

$$J = \left(\frac{Q \times n}{A \times R^3} \right)^{\frac{1}{2}} \quad 3.13$$

Q: Debi (m³/sn),

n: Pürüzlülük katsayısı,

A: Islak alan (m²),

R: Islak yarıçap (m)

Formül 3.12 kullanılarak “J” eğimi hesaplanır. Bu değer elde edildikten sonra taşkın halindeki bir akarsuda Manning formülünün uygulanması mümkün olur. Fakat her taşkından sonra “J” eğiminin yeniden hesaplanması gereklidir.

3.2.1.2.1.4. Hidrolojik Kayıp

Yağışla yeryüzüne inen suyun bir kısmı, toprak üstündeki bitkilerin terlemesi, bir kısmı topraktan buharlaşma ve daha önemli bir kısmı da açık su yüzeylerinden buharlaşma sureti ile tekrar atmosfere döner.

1. Mevcut tesislerdeki hidrolik kaybın ölçülmesi

Hidrolik kaybın ölçülmesinde en yaygın olarak kullanılan alet buharlaşma tavalarıdır. Bir buharlaşma tavası, buharlaşma alanı 1 m²olan (çapı 1129 mm) silindirik bir tavadan ibarettir. Tavada oluşan buharlaşma ile göl alanında oluşan buharlaşma miktarları 0.7 ile çarpılarak göl buharlaşmaları bulunabilir. Eğer ölçülecek kayıp ziraat sahalarında ise bu takdirde içinde bitkilerin büyüebildiği lizimetre adı verilen tavalar kullanılır. Bunlarda yer alan buharlaşma ise bitkilerin kullanıldığı su miktarını verir (Özal 1972).

2. Planlanan tesislerdeki hidrolojik kaybın tahmin edilmesi

Deneme yolu: Tavalar bu amaçla kullanılabilir.

Amprik formüller: Belirli iklim değerleri ile buharlaşma ve terleme arasında amprik bağıntılar geliştirilebilir. Blaney-Cridle, Lowry-Johnson, Thorntwaite, Hargreaves, Hamon, Turc formülleri ile hidrolojik kayıplar hesaplanabilir.

Teorik Formüller: Fiziki kanunlardan hareket edilerek buharlaşmanın diğer unsurlar cinsinden hesaplanması mümkündür. Bu konuda Penman ve Bowen çalışmaları mevcuttur. Buharlaşmanın birimi genellikle suyun derinliği olarak ifade edilir (Özal 1972).

3.2.1.2.2. Hidrolik Analizler

Hidrolojik büyüklüklerin çeşitli ölçü aletleri ile ölçülüp derlenmesi, hidrolojik etüdlerin ilk kısmını oluşturur. Ölçülen değerler, proje etüdlerinde kullanılmadan önce çeşitli şekillerde değerlendirilmeye ve analize tabii tutulur.

3.2.1.2.2.1. Eksik Verilerin Toplanması

Devamlı olarak rasat yapılan istasyonların birinde bazı durumlarda çeşitli sebeplerle rasat yapılmayabilir. Bu durumda eksik olan bu değer, diğer istasyonlardaki değerlerden faydalanılarak tamamlanabilir (Özal 1972).

3.2.1.2.2.2. Tutarlılık Analizi

Benzer durumlarda rasat yapılan istasyonların rasatları arasında, eğer bir aksama yoksa, açık bir düzen olması gerekir. Eğer bu tutarlılık yok ise, bunun önceden tespit edilmesi sonradan da bunu doğuran sebeplerin araştırılması gerekir. Tutarlılık analizi, birbiri ile karşılaştırılacak iki zaman dizisinin önce kümülatifleri alınıp sonra bunların grafiği çizilerek yapılır.

3.2.1.2.2.3. Saha Yağışlarının Hesaplanması

Yağmur ölçekleri ile ölçülen yağış değerleri, yağmurun o noktadaki (nokta yağış) değeridir. Halbuki hidrolojik etüdlere daha çok sahalar üzerine düşen yağışların bilinmesi gerekli olup, bu maksatla bir sahadaki yağış istasyonlarına ait nokta yağışlardan alan yağışlarına geçilmesi gerekir. Alan yağışlarının hesabında 3 yöntem kullanılmaktadır:

1. Aritmetik ortalama
2. Theisen (Tisen) Poligonu
3. Eş yağış çizgileri

3.2.1.2.2.4. Olasılık (İhtimal Hesapları)

Doğadaki olayların önemli bir kısmı belirli fizik kurallarına göre oluşurlar. Belirli bir yükseklikten yere atılan cismin yere düşme zamanı yerçekimi kanunlarından hesaplanabilir. Buna rağmen öyle olaylar vardır ki bunların ne zaman ve nasıl olacaklarının kesin olarak söylenebilmesi mümkün değildir. Bir ayda ne kadar yağmur yağacağını, bir nehrin belirli bir periyotta ne kadar su getireceğini yazın en sıcak ısısının ne olacağını önceden söylemek mümkün değildir. Hidrolojinin ilgilendiği çoğu olayların önceden tahmin edilmesi ihtimal hesaplarına dayandırılır (Özal 1972).

İhtimaldağılışı:

İhtimal hesaplarında, ihtimali hesaplanan olayın tekrar sayısı önemlidir. Aşağıda ihtimal hesaplarında olayın tekrar sayısına bağlı olarak 3 değişik dağılım yöntemi anlatılmıştır Özal (1972).

a) Binominal dağılım:

$$C_n^k = p^k \times q^{n-k} \quad 3.14$$

$$C_n^k = \frac{n!}{k!} \times (n - k)! \quad 3.15$$

p: Bir olayın meydana gelme ihtimali,

q: Bir olayın meydana gelmeme ihtimali

n: olayın tekrerrür sayısı

b) Gauss (normal) dağılım:

Bir binominal dağılımda eğer n çok büyük değerlere ulaşırsa, gauss eğrisi ile hesaplanır. Bu eğri çan eğrisi denklemleri olup Formül 3.16'de verilmiştir.

$$\pi(z) = \frac{1}{(2\pi)^{1/2}} e^{-\frac{z^2}{2}} \quad 3.16$$

z: normalize olmuş değişken

$\pi(z)$: meydana gelme ihtimali

İhtimal eğrisi denklemi de Denklem 3.17.da verilmiştir.

$$P = \frac{1}{(2\pi)^{1/2}} \int_{-\infty}^n e^{-\frac{z^2}{2}} \quad 3.17$$

c) Extrem dağılım

Hidrolojik olaylar, genellikle normal dağılımdan biraz daha farklı olan bir dağılıma uyarlar. Bu dağılıma extrem dağılım denilmektedir. Gumbel bu dağılım için Formül 3.18.deki bağıntıyı geliştirmiş bulunmaktadır (Özal1977).

$$P = e^{-e^{-y}} \quad 3.18$$

$$y = \frac{1}{0.78\sigma} \times (X - \mu + 0.45\sigma) \quad 3.19$$

$$\mu = \frac{\sum X}{n} \quad 3.20$$

$$\sigma = \left[\frac{\sum (X - \mu)^2}{(n - 1)} \right]^{\frac{1}{2}} \quad 3.21$$

X: Etüd edilen büyüklük

μ : Etüd edilen büyüklüğün ortalama değeri

σ : Standart sapma

n: Dizideki gözlem sayısı

3.2.1.2.2.5. İstatistikve Tekerrür Analizi

Yukarıda anlatıldığı gibi istatistik analiz verilen bir gözlemler serisinden o serinin önemli bazı

parametrelerini bulmak için yapılır. Bir gözlemler dizisinin önemli iki parametresi ortalama değer ve standart sapma'dır. Ortalama değer Formül 3.22 ile hesaplanır (Özal 1972).

$$\mu = \sum \frac{X}{n} \quad 3.22$$

standart sapma ise μ bulunduktan sonra Formül 3.23 ile bulunur (Özal 1972).

$$\sigma = \left[\frac{\sum (X - \mu)^2}{n - 1} \right]^{\frac{1}{2}} \quad 3.23$$

X: etüd edilen değişkenin muhtelif değerleri

n: dizideki gözlem sayısı

μ : Etüd edilen büyüklüğün ortalama değeri

σ : Standart sapma

3.2.1.2.2.6. Risk Analizi

Akarsular üzerinde inşaa edilen tesisler, belirli proje debilerine göre projelendirilirler. Bu debiler aşıldığı takdirde tesisin güvenliği tehlikeye girer ve risk ortaya çıkar. Dünya üzerinde inşaa edilmiş hiçbir tesisin %100 güvenli olduğu söylenemez. Rüzgar yükü, hareketli yükler, hatta deprem yüküne göre hesaplanmış bir yapı, daha güçlü bir deprem olması ya da şiddetli bir patlama halinde yıkılabilir. Bu şekilde olayların meydana gelişi ihtimali, çok düşük dahi olsa bu küçük riskleri projeci göze almalıdır. Bu şekilde bilinerek göze alınan risklere hesaplı risk denir. Risk analizinin amacı, hesaplı risklerin göze alınması için bir projenin hesabında oluşabilecek risklerin ne olacağını belirlemesidir. Bir olayın aşılma periyoduna (T_r) diyelim. (Mesela 100 m³/sn bir taşkın ortalama 10 senede bir aşıyorsa $T_r=10$ senedir.) Bu durumda verilen bir X değerinin herhangi bir yılda aşılma ihtimali Formül 3.24'deki şekilde hesaplanır (Özal 1972).

$$P = \frac{1}{T_r} \quad 3.24$$

$$P = 1 - \frac{1}{T_r} \quad 3.25$$

P: Bir olayın meydana gelme ihtimali

T_r : Bir olayın aşılma periyodu

Buradaki normal ve ekstrem dağılımlar için verilen P değerleri aynıdır.

3.2.1.2.3. Taşkın Etüdüleri

Hidrolojik etüdlerin amacı bir akarsuda oluşabilecek taşkınların belirlenmesidir. Taşkın etüdüleri ile ilgili olarak iki önemli unsurun tek tek veya bir arada bilinmesi istenir.

1. Taşkınında gelecek azami akım (pik)
2. Feyezanın getireceği toplam su miktarı

Taşkın piki genellikle, akarsular üzerinde yapılacak depolama hacmine sahip olmayan köprü, sedde, bağlama yapısı, pere, kanal gibi yapıların projelendirilmesinde kullanılır. Taşkın hidrografi ise, gelecek taşkın suyunu biriktirme imkanına sahip akarsu yapılarının projelendirilmesinde kullanılır.

3.2.1.2.3.1. Taşkın Pikinin Hesaplanması

Bir akarsuyun getireceği en büyük taşkın belirlenmesinde Formül 3.26 kullanılır (Özal 1972).

$$Q = \frac{C \times I \times A}{8.64} \quad 3.26$$

Q: Gelecek taşkın pikini (l/sn)

I: Yağışın şiddetini (mm/gün)

C: Bir katsayı

A: Yağış alanını (hektar)

C değerine ait değerler Tablo 3.5.de verilmiştir (Özal 1972).

Tablo 3.5. Rasyonel formüldeki (C) değerleri

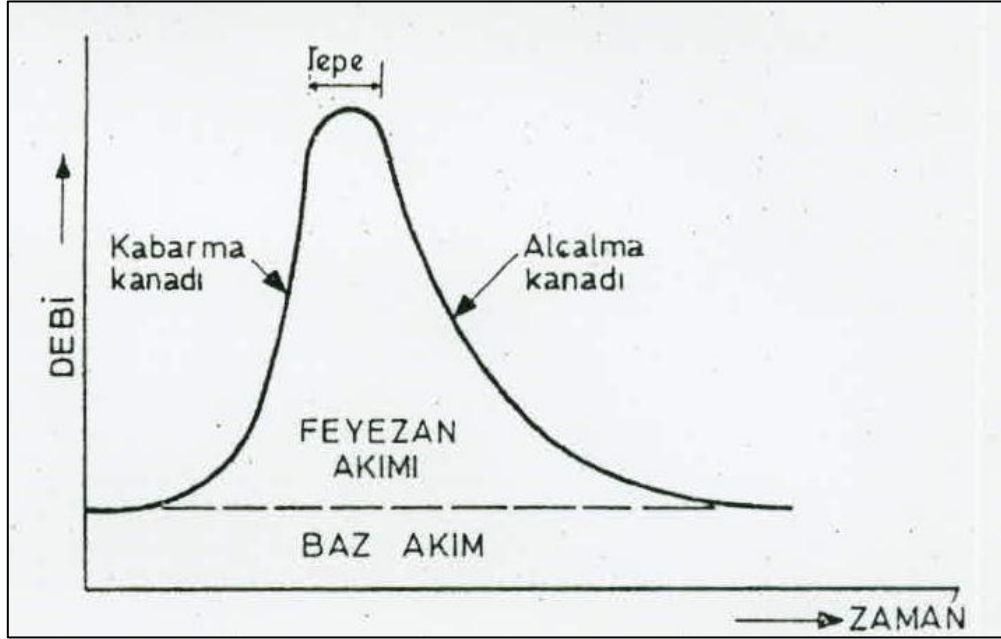
Topoğrafya ve Bitki örtüsü		Toprağın cinsi ve yapısı		
		Geçirimli Kumlu	Killi ve nemli	Geçirimsiz killi
Ormanlık	Düz (%0-5 eğim)	0.10	0.30	0.40
	Dalgalı (%5-10 eğim)	0.25	0.35	0.50
	Arızalı (%10-30 eğim)	0.30	0.50	0.60
Topoğrafya ve Bitki örtüsü		Toprağın cinsi ve yapısı		
		Geçirimli Kumlu	Killi ve nemli	Geçirimsiz killi
Çayır-Mera	Düz	0.10	0.30	0.40
	Dalgalı	0.16	0.36	0.55
	Arızalı	0.22	0.42	0.60
Zirai Arazi	Düz	0.30	0.50	0.60
	Dalgalı	0.40	0.60	0.70
	Arızalı	0.52	0.72	0.82
Şehirleşmiş Saha		%30 geçirimsiz	%50 geçirimsiz	%70 geçirimsiz
	Düz	0.40	0.55	0.75
	Dalgalı	0.50	0.65	0.80

3.2.1.2.3.2. Frekans Analizi

Hidrolojik olayların pek çoğunun belirli kanunlarının olmadığından bazı olaylardaki büyüklüklerin ne olacağını kesin olarak söylenmesi yerine bu büyüklüklerin oluşma ihtimallerinin bir fonksiyon olarak ifade edilmesi gerekir. Bir olayın meydana gelecek büyüklüklerinin meydana gelme ihtimalinin bir fonksiyonu olarak ifade edimesine frekans analizi denilmektedir (Özal 1972).

Taşkın Hidrografının Belirlenmesi: Akarsu yapılarının etüd ve projelendirilmesi ile ilgili çalışmalarda, çoğu zaman sadece akarsuyun getireceği en büyük taşkın değerini tahmini yetmez. Özellikle depolama kontrolü olan tesislerde akarsuyun getireceği taşkın hidrografının da bilinmesi gereklidir. Bir akarsuyun belli bir kesiminde suyun yıl içinde veya belli bir zamandaki durumunu gösteren grafiğe hidrograf denir.

Şekil 3.14.de bir taşkın hidrografi görülmektedir.



Şekil 3.14. Bir taşkın hidrografi(Özal 1972)

Şekil 3.14.de görülen hidrograf iki kısma ayrılabilir:

a) Baz akım: Baz akım; nehir yatağında taşkın oluşmadan önce mevcut olup, taşkın sırasında ve taşkından sonra devam eden akımdır.

b) Feyezan akımı: Taşkın hidrografının üstünde kalan kısmı olup, genellikle bir kabarma kanadı, bir tepe ve bir alçalma kanadından meydana gelir. Kabarma ve alçalma kanatlarının dikliği, havzanın büyüklüğü ve topoğrafyası ile belirlenir. Geniş ve yatay havzalarda kanatlar yatık, küçük ve sarp havzalarda ise kanatlar dik olur. Taşkın hidrografları, ya yağmur sağanakları veya kar erimeleri veyahut bu ikisinin bir kombinezyonu şeklinde meydana gelebilir.

3.2.1.2.3.3. Birim Hidrograf

Belirli bir akarsu havzasında süresi belirli bir sağnak oluştuğunu düşünelim. Bu sağnağın bir kısmı toprak tarafından tutulur ve gerisi akışa geçer. Havza üzerinde akışa geçen bu yüzey suları, çeşitli yerlerde toplanarak en sonunda taşkın halinde havzayı terk ederler.

Havzanın belirli bir noktasında meydana gelen akışın havza çıkışına kadar ulaşması için gerekli zaman aynıdır. Dolayısı ile havza üzerine düşen yağışın süresi sabit olduğu müddetçe havzadan çıkan taşkın hidrografının şekli hep aynı olacaktır. Örneğin 2 saat süren bir sağnak yağışın taşkınının 2 cm akış getirdiğini yine 2 saat süren diğer bir yağış sonucu meydana gelen diğer bir taşkınının 4 cm akış getirdiğini düşünelim. Aynı süreli akışlar sonucu meydana gelen bu iki taşkın hidrografının şekilleri birbirinin aynı olacak, buna karşılık ikinci hidrografın bütün ordinatları birincinin iki katı olacaktır.

Belirli bir havzada, belirli bir yağış süresi için, havza üzerinde akışı 1 cm derinliğe denk taşkın hidrografına birim hidrograf denir. Bir hidrografın, birim hidrograf olabilmesi için aşağıdaki şartları sağlaması yanındaakışı oluşturan yağışın havza üzerinde oldukça üniform bir şekilde yayılmış olması gerekir (Özal 1972).

1. Havzanın belirli bir havza olması
2. Yağış süresinin belirli bir süre olması
3. Hidrograf içindeki suyun havza üzerindeki akış derinliğinin 1 cm olması.

1.Başka Süreli Birim Hidrograflar

Bir havza için verilen bir birim hidrograftan, başka süreler için faydalanılması, doğrudan doğruya mümkün değildir. Başka süreli yağış akışlarının değerlendirilmesi için, bu sürelerle karşılık gelen birim hidrografların çıkarılması gerekir.

Ancak, bir birim hidrograf verilmiş ise bunun kullanılması ile daha uzun süreli birim hidrograflar hesaplanabilir. Birim hidrografın akış süresinin T_a olduğunu düşünürsek $2 \times T_a$ süresindeki akım $T_a + T_a$ olarak düşünülebilir. Birinci T_a süresindeki 1 cm akış için meydana gelecek hidrograf birim hidrografın kendisidir ve bu hidrograf (0) anında başlayacaktır. İkinci T_a süresindeki 1 cm akış için meydana gelecek hidrografta yine birim hidrografın kendisi olacak, ama bunun başlangıç noktası birinci hidrograftan T_a kadar sonra bulunacaktır. Birbirine göre T_a kadar kaydırılmış bu iki hidrografı birbirine eklersek, $2 \times T_a$ süreli bir akışın hidrografı elde edilecektir (Özal1972).

2. Daha Kısa Süreli Hidrograflar

Verilen bir birim hidrograftan faydalanmak sureti ile daha kısa süreli birim hidrografların elde edilmesi mümkündür. T_a süreli bir birim hidrograftan $T_a \div 2$ süreli bir birim hidrograf elde etmek için önce T_a birim hidrografının bütün debileri 2 katına çıkarılır. Bu şekilde elde edilen $2 \times T_a$ hidrografi aslında birbirinden $T_a \div 2$ kadar kaydırılmış iki birim hidrografın toplamına eşittir. Bu haddede bu iki hidrografın başlangıç sınırları, birbirinden $T_a \div 2$ kadar kaydırılır. Bu kaydırmadan sonra kademeli bir şekilde $T_a \div 2$ süreli birim hidrograf elde edilir (Özal 1972).

3. Herhangi Bir Süredeki Hidrografların Hesabı

Tatbikatta herhangi bir süredeki birim hidrografların hesaplanması gerekir. Bu durumda "S" eğrileri kullanılır.

S Eğrileri:

S eğrisi akış süresi sonsuz olan bir yağışın hidrografıdır. S eğrilerinin elde edilmesi için T_a süresindeki birim hidrograf kendi süresi kadar sonsuz sayıda ötelenerek toplanır. Meydana gelen eğri önce yavaş, sonra hızlı şekilde yükseldikten sonra yataylaşır ve dengeye ulaşır. S eğrisi kendisine göre T_b kadar kaydırılıp kendisinden çıkarılırsa aradaki fark T_b süreli bir yağışın hidrografıdır. Bu hidrografın içindeki alan 1 cm akış derinliğine göre ayarlandığı takdirde T_b süresine ait birim hidrograf elde edilmiş olur (Özal 1972).

3.2.1.2.3.4. Taşkın Debisi Hesabı

Belirli bir akarsu yapısının projelendirme hesabı için hidrograf belirlenirken;

1. İlk olarak taşkına sebep olabilecek sebeplerin ortadan kalkması sağlanır. Bu amaçla, yağış alanına, mevcut fiziki şartlarda, yağabilecek en fazla yağış saptanmaya çalışılır. (sağanak ötelenmesi veya frekans analizi ile)
2. Bu sağanakın aktif akış süreleri ve fiili akış miktarları hesaplanır.
3. Sürelere karşılık gelen birim hidrograflar hesaplanır.

4. Birim hidrograflar ile bunlara denk gelen akış derinlikleri çarpılarak süperpoze edilip taşkın debisi bulunur.
5. Taşkın debisine baz akış eklenerek taşkın hidrografi hesaplanır(Özal 1972).

Akım gözlem değeri bulunmayan veya yetersiz olan akarsu havzalarında, yağış büyüklüğüne, biçimine ve eğimine bağlı olarak çeşitli sentetik birim hidrograf yöntemleri geliştirilmiştir. DSİ'nin taşkın hidrolojisi hesaplarında yaygın olarak kullanılan sentetik birim hidrograf ve amprik yöntemler aşağıda verilmiştir.

1. DSİ Sentetik Birim Hidrograf Yöntemi (CGS),
2. Mockus Üçgen Birim Hidrograf Yöntemi,
3. Synder Yöntemi,
4. Mc Math Yöntemi,
5. Rasyönel Yöntem

Akım gözlem değeri bulunmayan akarsu havzalarının proje taşkınları en az iki sentetik birim hidrograf yöntemi ile hesaplanmalı, bu yöntemlerle bulunan proje taşkınları bölgesel taşkın frekans analizi, noktasal taşkın frekans değerlerinin proje yerine taşınması ve daha önce havzalarda hesaplanmış proje taşkınları ile karşılaştırılarak doğruluğu sağlanmalıdır (DSİ 1990).

Bu çalışmada taşkın yapısı anlatılan Kayı Deresi taşkın hidrolojisi hesaplarında DSİ sentetik metod ve Mockus yöntemi kullanıldığından bu yöntemler anlatılmış, proje taşkını hesaplamak için kullanılan diğer yöntemlere (Synder yöntemi, Mc Math yöntemi ve Rasyönel yöntem) bu çalışmada yer verilmemiştir.

1.DSİ Sentetik Yöntem

Havzanın fiziksel büyüklükleri, yöntemlerin geliştirilmesindeki temel ilkeler ve havza katsayıları kullanılır. DSİ Sentetik yöntemin özelliği yağış alanı 1000 km²'ye kadar olan akarsu havzalarında 1 mm akış üreten 2 saat süreli yağışların meydana getirdiği havza verimi kullanılarak birim hidrograf değerleri hesaplanır. DSİ Sentetik yöntemle birim hidrograf hesaplanması için Formül

3.27, Formül 3.28, Formül 3.29, Formül 3.30, Formül 3.31 kullanılmaktadır. Bu formüller Özdemir (1978)' den alınmıştır.

$$\sqrt{S} = \frac{10}{\sum \left(\frac{1}{\sqrt{S_i}} \right)} \quad 3.27$$

$$S_i = \frac{10 \times h}{L} \quad 3.28$$

$$Q_p = A \times q_p \times 10^{-3} \quad 3.29$$

$$q_p = \frac{414}{A^{0.225} \times E^{0.16}} \quad 3.30$$

$$E = \frac{(L \times L_c)}{\sqrt{S}} \quad 3.31$$

$$T = 3.65 \times \frac{V}{Q_p} \quad 3.32$$

$$V = A \times h_a \times 10^3 \quad 3.33$$

$$T_p = \frac{T}{5} \quad 3.34$$

S: Harmonik eğim

L: Akarsu boyu (km)

L_c: Havza ağırlık merkezinin ana akarsu üzerindeki izdüşümünün proje kesitine olan mesafesi (km)

q_p: Akış verimliliği (lt/sn/km²/mm)

Q_p: Sentetik birim hidrograf değeri (m³/sn/mm)

T: Hidrograf devam süresi (sn)

V: Birim hacim (m³)

h_a: 1 mm akış yüksekliği

T_p: Hidrografın yükselme zamanı (saat)

2.Mockus Yöntemi

Mockus yöntemi hesabının pratikliği ve üçgen hidrograflar, rezervuarlarda ve akarsu yataklarındaki ötelemelerde eğrisel hidrograflar kadar hassas sonuçlar vermektedir. Mockus yöntemi toplanma zamanı 30 saate kadar olan drenaj alanları için uygulanabilmekte daha büyük alanlardaDSİ sentetik metotda olduğu gibi drenaj alanı tali parçalara ayrılarak herbir parça için çizilecek hidrograflar geciktirme zamanlarına göre süperpozisyon edilecektir. Mockus Yöntemi ile sentetik birim hidrograflar hesaplanırken Formül 3.35, Formül 3.36, Formül 3.37, Formül 3.38, Formül 3.39, Formül 3.40 kullanılır. Bu formüller DSİ (1990)'dan alınmıştır.

$$Q_p = \frac{K \times A \times h_a}{T_p} \quad 3.35$$

$$K = \frac{Q_p \times T_p}{A} \quad 3.36$$

$$T_p = 0.5 \times \Delta D + 0.6 \times T_c \quad 3.37$$

$$\Delta D = \frac{T_c}{5} \quad 3.38$$

$$D = 2 \times \sqrt{T_c} \quad 3.39$$

$$T_c = \frac{0.00032 \times L^{0.77}}{S^{0.385}} \quad 3.40$$

Q_p : Sentetik birim hidrograf değeri ($m^3/sn/mm$)

h_a : Yıllık birim ortalama yağış (mm)

ΔD : Birim sağanak süresi (saat)

T_c : Yağışın toplanma zamanı (saat)

A: Yağış Alanı (km^2)

S: Harmonik eğim

L: Akarsu uzunluğu (km)

3.2.1.2.4. Akarsulardaki Katı Madde (Teressubat) Hareketi

Nehir yataklarında akan sular ile birlikte taşınan katı maddelere teressubat denir. Taşkın tasarımında teressubatla ilgili olarak en önemli sorun, taşınan teressubatin inşaa edilecek yapı üzerindeki etkileridir. Taşınan katı maddeler biriktirme yapılarının kapasitelerini azaltma yanında, akarsu yataklarına yapılacak düzenleyici yapıların memba ve mansap şartlarını önemli ölçüde etkiler.

Akarsularda tasarlanan düzenleme yapıları, yataktaki katı madde hareketi dengesini olumsuz olarak etkilediği takdirde yapının mansap tarafında yığılmalar oluşurken memba tarafında ise suyun oyucu etkisi ile yatak oyulmaları meydana gelir. Projelendirme yaparken, bu önemli problemin ve etkilerinin önceden hesaplanması gereklidir(Özal1972).

Bir akarsuyun taşıdığı katı maddeleri genel olarak iki grupta değerlendirmek mümkündür:

a) Askıdaki katı madde: Genel olarak kil ve ince siltten meydana gelir. Suyun türbülans hareketi tamamen çökmesine engel olur. Çökmesi için türbülansın tamamen durulması ve belirli bir çökme zamanının geçmesi gerekir.

Çökelen maddelerin çökelim hızı stokes kanunu bağıntısı ile hesaplanır. Stokes kanunu Formül 3.41'da verilmiştir.

$$V_s = \frac{2 \times (D_g - D) \times g \times r^2}{9 \times \mu} \quad 3.41$$

V_s : çökme hızı (m/sn)

D_g : dane yoğunluğu (kg)

D : suyun yoğunluğu (kg/m³)

g : yerçekimi ivmesi (m/sn²)

μ : suyun viskozitesi (kg/m/sn)

r : tane yarıçapı (m)

b) Sürüntü maddesi:Akarsuyun tabanındaki maddeler üzerinde uyguladığı bir sürüklenme gücü vardır. Bu güç Formül 3.42 ile hesaplanır (Özal 1972).

$$\tau = 1000 \times \gamma \times d \times J \quad 3.42$$

τ : kg/m²

γ : suyun özgül ağırlığı (t/m³)

d : suyun derinliği (m)

J : yatak eğimi

Sürüklenme gücünün etkisi ile akarsu yatağında belirli bir sürüntü hareketi oluşur. Birim genişlikten geçen sürüntü maddesi miktarı için, çeşitli araştırmacılar çeşitli bağıntılar geliştirmişlerdir. Bunlardan en yaygın olarak kullanılanı Du Boys tarafından geliştirilen Formül 3.43.dür (Özal 1972).

$$G_i = \gamma \times \frac{\tau_0}{\omega} \times (\tau_0 - \tau_c) \quad 3.43$$

G_i : Birim yatak genişliğinden geçen sürüntü maddesi debisi (m³/sn)

γ : Sürüntü maddesinin şekil ve büyüklüğü ile ilgili bir katsayı

ω : Suyun özgül ağırlığı (t/m³)

τ_0 : Akarsu yatağındaki kayma gerilmesi (t/m²)

τ_c : Sürüklemenin başlaması için gerekli kayma gerilmesi (t/m²)

Akarsularda yer alan katı madde hareketinin ölçülmesi için çeşitli aletler geliştirilmiştir. Teressubat (akarsulardan su ile birlikte sürüklenen katı madde hareketi) ölçümü yapılırken akarsuyun akım şartlarını bozmamak gerekir. Askıdaki katı madde hareketinin ölçülmesi için IOWA Hidrolik laboratuvarı tarafından bir yöntem geliştirilmiştir. Akım yönündeki bir boru aracılığı ile askıdaki katı maddeler bir şişeye biriktirilir. Şişenin havası başka bir delikten tahliye edilir. Cihaz tabana değinceye kadar sabit hızla iner ve değdikten sonra da sabit hızla yukarıya çekilir. Bunun sonucunda tartılı bir örnekleme yapılmış olur. Şişenin dolma

zamanından, akarsuyun birim debisinde taşıdığı askıdaki katı maddesi hesaplanmış olur (Özal 1972).

Bir akarsuda çeşitli debilerde çok sayıda ölçüm yapıldıktan sonra, debiler ile katı madde debileri arasında bir anahtar eğrisi çıkarılır ve bu anahtar eğrisinden faydalanılarak yıllık katı madde hareketi tespit edilmiş olur.

Akarsu yapıları bakımından katı madde hareketi 2 konuda önem taşır:

1. Akarsu yatağında yapılan su alma ve taşkın kontrolü tesislerine etkisi.
2. Biriktirme yapılarındabiriktirmeyapısının hacmini kısıtlaması.

3.2.1.3. Ekonomik Çalışmalar

Genel bir ifade ile bir mühendislik tasarımıaşağıdaki özellikleri taşımalıdır:

1. Güvenlik şartlarını sağlaması,
2. Tasarımı yapılan projenialternatif projeleriçinde en ekonomik olması,
3. Yapı tasarımının ekonomik ömrü içinde, yapıdan istenilebilecek talepleri karşılayacak bir kapasiteye sahip olması,
4. Tasarlanan zaman içinde inşaa edilebilmesi.

Taşkın yapıları ile ilgili tasarım çalışmaları, ekonomik esasa dayalı olan fizibilite çalışmaları ile tamamlanır. Maliyet analizlerinin yapılabilmesi için;kamulaştırma fiyatlarına esas olacak arazi sınıfları, malzeme ocaklarının yerleri, uzaklıkları, yeni yapılacak servis yolları, mevcut ulaşım durumu, işçilik ve işgücü tahmini gibi birçok konunun detaylı olarak incelenmesi gerekmektedir. Tasarımı yapılan taşkın yapısının yapılabilirliği kararı, ekonomik çalışmalar sonucunda verilir.

Ekonomik Analizin Amacı

Ekonominin ana amacı yetersiz olan ekonomik kaynakların en uygun ve en verimli şekilde kullanılmasını sağlamaktır. Başka bir ifade ile, ekonomi en uygunu seçme ilmidir.Ekonomik

analizlerin amacı ise ulaşılması istenilen amaçların daha yüksek bir randımanı sağlama yollarının seçimidir. Böyle bir tespit için teknik, mali, sosyal, siyasi ve hukuki vs. diğer parametrelerin değerlendirilmesi gerekir.

Tasarımı yapılan bir proje için ekonomik analizin esas amacı ise aşağıdaki soruların cevaplandırılmasıdır.

1. Proje ekonomik değerlendirmesi.
2. Proje uygulama sırası
3. Proje yapımının süresi.
4. Projeyi gerçekleştirmek için en uygun yapım metodu.

Ekonomik verimliliğin ölçüsü projenin sağlayacağı ekonomik faydalarla proje için kullanılacak kaynakların karşılaştırılmasıdır.

Ekonomik Analiz Metodu

Bir projenin en uygun çözümünün belirlenmesi amacı ile yapılacak ekonomik analiz, genel olarak aşağıda maddeler halinde sıralanmıştır.

1. Ekonomik analizin hedefi ve bununla ilgili çeşitli problemler geniş olarak tetkik ve tespit edilir.
2. Mukayese edilecek alternatif planlar, ana hatları ile belirlenir.
3. Her makul alternatif, mühendislik tanımları ile belirlenir.
4. Standart bir değerlendirme metodu kullanılarak, belirli bir karşılaştırma süresi, her alternatif proje için harcanacak yatırımlar, senelik giderler ve faydalar para terimleri cinsinden belirlenir.
5. Çeşitli alternatif planların fayda ve masrafları karşılaştırılır ve en uygun olan seçilir.
6. Son karar ise, yukarıdaki ekonomik analizin sonucu diğer para cinsinden ölçülmeyen faktörlerde göz önüne alınarak verilir.

Çalışmanın bu bölümünde yukarıda belirtilen ekonomik analiz metodunun maliyetlerin ölçülmesinden, en son kararın verilmesine kadar olan kısmı anlatılmıştır.

Maliyetin Ölçülmesi

Alternatif planların ve yıllık maliyetlerin ölçülmesinde aşağıdaki durumların genel olarak değerlendirilmesi gerekir.

1. İlk yatırım maliyeti
2. Amortisman
3. İnşaat süresi
4. İşletme ve bakım masrafları
5. Faydası

3.2.1.3.1. İlk Yatırım Maliyeti:

Bir projenin ilk yatırım maliyetinin belirlenmesi istikşaf sırasında gerekir.

a) İstikşaf

Bir projenin istikşaf (bir arazinin belirli bir amaç doğrultusunda araştırılması için yapılan ilk çalışmalar) çalışmalarındaki amaç bu projenin üzerinde daha ileri bir seviyede çalışma yapılmasını gerektirecek bir gerekliliğin olup olmadığının belirlenmesidir. Dolayısı ile bu aşamadaki bir etüdün mümkün olduğu kadar az bir maliyetle yapılması gerekir. Bu bakımdan bu seviyedeki bir ekonomik analizde ilk yatırım maliyeti yuvarlak rakamlarla tespit edilir. Çoğu zaman bu maliyetler daha önce yapılmış benzeri işlerde kazanılan tecrübelerle dayanılarak hazırlanan tablo ve grafikler kullanılarak hesaplanır. İnşaat maliyetine istiklak, etüd, proje kontrol, inşaat süresi ve faizler eklenerek tesis maliyeti bulunur.

b) Planlama (Fizibilite)

Planlama çalışmaları, tasarım için alternatif projeler arasından en uygun projenin seçilmesi amacıyla yapılır. Planlaması yapılan tasarımın maliyeti; inşaat maliyetlerine, etüd, proje kontrol, istimlak, inşaat süresi faizleri, vergi ve resmi harçlar eklenerek bulunur.

c) Yatırımın zamanı ve hızının etkisi

Projenin başlangıçta yapılacak bir tek yatırımla veya gelişmeye paralel olarak yapılacak kademeli bir yatırımla gerçekleştirilmesi düşünülebilir. Şartların durumuna göre, bu alternatifler değerlendirilir.

3.2.1.3.2. Amortisman

Projenin işletmeye girmesinden belirli bir süre sonrayapının ekonomik ömrü sona erecektir. Ekonomik ömrün sonunda yapının tekrar inşaa edilebilmesini sağlayacak ekonomik değerlerin ayrılmasına dikkat edilir. Ayrılan bu miktara amortisman payı denilmektedir.

3.2.1.3.3. İnşaat Süresi

Bir projenin inşaatının yüksek bir yatırım bedeli ile hızlı bir şekilde yapılması düşünülebileceği gibi daha az bir yatırım bedeli ile daha uzun bir sürede yapılması düşünülebilir. Bu tür durumların karşılaştırılmasında özellikle iki konunun göz önüne alınması gerekir.

- a) İnşaat süresinin yatırıma etkisi
- b) Proje gerçekleştirildikten sonra sağlayacağı faydalar

3.2.1.3.4. İşletme ve Bakım Masrafları

Projenin işletme ve bakımı için yapılan masraflar devamlı gider olup, proje ekonomisi üzerinde önemli bir etkiye sahiptirler. İlk yatırımı yüksek proje, yıllık giderleri asgariye indirmek suretiyle ilk yatırımı az olan diğer projeden daha ekonomik olabilir.

3.2.1.3.5. Fayda

Ölçülebilir fayda projenin amacından ötürü getirdiği maddi olanaklardır. Örneğin bir sulama projesinde suladığımız alandaki verim artışı elde edilen ürünlerdeki artış (karlılık) projenin faydası olarak kaydedilir. Taşkın tasarım yapılarında ise olası taşkın halinde zararların önlenmesi proje faydasıdır.

1. Taşkın Zararlarının Belirlenmesi

Tasarım çalışmaları sırasında yapılması gereken ekonomik analiz için; taşkın yapısı yapılacak olan dere üzerinde meydana gelen taşkın zararlarının belirlenmesi gerekir.

2. Verilerin Toplanması

Taşkın zararlarının saptanması için veri toplama işinin taşkın olayının doğasına uygun olarak genellikle iki aşamada yapılması gerekmektedir. Çünkü zararların bir bölümü sonradan telafi edildiğinde ve aradan belli bir zaman geçtiğinde insanlar tarafından unutulmaya başlanırsa taşkın hemen sonunda zararın saptanmasını gerektirmektedir. Aksi durumda taşkın zararlarının saptanması olayı şahısların hikaye edişlerine göre değerlendirmeyi geciktirir ki bu durum çok fazla yanlışlara neden olabilir. Taşkın olur olmaz yapılacak ilk iş taşkın sahasının 1/25 000 lik veya daha küçük ölçekli bir haritaya işlenmesi ve arazideki su yüksekliğinin belirlenmesi ile taşkın meydana getiren debinin hesaplanması olacaktır (DSİ 1975).

a) Taşkın Alanının Belirlenmesi

Yıl içinde meydana gelen en büyük taşkın sahası, taşkın olur olmaz 1/25 000 lik veya daha küçük ölçekli bir harita üzerine işlenmelidir. Bunun için çeşitli yöntemlerden yararlanılır. Hava fotoğrafları, taşkın olur olmaz yapılan yerinde incelemeler, daha önce yaşanmış taşkın izleri, resmi daire kayıtları, şahısların olayı hikaye edişleri vs. gibi araştırmalar sonucu taşkın sahasını haritaya işlemek mümkündür (DSİ 1975).

b) Taşkın Oluş Zamanının Belirlenmesi

Taşkın zamanı rasat istasyonu olan yerlerde yağış rasatları resmi ölçüm sonuçlarına göre, rasat istasyonu olmayan yerlerde mahallinde halkın anlatımları göz önüne alınarak belirlenir.

c) Zirai Sahadaki Zararların Saptanması

Bir taşkın sahasında, taşkından sonra meydana gelen zararlar konusunda taşkın sahasının büyüklüğüne göre, zarar gören ailelerin tamamı veya rastgele örnekleme yolu ile seçilen yeteri sayıda aile ile anket doldurulur. Anket çalışmasından önce ön çalışma ile taşkına uğrayan sahalardaki köy, bucak, ilçe, il merkezlerinde muhtarlarla, belediye başkanlıkları, ile diğer kamu kurum ve kuruluşları ile görüşülür. Bu şekilde taşkına uğrayan saha içerisindeki işletme miktarı, çiftçi, ailesayısı saptanmaya çalışılır. Para, zaman ve eleman ihtiyacı araştırmayı yapan birey tarafından belirlenir ve araştırmanın nasıl yapılacağı kararlaştırılır (DSİ 1975).

d) Taşkın Sahasından Genel Bilgilerin Toplanması

Taşkın sahasındaki tüm ayrıntılar dikkate alınarak tüm hasarlar tespit edilmeye çalışılır.

Yerleşim merkezlerindeki zararların saptanması: Köy ihtiyar heyeti, belediye, ticaret ve sanayi odaları vs. ile ilişki kurularak fabrika, ev, ahır, samanlık, dükkan, cami vs. gibi kurumlarda oluşan zararların saptanması için soruşturularak anketler doldurulur. Yıkılan veya zarar gören, sediment yığılmasıyla oturulamaz veya işleyemez hale gelen bu yerlerde yeniden oturulabilmesi için yapılması gereken masraflar tespit edilir. Binalarda zarar gören kısmın alanı, bu emsaldeki yapıların m² inşaat maliyeti, bulunabilirse kiranın bugünkü bedeli, ekonomik ömrü ve daha kaç yıl kullanılabilmesi gibi özellikleri belirlenir. Tümünden yıkılan veya taşkın önlenemediği takdirde ileride belirli bir pikin üstünde gelecek taşkında yıkılma olasılığı bulunan yapıların özelliğine göre yenisinin maliyeti araştırılır (DSİ 1975).

Yapı ve tesis zararları: Kara ve demir yolları, belediye vs. gibi kamu kuruluşları ile konuşularak karayollarında, demiryollarında, köprü vs. gibi sanat yapılarında meydana gelen zararlar saptanır.

Eşya ve araçlardaki zararlar: Sürüklenmek veya su ile temas etmekten dolayı bir daha kullanılmayacak hale gelen her türlü makinalarla, ambarlardaki un, şeker, hububat vs. ile çiftçilikte kullanılan eşyalarda meydana gelen zararlar saptanır.

Trafik durumu: Nakliyeciler, otobüs firmaları, demiryolları yetkilileri ile konuşarak taşkın sebebiyle meydana gelen yük ve yolcunakliyattaki duraklama, gecikme vs. den doğan zararlar incelenir.

Arazi kaybı: Arazi kaybı, köy ihtiyar heyeti ve tarım müdürlüğü yetkilileri ile konuşularak saptanır. Suyun araziye oyması, yatak değiştirmesi veya toprağı sürükleyerek kaybolan arazinin miktarı, taşkın sularının şiddetli yüzey akışı sonucunda toprağın besleyici bölümlerini ve bitkisel toprağı alıp götürmüş ve verimliliğini kaybetmesine neden olmuş ise bu arazinin eski haline gelebilmesi için geçmesi gerekli zaman ile bu zaman içinde, bu araziden normal bitki örtüsüne göre alınabileceğı tahmin edilen ürün miktarının ve giderlerinin hesaplamaya yarayacak olan veriler belirlenir. İri kaya parçaları ile tarım arazisi dolmuş ise bunları temizlemekle tekrar tarıma elverişli hale getirilip, getirilmeyeceğı araştırılır. Şayet arazi ıslah edilecek ise bu iş için gerekli harcama hesaplanır. Arazinin temizlenmesi mümkün değil ise o arazinin özellikleri ve kullanımına göre bedeli araştırılır.

Kontrollü sulama ile halen üzerinde tarım yapılan problemlili topraklarda taşkın suları ile tabandaki tuz ve alkaliler yüze çıkmış ve artık tarımda kullanılmayacak hale gelmiş ise bu arazi üzerinde daha önce yerleştirilen bitkilerin cins ve % oranları ile verimleri hesaplanır.

Hayvansal zararlar: Muhtarlıklar, Tarım il müdürlükleri vs. ile konuşularak, su ile sürüklenen hayvanlar varsa ölü ve yaralı miktarları, cinsleri, birim fiyatları ve yaş durumları saptanır.

Meyveli ve meyvesiz ağaçlardaki zararlar: Muhtarlıklar, çiftçiler ve Tarım İl Müdürlükleri ile konuşularak taşkın sebebi ile zarar gören, sahalarda sökülerek elden çıkan, meyve ağaçlarının cinsleri ortalama yaş ve verimleri ile meyve fiyatları saptanır.

Taşkın sahasındaki arazi varlığı: Taşkına uğrayan sahalardaki arazinin dağılımını belirlemek için taşkına maruz kalan arazilerin taban arazi, sulu arazi, kıraç arazi vs. gibi cinsleri saptanır.

e) Kırsal Sahadaki Tarımsal Zararlar

Zararlar hakkında bilgi toplamanın ikinci aşaması, daha çok tarımsal alanda meydana gelen zararlardır. Tarımsal zararlar taşkını izleyen üretim sonunda örnekler üzerinde yapılacak tespit çalışmaları ile saptanır.

Taşkından zarar görenlerin taşkın sınırları içerisinde kalan arazilerdeki tarımsal durumları için taşkın sahasında yetiştiriciliği yapılan tarımsal bitkileri, aşağıdaki şekilde gruplandırarak, taşkından önceki ve sonraki durumları araştırılır.

1. Tarla ve sebzeçilik gurubu
2. Meyvecilik ve bağcılık gurubu
3. Meyvesiz ağaçlar gurubu
4. Çayır- Mera gurubu

Bütün bu grupların içine giren ve taşkından etkilenen bitkilerin taşkından önceki ve sonraki durumları, ekim ve dikim sahaları dekar olarak belirlenir. Sel sularının kapladığı ve tarımsal bitkilerin tamamen veya bir bölümünün zarar gördüğü sahalardaki tarımın nasıl devam ettiği araştırılır. Taşkından sonra tarımsal ürün elde edilebilirlik durumu araştırılır. Taşkın sonundaki tarımsal durum saptandıktan sonra taşkının önlenmesi halinde ne gibi değişiklik olacağının da ortaya konması gerekmektedir. Zira bu iki durum arasındaki fark bize son taşkının tarımsal sahada yapmış olduğu zararı, başka bir anlatım ile planlanan tesislerden elde edilecek faydanın hesabında yardımcı olacak bilgileri verecektir. Bu sebeple zarar görmemiş komşu arazilerde araştırmalar yapılmalıdır. Bu tespitin yapılacağı sahanın seçiminde şu özelliklere dikkat edilmesi gerekir:

1. Taşkın sahası ile aynı kültürel bütünlük içinde bulunmalı yani bağlı olduğu pazarlar, ulaşım olanakları ticaret ve sanayii durumları ile birbirine büyük ölçüde benzerlikleri bulunmalıdır.

2. Yetişen bitki eşitleri, iklim özellikleri, toprak benzerliklerinden dolayı aralarında büyük fark bulunmamalıdır.
3. Uygulanan tarım sistemleri, çiftçilerin teknik seviyeleri itibari ile benzer olmalıdır.

Böyle bir saha taşkın sahasının bitişiğinde veya biraz uzağında bulunabilir. Aranılan bu sahada taşkın olmaması durumunda ne şekilde tarım yapılabileceği sorusunun cevabıdır. Seçilen rnek arazi taşkından korunacak yerlerde tarımsal gelirin ne olacağını hesaplayabilmemizi sağlayacaktır. Taşkın kontrolü faydalarının hesabında birim araziden elde edilen üretim değerleri saptanmalıdır.

3. Zararların Hesaplanması

Taşkının meydana getirdiği zararların eşitleri, miktarı, kıymetleri, zarar verdiği sahanın genişliği, bu sahada yaptığı zararların durumu ile birim fiyatları vs. gibi verilerin değerlendirilmesi gerekmektedir.

Taşkın zararlarının sonucu yerlerine yenisi konulamayan, ölen, kaybolan ayrıca tamir ve ıslahı sureti ile yeniden kullanılır hale getirilebiliyorsa, bunun için yapılan giderlere bağlı olanlar ile tarımsal alanda ürün alamamak, az ürün almak şeklinde meydana gelen taşkınlar olmak üzere taşkın zararlarının hesaplanması yapılır.

Taşkınlarla ilgili projelerde, az da olsa, taşkınları önlemek yerine o yre için en fazla zarar meydana getiren taşkınların önlenmesi istenir. Yıllık taşkın zararları belirli srelerde meydana gelebilecek değişik tekerrürlü taşkınların yaptığı zararların bir seneye düşen miktarlarını hesaplamak suretiyle bulunur.

Taşkın zararlarının azaltılması veya tamamen önlenmesinden doğan faydanın ölçülmesinde yararlandığımız tekerrür yöntemi taşkının fiziki ve ekonomik yapıları ile olabilme olasılığı arasında kurulacak bağlantıya dayanır.

Debi-Zarar İlişkisi: Bir taşkın için araştırma yapılırken debisi, süresi, mevsimi, kapladığı saha ve bu sahada meydana getirdiği zararlar belirlenir. Bir taşkının kapladığı saha, meydana getirdiği zararlar sarfiyata, süreye ve mevsime göre değişecektir. Aynı debideki taşkın değişik zamanlarda değişik ölçüde zararlar meydana getirebilir. Değişik debilerin ne kadar sahayı kapladığı saptanırsa Debi-Saha eğrisi, bu sahalarda meydana gelen zarar saptanırsa Saha-Zarar eğrisi çizilebilir. Bu iki eğri birleştirir ve sahayı ortadan kaldırarak doğrudan doğruya debi-zarar bağıntısı bulunur.

Taşkın sahasında yatak kapasitesi belli olduğuna göre bu kapasite ile asgari sarfiyatta bir taşkın ne çapta bir sahaya yapılabileceğinin saptanması için en yüksek pikli taşkın ile en az sarfiyatlı taşkın ve bunların meydana getirdiği zararlar göz önüne alınarak bir hat üzerinde zararları apsiste, sarfiyatları ordinatta işaretlemek suretiyle milimetrik kağıt üzerine debi-zarar grafiği çizilir. Hesaplanan zararın, Bölüm 3.1.3.3.5.de anlatılan Fayda konusunda değerlendirmesi yapılır. Tasarımı yapılan taşkın koruma yapısının uygulanması durumunda faydaya dönüşecek zararların belirlenmesi ile proje yıllık faydası tespit edilir. Tasarımı yapılan taşkın yapısının inşaa maliyeti hesaplanır. Proje yıllık faydası ile Bölüm 3.1.3.3.4.de anlatılan İşletme ve bakım masraflarını kapsayan proje yıllık gideri mukayese edilir. Bu mukayese sonucunda bulunan oran projenin rantabilite katsayısıdır. Ekonomik analiz hesapları sonucunda bulunan rantabilite katsayısının 1'den küçük olması projenin ekonomik olmadığını, 1'den büyük olması ise ekonomik olduğunu ifade eder.

3.2.2. Tasarım Çalışmaları

Şehir, köy, kasaba gibi meskun mahallerin, tarım arazilerinin taşkından korunması, kıyı erozyonunun önlenmesi ve nehir ulaşımı için yatak düzenlemesi amacıyla taşkın koruma yapıları tasarlanır.

Taşkın Yapıları tasarımının ön aşamaları detaylı olarak anlatılmıştı. Taşkın önleme yapıları taşkın debisi göz önüne alınarak tasarlanır. Proje taşkını, bir yapının emniyetle geçirebileceği en büyük taşkındır. Proje mühendisi, en kötü şartları göz önüne alarak proje ve planlarını yapar. Su yapılarının projelerinde, diğer birçok hususun yanında proje taşkın debisinin doğru olarak

belirlenmesi yapının emniyeti ve geleceği için büyük önem taşır. Bu nedenle taşkınları, kapsamlı bir şekilde incelemek ve büyüklüğünü doğru olarak belirlemek her şeyden önce bir emniyet ve ekonomi faktörüdür. Proje taşkını, esas alınan taşkından daha büyük bir taşkının meydana gelmesi durumunda oluşacak zararlar ile projede daha büyük bir taşkının proje taşkını olarak seçilmesi durumunda yapılacak fazla yatırımlar karşılaştırılarak belirlenir. (Bu konu Bölüm 3.1.3.3.de ayrıntılı olarak ele alınmıştır.)

Taşkın önleme yapılarının tasarımında, maliyetler kabul edilebilir sınırlar içinde kalmak şartıyla, meydana gelme olasılığı en büyük olan taşkına karşı koruma yapılmak istenir. Türkiye’de proje taşkını olarak DSİ tarafından küçük su işlerinde tekrarlanma aralığı 10, 50, 100 yıl ve yapının büyüklüğü ile mansap şartları dikkate alınarak 500 ve 1000 yıl olan taşkın debileri kullanılmaktadır. (Genellikle maliyet çok yüksek olduğundan bu tip koruma önlemleri çok nadir durumlarda uygulanabilir.)

Çalışmanın bu bölümünde dere havzalarının ıslah yöntemleri anlatılıp, bu yöntemler arasında yeralan yapılı taşkın önleme yöntemlerinin yapı tipleri tanıtılmış ve bu yapıların tasarım kriterleri ve faydaları hakkında genel bilgiler verilmiştir. Taşkın zararlarını azaltmak veya tamamen önlemek için alınacak 2 tedbir vardır:

a. Yapısız Taşkın Kontrol Önlemleri

1. Taşkın bölgelerinde yapılaşmayı önlemek, sadece belirli faaliyetlere izin vermek.
2. Kurtarma çalışmalarını planlamak.
3. Taşkın bölgelerini geçici olarak boşaltmak veya tecrit etmek.
4. Taşkın bölgelerindeki faaliyetlere öncelik vererek bunları taşkın mevsiminden önce tamamlamak.
5. Taşkın sigortası yaptırmak.

b. Yapılı Taşkın Kontrol Önlemleri

1. Toprak koruma ve havza amenajman (ormanların nasıl, ne zaman ve ne ölçüde kullanılacağıının belirlenmesi ve sürekliliğinin sağlanması için ormancılık faaliyetlerinin tümüne cevap arayan bilim dalı) çalışmaları ile taşkın akımlarını azaltmak.
2. Akarsu düzenlemesi ile yatak tabanını alçaltmak veya kesitteki akım hızını artırmak suretiyle taşkın su seviyelerini düşürmek.
3. Taşkın sularını taşkın kanalları veya yargınlar ile bölmek.
4. Taşkın geciktirme havuzları, sel kapanları ve barajlar gibi biriktirme tesisleri ile taşkın sularının bir kısmını geri tutarak taşkın tepe (pik) akımlarını azaltmak.
5. Sedde, taşkın duvarı veya kapalı yatak yardımıyla taşkın knallarını belirli bir taşkın yatağında tutmak.

3.2.2.1. Havza Amenajmanı ve Akarsu Yatağı Düzenlemesi

Akarsu havzasına düşen yağışların yüzey akışa geçen kısmını azaltan veya geciktiren önlemler havza amenajmanı ile yerine getirilebilir. Bu önlemler arasında; akarsu havzasında teraslama yaparak havza eğilimini azaltmak, havzadaki bitki örtüsünü korumak ve ağaçlandırmayı artırmak sayılabilir. Bu önlemler sonucu, taşkın pik debisinin küçülmesi yanında suyun sürüklenme gücü de azalır ve havzadaki erozyon da kontrol altına alınır.

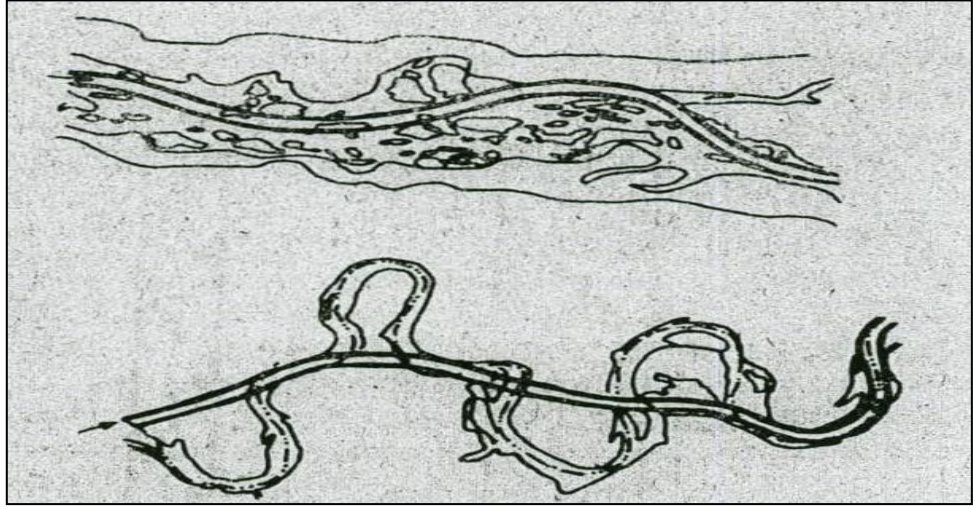
Akarsu yatağının belli bir su seviyesinde geçirdiği debiyi artırmak suretiyle taşkın zararlı etkilerini azaltmak, taşkından korunma önlemlerinin en yaygın uygulananlarından biridir. Kesitten geçen debi, değişik önlemler alınarak artırılabilir.

1. Akarsu yatağını genişleterek veya derinleştirmek suretiyle akım kesitini büyütmek. Bu önlem genişliği 30-40 metreye kadar olan küçük akarsular için uygun olur. Daha büyük akarsular için genellikle uygun olmaz.
2. Akarsu düzenlemesi ile güzergah boyunu kısaltarak (eğriliklerin eliminasyonu, mendereslerin yargınlarla kısaltılması vb. gibi) talveg hattını değiştirmek.
3. Akarsuyun ana ve taşkın yatağındaki akımı geciktiren tüm engelleri yok etmek ve yatak cidarlarındaki bitki örtüsünü ve birikmiş sedimenti temizlemek.

4. Yatak tabanını ve şevlerini kaplamak

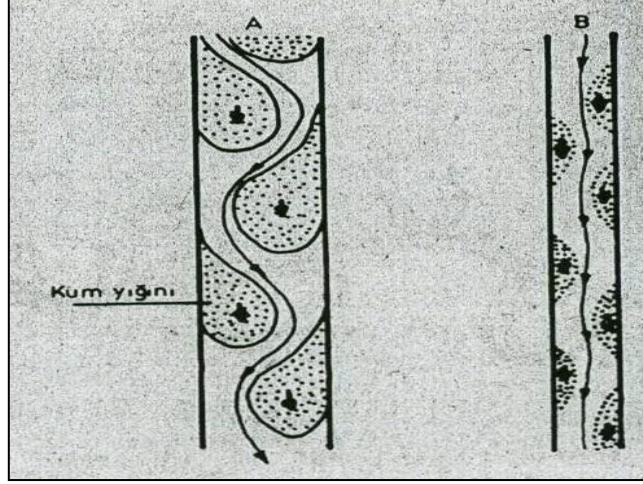
a. Düzenleme Güzergahının ve Eğiminin Seçimi

Bir akarsuyun düzenlemeden sonraki güzergahı, eğime, akarsu yatağının alçaltılmasının istenip istenmediğine ve akarsudaki sediment hareketinin az veya çok olmasına bağlı olarak seçilir. Bir akarsuyun yeni güzergahı geçişin zorunlu olduğu yerleşim yerleri, köprüler, limanlar, akarsu kavşakları, ulaşım tesisleri gibi noktalara bağlı olarak tespit edilir. Bir akarsu doğal olarak vadinin en çukur noktalarını izler. Bu özelliğe düzenleme noktalarında da özellikle dikkat edilmelidir. Yeni güzergah mevcut akarsu yatağına uymalı, sediment dengesi küçük ve büyük akımlarla sağlanmalıdır. Şekil 3.15.de güzergah seçimi gösterilmektedir(Erkek ve Ağırlioğlu1986).



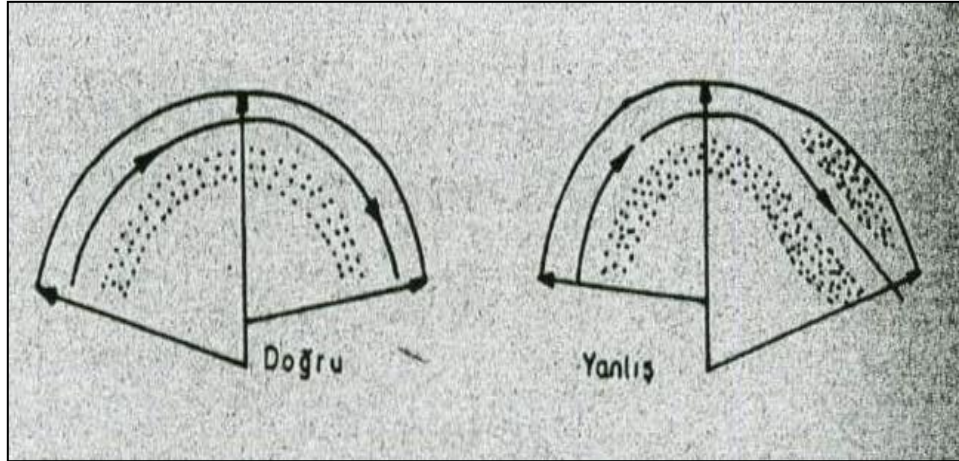
Şekil 3.15. Akarsu düzenlenmesinde güzergah seçimi

Akarsu dinamiğine uymadıkları için, uzun ve düz yatak kesimlerinden, büyük yarıçapa ve kavis uzunluğuna sahip kıvrımlardan kaçınılmalıdır. Aksi halde su kütleleri yatakta helezonik hareketler oluşturur ve hareketli kum yığınları gibi istenmeyen durumlar meydana gelir. Düz yataktaki helezonik akımlar memba kısmının sonunda kum yığınlarının aşılmasına, mansap kısmının sonunda ise bunların yığılmasına neden olur.Şekil 3.16.da kum yığılmaları gösterilmiştir (Erkek ve Ağırlioğlu 1986).



Şekil 3.16. Düz akarsularda kum yığınlarının oluşumu

Akarsu düzenlemesinde çok uzun bir kıvrım tasarlandığından memba tarafındaki kıvrım yarıçapı, mansap tarafındaki kıvrım yarıçapından büyük olmalıdır. Şekil 3.17.de akarsu kıvrımlarının planlama seçimleri gösterilmektedir (Erkek ve Ağırlioğlu 1986).



Şekil 3.17. Uzun kıvrımların planlanması

Bir akarsu düzenlemesinde esas alınacak eğim birçok etkene bağlıdır. Bu nedenle düzenlemeden sonra öngörülen eğimin tam olarak gerçekleşmesini sağlamak oldukça güçtür. Ekonomik sebeplerden dolayı, akarsuyun plandaki açınım oranı düzenlemeden sonra da korunmaya çalışılır.

Vadi boykesit eğimi de akarsu düzenlemesi ile mümkün olduğu kadar değiştirilmemeye çalışılır.Yeni düzenleme enkesiti ve eğimi akarsudan en düşük, ortalama ve en yüksek su seviyelerinde en iyi yararlanma imkanları sağlayacak şekilde seçilmelidir. Bu arada yan akarsu kollarının eğimi etkilediği de göz önünde bulundurulmalıdır. Yani eğim seçimlerinde bir ön fikir edinmek bakımından Leopold ve Wolman tarafından gerçekleştirilen akarsu taban eğimi “J” ile yatak kesitindeki debi “Q” arasında ilişki ile ilgili Formül 3.44.den yararlanılabilir (Erkek ve Ağralıoğlu 1986).

$$J = 1,16 \times 10^{-2} \times Q^{-44} \quad 3.44$$

Q: Akarsu debisi (m³/sn)

J: Akarsu yatak eğimi

b.Düzenleme Enkesitleri

Bir akarsu kesiminin düzenlenmesinde kullanılan enine kesitlere düzenleme enkesiti veya normal enkesit adı verilir. Bir düzenleme enkesitinde aşağıdaki şartlar yerine getirilmelidir.

1. Gelen su, sediment ve buzlar üniform bir kesit içinde çevreye zarar vermeden iletilmelidir.
2. Küçük akımlarda mümkün olduğunca büyük, büyük akımlarda ise mümkün olduğunca küçük su derinlikleri oluşturulmalıdır.
3. Boyutları ve şekli izin verilen sürüklenme gerilmeleri aşılmayacak şekilde belirlenmelidir.
4. Tarım ve diğer kesitlerin faydalanma amaçlarına uygun bir yeraltı suyu seviyesi sağlanmalıdır.
5. Kıvrımlarda dış kıyıda aşınma, iç kıyıda birikmeler meydana gelmeyecek şekilde planlanmalıdır.
6. Kademeli enkesit seçilmesi durumunda taşkın yatağından faydalanma imkanları düşünülmelidir.
7. Topoğrafik duruma, inşaat yöntemlerine uyum sağlanmalıdır.
8. Estetik açıdan bulunduğu yere uyum sağlamalıdır.

9. Ekonomik olmalıdır.

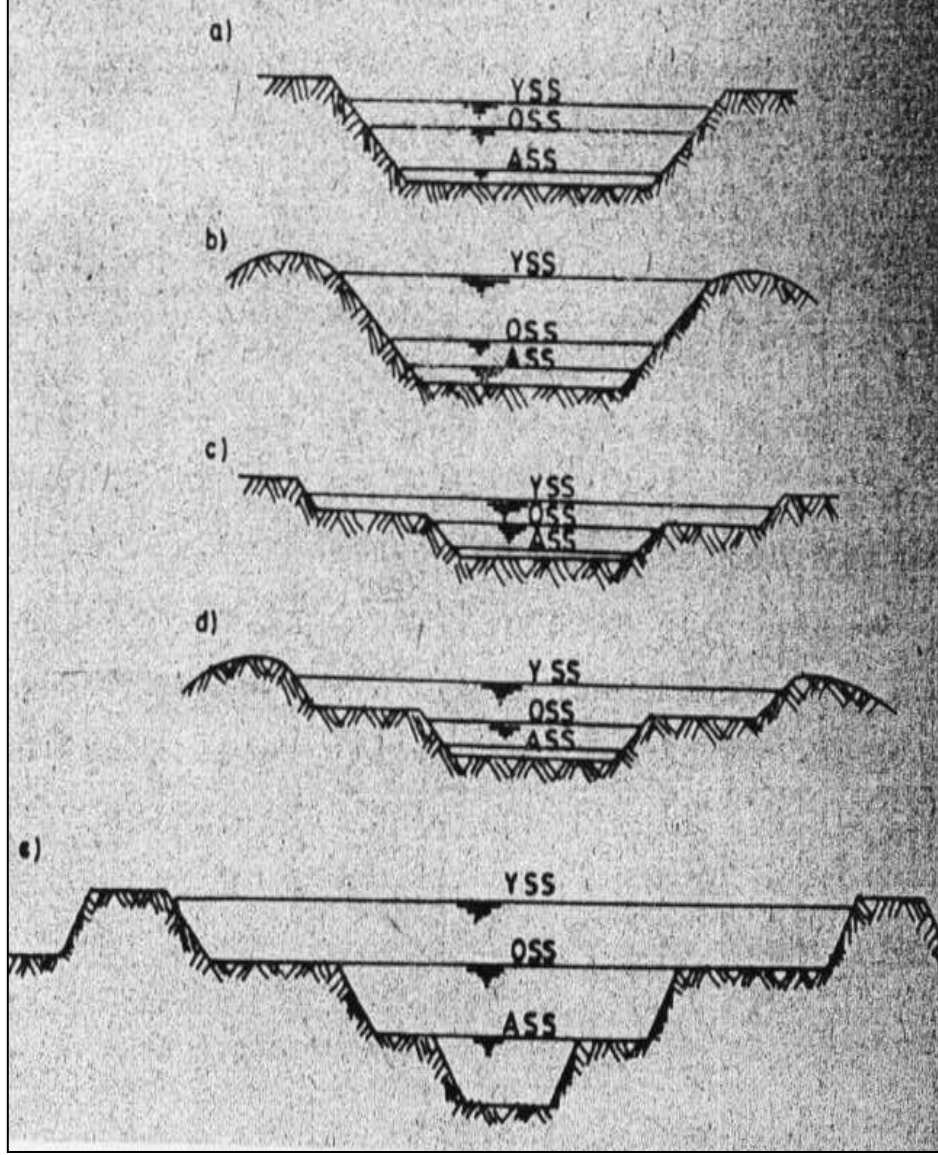
Akarsu düzenlemesinde alçak, ortalama ve yüksek su seviyelerine göre farklı düzenleme enkesitleri Şekil 3.18.de gösterilmektedir.Şekil 3.18.a.da gösterilen kesit, basit enkesit olarak adlandırılmaktadır. Özellikle minimum, ortalama ve taşkın debileri arasındaki farkın büyük olmadığı taşkın debisinin kısa süre etkili olduğu veya en büyük taşkın debisinin yalnız bir bölümünün kesitte götürülmesi gerektiği durumlarda seçilir. Aksi durumda minimum su seviyeleri istenmeyen ölçüde düşer.

Minimum, ortalama ve taşkın debileri arasındaki farkın büyük olduğu ve en büyük taşkın debilerinin kesit içinde kalması istenen durumlarda Şekil 3.18.b.deki yarma ve dolgu enkesit seçilir. Alçak sularda kesitte birikinti ve otlama olmaması için, yeterli bir su derinliği ve hız elde etmek genellikle mümkün değildir.

Yüksek ve dik kıyı yüzeyleri iyi bir şekilde tahkim edilmediği takdirde kayma eğilimi gösterirler. Herhangi bir nedenle seddeleme yapılmasının mümkün olmadığı yerlerde, taşkın debilerinin fazla büyük olması durumunda yarmada Şekil 3.18.c.deki gibi kademeli enkesit kullanılabilir. Büyük miktarda toprak hafriyatı nedeniyle pahalı bir seçimdir.

Şekil 3.18.d.deki kesit seddeli ve kademeli enkesit şekli yukarıda sayılanlara oranla daha yaygın uygulanır.

Minimum, ortalama ve maksimum debiler arasındaki fark çok büyük olduğunda Şekil 3.18.e.deki üç kademeli enkesit seçilir. Burada her bir debi için bir enkesit bölümü ayrılmıştır (Erkek ve Ağralıoğlu 1986).



Şekil 3.18. Akarsu düzenlemesinde enkesit tipleri

c. Düzenlemede Kullanılan Yapı Elemanları

Akarsu taban ve şevleri elastiki olup, bu yüzeylere etki eden sürükleme kuvveti sürekli olarak değişmektedir. Bu nedenle akarsu düzenlemesinde seçilecek yapı elemanları taban ve şevlerdeki değişimlere, deformasyonlara ve hareketlere ayak uydurabilecek özellikte olmalıdır. Yapı elemanında kullanılacak malzeme seçiminde malzemenin yakın bir yerden temin edilmesi, kolay taşınması, ucuz olması, deformasyonlara karşı hassas olmasına dikkat edilir. Ayrıca düzenleme

yapılacak akarsuyun özellikleri ve iklim şartları da malzeme seçiminde göz önünde bulundurulur. Akarsu düzenlemesinde kullanılan başlıca malzemeler: taş, beton, asfalt, ahşap, köklü ve köksüz bitkiler, çim, naylon ve metallerdir. Düzenleme yapılarında; sağlamlık ve ekonomi birlikte düşünölmek sureti ile aşağıdaki yapı elemanlarından biri veya birkaçı bir arada kullanılır.

1. Anroşman

Anroşman taş yığıını veya taş dolgu demektir. Akarsu yatağını suyun etkilerinden korumak için taşların veya beton küplerin gerekli yerlere doğrudan doğruya iyi dağıtılarak rastgele su içine atılması ile oluşturulan koruyucu örtüdür. Taşların büyüklüğü akarsu yatağıındaki sürüklenme kuvvetine bağılı olarak seçilir.

2. Kaplama

Kaplama, akarsuyun tabanını ve kıyı yüzeylerini suyun etkilerinden korumak için, uygun malzeme ile düzenli olarak örtölmesidir. Akarsularda ve kanallarda kaplamanın en önemli amacı, yatak cidarını erozyona karşı korumaktır. Bazı durumlarda akım şartlarını düzeltmek, basınca karşı koymak veya sızma kayıplarını azaltmak gibi çok farklı amaçlara yönelik olarak da kaplama yapılır. Kullanılan malzemeye göre başlıca kaplama tipleri kargir, beton, asfalt, çim kaplamadır. Kargir kaplama genellikle 30-60 cm yapılır. Altındaki ince malzemeyi yıkanmaya karşı korur. Bir blokaj veya çakıl tabakası üzerine yapılması uygundur. Kaplama düşük su seviyesinin 30-50 cm altına kadar uzatılmalı ve alttan oyulma tehlikesine karşı tedbir alınmalıdır. Beton kaplama ya yerinde yekpare olarak dökölür ya da dörtgen veya altıgen şeklinde plaklar hazırlanıp yerleştirilerek yapılır. Gerek yerinde dökölerek gerekse prefabrike elemanlarla teşkil edilen kaplamaların yer yer betonarme kazıklarla şev zeminine bağlanması yararlı olur (Erkek ve Ağırlioğılu 1986).

3. Çalı Demetleri

Ağaç ve çalıların bol olduğı yörelerde ince ağaç dalları genellikle çapı 0.10-0.20 m arasında değışen dairesel kesitli demetler şeklinde bir araya getirilmesi ve her 0.5 m de bir çelik tel ile

bağlanması ile oluşturulur. Demet boyları 2-4 m arasında değişir. İnce yatak malzemesinin taşınmasına engel olduklarından ve yatak şeklindeki değişikliklere uyabildiklerinden iyi sonuç vermektedirler (Erkek ve Ağırlioğlu1986).

4. Batırma Salları

Ağaç ve çalı demetlerinin bir sal teşkil edecek şekilde birbirine bağlanması ile oluşturulan şilte biçimindeki tablalardır. Yüksekliği 0.6-1.5 m, uzunluğu ve genişliği ise çok farklı değerlerde olabilir. Yapımı kalifiye işçi gerektirir (Erkek ve Ağırlioğlu 1986).

5. Çitler

Şev ayaklarını veya dik yüzeylerini oyulmaya karşı koruma amacıyla bir sıra kazık üzerine sepet örgüye benzer şekilde, esnek dalların veya bitki saplarının çaprazlama örülmesi ile oluşturulan bir yapı elemanıdır(Erkek ve Ağırlioğlu 1986).

6. Tel Kafesler

Tel sandıklar, şev ayaklarının korunmasında etkilidir. Taban şekline ve değişimlerine kolay uyum sağlarlar. Kafes delikleri doldurulacak malzeme büyüklüğüne bağlı olarak seçilir. Kafesler prizmatik veya silindirik olabilir. Kullanılacak tel çapı 2.5- 4 mm arasında değişir.

Tel kafesler özellikle anroşmanın dayanmadığı yerlerde ve büyük kaya parçalarının ucuz ve kolay temin edilmemesi durumunda kullanılırlar.Akarsu düzenlenmesinde uygun yapı elemanı seçimi, yataktaki sürükleme gerilmesi esas alınarak yapılır.

Erkek ve Ağırlioğlu (1986) Tablo 3.6.da akarsu düzenlenmesinde kullanılan yapı elemanlarının kritik kayma değerlerini vermiştir.

Tablo 3.6. Bazı yapı elemanları için kritik kayma gerimesi değerleri

Yapı Elemanı	Kritik Kayma Gerilmesi (kg/m ²)
Çim (akım kısa süre etkili ise)	2-3
Yapı Elemanı	Kritik Kayma Gerilmesi (kg/m ²)
Çim (akım uzun süre etkili ise)	1.5-1.8
Çalı demetleri (akım yönüne paralel)	5
Çalı demetleri arasında iri kum	1
Çalı demetleri arasında çakıl	1.5
Çalı demetleri ile kıyı koruması	7
30 cm kalınlıkta taş kaplama	16
İri taşlarla anroşman	24
Ahşap kazık üzerine taş duvar	60
Taş kaplamalı beton duvar	60

d. Düzenleme Yapılarının Sınıflandırılması

Akarsu düzenleme yapıları genellikle koruma yapıları, daraltma yapıları ve özel düzenleme yapıları olmak üzere üç ana grupta toplanabilirler.

Tablo 3.7. Akarsu düzenleme yapıları

Koruma Yapıları	Taban Koruma Yapıları	
	Kıyı Koruma Yapıları	
Daraltma Yapıları	Sabit Daraltma Yapıları	Mahmuzlar
		Paralel Yapılar
	Hareketli Daraltma Yapıları	
Özel Düzenleme Yapıları	Yargınlar	
	Taban Eşikleri	
	Akarsu Kavşakları	
	Akarsuların Kollara Ayrılması	
	Yataktaki Kayaların Temizlenmesi ve Benzeri Yapılar	

1. Koruma Yapıları

Koruma yapılarının en önemli amacı, yatak yüzeylerini erozyona karşı korumaktır. Böylece bu tabakaların stabilitesi de sağlanır. Uygulanacak koruma yapısının seçiminde gözönüne alınması gereken faktörler aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Düzenlemeyapılacak akarsuyun özellikleri
- Korumanın amacı,
- Kullanılacak malzemenin yüzey özellikleri,
- Yapım ve bakım çalışmalarının kara ve su tarafından yapıp yapılamayacağı vb. gibi.

Taban Koruma Yapıları:

Doğal olarak her akarsu zaman içinde yatağını aşındır ve yatak tabanı açılır. Bu durumun yapay sebeplerden dolayı hızlandırılması artırılması sonucu birtakım zararlar meydana gelebileceğinden, tabandaki değişimlerin belirlenmesi gerekmektedir.

Bir akarsuda su seviyesi ve taban alçalmalarının başlıca sebepleri arasında; jeolojik durum, tektonik hareketler, yataktan ve vadiden malzeme alınması, yapıların yüksek yapılması, taşkın yatağında su seviyesinin yükselmesi sonucu ana yatakta sürüklenme kuvvetinin artması, katı materyal geçişinin azaltılması veya engellenmesi, akarsu yatağının daraltılması ve akarsu boyunun kısaltılması sayılabilir.

Akarsu yatağındaki erozyonu durdurmak veya azaltmak için yukarıda sayılan sebepleri ortadan kaldırmak veya etkisini azaltmak gerekmektedir. Taban korumanın amacı, mevcut yapıyı akıntıya, dalgalara ve suyun diğer etkilerine karşı korumak ve stabilite için gerekli yüklemeyi sağlamaktır.

Bir akarsuda dik eğim, büyük hızlara, taban oyulmalarına ve şev kaymalarına sebep olur. Taban düşüşü ile yataktaki su yüzeyi kısa bir mesafede alçaltılarak, akarsudaki enerji fazlalığı yok edilir ve yukarıda belirtilen zararlar önlenir. Taban düşüşünün yeri, büyük toprak hareketlerini önlemek ve yeraltı su yüzeyini arzu edilen seviyede tutmak için, arazi şartlarına göre belirlenir. Bir taban

düşüşü temel, savak duvarı, düşüm yatağı ve kanat duvarlarından oluşur. Taban düşüşü kesitleri genellikle akarsu kesitinden daha dar olup, dikdörtgen, trapez, üçgen ve parabol şeklinde planlanabilir. Planlamada mansap su seviyesinin menba su seviyesine oranının 0.8'den küçük olması gerektiğine de dikkat edilmelidir. Taban düşüşünün taşkın sırasında da etkili olabilmesi için Bleines tarafından Formül 3.45 geliştirilmiştir (Erkek ve Ağırlioğlu 1986).

$$h_d = h_{cr} \times \left[-0.397 + \sqrt{(n + 5.47)^2 - 14.15} \right] \quad 3.45$$

$$n = -1 + \sqrt{n_u^e + \frac{2}{n_u} - 2} \quad 3.46$$

$$n_u = \frac{h_3}{h_{cr}} \quad 3.47$$

h_d : Taban düşü yüksekliği (m),

h_3 : Mansap su yüksekliği (m),

h_{cr} : Kritik su yüksekliği (m),

h_o : Memba su yüksekliği (m)

Kıyı Koruma Yapıları

Bir şev yüzeyine etki eden kayma gerilmesi veya akım hızı izin verilen sınırdan daha büyükse kıyı yüzeylerinin aşınmasını önlemek için alınacak tedbirler; kıyı şev yüzeyini daha yatık yapmak, su yüzeyi eğimini azaltmak, akım kesitini büyütürak akım hızını düşürmek, kıyı yüzeylerini korumaktır.

Düşük Eğimli Kıyı Yüzeylerinin Korunması

Eğik kıyı yüzeylerini kayma ve aşınmaya karşı etkili bir şekilde koruyabilmek için etki eden kuvvetleri göz önüne alarak kıyı koruma yapısının tipini belirlemek gerekmektedir. Tiplerine göre kıyı yüzeylerinde yapılacak uygulamalar aşağıda anlatılmıştır:

Sürekli su altında kalan kıyı yüzeyleri (Alt kıyı):Sürekli düşük su seviyesinin altında kalan yüzeyler anroşman, batırma sallarıçalı demtleri, çitler ve tel kafesler gibi yapı elemanları yardımıyla korunabilir. Kıyı topuk noktaları en iyi şekilde ağır ve köşeli taş anroşman ile emniyete alınır.

Su seviyesi değişim bölgelerindeki kıyı yüzeyleri (Üst Kıyı):Düşük su seviyesi üstünde kalan ve akan su, dalga ve buz tarafından etkilenen bu bölgede 1/2 ile 1/3 eğimde anroşman (boşlukları asfalt ile doldurulabilir), taş kaplama, beton kaplama ve asfalt kaplama kullanılabilir. Ortalama su seviyesinin üzerindeki kıyı yüzeyleri çim kaplama ile en iyi şekilde korunabilir.

Su seviyesi üzerindeki kıyı yüzeyleri (Yüksek Kıyı):Sadece çok büyük taşkınlar sırasında su altında kalan bu yüzeyleri çim kaplama ile korumak yeterlidir (Erkek ve Ağırlioğlu 1986).

Dik Eğimli Kıyıların Korunması

Akarsu yatağının yerleşim yeri içinde kalan veya ulaşım yollarının yanındaki kesimlerde, yükleme, boşaltma yapılan kıyılarda ve genellikle düşük eğimli şevler için yeterli yer temin edilemeyen yerlerde uygulanır. Kıyı duvarları taş veya beton ağırlık duvarı, ahşap, çelik ve palplanş kıyı koruma yapıları şeklinde planlanabilir. Kıyı koruma duvarlarının kesitleri istinat duvarlarında olduğu gibi statik esaslara göre belirlenir.

Kıyı yüzeylerinin stabilitesi önemli ölçüde zemin katmanlarının su kapsamına ve geçirgenliğine bağlı olduğundan zemindeki yer altı su katmanları ve akımları göz önüne alınmalıdır. Özellikle yeraltı su seviyesinin akarsudaki su seviyesi düşüşlerini nasıl izlediğini bilmek çok önemlidir.

Kıyı koruma yapıları için önemli özelliklerinden birisi esnekliktir. Eğer bir koruma yapısı alt katmanların oturmalarına, topuk erozyonuna, yeraltı su eğimindeki düzensizliklere ayak uydurmazsa ya kırılır ya da alt katmanların kayma gerilmeleri ile uyum sağlamadığı için kayar. Bu kayma gerilmesi kritik kayma gerilmesinden az olmalıdır. Koruma yapısı ile alt toprak katmanı arasındaki pürüzlü geçişle bu sağlanır. Kıyı koruma yapılarının neden olduğu kayma gerilmesi kaplama üzerindeki su akımına ve eğimin söz konusu olduğu durumlarda kaplama

ağırlığının eğim yönündeki bileşkesi yerçekimi kuvvetinin bileşkesine göre küçük olduğundan ihmal edilebilir. Bir fikir vermek açısından birkaç şevdeki eğim değerleri aşağıda verilmiştir (Erkek ve Ağırlioğlu1986).

Su seviyesinin üstündeki kaplamalarda eğim: $\frac{1}{1.5} - \frac{1}{2.5}$

Su altındaki kaplamalarda eğim: $\frac{1}{3} - \frac{1}{4}$

Çim kaplı şevlerde eğim: $\frac{1}{6} - \frac{1}{10}$

Su altındaki şev yüzeylerindeki koruyucu tabakaların taş boyutlarını belirlemek için tabandaki kayma gerilmelerini Formül 3.48. ve Formül 3.49.da verilen bir küçültme faktörü ile çarpmak yeterlidir (Erkek ve Ağırlioğlu 1986).

$$T_{ki} = n \times T_{kt} \quad (t/m^2) \quad 3.48$$

$$n = \cos \alpha \times \sqrt{1 - \frac{\tan^2 \alpha}{\tan^2 \emptyset}} \quad 3.49$$

$T_{kş}$: Şev yüzeyindeki kayma gerilmesi (t/m^2)

T_{kt} : Tabandaki kayma gerilemesi (t/m^2)

α : Şevin yatayla yaptığı açı

\emptyset : İçsel sürtünme açısı

2. Daraltma Yapıları:

Akarsu yatağına yeni verilecek biçim belirlendikten sonra istenmeyen kısımların doldurulması gerekebilir. Bu doldurma işlemi yapay olarak gerçekleştirildiği takdirde çok pahalıya mal olur. Bu sebeple istenmeyen kısımların katı materyal ile doğal şekilde dolmasını sağlayan yapılar inşaa edilir. Bu yapılara daraltma yapıları denir. Düzenlemeden önceki ve sonraki kesitler ve ıslak çevreler arasında Formül 3.50 yazılabilir (Erkek ve Ağırlioğlu 1986).

$$\frac{A_0^5}{U_0^2} = \frac{A_S^5}{U_S^2}$$

3.50

A_0 : Düzenlemeden önceki kesit alanları (m^2)

A_S : Düzenlemeden sonraki kesit alanları (m^2)

U_0 : Düzenlemeden önceki ıslak çevre (m)

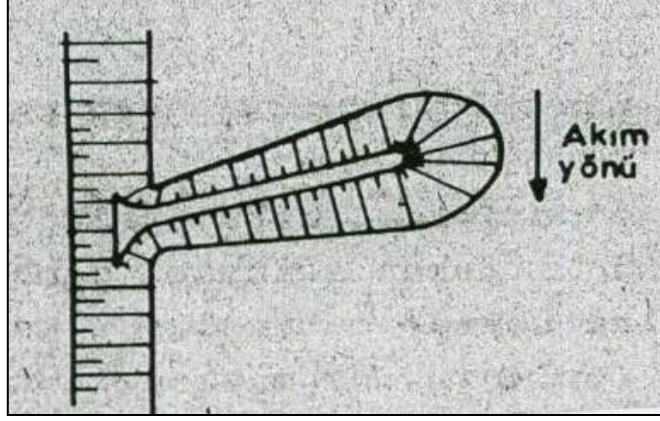
U_S : Düzenlemeden sonraki ıslak çevre (m)

Yatağa verilecek yeni şekil planda düzenleme çizgisi ile belirlenir. Daraltma yapıları; enine yapılar (mahmuzlar), boyuna (paralel) yapılar ve hareketli yapılar olarak 3 grupta incelenebilir.

a. Enine Yapılar (Mahmuzlar)

Mahmuzlar, akarsu yatağını daraltmak için kıyıdan yeni düzenleme çizgisine kadar akım yönüne göre enine doğrultuda inşa edilen düzenleme yapılarıdır. Mahmuzlar, eğimi az olan geniş yataklı sularda özellikle akarsuların mansap bölgesinde etkili olmakta ve çok iyi sonuçlar vermektedir. Dağlık bölge akarsuları için uygun bir düzenleme yapısı değildirler.

Mahmuzun kıyıya bağlandığı kısma mahmuz kökü, suyun içindeki uç kısmına mahmuz başı, memba tarafına mahmuz önü, mansap tarafına arka yüz ve iki mahmuz arasında kalan yüzeyine mahmuz alanı denir. Bir mahmuzun şematik planı Şekil 3.19.'da verilmiştir (Erkek ve Ağırlioğlu 1986).



Şekil 3.19. Mahmuz planı

Mahmuz tepe yüksekliği genellikle ortalama su seviyesinde, bazı durumlarda ise minimum su seviyesinde seçilir. Yüksek su seviyelerinde mahmuz üzerinden su aşacağından şevlerin, mahmuz tepesinin ve başının anroşman, taş kafesler vb. gibi ile iyi bir şekilde korunması gerekir.

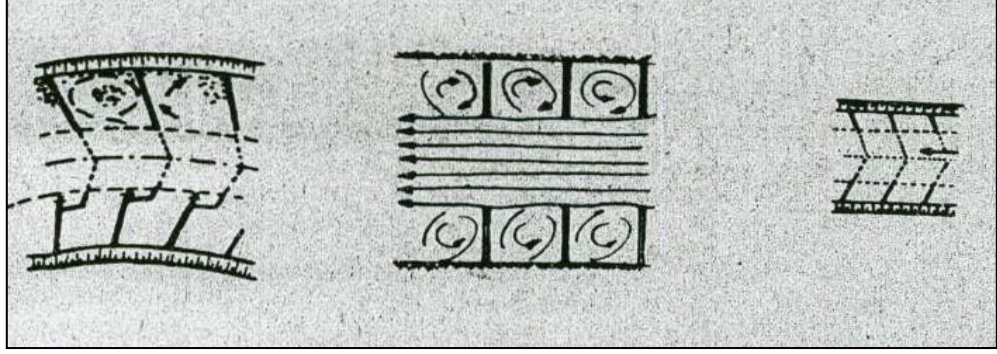
Mahmuzlar, eksenlerin akım yönü ile yaptığı açığa göre,

1. Mansaba yönelik (çevirici) mahmuzlar,
2. Normal (koruyucu) mahmuzlar,
3. Membaya yönelik (doldurucu) mahmuzlar olarak adlandırılırlar.

Mansaba yönelik mahmuzlarda, mahmuz alanında birikmeler daha az ve mahmuz köklerindeki taban aşınması daha fazladır. Akım yönüne dik eksene sahip olan normal mahmuzlarda katı maddeler, mahmuz alanının ortasında toplanır. Mahmuz başlarında az miktarda oyulma görülür. Membaya yönelik mahmuzlarda, mahmuz alanlarında katı materyal birikimi fazladır. Mahmuz başlarında büyük oyulmalar olur. Gel-git hareketi olmayan akarsularda öngörülen mahmuzlarda genellikle bu tip tercih edilir. Ayrıca birbirinden çok uzakta bulunan mevcut mahmuzların arasına çengel mahmuzlar inşa edilebilir.

Düz akarsu kesimlerinde mahmuz eksenleri yatak orta çizgisinde kesişecek şekilde karşılıklı olarak düzenlenir. Mahmuzların etkili olabilmeleri için mesafelerin belirlenmesine özel bir önem verilmesi gerekir. Bir mahmuz alanında suyun çevrinti hareketi ile mahmuz alanı içinde

akabilmesi için mansap tarafındaki mahmuzun B noktasındaki su yüzeyi kotunun memba tarafındaki mahmuzun A noktasındaki su seviyesi kotundan büyük olması gerekir. Bu ise mahmuzlar arasındaki hidrolik yük kayıplarının hız yüksekliğinden küçük olması ile mümkündür. Mahmuz tiplerine ilişkin örnekler Şekil 3.20.de verilmiştir (Erkek ve Ağralıoğlu 1986).



Şekil 3.20. Mahmuzların karşılıklı olarak tesisine ilişkin örnekler

Mahmuz yapımında etkili olan sürüklenme gerilmesinin büyüklüğüne bağlı olarak seçilebilecek başlıca yapı elemanları; anroşman batırma demetleri ve dalları, batırma çitleri ve taş sandıklardır. Mahmuz başları kaymalara karşı korumalı, mahmuz kökleri ise mevcut kıyıya iyice bağlanmalıdır.

Mahmuzun Avantajları:

1. Mahmuzlar yeni şartlara daha kolay ve ucuz adapte olurlar. Düzenleme genişliğinin çok büyük veya çok küçük seçilmesi durumunda çok fazla masraf yapılmadan mahmuzların kısaltılması veya uzatılması mümkün olur.
2. Mahmuzlar ekonomiktir. Düzenlenmemiş akarsuyun en derin yerinde sadece mahmuz başı bulunur. Kıyıya yaklaştıkça mahmuz yüksekliği, dolayısıyla hacmi azalır. Ayrıca mahmuz boyu iki mahmuz arasındaki mesafeden daha küçüktür.
3. Mahmuz alanlarının dolması boyuna yapılara göre daha çabuk olur.
4. Açık mahmuz alanları ideal balık yetiştirme yeridir.
5. Mahmuz alanlarından yapı malzemesi sağlanabilir.

6. Bakım masrafları daha azdır.

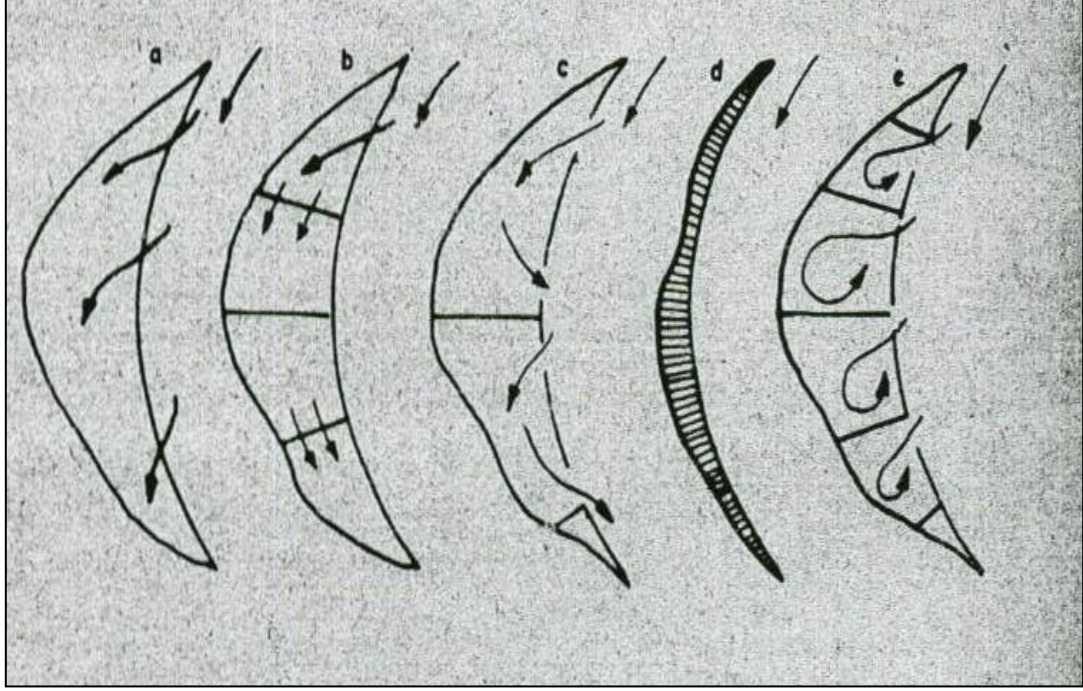
Mahmuzların Sakıncaları:

1. Mahmuz alanlarında çevrintiler ve ters akımlar oluşur. Özellikle yüksek su seviyelerinde su yüzeyi çalkantılıdır.
2. Ulaşım yapılan akarsularda üzerinden su aşan mahmuzlar özel olarak işaretlenmemişse gemiler için tehlikeli olurlar.
3. Mahmuzlar akarsulara boyuna yapılarda olduğu gibi düzgün bir güzergah vermezler. Mahmuz başlarındaki oyulmalar düzenleme profilinde düzensizliklere sebep olur. Mahmuzlar, özellikle yatağı fazla daraltması durumunda taban oyulmalarına neden olduğundan bu durumda taban kaplaması veya taban eşiklerine ihtiyaç vardır.

b. Paralel Yapılar

Paralel yapılar, akarsuyun eksenine paralel olarak kıyı çizgisinden başlayarak yeni düzenleme çizgisini belirleyen sedde tarzında yapılardır. Paralel yapılar ile normal düzenleme kesitinin kıyı çizgisi tespit edilir ve emniyete alınır. Akarsu güzergahı süreklilik kazanarak akımlar istenilen yöne sevk edilir. Paralel yapılar genellikle tek taraflı olarak kıvrımlarda dış kıyıda veya oyulmalar görülen kıyılarda öngörülür. Karşı kıyıda mahmuzların planlanması durumunda birleşik sistemden söz edilir.

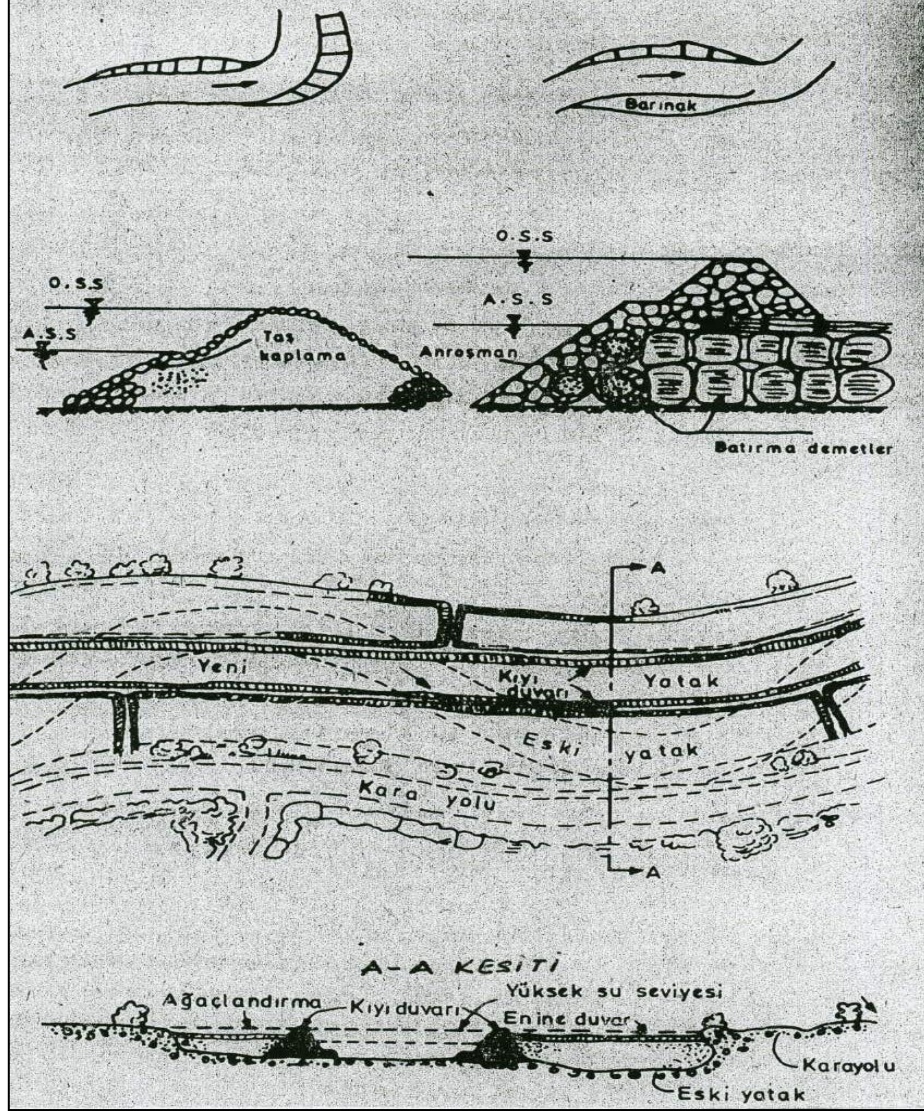
Paralel yapılarda başlangıçta her iki tarafta su bulunur. Zamanla arka tarafı katı materyal ile dolar. Arka kısmın dolmasını hızlandırmak ve boyuna akımları engellemek için paralel yapılar ile eski kıyı çizgisi arasına Şekil 3.21.b.deki gibi üzerinden su aşacak veya aşmayacak yükseklikte enine bağlantılar öngörülür. Traversleri ara mesafeleri yatak genişliğinin 2-5 katı arasında seçilir. Kazılardan çıkan dolgu malzemelerinin mevcut olması durumunda yeni düzenleme çizgisinin arkasındaki kısım tamamen doldurularak düzenleme yapılır. Paralel yapılar Şekil 3.21.c. ve Şekil 3.21.e.deki gibi akarsu genişliğinin 1/4-1/6 arasında açıklıklar bırakılması durumunda, başlangıçta sedimentlerin buradan girmesi mümkün olabilir (Erkek ve Ağırlioğlu 1986).



Şekil 3.21. Boyuna Yapılar

Boyuna yapıların yüksekliği, tepe kotu ortalama su seviyesinde veya onun biraz üzerinde olacak şekilde inşa edilir.

Şekil 3.22.'de paralel yapı örnekleri görülmektedir (Erkek ve Ağralıoğlu 1986).



Şekil 3.22. Boyuna yapı örnekleri

Paralel Yapıların Avantajları:

1. Su akımına kılavuzluk ettikleri için üniform bir akım elde edilir, çevrıntiler ve enine akımlar önlenir.
2. Kıyı çizgilerinin özellikle kıvrım dış yüzeyleri düzgün bir şekil alır.
3. Çabuk bir düzenleme sağlanır.
4. Mahmuzlarda görülen yerel oyulmalar görülmediğinden düzenleme kesiti korunur.
5. Sediment dengesi için uygun şartlar sağlanır.

6. Ulaşım yapılan akarsularda gemi işletmeciliği için emniyet sağlanır.

Boyuna Yapıların Sakıncaları:

1. Düzenleme çizgisi başlangıçta doğru tespit edilmemiş ise düzeltilmeleri pahalı olur.
2. Düzenlemeden sonra yatak genişliğini değiştirmek, boyuna yapıların yerini değiştirmek gerektiğinden ekonomik olarak mümkün değildir.
3. Fazla miktarda malzeme ve işçilik gerektirir.
4. İnşaat ve bakım masrafları fazladır.

c. Hareketli Daraltma Yapıları

Geniş akarsu yapılarını daraltmak ve düzenleme çizgisinin gerisindeki arazinin çabuk dolmasını temin etmek amacıyla bu tip yapılar kullanılır. Geçirimli yapı elemanlarıyla teşkil edilen bu sistemin arkasındaki bölge ile akarsu yatağı arasında oluşan enerji seviyesi farkı nedeniyle suyun dolayısıyla katkı maddelerinin bir bölümü arkadaki bölgeye yönelir. Sistem iki farklı şekilde oluşturulabilir. Birinci sistemde, kazık serisine alçak su seviyesi yüksekliğinde asılan dal demetleri akım yönüne eğik olarak yerleştirilir. İkinci sistemde, kazıklara yatay olarak bağlanan yuvarlak ağaçlardan geçirimli bir duvar oluşturulur. Geçirimli hareketli yapılar fazla miktarda katı madde taşıyan akarsular için ucuz ve uygun bir çözümdür. Sistem daha sonra paralel yapılara dönüştürülür.

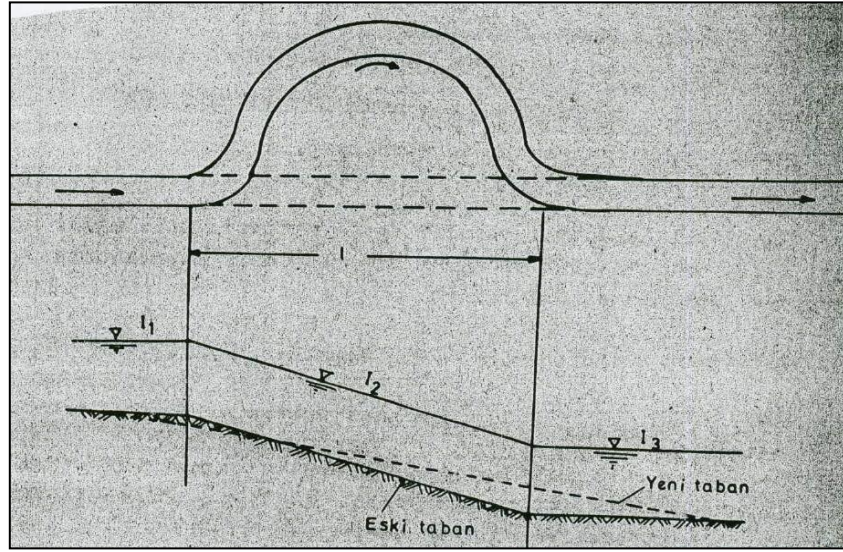
3. Akarsu Düzenlemesinde Özel Yapılar

Yargınlar, taban eşikleri, akarsu kavşakları, akarsuların kollara ayrılması ve yataktaki kayaların temizlenmesi özel yapılar olarak ele alınacaktır.

a. Yargınlar

Yargınlar, akarsu yatağının eğimini arttırmak buz yığılmalarını önlemek, yataktaki su seviyesini düşürmek, bölgedeki akım şartlarını iyileştirmek, yer altı su seviyesini düşürmek gibi çok değişik

amaçlar için fakat daima çok dar akarsu kıvrımlarını düzeltmek üzere yapılır. Yargınlar yapay olarak akarsu boyunu kısaltarak daima eğimin artmasına sebep olurlar. Yargınlar ortalama hızın ve sürüklenme gerilmesinin artmasına neden olur. Taşınan sediment miktarının ve akımların aynı kalması durumunda, yargının sonunda membaya doğru ilerleyen bir taban derinleşmesi görülür. Doğal ve yapay engeller olmaması durumunda derinleşme daha da yukarıya doğru ilerler. Bu durum yatak direnci ile suyun sürüklenme gücü arasında denge kuruluncaya kadar devam eder. Akarsuyun normal yatak eğimine geçtiği mansap bölgesinde, yargın bölgesinden taşınan malzemenin bir bölümü bırakılır. Yargın bölgesinde veya daha yukarısında aşırı oyulmalara veya yatak daralmasına engel olmak için taban eşikleri planlanır ya da yatak tabanı kaba malzeme ile örtülür. Eşitlikteki semboller, Şekil 3.23.de bir yargının plan ve kesitinde gösterilmiştir (Erkek ve Ağırlioğlu 1986).



Şekil 3.23. Bir yargının plan ve kesiti

b. Taban Eşikleri

Taban eşikleri, yatak tabanını aşırı su etkilerinden korumak, oyulmaları ve taban alçalmalarını önleyerek tabanı istenilen bir seviyede tutmak veya meydana gelen oyulma ve taban alçalmalarını gidererek su seviyesini eski durumuna yükseltmek, akarsuyun eğimini düşürmek amacıyla tasarlanır. Özellikle dağ akarsularının düzenlenmesinde yaygın olarak uygulanır. Taban

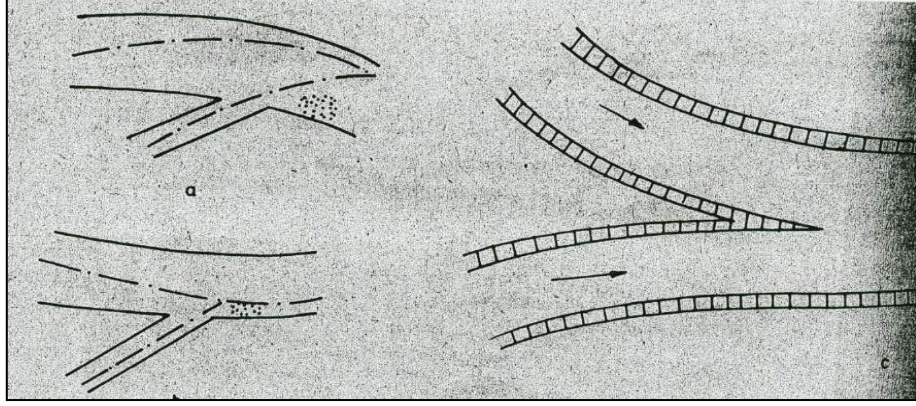
eşiklerinin tepe kotu su altında bulunur. Malzeme olarak; anroşman, batırma demetleri, çitler, beton, kargir ve ahşap malzemeler kullanılır.

Eşiklerin tepe kotu, taban düzenlemesi ile istenilen taban kotunun 0.3-0.5 m altında fakat mevcut taban kotunun üstünde planlanır. Taban eşikleri ara mesafeleri fazla büyük seçilmemeli ve tüm akarsu tabanı boyunca devam etmeli, kıyılara iyi bir şekilde bağlanmalıdır. Ayrıca enerji kırıcı düşüm yatağı da planlanmalıdır. Taban eşiklerinin kesitleri farklı seçilebilir.

c. Akarsu Kavşakları ve Akarsuların Kollara Ayrılması ile İlgili Yapılar

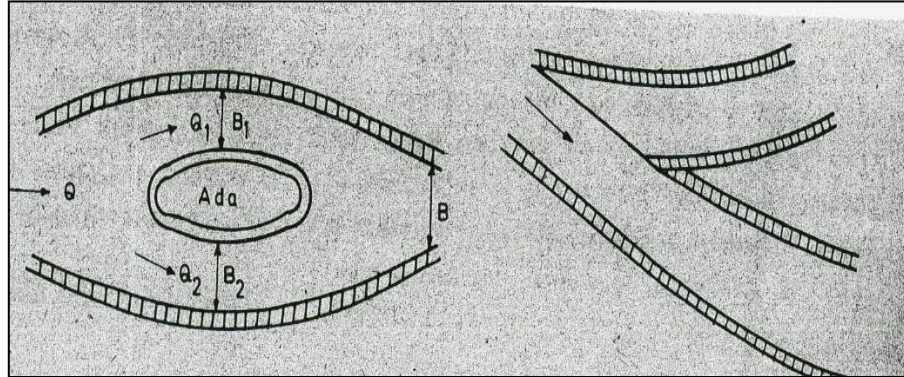
Akarsuların birleşme noktalarının düzenlenmesinde aşağıdaki hususlara dikkat edilmelidir:

1. Akarsuların taşıdığı sediment miktarı, dane dağılımı ve bileşimine.
2. Fazla miktarda sediment taşıyan yan derelerde kavşak noktasından önce sediment tutucu bentlerin planlanmasına.
3. Yan akarsuyun ana akarsuya kıyıda karışmasının sağlanmasına. (Şekil 3.24.a.da bu durum görülebilir)
4. Şekil 3.24.b.de görüldüğü gibi yan akarsuyun ana akarsuya iç kıyıda karışmasının önlenmesi, bunun mümkün olmadığı durumlarda yan kolun kavşaktaki yatağın değiştirilmesine.
5. Şekil 3.24.c.de görüldüğü gibi aynı büyüklükteki iki akarsuyun birleşmesi durumunda kavşağın her iki akarsuda da dış kıyıda olmasına.
6. Çok fazla eğimli bir derenin akarsuya karışmadan önce eğimin bir eşikle düşürülmesinin sağlanmasına.
7. Ana akarsuda taban oyulması durumunda tabanın korunmasına.
8. Eğimin yan koldan küçük olması durumunda ana akarsuda taban yükselmesinin beklenmesine.
9. Ana akarsu kolundaki kabarmalardan fazla etkilenmemesi için yan akarsu kolunun kavşakta mümkün olduğu kadar yüksekte tutulmasına.



Şekil 3.24. Akarsu kavşaklarının düzenlenmesi

Akarsu yatağındaki kolların düzenlenmesi veya küçük kolun kapatılması durumunda sediman birikimleri, düzensiz akımlar ve diğer birçok sakıncalar ortadan kalkabilir. Birçok halde her iki kolunda düzenlenmesi en uygun çözüm olur. Eğer bir yan kolun kapatılması en uygun çözüm olarak ortaya çıkarsa, Şekil 3.25.deki gibi yan kol eksenine dik veya eğik bir sedde ile kapatılır. Bir yan kolun kapatılması ile üniform bir yatakta toplanan su, daha bir derinlik kazanır ve yargınlarda olduğu gibi tabanını oyar (Erkek ve Ağırlioğlu 1986).



Şekil 3.25. Akarsuyun kollara ayrılması

Erkek ve Ağırlioğlu (1986) Şekil 4.25.i Formül 3.51 şeklinde yazmıştır.

$$Q = Q_1 + Q_2 \quad (m^3/sn)$$

3.51

Q: Ana akarsuyun debisi (m^3/sn)

Q₁: Yan kol desisi (m^3/sn)

Q₂: Yan kol desisi (m^3/sn)

d.Dağ Akarsularının Düzenlenmesi(Vahşi Dere Düzenlemesi)

Dağ akarsularında havza yüzeyi uygun bir yapıda olmadığından şiddetli sağnaklardan sonra çok miktarda malzeme dere yatağına ulaşır. Bu şekilde biriken taş ve moloz yığınları, başka bir sağnaktan sonra oluşan yüzey akış suları ile sürüklenerek vadide ilerler, yapıları ve yerleşim merkezlerini tehdit eder.Dağ akarsularının düzenlenmesi, koruma yapılacak dere kesiminin özellikleri göz önüne alınarak yapılmalıdır.

Taşkın ve erozyonla mücadele: Düzenlemenin amaca uygun ve ekonomik olarak yapılabilmesi için öncelikle büyük zararlara sebep olan taşkınların nedenleri araştırılmalıdır. Bu sebeple planlama yalnız akarsu yatağı ile sınırlı kalmamalı, tarım alanlarının, yerleşim merkezlerinin, yolların, mesire alanlarının ve yamaçların emniyeti gibi hususlar dikkate alınarak taşkınları ve erozyonu azaltıcı önlemler, tüm akarsu havzasını kapsayacak şekilde alınmalıdır.

Yamaçların korunması: Havzadaki yamaçlar, aşırı yükleme, kayma yüzeyinin oluşması, kohezyonun azalması, hidrostatik basıncın artması, bitki örtüsünün azalması gibi nedenlerle alansal olarak kayarlar. Kaymayı önlemek için bu faktörlere karşı yamaçların korunması gerekir. Bu amaçla teknik yönden alınabilecek başlıca önlemler; drenaj, teraslama, istinad duvarları, derin köklü bitki örtüsü oluşturma ve canlı iksa yöntemleridir. Drenaj tesislerinin söz konusu olduğu yamaçlar genellikle fazla eğimli ve bu yamaçlarda toprak gevşek olduğundan, suyu olanaklar ölçüsünde en kısa yoldan akıtmak çareleri düşünülmelidir. Dik yamaçlar üzerinde açılacak drenaj kanalları genellikle kapalı, geçirgenliği düşük katmanın çok derinde olmadığı yerlerde açık kanal önerilir. Drenaj kanallarının açılmasına en aşağı ve en derin noktadan başlayarak yukarı doğru devam edilmelidir. Çıplak ve toprağı gevşek olan yamaçların korunması için toprağı bağlayan ve yerinde tutan tedbirlere başvurmak zorunludur. Bu amaçla önce yamaç eteklerinin stabilizasyonu sağlanmalıdır. Toprağı bağlayıcı teknik esaslar arasında, yamaçların çoğu kez örme çitlerle korunması zorunlu olmaktadır.

Taban ve kıyılarının korunması: Tabanın oyulmalara karşı korunması yatak boyunca veya yerel olarak yapılır. Yatak boyunca koruma kaplama ile sağlanır. Bu tip düzenleme, eğimi az olan bir akarsu kesiminden veya bir yerleşim yerinden su ve sedimenti çabuk ve problemsiz geçirmek söz konusu olduğunda veya taban oyulmalarının önlenmesi istenen yerlerde veya akarsu yatağının sabitleştirilmesi istenen durumlarda yapılır. Yerel taban korunması ise akarsu yatağının boy kesiti taban eşikleri ile dengeli kısımlara ayrılarak yapılmaktadır.

Dağ akarsularının kıyıların korunmasında kıyı duvarları, şevlerin kaplanması, istinat duvarları, değişik tipte taş sandıklar, topuk oyulmalarının yeterince önlendiği kesimlerde canlı iksa yöntemleri uygulanabilir.

Sediment Tutulması: Özellikle fazla miktarda sediment taşıyan akarsular üzerinde, tabanda birikmiş sedimentleri ve havzanın yukarı kesimlerinden yeni gelecek sedimentleri tutmak, belirli bir kısımda tabanı oyulmalara karşı korumak ve bir miktar su depolamak gibi birçok yararı olan sediment tutucu barajlar (taşını barajlar) inşa etmek gereklidir. Bu amaçla birtek baraj yapılabileceği gibi seri barajlarda yapılabilir. Baraj arkasında biriken sediment ile önceki akarsu yatağı eğimine göre daha düşük eğimli bir yatak meydana gelir.

Sediment tutma barajlarının yüksekliği, eğime ve yamaçların jeolojik özelliklerine göre değişir. Ayrıca cidarda yerleşim yerlerinin ve yolların bulunması ile akarsuyun odun taşımacılığında kullanılması gibi durumlarda baraj yüksekliğinin belirlenmesinde rol oynar. Barajların temel zemininin sağlam olmasına özel önem vermek gerekir. Bu nedenle dere tabanının kayalık olduğu yerler seçilmelidir. Özellikle seri barajlarda yukarıdaki barajlara dayanak teşkil edecek olan ilk barajın sağlam olmasına dikkat edilmelidir.

Belirli bir mesafe içinde inşa edilecek, yükseklikleri eşit olan seri barajların sayısı Formül 3.52 yardımıyla bulunabilir (Erkek ve Ağırlioğlu 1986).

$$S = \frac{I_1 - I_2}{h}$$

3.52

S: Baraj sayısı,

I_1 : Mevcut yatağın eğimi(%),

I_2 : Baraj yapıldıktan sonraki yatak eğimi (%),

h: Baraj yüksekliği

3.2.2.2. Taşkın Önleme Yapıları

Taşkın önleme yapıları akarsuyun debisi, güzergahı ve etrafındaki arazi ve yerleşim özellikleri gözönünde bulundurularak tasarlanır.

1. Tersip Bentleri

Fazla sürüntü maddesi taşıyan akarsularda yalnızca sürüntü malzemesi tutmak, oyulmaları önlemek ve eğimi düşürmek amacıyla yapılan yapılara “tersip bendi” denir. İnşaa edildikleri malzeme cinsine göre 5 tipe ayrılırlar.

1. Beton tersip bentleri
2. Harçlı kargir tersip bentleri
3. Kuru kargir tersip bentleri
4. Tel ya da taş sandık tipinde inşaa edilen tersip bentleri
5. Topraktan inşaa edilen tersip bentleri

Tersip bendinin fazla rüsubat biriktirebilmesi, böylece ekonomik olması için topoğrafik bakımdan uygun yere inşaa edilmesi gerekir. Rezervuar sahasının 1/2000 ölçekli plankotesi çıkarılmalıdır. Tersip bendinin arkasında toplanan malzeme, genellikle şehre yakın akarsularda şehir için bir malzeme ocağı oluşturduğundan bu tür durumlarda servis yolu düşünülmelidir. Tersip bentlerinde pınarlaşma ve yıkılma olmaması için bu konunun da tahkiki gerekir. Tersip bentleri oluşmuş sürüntü maddelerinin hareketini belirlenen bir yerde durdurmak amacıyla yapılırlar. Dolayısıyla sürüklenme gücünü azalttıklarından belirli bir yatak uzunluğunca da oyulmaları önlerler. Tersip bentleri koruyucu tedbirler olarak düşünülürler. Fazla miktarda rüsubat tutmaları istenir. Bu yüzden az eğimli yerlerde inşaa edilirler. Tersip bentleri rüsubatla

dolduğu zaman fonksiyonları sona ermiş olur ve membalarında yeni tersip bentleri yapılması gerekir.

2. Sekiler

Geniş tabanlı doğal yataklar içindeki önceki yıllarda birikmiş sedimentin oyularak mansaba taşınmasını önlemek ve bu materyali yerinde tutmak amacıyla inşaa edildikleri gibi, sürüklenme kuvvetinin değerine bağlı olarak da inşaa edilebilirler.

Fazla yüksek yapılmayan bu yapılar tersip bentleri gibi projelendirilirler. Arazinin malzeme durumuna göre kargir veya beton olarak inşaa edilebilirler. Dere tabanındaki erozyonu durdurmak ve dere içindeki mevcut rüsubatı olduğu yerde tutmak amacı ile yapılırlar. Toprağı olduğu yerde tutup aşınma ve taşınmayı önleme ancak sürüklenme gücünü azaltmakla mümkün olacağından, arkalarında stabilite eğiminin sağlanması esasına göre projelendirilmeleri gerekir. Özellikle dik eğimli memba kısmında inşaa edilirler.

3. Biritler

İnce kum ve silt gibi geçirgen kolayca erozyona uğramaya eğimli ve kayma mukavemeti zayıf özellikte zemine ait dere yataklarında taban erozyonuna karşı en uygun çözümdür. Yüksek eğimli hızlı akan sel sularına maruz derelerde erozyon kontrolü için biritler çok önemli yapılardır.

Erozyonu önleyecek şekilde su hızının düşürülmesi ise seri halde birit inşaa edilip nehir eğiminin düşürülmesi ile mümkün olacaktır.

4. Sel Kapanları

Sel kapanı; taşkın sularını arkalarındaki rezervuarda toplayarak feyezan piklerinin kırılmasını sağlayan ve mansaba planlanan miktarda su bırakmak suretiyle belirli bir sürede meydana gelen taşkın akımını daha uzun bir zamana yayarak taşkın debilerini ayarlayan alçak barajdır. Yükseklikleri genellikle 10-20 m arasında değişir. Sel kapanlarında genellikle kapaksız olarak

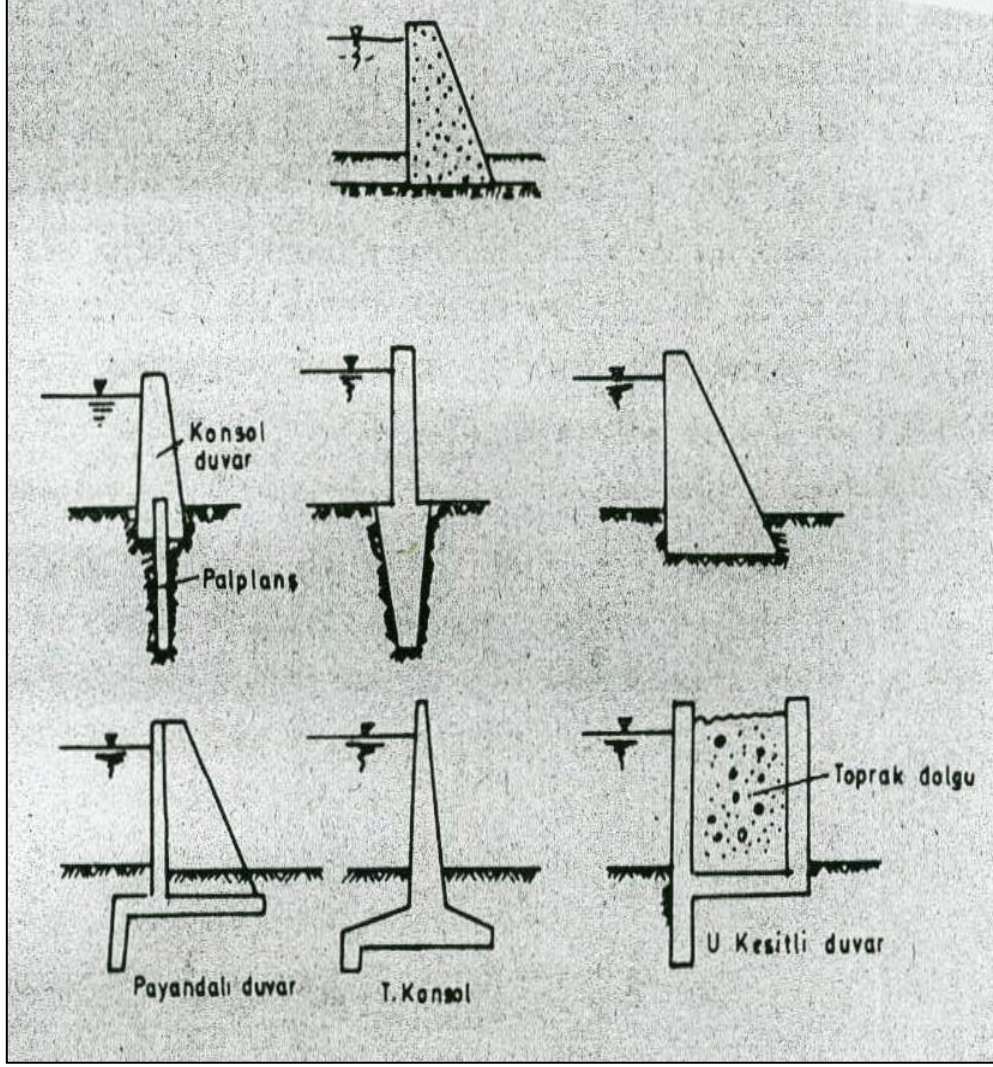
planlanan bir veya birden fazla dipsavak tesisleri sürekli olarak açıktır. Akarsu yatağındaki debi belirli bir değerin üstüne çıkınca fazla gelen sular haznede birikmeye ve dipsavaklar orifis gibi çalışmaya başlar. Dipsavaktan geçen debi haznedeki su seviyesine bağlı olarak değişir. Hazne ve dipsavak kapasiteleri proje taşkını ile mansap yatağının kapasitesine göre belirlenir. Sel kapanından çıkan debinin mansaba zarar vermemesi için yatak kapasitesini aşmaması gerekir.

Sel kapanının proje taşkınından büyük taşkınlarda hasara uğramaması için tahliye savağı ile takviye edilmesi yararlıdır. Sel kapanlarının planlanmalarında, kapana gelecek taşkın ile mansaptaki yan derelerden gelecek taşkınların aynı zamana rastlama ihtimali dikkate alınmalıdır. Küçük havzalarda bu ihtimal zayıf olmakla birlikte, büyük havzalarda yan havzaların da şiddetli sağanaklara maruz kalma ve kapandan çıkan taşkınla aynı zamana rastlama ihtimali kuvvetlidir.

5. Taşkın Koruma Kanalları

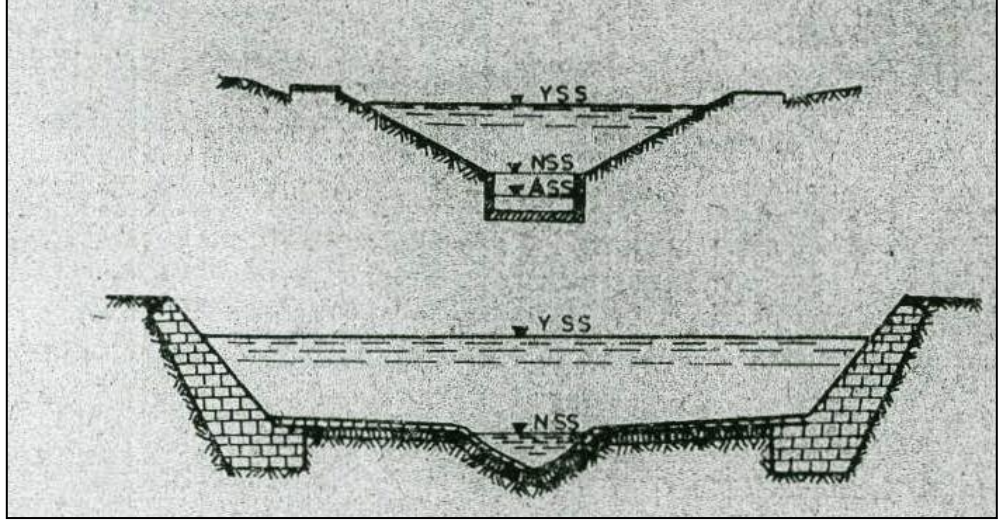
Yerleşim yerleri içinden geçen akarsularda veya daha fazla arazi kaybı istenilmeyen durumlarda taşkın zararlarını azaltmak veya önlemek için sedde yerine duvar yapımı tercih edilir. Özellikle yerleşim yerlerinde bulunan akarsularda taşkın önleme yapısı olarak kanallar tercih edilir. Fildöfer tel kafes sandık anlamına gelir. Fildöfer sandıklar sağlam, fırınlanmış, iki defa galvanize edilmiş demir telden, çeşitli şekilde yapılırlar. Fildöfer sandıklar yapılacağı yerde açılır ve nehir yatağında bulunan taşlarla (bu taşlar belirli çap aralıklarında olacak şekilde seçilir) tamamen doldurulduktan sonar kapak kapatılır ve sıkıca kapanacak şekilde bütün köşelerden bağlanır. Doldurulan fildöfer kafesler üst üste getirilir ve birleşen kenarlardan bağlanır.

Taşkın duvarları aynı zamanda akarsu boyunca yapılan yollar için de istinat duvarları görevi görür. Kanal duvarları, betonarme, beton ağırlık, harçlı taş kargir, fildöfer yapılabilir. Şekil 3.26.da taşkın kanal duvar enkesit örnekleri görülmektedir.



Şekil 3.26. Taşkın duvar kesit şekilleri

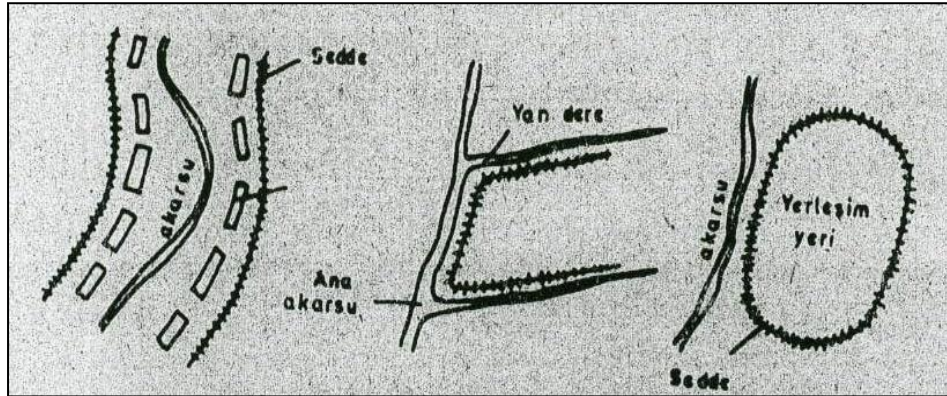
Akarsuya kirli suların karışması durumunda ise akarsu yatağı etrafa kötü kokular yayan bir çöplük görünümü kazanır. Şekil 3.27.de verilen kademeli ve kaplamalı bir enkesit bu durumların meydana gelmemesini önemli ölçüde etkiler(Erkek ve Ağralıoğlu 1986).



Şekil 3.27. Minimum ve taşkın debilerde yatak düzenlemesi için kademeli kesitler.

6. Seddeler

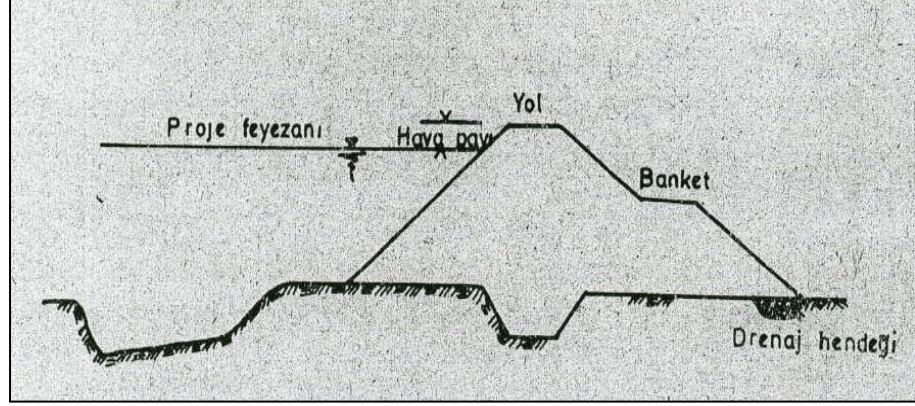
Yatak kapasitesinin yetersizliğinden dolayı taşkınlar sırasında suyun yatak çevresine yayılmasını önlemek amacıyla, mevcut yatağın dışında tek veya iki tarafında yapılacak dolgulara sedde denir. Şekil 3.28. de sedde plan tiplerine örnekler verilmektedir.



Şekil 3.28. Sedde plan tipleri

Akarsu seddelerinde su kaybı önemli bir öge olmadığından sadece borulanmaya neden olmayacak şekilde geçirimli, yarı geçirimli ya da geçirimsiz özellikte malzemelerle dolguda

kullanılabilir. Mil ve çok ince kum gibi malzemeler ile humuslu topraklar seddelerde kullanılmamalıdır. Ariyet merkezinin sedde güzergahına olabildiğince yakın ve su tarafında seçilmesine önem verilmelidir. Aksi durumda nakliye bedelinin artması seddenin maliyetini de etkiler. Şekil 3.29.da sedde tip kesiti gösterilmiştir.



Şekil 3.29. Tipik bir sedde kesiti

Organik zeminler ile çok ıslak ince taneli kohezyonlu zeminler hariç her türlü zemin cinsi sedde dolgusunda kullanılabilir. Dolguda kullanılacak malzeme uygun su muhtevasında olmalıdır. Dolgunun stabilitesi temel şartlarına, dolgu yüksekliğine, kullanılan malzemenin cinsine ve dolgu sırasında sıkıştırma şartlarına bağlıdır. 1/2 taş yerleştirme imkanı veren şev iyi şev eğimi olarak kabul edilir. Hava payı tarım arazilerinin korunduğu yerde 70 cm, yerleşim alanlarında ise 100 cm olarak alınabilir (DSİ 1990).

Dalga hareketinin fazla olduğu yerlerde, kurplarda, memba kısmında, sürüntü malzemelerinin birikmiş olduğu yerlerde, dere yatağının daraldığı kısımlarda 15 cm'den 30 cm'ye kadar ilave bir hava payına ihtiyaç duyulur. Kret genişliği; kretten yol olarak istifade edilip edilmeyeceği, inşaat, işletme ve bakım açısından kolaylık, seddelerin yüksekliği ve önemi, taşkın süresine ve dolgu malzemesinin özelliğine göre değişir. Kret genişliği DSİ'de 4 m alınır.

Seddelerle korunmuş bölgeye seddelenmiş arazi, seddelerin akarsu yatağına bakan şev yüzeyine iç şev, seddelenmiş arazi tarafındaki yüzeyine de dış şev adı verilir. Taşkın sularını kontrollü bir şekilde geçiren seddelerin istenmeyen bazı etkileri de vardır. Bunlar aşağıda sıralanmıştır.

1. Taşkın sularının akarsu vadisinde geri tutulması ortadan kalkar, yataktaki su seviyesi yükselir.
2. Taşkın dalgasının pik değerleri büyür.
3. Taşkın yatağında hız ve sürüklenme gerilmesi artar.
4. Tarım alanları verimli siltlerden mahrum kalır.
5. Yeraltı suyunun taşkın suları ile beslenmesi azaldığından minimum debilerde de bir azalma olur.
6. Taşkın yatağının geniş kesimlerinde sediment birikimi olur. Bunun sonucunda taşkın su seviyeleri yükselir. Bu durum seddelerin sonradan yükseltilmesini zorunlu kılar.

Seddeler; yapılış amacı, konumu ve düzenleme şekli göz önüne alınarak aşağıdaki gibi sınıflandırılır:

1. **Kış Seddesi:** Üst kotu en büyük taşkın su seviyesinden 0.5-1.2 m yukarıda planlanır. Buna ana sedde veya tam seddeleme denir.
2. **Yaz Seddesi:** Tarım alanlarını sadece bitki gelişme mevsiminde taşkınlardan koruyan sedde.
3. **Bitişik Sedde:** Sedde iç sevi akarsu kıyı yüzeyinin tamamıdır. Sedde ile akarsu yatağı arasında bir taşkın yatağı bulunmaz.
4. **Ayrık Sedde:** Akarsu yatağı ile sedde arasında bir taşkın yatağı planlanan seddeye denir.

Seddeler yapılış amacına veya düzenleme şekline göre de aşağıdaki gibi isimler alırlar.

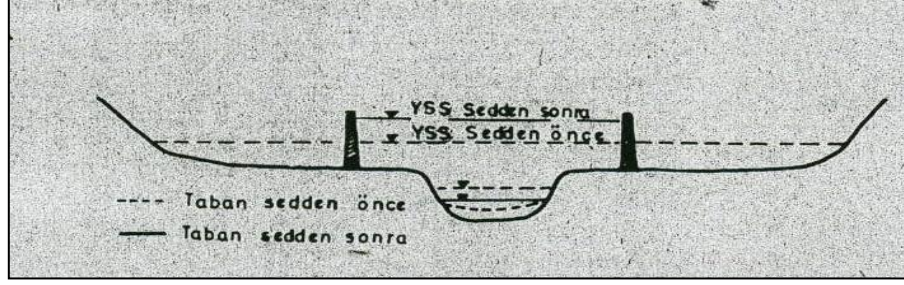
1. **Kapalı Sedde:** Memba ve mansap tarafından taşkın suları üzerinden aşmayan seddeye denir.
2. **Açık Sedde:** Memba kısmı üzerinden su aşmayacak şekilde yüksek kıyıya bağlanan, mansap kısmı ise açık olan ve taşkın sularının buradan seddelenen araziye girdiği seddeye denir.
3. **Kabarma Seddesi:** Yan akarsu kollarında ana akarsuyun kabarma etkisinin hissedilmediği noktaya kadar uzatılan seddeye denir.

4. **Kanat Seddesi:** Taşkın sularının akım yönünü değiştiren seddeye denir.
5. **Enine Sedde:** Herhangi bir sedde arızasından dolayı meydana gelecek zararları sınırlı tutabilmek için seddelenmiş araziye bölümlere ayıran seddeye enine sedde denir.
6. **Çevre Seddesi:** Bölgedeki belirli alanları (yapılar, yerleşim yerleri veya değerli tarım alanları) çevreleyen ve taşkın zararlarından koruyan sedde çeşididir.
7. **Sızıntı Seddesi:** Ana seddedeki sızıntıları önlemek için öngörülen seddeye denir.
8. **Uyuyan Sedde:** Yenisi yapıldığı için etkisiz hale gelmesine rağmen ikinci bir emniyet için yerinde bırakılan seddeye verilen isimdir.

Sedde güzergahı genelde akarsu güzergahına bağlıdır. Sedde güzergahı seçilirken dikkat edilecek hususlar aşağıda sıralanmıştır.

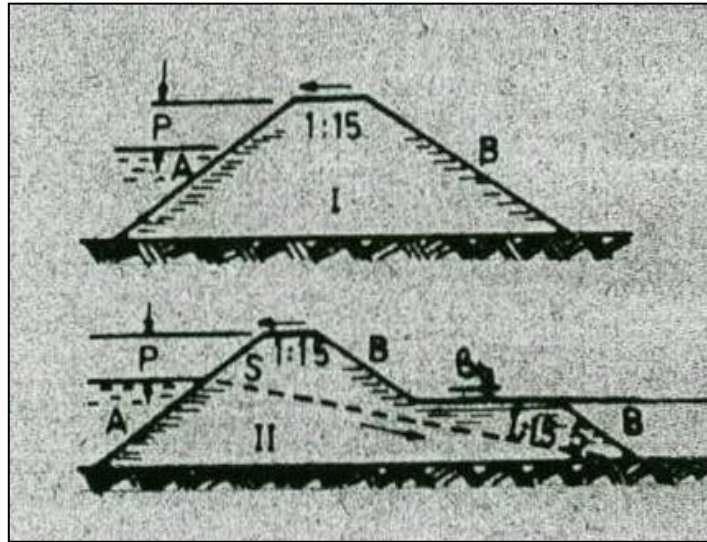
1. Taşkın yatağı yeterli genişlikte seçilerek oyulmalar önlenmelidir.
2. Buz birikimlerini önlemek için mümkün olduğu kadar paralel bir sedde güzergahı planlaması, sert dönüşler, ani ve aşırı daralmalardan kaçınılmalıdır.
3. Yan kollarda kabarma seddeleri planlanmalıdır.
4. Taşkınlar, kanat seddeleri ile yönlendirilmeli, ana ve yan akarsu kollarındaki seddeler birbirine dar açı ile bağlanmalıdır.

Seddeler 25 ile 100 yıl tekrarlanma aralığındaki taşkınlar dikkate alınarak proje taşkını seçilir. Genel olarak trapez kesitli ve homojen dolgu olarak planlanan seddelerin boyutları seddelerin amacına, oturduğu zeminin ve dolguda kullanılacak toprağın özelliklerine bağlı olarak değişmektedir. Sedde güzergahında eğim, akarsuyun taşkın sırasındaki su yüzeyi eğimine eşit olarak seçilir. Sedde boyutlarını, birinci derecede dolgu içindeki sızma çizgisi belirler. Sızma çizgisinin sedde kesiti içinde kalmaması durumunda ise ya dış yüzeyde bir banket veya sedde topuğunda geçirimsizliği yüksek malzemedeki bir iç banket planlanarak sedde kesitinin emniyeti sağlanır. Bu durum Şekil 3.30.da gösterilmiştir(Erkek ve Ağırlioğlu 1986).



Şekil 3.30. Seddelerin su seviyesine ve yatak tabanına etkisi

Sedde güzergahında eğim, akarsuyun taşkın sırasındaki su yüzeyi eğimine eşit olarak seçilir. Sedde boyutlarını, birinci derecede dolgu içindeki sızma çizgisi belirler. Sızma çizgisinin sedde kesiti içinde kalmaması durumunda ise ya dış yüzeyde bir banket veya sedde topuğunda geçirimsizliği yüksek malzemeden bir iç banket planlanarak sedde kesitinin emniyeti sağlanır. Sedde boyutları ile ilgili bilgileri Erkek ve Ağırlioğlu (1986) Şekil 3.31.de vermiştir.



Şekil 3.31. Sedde boyutları ile ilgili Semboller

Şekil 3.31.deki parametreler Tablo 3.8.de açıklanmıştır.

Tablo 3.8. Seddelerle ilgili parametreler

Sembol	Açıklama	Kış Seddeleri	Yaz Seddeleri
A	İç Şev	$\frac{1}{2} - \frac{1}{4}$	$\frac{1}{3} - \frac{1}{4}$
B	Dış Şev	$\frac{1}{1.5} - \frac{1}{2}$	$\frac{1}{5} - \frac{1}{10}$
K	Kret genişliği (m)	2.5-4.0	1.0-2.0
P	Hava payı	0.5-1.2	0.3-0.6
Ba	Banket genişliği (m)	3.5-4.0	-
S	Sızma çizgisi eğimi	$\frac{1}{5} - \frac{1}{8}$	$\frac{1}{3} - \frac{1}{5}$

Seddelerde Karşılaşılan Başlıca Sorunlar:

Sedde üzerinden su aşması, borulanma, seddenin ıslanması, temelin yıkanması ve dış yüzeylerin kayması olarak sayılabilir. Sedde üzerinden su aşması durumu buz yığılmaları veya proje taşkınının çok üzerinde taşkın debileri meydana gelmesi halinde oluşur. Beklenen taşkın seviyesi, önceden öğrenilebilirse seddelerde gerekli takviyeler yapılabilir. Örneğin sedde kreti üzerine kum torbaları konabilir veya belirli aralıkta kazıklar çakılır arasına kum doldurularak sedde yükseltilebilir.

Borulanma, seddelerde genellikle tarla zararlılarının faaliyetleri sonunda oluşur. Borulanma tepeye yakın kısımlarda olduğu takdirde sıkışma ile giderilebilir. Daha derinde ise seddelerin dış yüzeyindeki başlangıç yerini bulmak gerekir. Giriş yeri bulunduğu takdirde kum torbaları veya başka şekilde kapatılır. Suyun giriş yeri belirlenmediği takdirde sızıntı seddesi ile basınç eşitlenerek sızma durdurulur.

Seddenin ıslanması, uzun süreli taşkınlarda geçirimli malzeme ile yapılan sedde gövdesi tamamen suya doymun duruma gelerek oluşan su damarları sedde şevinin kaymasına neden olabilir.

Temelin yıkanması ve dış yüzeylerin kayması özellikle üzerinden su taşan seddelerde görülür. Oyulma görülen yerlerin demetler, anroşman ve kum torbaları ile kapatılması gerekir. Sürekli hasar görülen yerler kaplanmalıdır.

Sedde Kaplama Tipinin Seçilmesi

Tablo 3.9. Sedde kaplama tipleri

Sedde Kaplamaları	Pere Kaplamalar	Kuru pere kaplamalar
		Harçlı pere kaplamalar
	Taş Dolgular	İstifsiz taş dolgular
		İstifli taş dolgular

- Kuru pere kaplamalar:** Şevlerin gevşek ve akıcı olmayan hallerinde kullanılırlar. Ağırlığı 60 kg olan taşlardan 20-40 cm arasında değişen tabaka olacak şekilde yerleştirilirler.
- Harçlı pere kaplamalar:** Kuru pereden farkı taş aralarının çimento harcı ile doldurularak derz yapılmış olmasıdır. Harçlı pere kaplamalar siltli, kumlu, gevşek ve su ile temas halinde akıcı hale dönüşen şevlerde kullanılır.
- İstifsiz taş dolgular:** Doğal yatakta sürekli akım bulunuyorsa ve talveg şev dibine çok yakınsa yüksek su seviyesine kadar şevlerde oyulmayı önlemek için şev üstünden boşaltılacak taşlarla dolgu oluşturulur.
- İstifli taş dolgular:** Doğal yatakta akım sürekli kesiliyorsa burada önce bir sandık açılarak topuk tahkimi yapıldıktan sonra şevler düzeltilerek yatıklaştırılır. Daha sonra taş dolgu yapılır. Vahşi derelerin ıslah edilerek düzenli hale getirilmesi için seddelere (100-150 kg) ağırlığındaki taşlardan koruma yapılması yeterli olmaktadır.

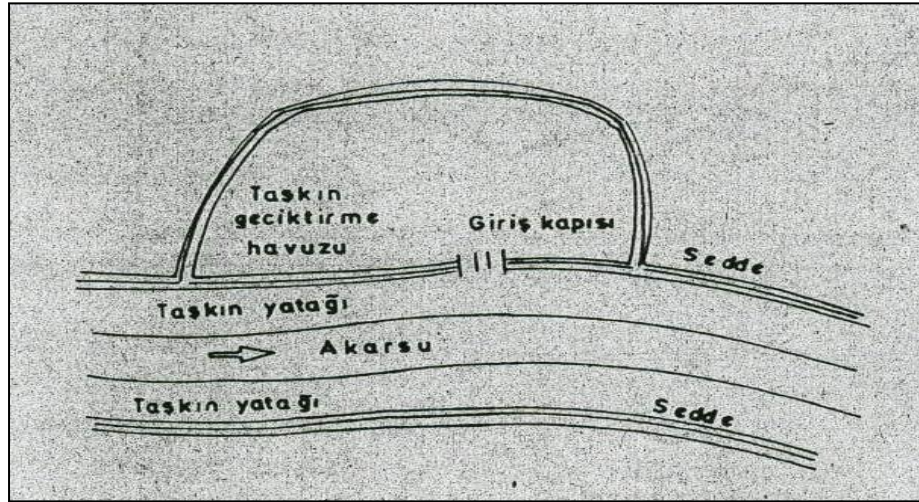
7. Taşkın Geciktirme Havuzları

Taşkın geciktirme havuzları kontrolsüz çıkış tesisleri olan, tek amaçlı taşkın kontrol yapılarıdır. Taşkın debileri geri tutularak zararlara sebep vermeyecek bir büyüklükte geciktirmeli olarak tekrar akarsu yatağına verilir. Böylece taşkın hidrografının pik debileri düşürülür.

Geciktirme havuzları, mansaptaki akımlara etkileri bakımından üç grupta toplanabilir.

1. Akarsu düzenlemesi yapılmadan planlanan taşkın geciktirme havuzları,
2. Belli yerlerde yapılan akarsu düzenlemeleri ile birlikte düşünülen taşkın geciktirme havuzları,
3. Afet taşkınları biriktiren taşkın geciktirme havuzları

Taşkın sularını geçici olarak biriktiren taşkın geciktirme havuzları genellikle akarsu yatağından ayrı bir yerde planlanan derinliği az, alanı büyük biriktirme yerleridir. Taşkın mevsimi dışında genellikle tarım alanı olarak kullanılır. Taşkın geciktirme havuzu Şekil 3.32.de gösterilmiştir(Erkek ve Ağralıoğlu 1986).



Şekil3.32. Taşkın geciktirme havuzu

8. Barajlar

Her yapay veya doğal göl, taşkınların zararlarının azaltılmasında etkili olur. Bu etkinin derecesi baraj gölünün yüzey alanı ve dolu savak kapasitesine bağlıdır. Bir taşkın kontrol barajında proje taşkını, baraj yeri, taşkın hidrografı, hacminin depolama kapasitesi, dolusavak kapasitesi ve çıkış kapasitesi belirlenerek boyutlandırma yapılır. Barajların uygun projelendirilmesi ve işletilmesi için taşkın öteleme hesaplarının yapılması gerekir. Bir baraja gelecek taşkına ait bilinmesi gereken bilgiler aşağıda verilmiştir.

1. Barajdan çıkacak debinin zamanla değişimi ve en büyük değeri,
2. En büyük debinin çıkacağı zaman ve barajdaki ötelemeden doğan gecikme süresi,
3. Barajdaki su kotunun zamanla değişimi ve en büyük değeri,
4. Taşkın etkisinin ne kadar zaman sonra baraj gölünden kalkacağıdır.

3.2.3. İki Boyutlu Nümerik Akım Modellemesi:

Bu çalışmada Aquadyn[®] yazılım programı kullanılarak Kayı deresi akımının iki boyutlu modellemesi yapılmıştır. Aquadyn nümerik modellemede öncü bir kuruluş olan Vatnaskil Müşavir Mühendisler firmasınınca geliştirilmiştir. Aquadyn Bölüm 3.2.3.1, 3.2.3.2. ve 3.2.3.3.'de anlatılan akım ve taşınım denklemlerini sonlu elemanlar yöntemi ile iki boyutlu olarak çözer.

İki boyutlu nümerik modelleme yaklaşımları temel olarak iki grup altında incelenir.

- Yüzey Hidrolik modelleri
- Taşınım (Transport) modelleri

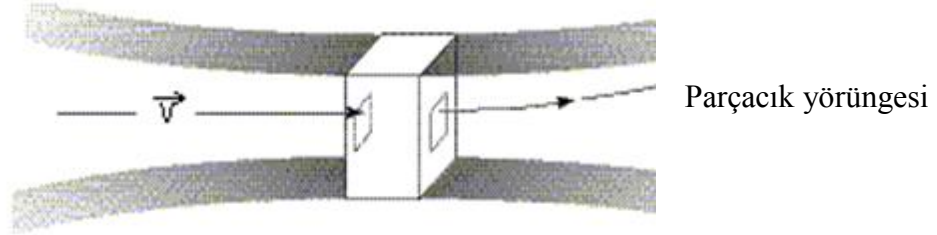
Yüzey hidrolik modelleri için kullanılan ana denklemler ile bu denklemleri sonlu elemanlar yöntemine adapte edecek olan denklemler iki başlık altında incelenebilir.

- Süreklilik ilkesi denklemleri
- Momentum ilkesi denklemleri

3.2.3.1. Akım Modelinde Süreklilik Denklemleri

Kütle korunumu süreklilik denklemleriyle ifade edilir. Süreklilik denkleminin açıklanması için ilk önce permenan akım ve sıkıştırılmaz akışkan sabit kabulü yapılır. Buna göre akımın herhangi bir kesiti için sabit hacim kabulü de yapılmalıdır.

Kabdaşlı ve ark. (2007) tek boyutlu akışkanın parçacık yörüngesini Şekil 3.33.deki gibi göstermiştir. Burada y yönündeki hız dağılımı ihmal edilir, dolayısıyla tüm noktalarda hız sabit bir kesit ortamında ortalama hız değerini alır.



Şekil 3.33. Tek boyutta parçacık yörüngesi

Formül 3.1 kullanılarak en basit süreklilik denklemi olarak Formül 3.53 bulunur.

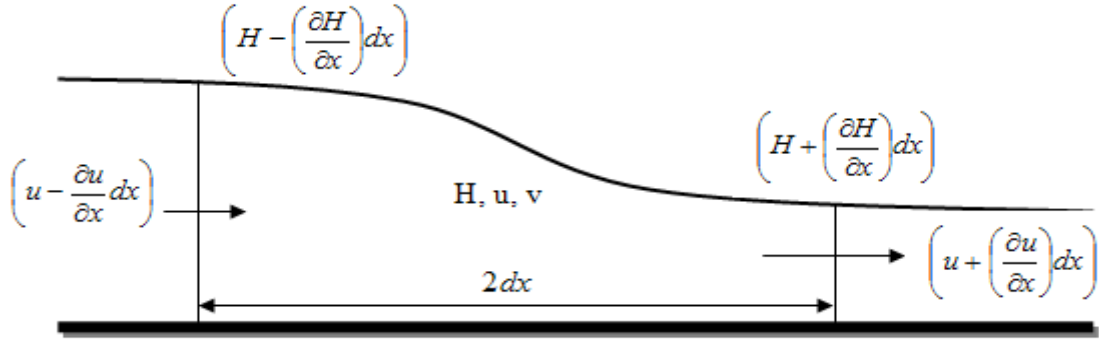
$$Q = V_1 \times A_1 = V_2 \times A_2 = V_3 \times A_3 = \dots \quad 3.53$$

Q: Debi (m^3/sn)

V: Kesitsel hız (m/sn)

A: Kesitsel alan (m^2)

Süreklilik ilkesi iki boyutlu kararsız akım hali için uygulanmasını Kabdaşlı ve ark. (2007) Şekil 3.34.de göstermiştir.



Şekil 3.34. Permenan olmayan akımın profili

H: Su derinliği (m)

u: x yönündeki hız (m/sn)

dx: Boyuna profil uzunluğu (m)

Kabdaşlı,Kırca,Yılmazer,Kaçmaz ve Oğuz (2007) tarafından hazırlanan rapordan alınan Formül 3.54, Formül 3.55, Formül 3.56, Formül 3.57, Formül 5.58, Formül 3.59, Formül 3.60, Formül 3.61.de süreklilik fonksiyonları verilmektedir.

$$\text{Biriktirme Hızı} = \text{Giren akı} - \text{Çıkan akı} \quad 3.54$$

$$\text{Biriktirme Hızı} = \frac{\partial H}{\partial t} 2dx \quad 3.55$$

$$\text{Giren akı} = \left(u - \frac{\partial u}{\partial x} dx\right) \left(H - \frac{\partial H}{\partial x} dx\right) \quad 3.56$$

$$\text{Çıkan akı} = \left(u + \frac{\partial u}{\partial x} dx\right) \left(H + \frac{\partial H}{\partial x} dx\right) \quad 3.57$$

$$\frac{\partial H}{\partial t} 2dx = \left(u - \frac{\partial u}{\partial x} dx\right) \left(H - \frac{\partial H}{\partial x} dx\right) - \left(u + \frac{\partial u}{\partial x} dx\right) \left(H + \frac{\partial H}{\partial x} dx\right) \quad 3.58$$

$$\frac{\partial(uH)}{\partial x} + \frac{\partial H}{\partial t} = 0 \quad 3.59$$

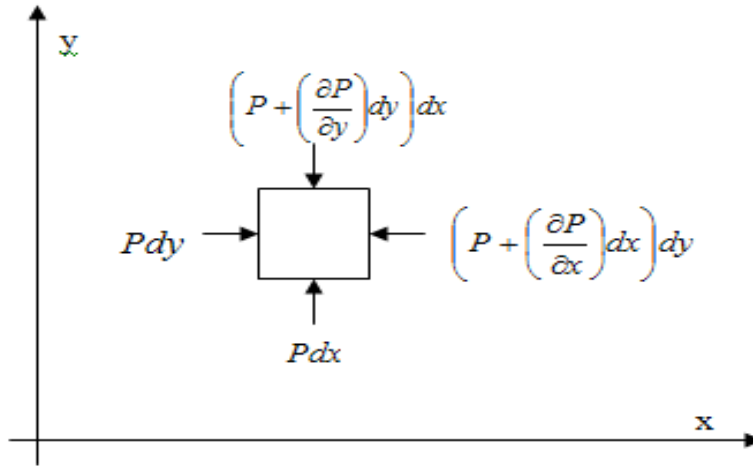
$$\frac{\partial(uH)}{\partial x} + \frac{\partial(vH)}{\partial y} + \frac{\partial H}{\partial t} = 0 \quad 3.60$$

v: y yönündeki hız (m/sn)

$$\frac{\partial(uH)}{\partial x} + \frac{\partial(vH)}{\partial y} + \frac{\partial \eta}{\partial t} = Q \quad 3.61$$

3.2.3.2. Akım Modelinde Momentum Denklemleri

Kabdaşlı ve ark. (2007)'de x-y boyutundaki parçacığın iki boyuttaki akımını Şekil 3.35.deki gibi göstermektedir.



Şekil 3.35. İdeal akışkanın iki boyutta hareketi

m: Akışkanın kütlesi

$$m = \rho dx dy$$

p: yüzey basıncı

F_X : x yönündeki basınç kuvveti
 F_Y : y yönündeki basınç kuvveti
 X : Parçacığa x yönünde etkiyen kütle kuvveti
 Y : Parçacığa y yönünde etkiyen kütle kuvveti
 a_x : x yönündeki ivme
 a_y : y yönündeki ivme
 v : y yönündeki hız
 u : x yönündeki hız

Akışkan ideal kabul edildiği için sürtünme kuvvetleri ihmal edilir ve yalnızca basınç kuvvetleri etki eder. Newton 2. Hareket yasasına göre F_X ve F_Y basınç kuvvetleri aşağıdaki denklemlerle ifade edilir (Kabdaşlı ve ark. 2007).

$$F_X = a_x dm \quad 3.62$$

$$F_Y = a_y dm \quad 3.63$$

$$F_x = P dy - \left(P + \left(\frac{\partial P}{\partial x} \right) dx \right) dy + X \rho dx dy \quad 3.64$$

$$F_X = \left(-\frac{1}{\rho} \right) \left(\frac{\partial P}{\partial x} \right) dm + X dm \quad 3.65$$

$$a_x dm = \left(-\frac{1}{\rho} \right) \left(\frac{\partial P}{\partial x} \right) dm + X dm \quad 3.66$$

$$a_x = \frac{du}{dt} \quad 3.67$$

$$a_x = \frac{\partial u}{\partial t} + \left(\frac{\partial u}{\partial x} \right) \frac{dx}{dt} + \left(\frac{\partial u}{\partial y} \right) \frac{dy}{dt} \quad 3.68$$

$$a_x = \frac{\partial u}{\partial t} + \left(\frac{\partial u}{\partial x} \right) u + \left(\frac{\partial u}{\partial y} \right) v \quad 3.69$$

$$F_y = P dx - \left(P + \left(\frac{\partial P}{\partial y} \right) dy \right) dx + Y \rho dx dy \quad 3.70$$

$$F_y = \left(-\frac{1}{\rho}\right) \left(\frac{\partial P}{\partial y}\right) dm + Y dm \quad 3.71$$

$$a_y = \frac{dv}{dt} \quad 3.72$$

$$a_y = \left(\frac{\partial v}{\partial t}\right) + \left(\frac{\partial v}{\partial x}\right) \frac{dx}{dt} + \left(\frac{\partial v}{\partial y}\right) \frac{dy}{dt} \quad 3.73$$

$$a_y = \frac{\partial v}{\partial t} + \left(\frac{\partial v}{\partial x}\right) u + \left(\frac{\partial v}{\partial y}\right) v \quad 3.74$$

$\frac{\partial v}{\partial t}$: y yönündeki hızın zamansal değişiminden kaynaklanan lokal ivme bileşeni

$\frac{\partial u}{\partial t}$: x yönündeki hızın zamansal değişiminden kaynaklanan lokal ivme bileşeni

$u \frac{\partial v}{\partial x}$: y yönündeki hızın uzaysal değişiminden kaynaklanan konvektif ivme bileşeni

$v \frac{\partial v}{\partial y}$: y yönündeki hızın uzaysal değişiminden kaynaklanan konvektif ivme bileşeni

$u \frac{\partial u}{\partial x}$: x yönündeki hızın uzaysal değişiminden kaynaklanan konvektif ivme bileşeni

$v \frac{\partial u}{\partial y}$: x yönündeki hızın uzaysal değişiminden kaynaklanan konvektif ivme bileşeni

Kuvvet ve ivme denklemleri birleştirilirse, momentum korunumu ifadesine ulaşılır. Formül 3.75 ve Formül 3.76.da verilmiş olup Euler denklemleri olarak bilinen genel denklemler Kabdaşlı ve ark. (2007)'den alınmıştır.

$$\frac{\partial u}{\partial t} + \left(\frac{\partial u}{\partial x}\right) u + \left(\frac{\partial u}{\partial y}\right) v = \left(-\frac{1}{\rho}\right) \left(\frac{\partial P}{\partial x}\right) + X \quad 3.75$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + \left(\frac{\partial v}{\partial x}\right) u + \left(\frac{\partial v}{\partial y}\right) v = \left(-\frac{1}{\rho}\right) \left(\frac{\partial P}{\partial y}\right) + Y \quad 3.76$$

$$\frac{\partial u}{\partial t} + \left(\frac{\partial u}{\partial x}\right) u + \left(\frac{\partial u}{\partial y}\right) v: \text{ İvme}$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + \left(\frac{\partial v}{\partial x}\right)u + \left(\frac{\partial v}{\partial y}\right)v: \text{ İvme}$$

Formül 3.77 ve Formül 3.78’de verilen Navier-Stokes denklemleri Euler denkleminde olmayan sürtünme kuvvetleri ifadelerinin, eklenmesi ile daha genelleşmiş hareket denklemleridir (Kabdaşlı ve ark. 2007).

$$\frac{\partial u}{\partial t} + \left(\frac{\partial u}{\partial x}\right)u + \left(\frac{\partial u}{\partial y}\right)v = \left(-\frac{1}{\rho}\right)\left(\frac{\partial P}{\partial x}\right) + X + v_T \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2}\right) \quad \mathbf{3.77}$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + \left(\frac{\partial v}{\partial x}\right)u + \left(\frac{\partial v}{\partial y}\right)v = \left(-\frac{1}{\rho}\right)\left(\frac{\partial P}{\partial y}\right) + Y + v_T \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2}\right) \quad \mathbf{3.78}$$

$$v_T \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2}\right): \text{Viskozite}$$

3.2.3.3. Saint Venant Denklemleri

Saint Venant Denklemleri derinlik boyunca ortalama hızların ortalaması alınarak Navier-Stokes denklemleri olan Formül 3.59 ve Formül 3.60.dan elde edilir. Hidrodinamik basınç kabulü ile basınç P derinlik H ile yer değiştirir. İki boyutlu Saint Venant denklemleri Formül 3.79 ve Formül 3.80.de verilmiştir (Kabdaşlı ve ark 2007).

$$\frac{\partial u}{\partial t} + \left(\frac{\partial u}{\partial x}\right)u + \left(\frac{\partial u}{\partial y}\right)v = (-g) \left(\frac{\partial H}{\partial x}\right) + fv - gu \left(\frac{\sqrt{(u^2 + v^2)}}{HC^2}\right) + kW_x|W| + \frac{Q(u - u_0)}{H} \quad \mathbf{3.79}$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + \left(\frac{\partial v}{\partial x}\right)u + \left(\frac{\partial v}{\partial y}\right)v = (-g) \left(\frac{\partial H}{\partial y}\right) + fu - gv \left(\frac{\sqrt{(u^2 + v^2)}}{HC^2}\right) + kW_y|W| + \frac{Q(v - v_0)}{H} \quad \mathbf{3.80}$$

u: x yönündeki akımın hız bileşeni

v: y yönündeki akım hız bileşeni

t: zaman

g: yerçekimi ivmesi

H: toplam su derinliği

η : su seviyesi değişimi

f: koriolis parametresi

C: chezy sürtünme katsayısı

k: rüzgar gerilmesi parametresi

W: yatay rüzgar hızı

W_x : x yönündeki rüzgar hız bileşeni

W_y : y yönündeki rüzgar hız bileşeni

Q: akıma katılan su debisi

u_0 : x yönündeki akıma katılan su hızı bileşeni

v_0 : y yönündeki akıma katılan su hızı bileşeni

Bu denklemler sonlu farklar ya da sonlu elemanlar yöntemlerini esas alarak oluşturulacak hassas nümerik modeller yardımıyla çözülerek iki boyutta ya da 3 boyutta model sınırları dahilindeki akım ve taşınım koşulları çözülebilir. Ancak kullanım amacına uygun nümerik modeller oluşturulması zor ve zaman alan bir iştir (Kabdaşlı ve ark. 2007).

3.2.3.4. Aquadyn Yazılım Programı ile İki Boyutlu Akım Modellemesi

Aquadyn[], güçlü, kullanımı kolay ve tamamen hidrodinamiğe entegre edilmiş bir simülasyon paketidir. Bu paket otomatik bir ağ, bir giriş editörü, çözümleyici ve çeşitli görselleştirme özellikleri ile evrimii belgelerden oluşur. Aquadyn[] sonlu elemanlar metodunu kullanarak iki boyutlu sığ su denklemlerini çözerek gl ve nehir ağızlarındaki akışı simüle eder. Aquadyn[] köprüler, iskeleler gibi yapıların etkilerini ve sonuçlarını tahmin etmekte güvenilir bir yol sağlar. Aquadyn[] aynı zamanda su akışı içindeki ısının yayılımı ve suda taşınan sedimentlerin de taşınım hesabını yapar. Aquadyn[] gerçek zamanlı bir sistem içinde uygulama, programlama arabirimleri ile bağlantılı olabilir.

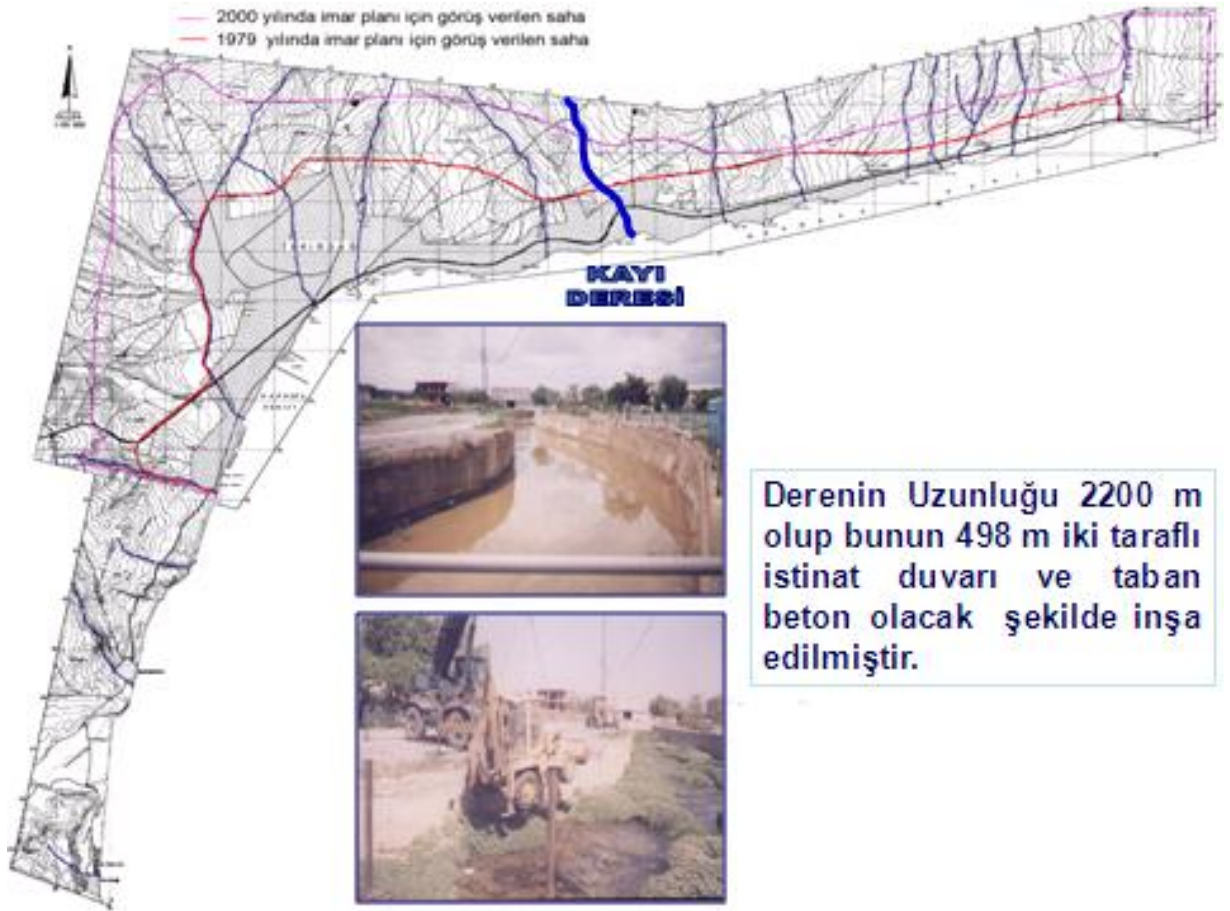
Aquadyn[] Bölüm 3.2.3.1, Bölüm 3.2.3.2, ve Bölüm 3.2.3.3.de verilen akım ve taşınım denklemlerini sonlu elemanlar yöntemi ile iki boyutlu olarak çözmektedir. Sonlu elemanlar metodu kullanılması için çalışma sahasının sınırlarını ve bu sınırları da dahil edecek şekilde tanımlanan noktalar ile üçgensel hücrelerden oluşan bir ağ oluşturulması gerekir. Oluşturulan

ağdaki herbir üçgensel hücrenin herbiri bir eleman olarak algılanır ve hesaplamalar herbir hücre için yapılır. Eğer model permenan olmayan (zamanla değişebilecek) şartlar için çalıştırılıyor ise, tanımlanan çok küçük bir Δt zaman aralığı üzerinden iterasyon yapılarak herbir hücre için yeni bir iterasyonla hesap yenilenir. Önceden tanımlanan hesap süresi bittiğinde ise program durur. Gerekirse elde edilen veriler bir sonraki hesaplama için başlangıç değerleri kabul edilir.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

Materyal bölümünde taşkın konusu ele alınmış, çalışma konusu olan taşkın yapıları tasarımı ise yöntem bölümünde ayrıntıları ile anlatılmıştır. Bu bölümde Kayı Deresi Taşkın önleme yapısı tasarımı örneğine yer verilecektir.

4.1.Kayı Deresi Taşkın Koruma Yapısı Çalışma Bölgesi



Şekil 4.1. Kayı deresi taşkın önleme yapısı çalışma bölgesi

Kayı Deresi kuzeyden güneye doğru $J= 0.002$ eğimle Marmara Denizi'ne akmaktadır. Proje taşkın alanı kuzey-güney doğrultusunda olup yükseltiler kuzeye doğru artmaktadır. Proje alanı deniz seviyesinden ortalama 2.00 m yüksekliktedir. Proje yağış alanı 48.5 km^2 dir. Etüd alanı genel olarak deniz ikliminin etkisindedir. Kış ayları soğuk ve yağışlı yaz ayları ise sıcak ve az

yağışlı geçmektedir. Yağışların max. değerlerinin hemen hemen tamamı kış aylarına isabet etmektedir. Kısa süreli sağnak yağışlar ise daha çok Mayıs ve Haziran aylarında tespit edilmiştir. Etüd alanında inşaat mevsimi 15 Mart-15 Kasım ayları arasındadır.

Etüd alanında alüvyon mevcuttur. Alüvyon yaklaşık olarak 15-20 m kalınlığa sahiptir ve silt, kil, ince kum, çakıl parçalarından meydana gelmiştir. Civarda mostra veren üst miosen birimleri ve ince tabakalı kiltası silt taşı aralanmasından meydana gelmiş olup yer yer çatlaklıdır. İnceleme alanı ve çevresinde herhangi bir tektonik yapı mevcut değildir. İnceleme alanı 2. derece deprem bölgesi içinde kalmaktadır (DSİ 2008).

4.2. Problemler

Kayı Deresi'nin Belediye imar sahası içerisinde bulunması dere üzerinde Belediyesince yapılan geçiş amaçlı menfez ve yaya köprüleri ile tesise müdahaleler sonrasında 16 Kasım 2007 tarihindeki yağışlar sırasında yaşanan taşkında çevrede zararlar meydana gelmiştir.

Dere üzerine yapılmış 3 gözlü menfezden sonra mansaba doğru yatak kapasitesi ile ilgili sorunlar artmaktadır. Menfezin kesitinin yetersiz olması nedeniyle bu noktada kesitte şişmeler oluşmakta ve taşkın sırasında gelen ağaç dalları ve rüsubat ara perdelerdebirlikte suyun akışına engel olmaktadır. Böylece menfezin yanlarından ve mansaptaki beton duvar üzerinden suyun taşıdığı mahalle içine yayıldığı ve sol sahildeki 33 adet meskenin zemin katları ile bir sitenin zemin katlarının ve DSİ113. Şube tesisleri bahçesinin sular altında kaldığı görülmüştür (DSİ2008).

4.3. Projelendirmeye Esas Olacak İlk Etüd Değerleri

Kayı Deresine ait ilk projelendirilme 1987 yılında yapılmıştır. Bu değerlendirmede, proje taşkın pikleri hesabında Tekirdağ meteoroloji istasyonunun yılda günlük maksimum yağış değerlerinden faydalanılarak 4-6-8 saatlik yağışlar analiz edilmiştir. Projelendirmede sağnak süresi 8 saat seçilerek taşkın pikleri DSİ Sentetik metotla bulunmuştur. DSİ Sentetik Metotla bulunan değerler, Mockus Metodu ile bulunan değerlerle karşılaştırılmıştır. Tekirdağ DMİ (Devlet Meteoroloji İşleri)'nin yılda maksimum yağış değerleri ve Proje yağış alanı değişik yinelenmeli yağış değerleri verilmektedir. Proje yağış alanında Tekirdağ DMİ'nin pülviograf katsayıları

kullanılmıştır (DSİ1987).

4.3.1. Etüd Alanı Coğrafi Yeri

Proje alanı Trakya'nın güneyinde Tekirdağ Merkez DSİ 113. Şube tesisleridir. Taşkına neden olan Kayı Deresi kuzeyden güneye doğru $J= 0.002$ eğimle Marmara Denizine akmaktadır. Proje alanı 1/25000 ölçekli Bandırma G19-a1 ve Kırklareli F19-d4 paftasında Green Wich başlangıcına göre ($27^0 30' 30''$ - $27^0 35' 30''$) doğu boylamları ile ($41^0 00' 30''$ - $41^0 05' 30''$) kuzey daireleri içinde yer alır (DSİ1987).

4.3.2. Topoğrafya

Proje taşkın alanı kuzey-güney doğrultusunda olup yükseltiler kuzeye doğru artmaktadır. Proje alanı deniz seviyesinden ortalama 2 m yüksekliktedir. Proje yağış alanı 50.94 km^2 dir. Havza yağış-akış bağıntısına esas olacak eğri nurarası 84 olarak hesaplanmıştır. Yağış alanının bitki ve toprak örtüsü ile arazinin kullanım şeklinin taşkınlara tesiri deneysel metodlarla geliştirilerek yağış-akış eğrisi tabloları oluşturulmuştur. Yağış-Akış konusu Bölüm 3.1.2.1.3.de anlatılmış ve yağış akış eğrileri Şekil 3.2.de gösterilmiştir. Kayı Deresi 1987 yılı etüd raporunda seçilen eğri numarası hidrolojik zemin grupları ve bitki örtüsüne göre hazırlanmış akış eğrisi tablolarından alınmıştır.

4.3.3.İklim

Etüd alanı genel olarak deniz ikliminin etkisindedir. Kış ayları soğuk ve yağışlı yaz ayları ise sıcak ve az yağışlı geçmektedir. Yağışların max. değerlerinin hemen hemen tamamı kış aylarına isabet etmektedir. Kısa süreli orajlı yağışlar ise daha çok Mayıs ve Haziran aylarında tespit edilmiştir. Etüd alanında inşaat mevsimi 15 Mart-15 Kasım ayları arasındadır.Taşkın debilerinin hesaplanmasında kullanılan Tekirdağ İli (DMİ) Meteroloji istasyonu yılda max. yağış değerleri Tablo 4.1.de verilmiştir(DSİ1987).

4.3.4. Genel Jeoloji

Etüd alanında alüvyon mevcuttur. Alüvyon yaklaşık olarak 15-20 m kalınlığa sahiptir ve silt, kil, ince kum ve çakıl parçalarından meydana gelmiştir. Civarda mostra veren üst miosen birimleri ve ince tabakalı kilaşı, silt taşı aralanmasından meydana gelmiş olup yer yer çatlaklıdır. İnceleme alanı ve çevresinde herhangi bir tektonik yapı mevcut değildir. İnceleme alanı 2. derece deprem bölgesi içinde kalmaktadır(DSİ1987).

4.3.5. Doğal Kaynaklar

Su Kaynağı:Proje alanında Kayı dere mevcuttur. 50.94 km² lik yağış alanına sahip olan Kayı dere yaz aylarında çok az da olsa baz akıma sahiptir.

4.3.6. Taşkın Debileri Hesabı

Proje taşkın pikleri hesabında Tekirdağ meteoroloji istasyonunun yılda günlük maksimum yağış değerlerinden faydalanılarak 4-6-8 saatlik yağışlar analiz edilmiştir. Projelendirmede sağanak süresi 8 saat seçilerek taşkın pikleri DSİ Sentetik metotla bulunmuştur. DSİ Sentetik Metotla bulunan değerler, Mockus Metodu ile bulunan değerlerle karşılaştırılmıştır. DSİ Sentetik metod ve Mockus Metodu “Bölüm 3.2.1.2.4.5.Taşkın Debisi Hesabı”nda anlatılmıştır.Tekirdağ DMİ nin yılda maksimum yağış değerleri 1987 yılında yapılan Kayı Deresi Etüd Plan Raporundan alınmış olup Tablo 4.1.de verilmiştir.

Tablo 4.1. Tekirdağ DMİ yılda günlük maksimum yağışlar

YILLAR	YAĞIŞ (mm)	SIRA NO	$p = \frac{m}{n + 1}$	SIRALI VERİLER
1929	50.00	1	0.018	23.3
1930	45.00	2	0.036	26.6
1931	86.00	3	0.055	26.8
1932	50.20	4	0.073	27.0
1933	30.00	5	0.091	28.3

YILLAR	YAĞIŞ (mm)	SIRA NO	$p = \frac{m}{n + 1}$	SIRALI VERİLER
1934	65.50	6	0.109	29.2
1935	34.00	7	0.127	29.5
1936	39.50	8	0.145	30.0
1937	30.00	9	0.164	30.8
1938	60.00	10	0.182	32.3
1939	50.50	11	0.200	34.0
1940	53.90	12	0.218	34.3
1941	23.30	13	0.236	35.5
1942	49.60	14	0.255	37.1
1943	58.50	15	0.273	37.2
1944	32.30	16	0.291	37.5
1945	59.70	17	0.309	38.6
1946	65.80	18	0.327	39.0
1947	34.30	19	0.345	39.0
1948	37.20	20	0.364	39.5
1949	35.50	21	0.382	40.3
1950	55.20	22	0.400	40.4
1951	48.30	23	0.418	42.3
1952	37.10	24	0.436	42.3
1953	53.90	25	0.455	45.0
1954	60.70	26	0.473	48.3
1955	70.40	27	0.491	48.3
1956	79.20	28	0.509	48.8
1957	42.30	29	0.527	49.2
1958	51.80	30	0.545	49.6
1959	57.00	31	0.564	50.0
1960	30.80	32	0.582	50.2
1961	37.50	33	0.600	50.5
1962	76.80	34	0.618	50.9
1963	55.40	35	0.636	51.8

YILLAR	YAĞIŞ (mm)	SIRA NO	$p = \frac{m}{n + 1}$	SIRALI VERİLER
1964	53.10	36	0.655	53.1
1965	49.20	37	0.673	53.9
1966	50.90	38	0.691	53.9
1967	40.40	39	0.709	55.2
1968	48.80	40	0.727	55.4
1969	42.30	41	0.745	57.0
1970	48.30	42	0.764	58.5
1971	39.00	43	0.782	59.7
1972	29.50	44	0.800	60.0
1973	29.20	45	0.818	60.1
1974	28.30	46	0.836	60.7
1975	72.10	47	0.855	63.4
1976	60.10	48	0.873	65.5
1977	26.6	49	0.891	65.8
1978	63.4	50	0.909	70.4
1979	38.6	51	0.927	72.1
1980	26.8	52	0.945	76.8
1981	40.3	53	0.964	79.2
1982	27	54	0.992	86.0

p: olasılık(Yağışlarda olasılık hesapları konusu Bölüm 3.2.1.2.2.4.de anlatılmıştır.)

m: sıra numarası

n: gözlem yılı sayısı

Tablo 4.1.de oluşturulan sıralı veri değerlerine göre taşkın frekansı serileri oluşturulması gerekmektedir. Bunun için extrem (uç nokta) serinin ve standart sapmaları hesaplanmalıdır. Extrem değerlere ait istatistik karşılaştırma Gumbel tarafından ortaya konulmuş en sağlam metodlardan biridir. Gumbel metodu Bölüm 3.2.1.2.2.4.ün içinde Extrem dağılım konusunda anlatılmıştır. Extrem değerlerin dağılımı 1987 yılı Kayı Deresi Etüd Raporundan alınmış ve Tablo 4.2.de verilmiştir.

Tablo 4.2. Extrem değerlerin dağılımı

n	=	54
S_Y	=	1.17
X	=	47.59
S_x	=	14.6
S_{x-1}	=	14.74
Y_n	=	0.55

n : Gözlem sayısı

X : Extrem miktar

S_y : Ydeğerlerinin standart sapması

S_x : X değerlerinin standart sapması

S_{x-1} : Seriden en büyük değer atılmak suretiyle (X-1) serisi için hesaplanan standart sapma

DSİ tarafından 1987 yılında yapılmış olan Kayı Deresi etüd raporundaki yağış dağılım fonksiyonu hesapları meteoroloji mühendisleri tarafından yapılmış olup hesaplarda DMİ verilerinin yanısıra birçok abak, tablo ve yöntemden yararlanılmaktadır. Tablo 4.3, Tablo 4.4, Tablo 4.5, Tablo 4.6, Tablo 4.7, Tablo 4.8, Tablo 4.9, Tablo 4.10 meteorolojik hesaplamalar olup 1987 yılı Kayı Deresi etüd raporundan alınmıştır. Çalışmaya konu olan Kayı deresinin 2008 yılı etüd raporundaki etüd verileri ile 1987 etüd verilerinin karşılaştırmasının yapılabilmesi için yukarıda belirtilen bu tablolara (meteorolojik veri ve hesaplar olmasına rağmen) çalışma kapsamında yer verilmiştir.

Tablo 4.3. Normal dağılım fonksiyonu

Yenilenme Süresi	Frekans (F_x) %	X_t	$X = X + X_t \times S_{X-1}$
2	50	0	47.59
5	80	0.842	60
10	90	1.282	66.49
25	96	1.750	73.39
50	98	2.054	77.87
100	99	2.327	81.89

Yenilenme Süresi	Frekans (F _x) %	X _t	$X = X + X_t \times S_{x-1}$
500	99.8	2.880	90.04

Tablo 4.4. Gumbel dağılım fonksiyonu

Yenilenme Süresi	Frekans (F _x) %	Y	$X = Y - \frac{Y_n}{S_y}$	$X = X + K \times S_x$
2	50	0.367	0.16	45.3
5	80	1.500	0.81	59.47
10	90	2.250	1.46	68.86
25	96	3.199	2.27	80.73
50	98	3.902	2.87	89.54
100	99	4.600	3.47	98.27
500	99.8	8.214	4.86	118.47

Tablo 4.5. 3 Parametrel dağılım fonksiyonu

Yenilenme Süresi	Frekans (F _x) %	X _t	$\frac{X_t}{2 \times \lambda}$	$X = X_0 + \frac{X_0}{2 \times \lambda}$
2	50	20.540	46.05	46.05
5	80	26.460	59.33	59.33
10	90	29.890	67.02	67.02
25	96	34.160	76.59	76.59
50	98	36.950	82.85	82.85
100	99	39.240	87.98	87.98
500	99.8	45.470	101.95	101.95

Tablo 4.6. Parametrel dağılım fonksiyonu

Yenilenme Süresi	Frekans (F _x) %	X _t	$\frac{X_t}{2 \times \lambda}$	$X = \frac{X_t}{2 \times \lambda}$
2	50	20.140	45.77	45.77
5	80	26.010	59.11	59.11

Yenilenme Süresi	Frekans (F _x) %	X _t	$\frac{X_t}{2 \times \lambda}$	$X = \frac{X_t}{2 \times \lambda}$
10	90	29.410	66.84	66.84
25	96	34.870	79.25	79.25
50	98	37.750	85.80	85.80
100	99	40.080	91.09	91.09
500	99.8	46.690	10.11	10.11

Tablo 4.7. Değişik yenilenmeli maksimum yağış yükseklikleri

Yağış Yüksekliği	mm
h ₂	47.59
h ₅	60.00
h ₁₀	66.49
h ₂₅	73.39
h ₅₀	77.87
h ₁₀₀	81.89
h ₅₀₀	90.04

Tablo 4.8. Projeyağış alanı değişik yenilenmeli yağış değerleri (mm)(DSİ 1987)

Saatler	1	2	4	6	8	12	18	24
Plüviograf Katsayısı	0.37	0.45	0.58	0.65	0.71	0.82	0.91	1
2	17.61	21.42	26.6	30.93	33.79	39.02	43.31	47.59
5	22.2	27	34.8	39	42.6	49.2	54.6	60
10	24.6	29.92	38.56	43.22	47.21	54.52	60.51	66.49
25	27.15	33.03	42.57	47.7	52.11	60.18	66.78	73.39
50	28.81	35.04	45.16	50.61	55.29	63.85	70.86	77.87
100	30.3	36.85	47.5	53.23	58.14	67.15	74.52	81.89
500	33.31	40.52	52.22	58.53	63.93	73.83	81.94	90.04

Pülviograf: Yağış ölçen cihaz.

Tablo4.9. Tekirdağ (DMİ) 1, 2 ,4, 6, 8, 12 ve 24 saatlik değişik yenilemeli yağış değerleri

TEKERRÜR		1	2	4	6	8	12	18	24
2	d.a. nok.yağ.	17.61	21.42	27.60	30.93	33.79	39.02	43.31	47.59
	1.13×d.a.no k.y.	19.90	24.20	31.19	34.95	38.18	44.09	48.94	53.78
	alan dağ. oranı	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96
	d.a.yağışı	19.90	23.23	29.94	33.55	36.65	42.33	46.98	51.63
5	d.a. nok.yağ.	22.20	27.00	34.80	39.00	42.60	49.20	54.60	60.00
	1.13×d.a.no k.y.	25.09	30.51	39.32	44.07	48.14	55.60	61.70	67.80
	alan dağ. oranı	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96
	d.a.yağışı	24.09	29.29	33.41	42.31	46.21	53.38	59.23	65.09
10	d.a. nok.yağ.	24.60	29.92	38.56	43.22	47.21	54.12	60.51	66.49
	1.13×d.a.no k.y.	27.80	33.81	43.57	48.84	53.35	61.61	68.38	75.13
	alan dağ. oranı	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96
	d.a.yağışı	26.69	32.46	41.83	46.89	51.22	59.15	65.64	72.12
25	d.a. nok.yağ.	27.15	33.03	42.57	47.70	52.11	60.18	66.78	73.39
	1.13×d.a.no k.y.	30.68	37.32	48.10	53.90	58.90	68.00	75.46	82.93
	alan dağ. oranı	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96
	d.a.yağışı	29.45	35.83	46.18	51.74	56.54	65.28	72.44	79.61
50	d.a. nok.yağ.	28.81	35.04	45.16	50.61	55.29	63.85	70.86	77.87
	1.13×d.a.no k.y.	32.56	39.60	51.03	57.19	62.48	72.15	80.00	87.99
	alan dağ. oranı	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96
	d.a.yağışı	31.26	38.02	48.99	54.90	59.98	69.26	76.80	84.47
100	d.a. nok.yağ.	30.30	36.85	47.50	53.23	58.14	67.15	74.52	81.89

TEKERRÜR		1	2	4	6	8	12	18	24
	1.13×d.a.no k.y.	34.24	41.64	53.68	60.15	65.70	75.88	84.21	92.54
	alan dağ. oranı	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96
	d.a.yağışı	32.87	39.97	51.53	57.74	63.07	72.84	80.84	88.84

d.a.nok. yağ.:Drenaj alanı noktasal yağış değerleri

1.13×d.a.nok.yağ.: 1.13 maksimize faktörü ile çarpılmış drenaj alanı nokta yağış değerleri

Alan dağ. oranı: Alan Dağılım Oranı

d.a. yağ.: Drenaj alanı yağış değerleri

Tablo 4.10. Yağış- Akışbağıntısına esas olacak eğri no'su hesabı

	ALAN	ORAN	SIZMA ŞARTI	GRUBU	EĞRİ NO	ORAN×EĞRİ NO
Ufak Daneli	48.94 km ²	0.96	Zayıf	C	84	80.64
Binalar	2.00 km ²	0.04	Zayıf	-	82	3.28
	50.94 km ²					83.92

Eğri No: 84 seçilmiştir.

Yağış-Akış eğri numarası seçimine Bölüm 4.3.2.de değinilmiştir.

Tablo 4.11. Drenaj alanı bölgesinde 8 saatlik yağış akış bağıntısı (DSİ 1987)

SAATLER		2/8	4/8	6/8	8/8
Yağışın zaman dağılım oranları		0.64	0.83	0.93	1.00
X ₂	Yağış	23.46	30.42	34.08	36.65
	Akış	3.00	5.80	8.00	9.40
	Artım Akış	3.00	2.80	2.20	1.40

SAATLER		2/8	4/8	6/8	8/8
Yağışın zaman dağılım oranları		0.64	0.83	0.93	1.00
X ₅	Yağış	29.60	38.35	43.00	46.21
	Akış	5.60	10.60	13.80	16.00
	Artım Akış	5.60	5.00	3.20	2.20
X ₁₀	Yağış	32.78	42.51	47.63	51.22
	Akış	7.30	13.50	17.10	19.00
	Artım Akış	7.30	6.20	3.60	1.90
X ₂₅	Yağış	36.20	46.93	52.58	56.54
	Akış	9.20	16.60	20.00	23.00
	Artım Akış	9.20	7.40	3.40	3.00
X ₅₀	Yağış	38.40	49.78	55.78	59.98
	Akış	10.60	18.60	22.40	25.60
	Artım Akış	10.60	8.00	3.80	3.20
X ₁₀₀	Yağış	40.36	52.35	58.66	63.07
	Akış	11.90	19.60	24.30	28.00
	Artım Akış	11.90	7.70	4.70	3.70

4.3.7. Taşkın Debilerinin DSİ Sentetik Metot İle Hesabı

A, L, L_c değerleri 1987 Yılı Kayı Deresi etüd raporundan alınmıştır.

$$A=50.94 \text{ km}^2 \quad L=13+425 \text{ km} \quad L_c=7+100 \text{ km}$$

A: Yağış (drenaj) alanı

L: Akarsu boyu (km)

L_c: Drenaj alanı ağırlık merkezinin ana akarsu üzerindeki izdüşümünün proje kesitine olan mesafesi (km)

S: Harmonik eğim

Sentetik yöntemle birim hidrograf analizi hesaplanmadan önce akarsu menbasından başlanarak proje kesitine kadar yükseklikler ve kot farkları belirlenir. Sonra akarsu uzunluğu olan L (km) 10 eşit parçaya bölünür. Daha sonra Formül 3.28 ile S_i değerleri hesaplanır. Bu işlemler Tablo 4.12.de gösterilmiştir.

Tablo 4.12. Sentetik yöntemle Birim Hidrograf analizi

Sıra No	Kot (m)	Kot Farkı h (m)	$\frac{L}{10}$	$\frac{1}{\sqrt{S_i}} = \sqrt{\frac{L}{10 \times h}}$
0	210.00	0.00	1342.50	0.00
1	100.00	110.00	1342.50	3.49
2	71.50	28.50	1342.50	6.86
3	52.35	19.15	1342.50	8.37
4	38.35	14.00	1342.50	9.79
5	32.86	5.49	1342.50	15.64
6	23.50	9.36	1342.50	11.98
7	9.24	14.26	1342.50	9.70
8	6.18	3.06	1342.50	20.94
9	3.06	3.12	1342.50	20.74
10	0.00	3.06	1342.50	20.95
			$\sum \frac{1}{\sqrt{S_i}} =$	128.46

Kayı Deresi Sentetik Yöntemle Birim Hidrograf Analizi Bölüm 3.2.1.2.3.4.de verilen formüllerle aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$\sqrt{S} = \frac{10}{\sum \left(\frac{1}{\sqrt{S_i}} \right)} \quad 3.27$$

$$\sqrt{S} = \frac{10}{128.46} = 0.07785$$

$$E = \frac{(L \times L_c)}{\sqrt{S}} \quad 3.31$$

$$E = 122.4$$

$$q_p = \frac{414}{A^{0.225} \times E^{0.16}} \quad (lt/sn/mm/km^2) \quad 3.30$$

$$q_p = 55.5 \quad (lt/sn/mm/km^2)$$

$$T = 3.65 \times \frac{V}{Q_p} \quad (sn) \quad 3.32$$

$$T = 3.65 \times \frac{50940}{2.83} = 65.700 \text{ sn} = 18.25 \text{ saat}$$

$$T = 5 \times T_p \quad (saat) \quad 3.34$$

$$T_p = \frac{18.25}{5} = 3.65 \text{ saat}$$

$$Q_p = A \times q_p \times 10^{-3} \quad (m^3/sn/mm) \quad 3.29$$

$$Q_p = 2.83 \text{ m}^3/sn/mm$$

S: Harmonik eğim

T_p : Hidrografın yükselme zamanı (saat)

T: Hidrograf devam süresi (saat)

Yukarıdaki hesaplarla Tablo 4.13 oluşturulur.

Tablo 4.13. DSİ sentetik yöntemle birim hidrograf analizi

$\frac{T}{T_p}$	$T_p = 3.65 \text{ saat}$	$\frac{Q}{Q_p}$	$Q_p = 2.83 \text{ m}^3/sn/mm$
0	0.00	0.000	0.00
0.1	0.37	0.015	0.04
0.2	0.73	0.075	0.21
0.3	1.10	0.16	0.45
0.4	1.46	0.28	0.79
0.5	1.83	0.43	1.22
0.6	2.19	0.60	1.70
0.7	2.56	0.77	2.18
0.8	2.92	0.89	2.52
0.9	3.29	0.97	2.75

$\frac{T}{T_p}$	$T_p = 3.65 \text{ saat}$	$\frac{Q}{Q_p}$	$Q_p = 2.83 \text{ m}^3/\text{sn}/\text{mm}$
1.0	3.65	1.00	2.83
1.1	4.02	0.98	2.77
1.2	4.38	0.92	2.60
1.3	4.75	0.84	2.38
1.4	5.11	0.75	2.12
1.5	5.48	0.66	1.87
1.6	5.84	0.56	1.58
1.8	6.57	0.42	1.19
2.0	7.30	0.32	0.91
2.2	8.03	0.24	0.68
2.4	8.76	0.18	0.51
2.6	9.49	0.13	0.37
2.8	10.22	0.098	0.28
3.1	11.32	0.075	0.21
3.5	12.78	0.036	0.10
4.0	14.60	0.018	0.05
4.5	16.43	0.009	0.03
5.0	18.25	0.004	0.01

Kayı deresi yağışlarının derinlik ve süreye göre birim hidrograf değerleriDSİ (1987)'den alınmıştır. Tablo 4.14.de bu bilgiler verilmektedir.

Tablo 4.14. Kayı deresi değişik yenilemeli DSİ sentetik birim hidrograf hesapları

Q₂=15.46 m³/sn						Q₅=26.85 m³/sn					
T	Q	h₁=3	h₂=2.8	h₃=2.2	h₄=1.4	Q₂	h₁=5.6	h₂=5.0	h₃=3.2	h₄=2.2	Q₂₅
0	0	0				0	0				0
1	0.40	1.20				1.20	2.24				2.24
2	1.44	4.32	0			4.32	8.06	0			8.06
3	2.58	7.74	1.12			8.86	14.45	2.00			16.45
4	2.77	8.31	4.03	0		12.34	15.51	7.20	0		22.71
5	2.22	6.66	7.22	0.88		14.76	12.43	12.90	1.28		26.61
6	1.50	4.50	7.76	3.17	0	15.43	8.40	13.85	4.60	0	26.85
7	1.00	3.00	6.22	5.68	0.56	15.46	5.60	11.10	8.26	0.88	25.84
8	0.68	2.04	4.20	6.09	2.02	14.35	3.81	7.50	8.86	3.17	23.34
9	0.46	1.38	2.80	4.88	3.61	12.67	2.58	5.00	7.10	5.68	20.36
10	0.30	0.90	1.90	3.30	3.87	9.97	1.68	3.40	4.80	6.09	15.97
11	0.20	0.60	1.29	2.20	3.10	7.19	1.12	2.30	3.20	4.88	11.50
12	0.13	0.39	0.84	1.50	2.10	4.83	0.73	1.50	2.18	3.30	7.71
13	0.09	0.27	0.56	1.01	1.40	3.24	0.50	1.00	1.47	2.20	5.17
14	0.07	0.21	0.36	0.66	0.95	2.18	0.39	0.65	0.96	1.50	3.40
15	0.04	0.12	0.25	0.44	0.64	1.45	0.22	0.45	0.64	1.01	2.32
16	0.03	0.09	0.20	0.29	0.42	1.00	0.17	0.35	0.42	0.66	1.60
17	0.02	0.06	0.11	0.20	0.28	0.65	0.11	0.20	0.29	0.44	1.04
18	0.01	0.03	0.08	0.15	0.18	0.44	0.06	0.15	0.22	0.29	0.72
			0.06	0.09	0.13	0.28		0.10	0.13	0.20	0.43
			0.03	0.07	0.10	0.20		0.05	0.10	0.15	0.30
				0.04	0.06	0.10			0.06	0.09	0.15
				0.02	0.04	0.06			0.03	0.07	0.10
					0.03	0.03				0.04	0.04
					0.01	0.01				0.02	0.02
0	0	0				0	0				0

Q₁₀=33.65 m³/sn						Q₂₅=40.88 m³/sn					
T	Q	h₁=7.3	h₂=6.2	h₃=3.6	h₄=1.9	Q₂	h₁=9.2	h₂=7.4	h₃=3.4	h₄=3.0	Q₂₅
1	0.40	3.0				3.00	3.68				3.68
2	1.44	10.51	0			10.51	13.25	0			13.25
3	2.58	18.83	2.48			21.31	23.74	2.96			26.70
4	2.77	20.22	8.93	0		29.15	25.48	10.66	0		36.14
5	2.22	16.21	16.00	1.44		33.65	20.42	19.10	1.36		40.88
6	1.50	11.00	17.17	5.18	0	33.65	13.80	20.50	4.90	0	39.20
7	1.00	7.30	13.76	9.29	0.76	31.11	9.20	16.40	8.77	1.20	35.57
8	0.68	4.96	9.30	9.97	3.50	27.73	6.26	11.10	9.42	4.32	31.18
9	0.46	3.36	6.20	7.99	4.90	22.45	4.23	7.40	7.55	7.74	26.92
10	0.30	2.20	4.21	5.40	5.26	17.07	2.76	5.03	5.10	8.31	21.20
11	0.20	1.46	2.85	3.60	4.22	12.13	1.84	3.40	3.40	6.66	15.30
12	0.13	0.95	1.86	2.45	2.85	8.11	1.20	2.22	2.28	4.50	10.26
13	0.09	0.66	1.24	1.66	1.80	5.46	0.83	1.48	1.56	3.00	6.97
14	0.07	0.51	0.81	1.08	1.29	3.70	0.64	0.86	1.02	2.04	4.66
15	0.04	0.29	0.56	0.72	0.87	2.44	0.37	0.67	0.68	1.38	3.16
16	0.03	0.22	0.43	0.47	0.57	1.70	0.28	0.52	0.44	0.90	2.12
17	0.02	0.15	0.25	0.32	0.38	1.10	0.18	0.30	0.31	0.60	1.39
18	0.01	0.07	0.19	0.25	0.25	0.80	0.09	0.22	0.24	0.39	0.82
			0.12	0.14	0.17	0.43		0.15	0.14	0.27	0.58
			0.06	0.11	0.13	0.30		0.07	0.10	0.21	0.38
				0.07	0.08	0.15			0.07	0.12	0.15
				0.04	0.06	0.10			0.03	0.09	0.12
					0.04	0.04				0.06	0.08
					0.02	0.02				0.03	0.0
Q₅₀=45.65 m³/sn						Q₁₀₀=48.17m³/sn					
T	Q	h₁=10.6	h₂=8.0	h₃=3.8	h₄=3.2	Q₂	h₁=11.9	h₂=7.7	h₃=4.7	h₄=3.7	Q₂₅
0	0	0				0	0				0
1	0.40	4.24				4.24	4.76				4.76
2	1.44	15.26	0			15.26	17.14	0			17.14
3	2.58	26.50	3.20			29.70	30.70	3.08			33.78

$Q_{50}=45.65 \text{ m}^3/\text{sn}$						$Q_{100}=48.17 \text{ m}^3/\text{sn}$					
T	Q	$h_1=10.6$	$h_2=8.0$	$h_3=3.8$	$h_4=3.2$	Q_2	$h_1=11.9$	$h_2=7.7$	$h_3=4.7$	$h_4=3.7$	Q_{25}
4	2.77	29.36	11.52	0		40.88	32.96	11.09	0		44.05
5	2.22	23.53	20.64	1.52		45.69	26.42	19.87	1.88		48.17
6	1.50	15.90	22.16	5.47	0	43.53	17.85	21.33	6.77	0	45.95
7	1.00	10.60	17.76	9.80	1.28	39.44	11.90	17.09	12.13	1.48	42.60
8	0.68	7.21	12.00	10.53	4.60	33.34	8.09	11.55	13.02	5.33	37.69
9	0.46	4.88	8.00	8.44	8.26	29.58	5.47	7.70	10.43	9.55	33.15
10	0.30	3.18	5.44	5.70	8.86	23.18	3.57	5.24	7.05	10.25	26.11
11	0.20	2.12	3.68	3.80	7.10	16.70	2.38	3.54	4.70	8.21	18.83
12	0.13	1.38	2.40	2.58	4.80	11.16	1.55	2.31	3.20	5.55	12.61
13	0.09	0.95	1.60	1.75	3.20	7.50	1.07	1.54	2.16	3.70	8.47
14	0.07	0.74	1.04	1.14	2.18	5.10	0.83	1.00	1.41	2.52	5.80
15	0.04	0.42	0.72	0.76	1.47	3.33	0.48	0.69	0.94	1.70	3.81
16	0.03	0.32	0.56	0.49	0.96	2.33	0.36	0.54	0.61	1.11	2.62
17	0.02	0.21	0.32	0.34	0.64	1.51	0.24	0.31	0.42	0.74	1.71
18	0.01	0.11	0.24	0.27	0.42	1.04	0.12	0.23	0.33	0.48	1.20
			0.16	0.15	0.29	0.60		0.15	0.19	0.33	0.70
			0.08	0.11	0.22	0.41		0.07	0.14	0.28	0.50
				0.08	0.13	0.21			0.09	0.15	0.24
				0.04	0.10	0.14			0.05	0.11	0.20
					0.06	0.06				0.07	0.07
					0.03	0.03				0.04	0.04

4.3.8. Taşkın Debilerinin Mockus Yöntemi İle Hesabı

A, L, H değerleri DSİ (1987)'den alınmıştır.

$$A=50.94 \text{ km}^2 \quad L=13+425 \text{ km} \quad S=0.007785 \cong 0.006 \quad H=210.00 \text{ m}$$

A: Yağış (drenaj) alanı

L: Akarsu boyu (km)

S: Harmonik eğim

H: Kot farkı (m)

T_c : Yağışın toplanma zamanı (saat)

D : Taşkını meydana getiren sağnak yağışın süresi (saat)

ΔD : Birim sağnak yağış süresi

Mockus yöntemi ile birim hidrograf hesabında yağış toplanma zamanı (T_c) 30 saate kadar olan drenaj alanları için uygulanabilmektedir. Yağışın değişkenliği nedeniyle heaplanacak taşkınlarda alınacak ΔD , birim sağnak süresinin seçilmesi önemlidir. Mockus yöntemi ile birim hidrograf hesabında Formül 3.40 kullanılır.

$$T_c = \frac{0.00032 \times L^{0.77}}{S^{0.385}} \quad (\text{saat}) \quad \mathbf{3.40}$$

$$T_c = \frac{0.00032 \times 13425^{0.77}}{0.006^{0.385}} = 3.46 \text{ saat} \text{ yaklaşık olarak } T_c = 4 \text{ saat} \text{ seçilir.}$$

$$D = 2 \times \sqrt{T_c} \quad (\text{saat}) \quad \mathbf{3.39}$$

$$D = 2 \times \sqrt{3.46} = 3.72 \text{ saat} \text{ yaklaşık olarak} \quad D = 4 \text{ saat}$$

$$T_p = 0.5 \times \Delta D + 0.6 \times T_c \quad (\text{saat}) \quad \mathbf{3.37}$$

$$T_p = 0.5 \times 3.72 + 0.6 \times 3.46 = 3.94 \text{ saat}$$

$$Q_p = \frac{K \times A \times h_a}{T_p} \quad (m^3/sn/mm) \quad \mathbf{3.35}$$

$$Q_p = \frac{0.208 \times 50.94 \times 1}{3.94} = 2.69 \quad m^3/sn/mm$$

Mockus Yönteminde hesaplanan $D=3.72 (\cong 4 \text{ saat})$ süreli sağnak yağışların akış yüksekliğine göre hesaplanan debi değerleri DSİ (1987)'deki veriler ile Tablo 4.15.de verilmiştir.

Tablo 4.15. $D=3.72 (\cong 4)$ saat süreli yağışların akışlarına göre debileri

T (yıl)	Yağış yüksekliği	Akış Yüksekliği H_a (mm)	$Q = Q_p \times H_a$ $Q = 2.69 \times H_a$
2.33	29.84	5.80	15.60
5	33.41	7.60	20.44
10	41.83	13.00	34.97
25	46.18	16.20	43.58

T (yıl)	Yağış yüksekliği	Akış Yüksekliği H _a (mm)	$Q = Q_p \times H_a$ $Q = 2.69 \times H_a$
50	48.99	18.00	48.42
100	51.53	18.70	50.30

İmar sınırları içindeki yerleşim yerlerinde olan derelerde taşkın yapısı tasarımlarında 500 yıllık debi değeri kullanılır. Taşkın tasarımı hidrolojik hesaplarında bulunan 10 yıllık ve 100 yıllık debi değerleri kullanılarak 500 yıllık taşkın debisi tekerrür ihtimali debi formülü Özdemir(1978)'den alınmış Formül 4.1.de verilmiştir.

$$Q_{500} = Q_{10} + (Q_{100} - Q_{10}) \times 1.687 \quad (m^3/sn) \quad \mathbf{4.1}$$

Formül 4.1 kullanılarak;

$$Q_{500} = 34.97 + (50.30 - 34.97) \times 1.687 = 60.84 \text{ m}^3/sn$$

Q₅₀₀: 500 yılda bir tekerrür edebilecek taşkın debisi (m³/sn)

Q₁₀₀: 100 yılda bir tekerrür edebilecek taşkın debisi (m³/sn)

Q₁₀: 10 yılda bir tekerrür edebilecek taşkın debisi (m³/sn)

Kayı deresi taşkın debilerinin hesabı Sentetik Birim Hidrograf Analizi ve Mockus Metodu kullanılarak hesaplanmıştır. Bu iki yöntemle elde edilen Kayı deresi taşkın debileri karşılaştırılması Tablo 4.16.da verilmektedir.

Tablo 4.16. Kayı deresi DSİ sentetik metod ve mockus yöntemi ile hesaplanmış debileri

A= 50.94 km ²		
DEBİLER	DSİ SENTETİK (m ³ /sn)	MOCKUS (m ³ /sn)
Q ₂	15.46	15.60
Q ₅	26.85	20.44
Q ₁₀	33.65	34.97
Q ₂₅	40.88	43.58
Q ₅₀	45.69	48.42
Q ₁₀₀	48.17	50.30

DEBİLER	DSİ SENTETİK (m ³ /sn)	MOCKUS (m ³ /sn)
Q ₅₀₀	58.15	60.84

4.3.9. Hidrolik Hesaplar

Bir dizi hidrolojik çalışmasonucu taşkın yapısı tasarımında kullanılacak olan debi değerleri en az iki yöntem kullanılarak belirlenir. Taşkın yapısı tasarımında hangi yöntem ile bulunan debiyi kullanacağına tasarımı yapan kişi karar verir. Kayı Deresi 1987 yılında yapılan etüd sonucu DSİ Sentetik Metotla bulunan debi değeri dikkate alınarak projelendirilmiştir.

Taşkın yapısının taşkın debisin, geçirebilecek boyutlarda olması için hidrolojik hesap yapmak gerekir. Hidrolojik kesit tahkikinde Formül 3.11.de verilen Manning Formülü kullanılır. Kayı deresinin Manning formülü ile kesit tahkik hesabı Tablo 4.17.da verilmiştir.

Tablo 4.17. Hidrolik kesit tahkiki

	Q ₁₀₀ tahkiki	Q ₅₀₀ tahkiki
b (m)	6.3	6.3
h (m)	2.7	3.0
$A = b \times h$ (m ²)	22.48	25.65
$\zeta = 2 \times h + b$ (m)	13.86	14.7
n	0.028	0.028
J	0.002	0.002
$R = \frac{A}{\zeta}$ (m) 3.11	1.62	1.745
$Q = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times J^{\frac{1}{2}}$ 3.10	50.27	59.40
Sonuç	Yeterli	Yeterli

b: Kesit taban genişliği (m)

h: Kesit yüksekliği (m)

A: Islak alan (m²)

Ç: Islak çevre (m)

R: Islak yarıçap (m)

J: Akarsu taban eğimi

n: Pürüzlülük katsayısı

4.3.10. Sürüklenme Gücüne İlişkin Hesaplamalar

$$\tau = \gamma \times R \times J \quad (kg/cm^2) \quad 3.42$$

J= 0.002 (Kayı Deresi 1987 yılı Etüd raporundan alınmıştır.)

γ :suyun özgül ağırlığı (kg/cm^3)

h: kesit yüksekliği (m)

b: kesit genişliği (m)

$$b=6.3 \text{ m} \quad h=2.7 \text{ m için} \quad R=1.62 \text{ m} \quad \tau = 1000 \times 1.62 \times 0.002 = 3.24 \text{ kg/cm}^2$$

$$\tau_{\text{şev}} = 3.24 \times 0.76 = 2.46 \text{ kg/cm}^2$$

$$\tau_{\text{taban}} = 3.24 \times 0.94 = 2.92 \text{ kg/cm}^2$$

Tabandaki sürüklenme direnci büyük olduğundan şevlerde oyulma olacaktır.

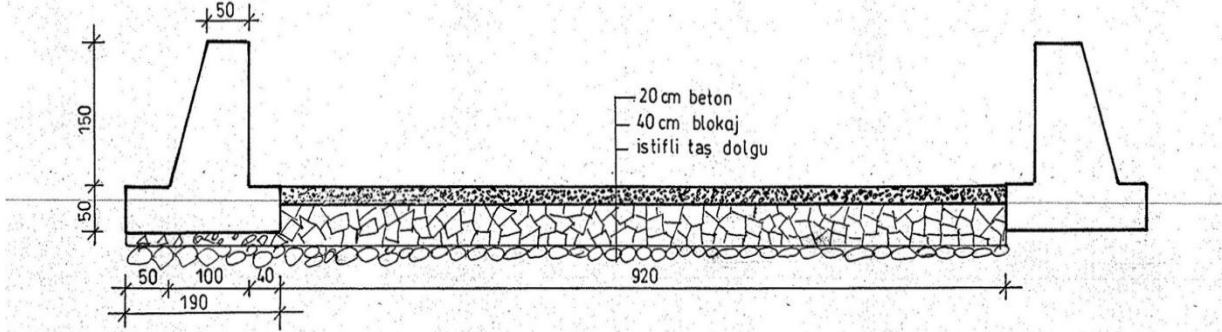
4.3.11. Uygulama Projesi

Tekirdağ-Merkez-Değirmenaltı Mahallesi Kayı deresi üzerinde DSİ (1987)'de belirlenen kriterlere uygun olarak Şekil 4.2.de kesitleri verilen 498 m uzunluğunda beton ağırlık duvarlı kanal yapılmıştır.

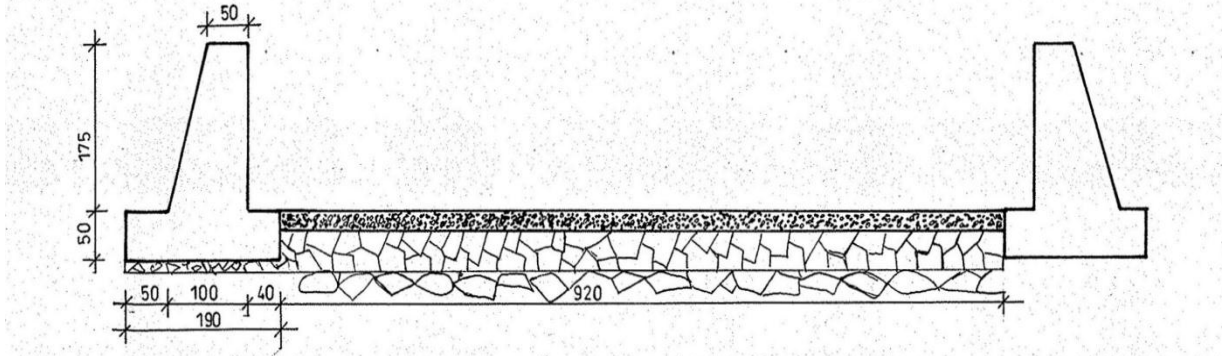
Kayı Derenin Belediye imar sahası içerisinde bulunması, dere üzerinde Belediyesince yapılan geçiş amaçlı menfez ve yaya köprüleri ile tesise müdahaleler sonrasında 16 Kasım 2007 tarihindeki yağışlar sırasında yaşanan taşkında çevrede zararlar meydana gelmiştir. Dere üzerine yapılmış 3 gözlü menfezden sonra mansaba doğru yatak kapasitesi ile ilgili sorunlar artmaktadır. Menfezin kesitinin yetersiz olması nedeniyle bu noktada kesitte şişmeler oluşmakta taşkın sırasında gelen ağaç dalları ve rüsubatınara perde diplerinde birikmesi suyun akışına engel olmaktadır. Böylece menfezin yanlarından ve mansaptaki beton duvar üzerinden suyun taşıdığı mahalle içine yayıldığı ve sol sahildeki 33 adet meskenin zemin katları ile bir sitenin zemin katlarının ve DSİ 113 Şube tesisleri bahçesinin sular altında kaldığı görülmüştür. Bu durum üzerine Kayı deresi 2008 yılında yeniden etüd edilmiştir.

MEVCUT BETON KANAL KESİTLERİ

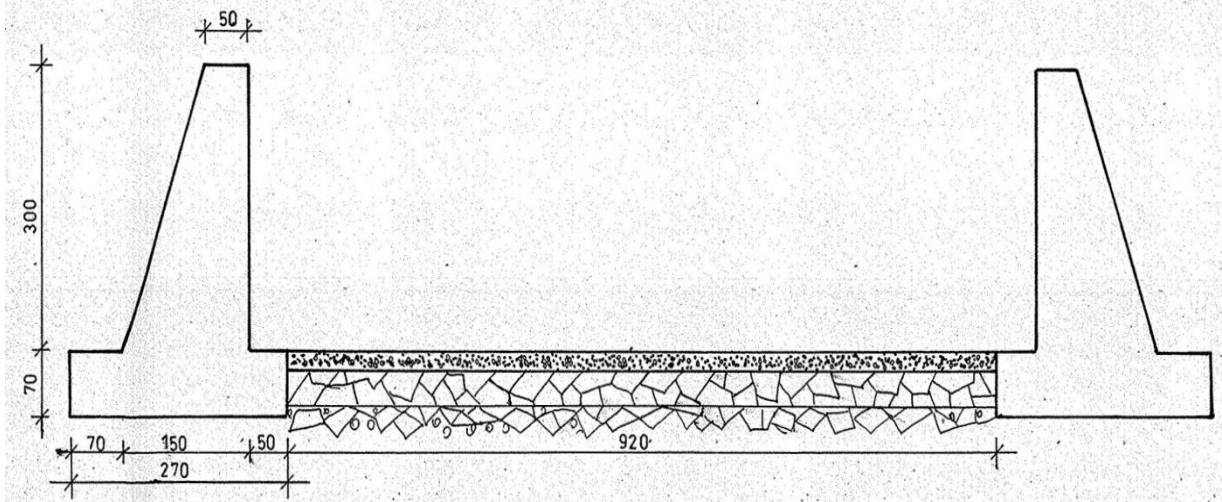
Km:0+000-0+145



Km:0+145-0+278



Km:0+278-0+491



Şekil 4.2.Mevcut beton kanal kesiti

Çalışmanın bundan sonraki kısmı DSİ (2008) verilerine dayanmaktadır.

4.4. Projelendirmeye Esas Olan İkinci Etüd (2008 yılı) Verileri

Kayı Deresi'ne ait ikinci projelendirmede proje yağış alanı 48.5 km² olarak belirlenmiştir. Derenin kuzeyden güneye doğru J=0.0011 eğimle Marmara denizine aktığı kabul edilmiştir ve havza yağış-akış bağıntısına esas olarak eğri numarası 72 olarak hesaplanmıştır ve n=0.0016 olarak alınmıştır. Proje çalışmalarında Tekirdağ(DMİ) Meteoroloji istasyonunun yılda günlük en çok yağış değerleri kullanılmıştır.

4.4.1.Coğrafya Yeri

Proje alanı Trakya'nın güneyinde Tekirdağ-Merkez DSİ 113. Şube tesisleri yanındır. Taşkına neden olan Kayı deresi kuzeyden güneye doğru J=0.0011 eğimle Marmara denizine akmaktadır.

Proje alanı 1/25000 ölçekli Kırklareli F19-d4; Bandırma G19-a1 paftalarından Greenwich başlangıcına göre (27 30' 30" -27 35' 30") boylamları ile (41 00' 30" -41 05' 30") enlemleri arasında yer alır. Taşkın tesisi Tekirdağ-İstanbul yolu üzerinde bulunmakta ve yılın her mevsiminde ulaşımına müsaittir.

4.4.2. Topoğrafya

Proje yağış alanı 48.5 km² olup proje alanının eğimi kuzey-güney istikametindedir. Proje alanının deniz seviyesinden yüksekliği ortalama 2 m'dir. Proje en düşük kotu 1 m, en yüksek kotu 1.58 m dolayısıyla kot farkı 0.58 m'dir. Havza yağış-akış bağıntısına esas olarak eğri numarası 72 olarak hesaplanmıştır(DSİ 2008).

4.4.3. İklim

Etüd alanı genel olarak deniz ikliminin tesiri altındadır. Kışları soğuk ve yağışlı, yazları sıcak ve az yağışlı geçmektedir. Yağışların maksimum değerleri genellikle ilkbahar ve kış aylarına

rastlamaktadır. Kısa süreli sağanak yağışlar ise daha çok Mayıs ve Haziran aylarında görülmektedir.

4.4.4. Genel Jeoloji

Etüt alanında alüvyon mevcuttur. Alüvyon yaklaşık olarak 15-20 m kalınlığa sahiptir ve silt, kil, ince kum ve çakıl parçalarından meydana gelmiştir. Civarda mostra veren üst miyosen birimleri ise ince tabakaları kıltaşı, silttaşı ardalaşmasından meydana gelmiş olup yer yer çatlaklıdırlar.

İnceleme alanı ve çevresinde herhangi bir tektonik yapı mevcut değildir. 2. derece deprem bölgesindedir(DSİ2008).

4.4.5. Toprak Özellikleri

Kayı deresi proje yatak eğimi $J=0.0011$ 'dir. Yatak şev eğimi $m=0$ olarak alınmıştır. Taşkın sahasında mansaba sürüklenen aşırı malzeme yoktur. Dere yatağının tabanı beton kaplamadır ve uygun periyotlarda DSİ tarafından temizlenmektedir(DSİ 2008).

4.4.6. Sosyo-Ekonomik Durum

Değirmenaltı mahallesi sınırları içerisinde 2500 mahalle sakini yaşamakta 500 adet konut, sağlık ocağı, ilköğretim okulu, DSİ tesisleri, TMO tesisleri ve alışveriş merkezi bulunmaktadır(DSİ 2008).

4.4.7. Taşkın Debileri Hesabı

Tekirdağ DMI'nin yılda maksimum yağış değerleri DSİ (2008)' den alınmış ve Tablo 4.18.de verilmiştir.

Tablo 4.18. Tekirdağ (DMİ) Meteoroloji İstasyonuna ait frekans analizleri

Sıra No	Yıllar	X Değerleri (mm)	Sıralı X (mm)	$p = \frac{m}{n + 1}$
1	1929	50	26.60	1.28
2	1930	45	26.80	2.56
3	1931	86.00	27.00	3.85
4	1932	50.20	27.00	5.13
5	1933	39.00	28.30	6.41
6	1934	65.50	29.20	7.69
7	1935	34.00	29.40	8.97
8	1936	39.50	29.50	10.26
9	1937	30.00	30.00	11.54
10	1938	60.00	30.80	12.82
11	1939	50.50	32.30	14.10
12	1940	53.90	33.00	15.38
13	1941	23.20	34.00	16.67
14	1942	49.60	34.30	17.95
15	1943	58.50	35.50	19.23
16	1944	32.30	37.10	20.51
17	1945	59.70	37.20	21.79
18	1946	65.80	37.50	23.08
19	1947	34.30	38.60	24.36
20	1948	37.20	39.00	25.64
21	1949	35.50	39.00	26.92
22	1950	55.20	39.50	28.21
23	1951	48.30	39.70	29.49
24	1952	37.10	40.00	30.77
25	1953	53.90	40.30	32.05
26	1954	60.70	40.40	33.33

Sıra No	Yıllar	X Değerleri (mm)	Sıralı X (mm)	$p = \frac{m}{n + 1}$
27	1955	70.40	40.90	34.62
28	1956	79.20	41.50	35.90
29	1957	42.30	41.90	37.18
30	1958	51.80	42.30	38.46
31	1959	57.00	42.30	39.74
32	1960	30.80	42.60	41.03
33	1961	37.50	43.70	42.31
34	1962	76.80	46.50	43.59
35	1963	55.40	48.30	44.87
36	1964	53.10	48.30	46.15
37	1965	49.20	48.50	47.44
38	1966	50.90	48.80	48.72
39	1967	40.40	49.20	50.00
40	1968	48.80	49.60	51.28
41	1969	42.30	49.90	52.56
42	1970	48.30	50.00	53.85
43	1971	39.00	50.20	55.13
44	1972	29.50	50.50	56.41
45	1973	29.20	50.90	57.69
46	1974	28.30	51.20	58.97
47	1975	72.10	51.80	60.26
48	1976	60.10	52.30	61.54
49	1977	26.60	53.10	62.82
50	1978	63.40	53.90	64.10
51	1979	38.60	53.90	65.38
52	1980	26.80	55.20	66.67
53	1981	40.30	55.40	67.95
54	1982	27.00	57.00	69.23

Sıra No	Yıllar	X Değerleri (mm)	Sıralı X (mm)	$p = \frac{m}{n + 1}$
55	1983	62.10	58.50	70.51
56	1984	62.10	59.70	71.79
57	1985	29.40	60.00	73.08
58	1986	68.60	60.10	74.36
59	1987	52.30	60.70	75.64
60	1988	33.00	62.10	76.92
61	1989	43.70	62.10	78.21
62	1990	49.90	63.40	79.49
63	1991	40.90	65.50	80.77
64	1992	42.60	65.80	82.05
65	1993	39.70	65.80	83.33
66	1994	65.80	67.00	84.62
67	1995	75.00	67.90	85.90
68	1996	27.00	68.60	87.18
69	1997	140.10	70.40	88.46
70	1998	104.40	72.10	89.74
71	1999	40.00	75.00	91.03
72	2000	46.50	76.80	92.31
73	2001	67.90	79.20	93.59
74	2002	48.50	86.00	94.87
75	2003	41.50	104.40	96.15
76	2004	67.00	128.00	97.44
77	2005	51.20	140.10	98.72
78	2006	41.90		
79	2007	128.00		

p: olasılık (Yağışlarda olasılık hesapları konusu Bölüm 3.2.1.2.2.4.de anlatılmıştır.)

m: sıra numarası

n: gözlem yılı sayısı

Tablo 4.18.de oluşturulan sıralı veri değerlerine göre taşkın frekansı serileri oluşturulması gerekmektedir. Bunun için ekstrem (uç nokta) seri ve standart sapmalar hesaplanmalıdır. Ekstrem değerlere ait istatistik karşılaştırma Gumbel tarafından ortaya konulmuş en sağlam metodlardan biridir. Gumbel metodu Bölüm 3.2.1.2.2.4.de Ekstrem dağılım konusu adı altında anlatılmıştır. Ekstrem değerlerin dağılımı DSİ (2008)'den alınmış ve Tablo 4.19.da verilmiştir.

Tablo 4.19. Tekirdağ DMİ Meteoroloji İstasyonu günlük maksimum yağışlarının ekstrem dağılım hesabı

Dağılım Tipi	2	5	10	25	50	100	Kabul Edilen
Normal Dağılım	51.57	68.83	77.85	87.48	93.69	99.28	*****
Log-Normal (2 Parametrelili)	47.92	66.16	78.31	93.74	105.27	116.86	
Log-Normal (3 Parametrelili)	46.84	64.41	77.26	94.73	108.54	123.03	
Pearson Tip-3 (Gama Tip-3)	45.43	64.27	78.37	96.94	110.93	124.89	
Log-Pearson Tip-3 (Gama Tip-3)	46.99	64.15	76.81	94.31	108.51	123.72	
Gumbel	78.30	67.81	80.73	97.05	109.16	121.18	

Dağılım hesabında kullanılan istatistik parametreler Tablo4.20.de verilmiştir.

Tablo 4.20. Dağılımların istatistik parametreleri (DSİ, 2008)

Yıl Sayısı	77
Lineer Çarpıklık Katsayısı	1.94236
Logaritmik Çarpıklık Katsayısı	0.50169

Lineer Ortalama	51.57013
Lineer Standart Sapma	20.50908
Logaritmik Ortalama	1.68460
Logaritmik Standart Sapma	0.15178

DSİ (1987)'deki gibi DSİ (2008)'de de yağış dağılım fonksiyonu hesapları meteoroloji mühendisleri tarafından yapılmış olup hesaplarda DMİ verilerinin yanısıra birçok abak, tablo ve yöntemden yararlanılmaktadır. Tablo 4.21, Tablo 4.22, Tablo 4.23, Tablo 4.24, ve Tablo 4.25. meteorolojik hesaplamalar olup DSİ (2008)'den alınmıştır. Çalışmaya konu olan Kayı deresinin DSİ (2008) verileri ile DSİ (1987) verilerinin karşılaştırmasının yapılabilmesi için yukarıda belirtilen bu tablolara (meteorolojik veri ve hesaplar olmasına rağmen) çalışma kapsamında yer verilmiştir.

Tablo. 4.21. Dağılımtiplerinin sonuçları DSİ (2008)

Dağılım Tipi	Teorik P	Amirik P	Maksimum P	P deki Gözlem Değeri	ANLAMLILIK YÜZDELERİ				
					0.80	0.85	0.90	0.95	0.99
Normal Dağılım	0.545	0.654	0.109	53.9	Kabul	Kabul	Kabul	Kabul	Kabul
Log-Normal (2 Parametrel)	0.508	0.449	0.060	48.3	Kabul	Kabul	Kabul	Kabul	Kabul
Log-Normal (3 Parametrel)	0.535	0.449	0.086	48.3	Kabul	Kabul	Kabul	Kabul	Kabul
Pearson Tip-3 (Gama Tip-3)	0.980	0.115	0.865	30	Red	Red	Red	Red	Red
Log-Pearson Tip-3 (Gama Tip-3)	0.527	0.449	0.078	48.3	Kabul	Kabul	Kabul	Kabul	Kabul
Gumbel	0.087	0.013	0.074	26.6	Kabul	Kabul	Kabul	Kabul	Kabul

Tekirdağ (DMİ) meteoroloji istasyonunun yağış alanına mesafesi, enlem ve kot olarak uygun olup taşkın hesaplarında plüviograf katsayıları bu meteoroloji istasyonundan alınmıştır. Tekirdağ

(DMİ) meteoroloji istasyonunun plüviograf katsayıları Tablo 4.22.de verilmiştir.

Tablo4.22. Pülviograf katsayılarının tespiti DSİ (2008)

Zaman	1	2	3	4	5	6	8	12	24
Plüvi. Katsayısı	0.58	0.66	0.72	0.76	0.80	0.82	0.86	0.90	1.00

Taşkın Yağış alanını temsil eden Tekirdağ (DMİ) Metyeoroloji İstasyonunun uyduğu dağılım ve değerleri Tablo 4.23.de verilmiştir.

Tablo 4.23. Yağış değerleri dağılımı DSİ (2008)

Tekirdağ (DMİ):	Uyduğu Dağılım: LP3					
Yenilenme Süresi	2	5	10	25	50	100
Yağış Yüksekliği	47.92	66.16	78.31	93.74	105.27	116.86

Tablo 4.24. Yağış değerleri

			SON ÇARPIM YAĞIŞ DEĞERLERİ					
			2	5	10	25	50	100
SAAT	Y. D. K.	PLV. KAT.	47.92	66.16	78.31	93.74	105.27	116.86
2	0.925	0.66	29.26	40.39	47.81	57.23	64.27	71.34
4	0.955	0.76	34.78	48.02	56.84	68.04	76.40	84.82
6	0.96	0.82	37.72	52.08	61.65	73.79	82.87	91.99
8	0.965	0.86	39.77	54.91	64.99	77.79	87.36	96.98
12	0.97	0.9	41.83	57.76	68.36	81.84	91.90	102.02

Y.D.K: Yağış dağılım katsayısı

PLV. KAT: Pülviograf katsayısı

4.4.8. Taşkın Debilerinin DSİ Sentetik Metot İle Hesabı

Taşkın Debilerinin Sentetik metodla Hesabı Bölüm 4.3.7.deki formüller kullanılarak DSİ (2008) verileri kullanılarak yapılmıştır. Hesap verileri ve sonuçları Tablo 4.25.de gösterilmiştir.

Tablo 4.25. DSİ sentetik yöntem taşkın debileri hesabı

Yağış Alanı	$A=48.50 \text{ km}^2$
Dere Boyu	$L=12.5 \text{ km}$
L_C Değeri	$L_C=7.1 \text{ km}$
Harmonik Eğim	$S=0.00787$
Akış verimliliği	$q_p= 57.24 \text{ lt/sn/mm/km}^2$
Birim hidrograf debisi	$Q_p = 2.78 \text{ m}^3/\text{sn/mm}$
Sağnak süresi	$T_p=3.4 \text{ saat}$
Birim Hidrograf Süresi	$T=17 \text{ saat}$
Eğri Numarası (CN)	72

DSİ Sentetik yöntem ile 4 saatlik yağışlardan hesaplanan taşkın tekerrür debileri DSİ (2008)den alınarak Tablo 4.26.de verilmiştir.

Tablo 4.26. DSİ sentetik yöntemle hesaplanan debi değerleri

Yıl	2	5	10	25	50	100
Debi (Q) m^3/sn	7.46	20.24	31.29	47.45	60.77	75.48

4.4.9. Taşkın Debilerinin Mockus Yöntemi İle Hesabı

Taşkın Debilerinin Sentetik metodla Hesabı Bölüm 4.3.8 deki formüller kullanılarak DSİ (2008) verileri kullanılarak yapılmıştır. Hesap verileri ve sonuçları Tablo 4.27.de gösterilmiştir.

Tablo 4.27. DSİ Mockusyöntem ile taşkın debileri hesap kriterleri

Yağış alanı	$A=48.50 \text{ km}^2$
Dere boyu	$L=12.5 \text{ km}$
Kot farkı	$H=200 \text{ m}$
Yağışın toplanma zamanı	$T_C=2.95 \text{ saat}$
Yağışı meydana getiren sağnak süresi	$D=3.44 \cong 3.5 \text{ saat}$
Hidrograf süresi	$T_p=2.27 \text{ saat}$
Birim hidrograf debisi	$Q_P = 3.09 \text{ m}^3/\text{sn}/\text{mm}$
Eğri numarası (CN)	72
Alan dağılım katsayısı	0.95

DSİ Mockus yöntemi ile hesaplanan taşkın tekerrür debileri ve akış değerleri Tablo 4.28.de verilmiştir.

Tablo 4.28. DSİ mockus yöntemle hesaplanan debi değerleri

YIL	2	5	10	25	50	100
YAĞIŞ	47.92	66.16	78.31	93.74	105.27	116.86
AKIŞ	2.57	7.57	11.92	18.33	23.67	29.41
DEBİ(Q)	7.44	21.88	34.46	53.03	68.46	85.06

Kayı Deresi Taşkın debilerinin hesabı Sentetik Birim Hidrograf Analizi ve Mockus Metodu kullanılarak hesaplanmıştır. Bu iki yöntemle elde edilen Kayı Deresi taşkın debileri karşılaştırılması Tablo 4.29.da verilmektedir.

Tablo 4.29. Kayı Deresi DSİ Sentetik metod ve Mockus yöntemi ile hesaplanmış debileri

METOD ADI	YİNELENME SÜRESİ						
	2	5	10	25	50	100	500
DSİ SENTETİK	7.46	20.24	31.29	47.45	60.77	75.48	106.06
MOCKUS	7.44	21.88	34.46	53.03	68.46	85.06	120.08

4.4.10. Hidrolik Hesap

Bir dizi hidrolojik çalışmasonucu taşkın yapısı tasarımında kullanılacak olan debi değerleri en az iki yöntem kullanılarak belirlenir. Taşkın yapısı tasarımında hangi yöntem ile bulunan debiyi kullanacağına tasarımı yapan kişi karar verir. Kayı Deresi 2008 yılında yapılan etüd sonucu DSİ Sentetik Metodla bulunan debi değeri dikkate alınarak projelendirilmiştir.

Taşkın yapısının taşkın debisini, geçirebilecek boyutlarda olması için hidrolojik hesap yapmak gerekir. Hidrolojik kesit tahkikinde Formül 3.11.de verilen Manning Formülü kullanılır. Kayı deresinin Manning formülü ile kesit tahkik hesabı Tablo 4.30.da verilmiştir.

Tablo 4.30. Hidrolik kesit tahkiki

		Q ₅₀₀ tahkiki
b (m)		9.80
h (m)		3.40
$A = b \times h$ (m ²)		33.32
$\zeta = 2 \times h + b$ (m)		16.60
n		0.016
J		0.0011
$R = \frac{A}{\zeta}$ (m)	3.12	2.007
$Q = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times J^{\frac{1}{2}}$	3.11	109.85
$Q > Q_{500}$		Yeterli

b: Kesit taban genişliği (m)

h: Kesit yüksekliği (m)

A: Islak alan (m²)

Ç: Islak çevre (m)

R: Islak yarıçap (m)

J: Akarsu taban eğimi

n: Pürüzlülük katsayısı

Bu debiye göre hidrolik hesaplar yapıldığında duvar yüksekliğinin 3.40 m olması gerektiği görülmüştür. Duvar yüksekliğinin 3.40 m olmasının işin yapımında sorunlara sebep olacağı düşünüldüğünden tasarımı düşünülen betonarme kanalın duvar yüksekliğini azaltmak için dere yatağı 2 m genişletilmiştir. Bu duruma göre yapılan hidrolik hesaplar Tablo 4.31.de verilmektedir.

Tablo 4.31. Hidrolik kesit tahkiki

	Km 0+000-Km 0+268 arası	Km 0+268-Km 0+491 arası
b (m)	12.00	10.00
h (m)	2.80	3.40
$A = b \times h$ (m ²)	33.60	34.00
$\Ç = 2 \times h + b$ (m)	17.60	16.80
n	0.016	0.016
J	0.0011	0.0011
$R = \frac{A}{\Ç}$ (m) ^{3.12}	1.909	2.023
$Q = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times J^{\frac{1}{2}}$ ^{3.11}	107.18	112.73
$Q > Q_{500}$	Yeterli	Yeterli

4.4.11. Sürüklenme Gücüne İlişkin Hesaplamalar

$$\tau = \gamma \times R \times J \quad (kg/cm^2)$$

3.42

J= 0.0011 (Kayı Deresi 2008 yılı Etüd raporundan alınmıştır.)

γ :suyun özgül ağırlığı (kg/cm^3)

h: kesit yüksekliği (m)

b: kesit genişliği (m)

b=12 m h=2.8 m için R=1.909 m $\tau = 1000 \times 1.909 \times 0.0011 = 2.099 kg/cm^2$

$\tau_{\text{şev}} = 2.099 \times 0.76 = 1.59 kg/cm^2$

$\tau_{\text{taban}} = 2.099 \times 0.94 = 1.97 kg/cm^2$

Tabandaki sürüklenme direnci büyük olduğundan şevlerde oyulma olacaktır.

4.4.12. Ekonomik Analiz

Ekonomik analiz tasarım aşamasında yapılmalıdır. Bu konu ayrıntılı olarak 3.2.1.3.de anlatılmıştır. Kayı deresi 4.29.daki taşkın debisini geçirecek hidrolik boyutlara kadar yükseltilmesi düşünülerek ekonomik analiz yapılmıştır. Buna göre hesaplanan rantabile hesapları DSİ (2008)'den alınarak Tablo 4.32.de verilmiştir.

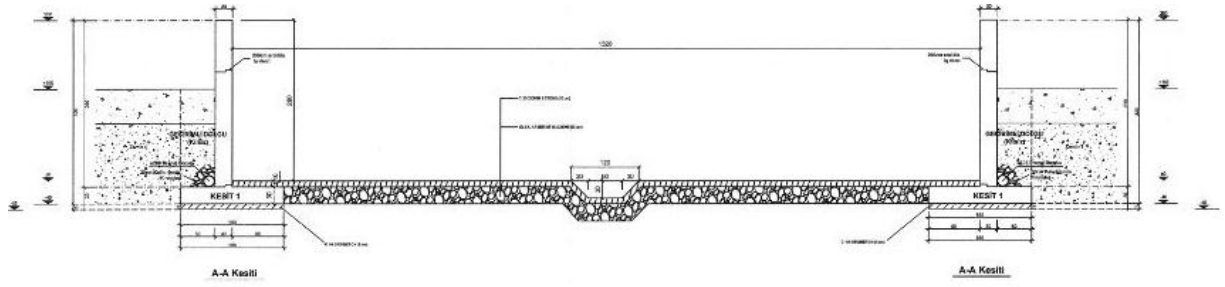
Tablo 4.32. Ekonomik analiz tablosu

A: Yıllık toplam gelir	22,361.00 TL
B: Proje keşif özeti	205,208.00TL
C: Etüd+proje+kontrollük hizmetleri $\%15 \times B$)	30,781.00 TL
D: Faiz (% 5 den 6 ay)	5,900.00
E: Yatırım Bedeli (B+C+D)	241,889.00 TL
F: Tesis yıllık Gideri (Faiz+Amortisman+Yenileme Giderleri) $(B \times 0.05016 + C \times 0.05478)$	12,302.00 TL
G: İşletme ve bakım giderleri $(B \times 0,01)$	2,052.00 TL
H: Yıllık gider toplamı (F+G)	14,354.00 TL
I: Proje rantabilitesi $\left(\frac{A}{H}\right)$	1.56

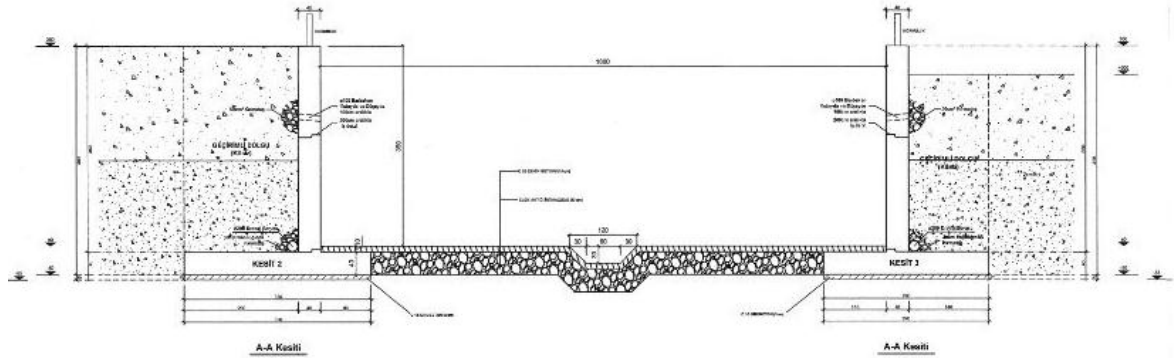
Tablo 4.32.de hesaplanan proje rantabilitesi 1'den büyük olduğu için proje rantabl bulunmuş DSİ proje için nakit ayırarak uygulama projenin uygulama projesinin yapılmasına karar verilmiştir.

4.4.13. Uygulama Projesi

DSİ, Kayı deresi Şekil 4.2.de gösterilen mevcutkanalın 20 yılı aşkın bir süredir yıpranma payı da gözönüne alındığında yıkılmasına ve yerine betonarme kanal yapılmasına karar vermiştir. Yapılan statik hesaplar sonucunda Kayı deresi etüd alanında Şekil 4.3.deki kesitin uygulanmasına karar verilmiştir.



KM 0+000 - 0+278 ARASI TİP KESİT



KM 0+278 - 0+491 ARASI TİP KESİT

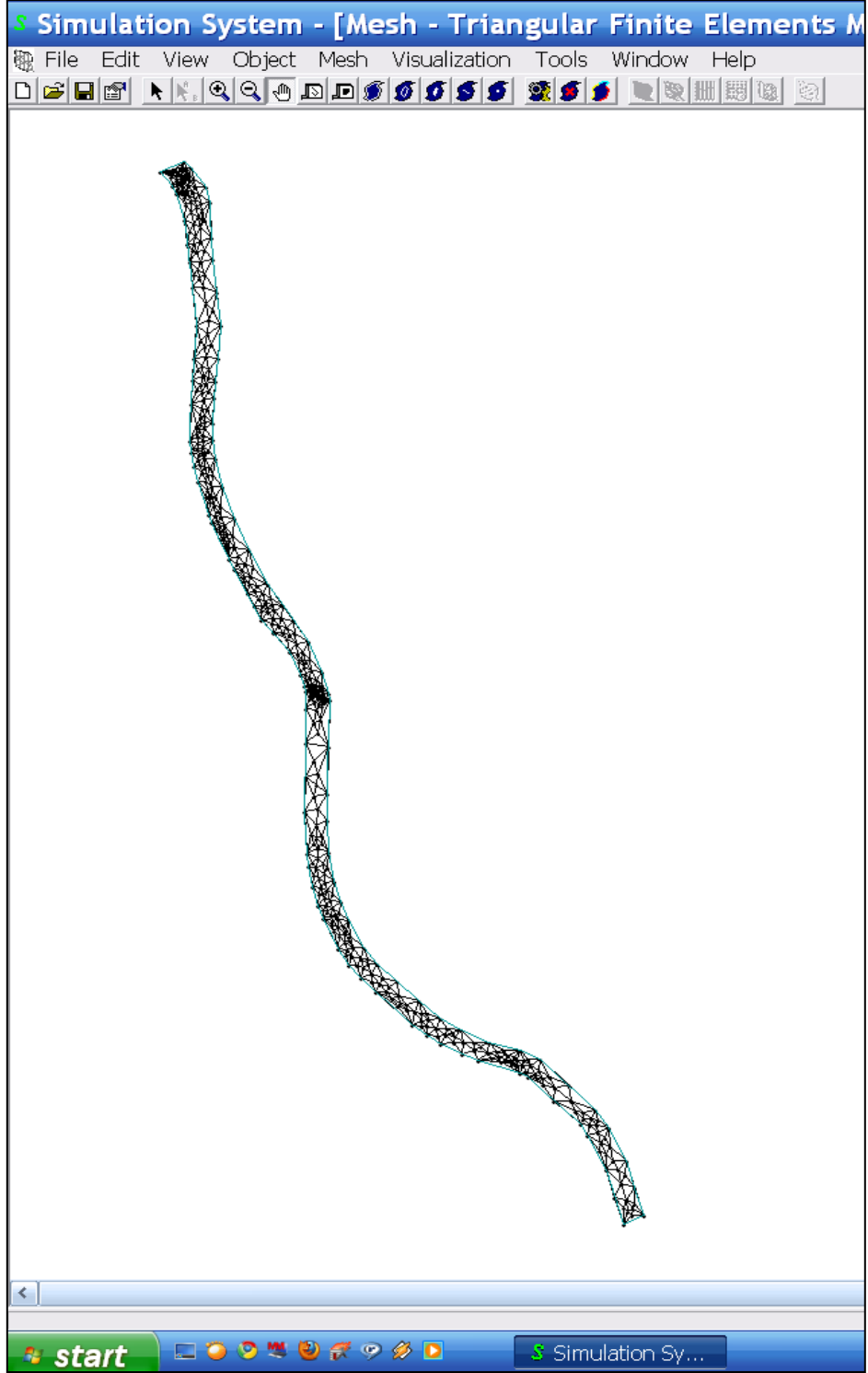
Şekil 4.3. İnşaa edilecek olan betonarme kanal kesiti

4.5.Kayı Deresi Akım Modellemesi

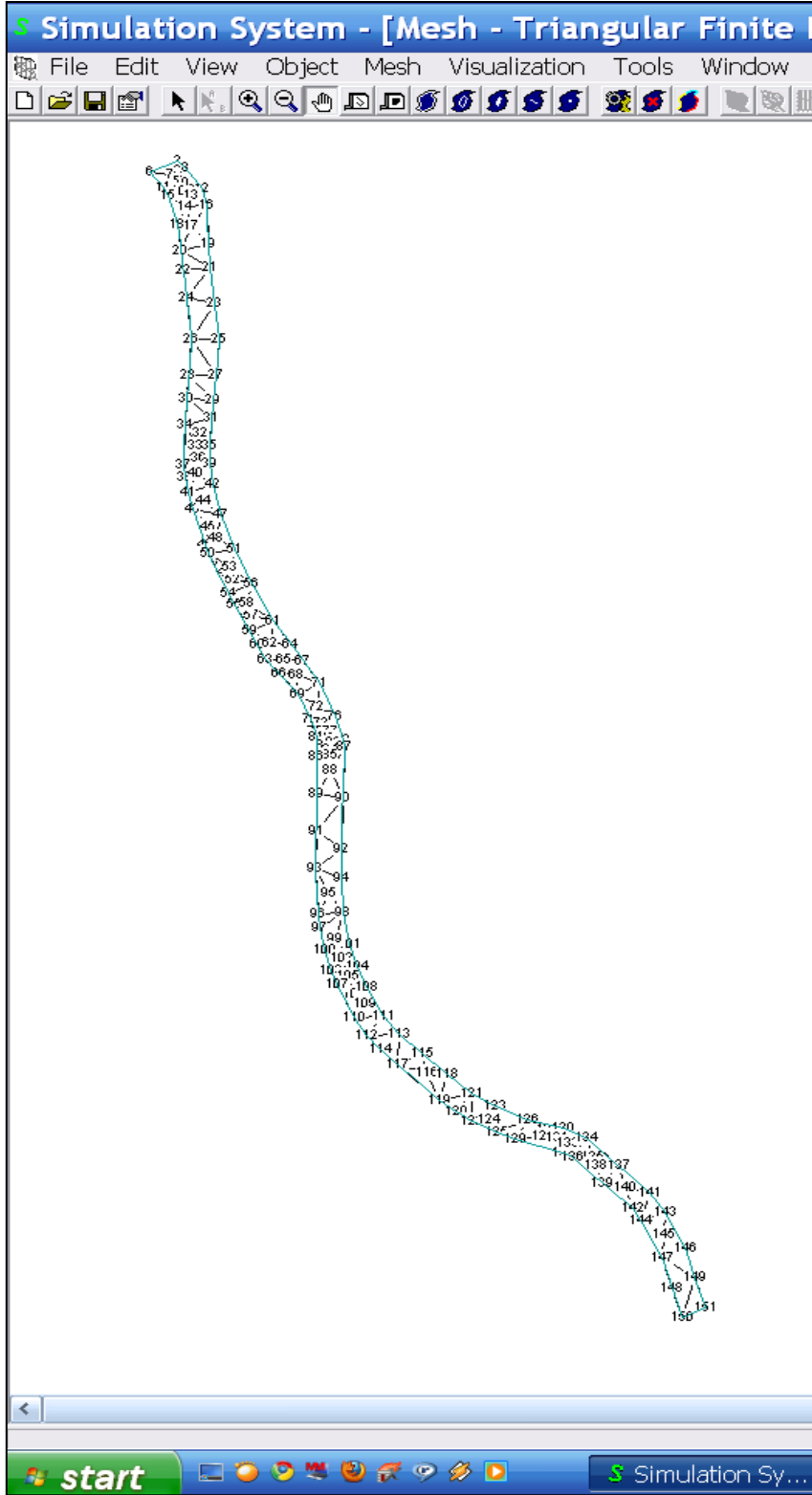
Kayı deresi nümeric modellemesi AquaDyn[®]adlı yazılım kullanılarak oluşturulmuştur. Bu yazılım programının çalışma esası ve Aquadyn yazılımının hesap sırasında kullandığı sonlu elemanlar yönteminde çözümlendiği hidrodinamik denklemler de Bölüm 3.2.3.de anlatıldı.

4.5.1. Dügüm Noktaları Girilmesi ve Ağların Oluşturulması

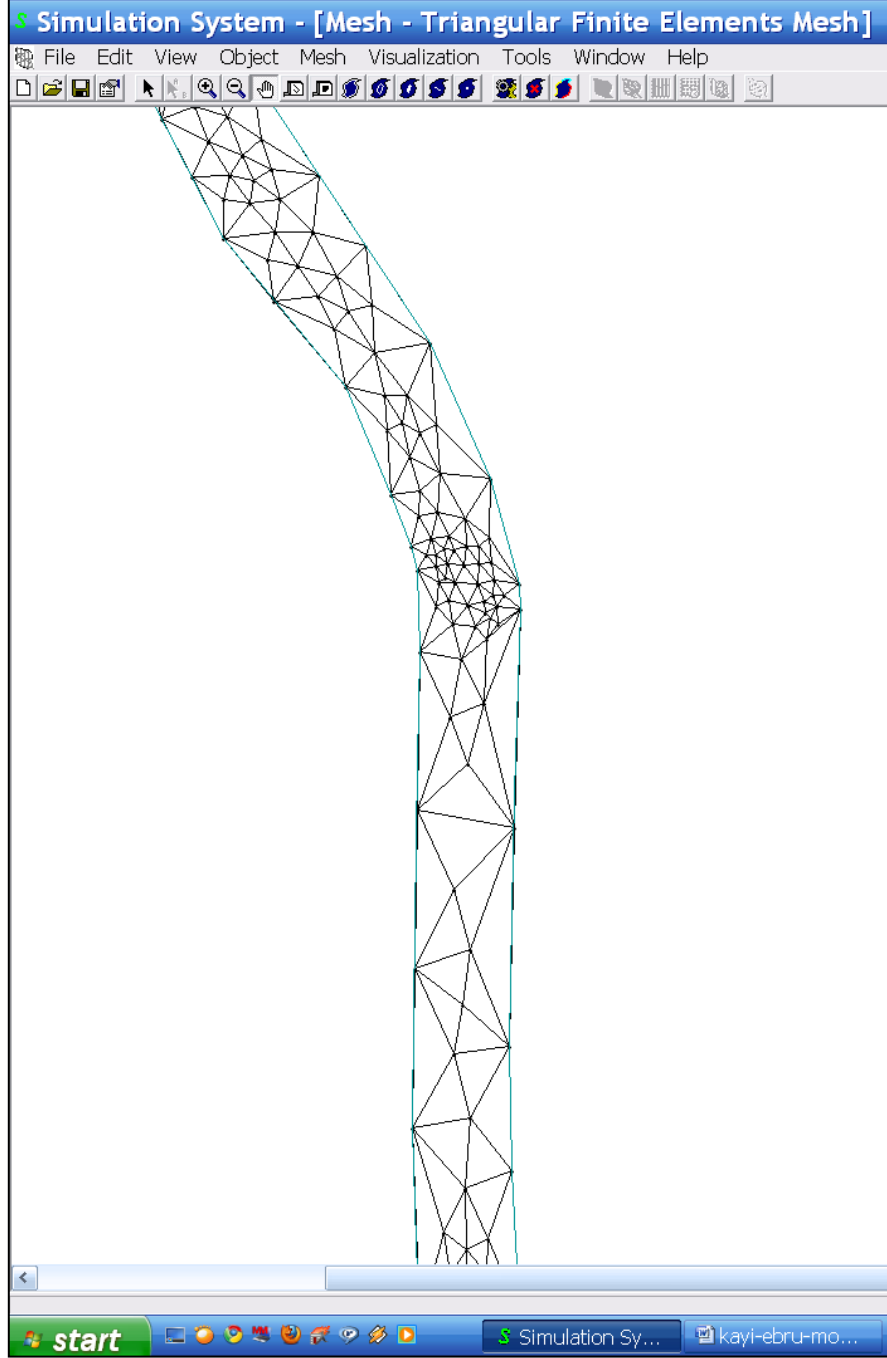
Bu çalışma kapsamında Kayı Deresi'nin son 498 m'si modellenmiştir. Yaklaşık 5,500 m² bir alanı kapsayan “ağ sistemi” (*mesh*) oluşturulmuştur Ağ sistemi, belirlenen referans noktalarının (*nodes*) bağlantı elemanları (*link*) kullanılarak birbirine bağlanmasıyla oluşan üçgen elemanlardan meydana gelmektedir. Oluşturulan ağ sistemi Şekil 4.4, Şekil 4.5, Şekil 4.6.da görülmektedir.



Şekil 4.4. Kayı deresi akım modellemesindeki ağ görüntüsü



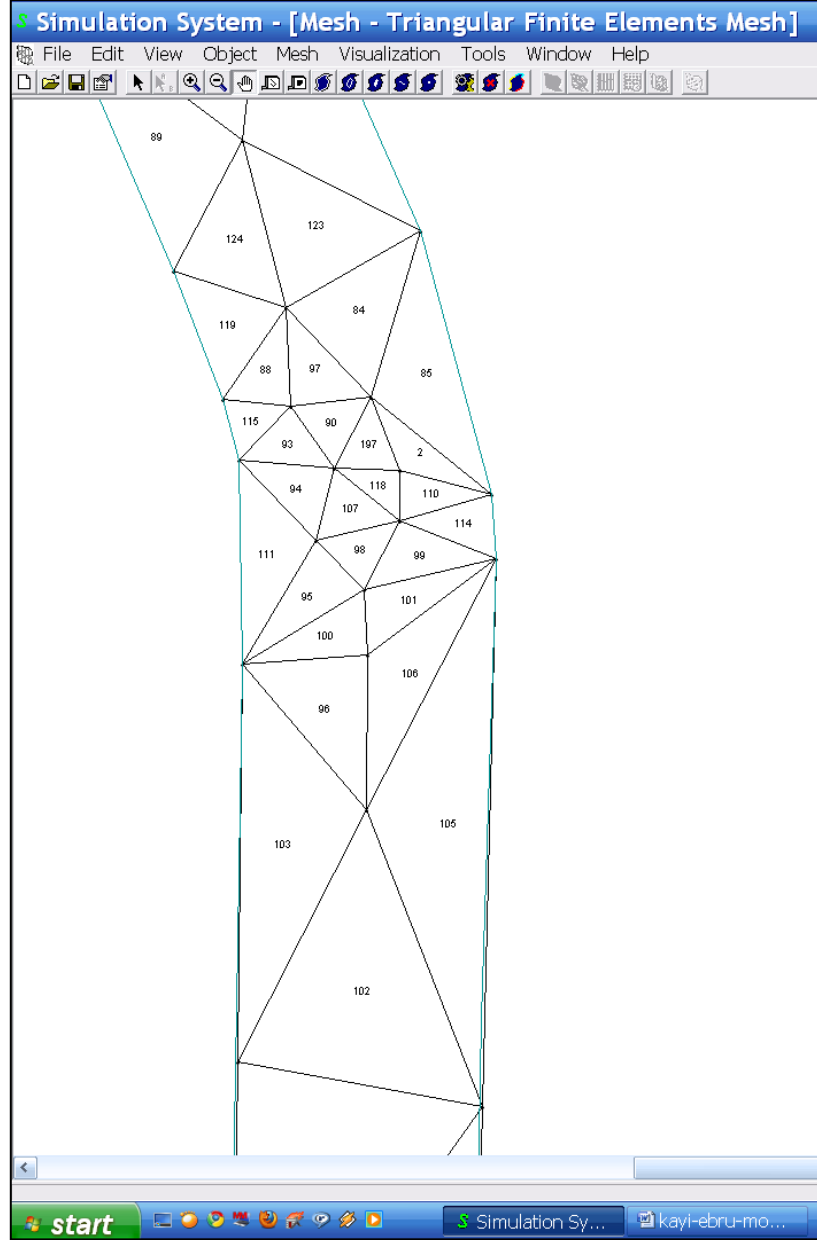
Şekil 4.5. Kayı deresi ağ sisteminde tanımlanan düğüm noktaları



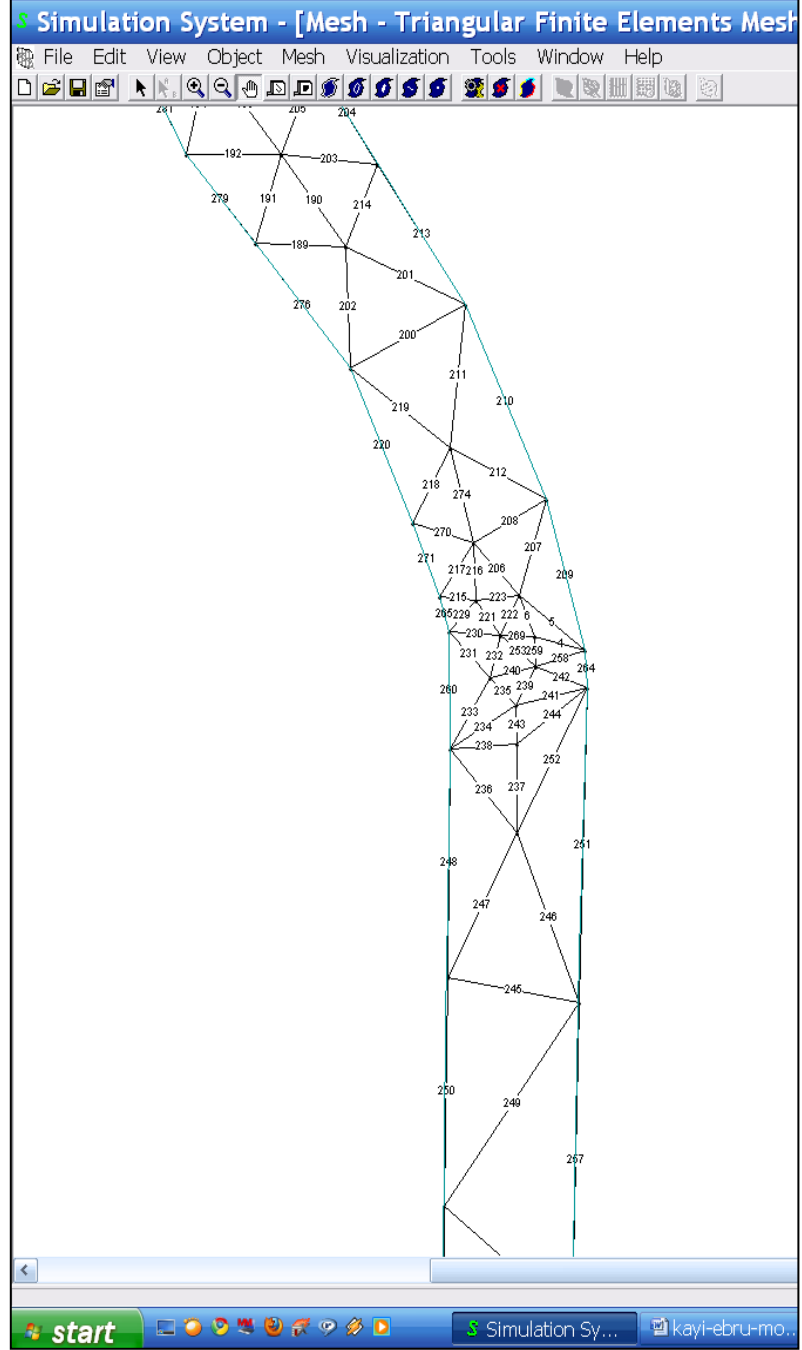
Şekil 4.6. Kayı deresi akım modellemesi ağ görüntüsü

Burada önemli noktalar ağ sisteminin inceleme bölgesini kapsamaları ve noktaların inceleme bölgesi üzerinde gerektiği sıklıkta düzgün olarak dağıtılmış olmasıdır. Hesap açısından inceliğe gerek olmayan bölgelerde kolaylık açısından geniş tutulabilecek nokta aralığı (*link length*), hesap

inceliği içeren yerlerde daha kısa olmalıdır. Sonuç olarak bu aralıklar sonlu elemanların (*triangles*) kenarlarını oluşturacağından azami bir uzunluk limiti getirilmelidir. Bu çalışmada nokta aralığı ortalama 25m olacak şekilde noktalar yerleştirilmiş ve ağ sistemi oluşturulmuştur. Bu durum şekil 4.7, şekil 4.8.de görülmektedir.



şekil 4.7. Kayl deresi akım modeli ugen elemanları



Şekil 4.8. Kayı deresi ağ sistemi bağlantı elemanları

Kayı Deresi'nin modellenmesi 151 adet düğüm noktası (nodes), 351 adet bağlantı elemanı(Links) ve 196 adet üçgen elemandan (triangles) ile yapılmıştır.

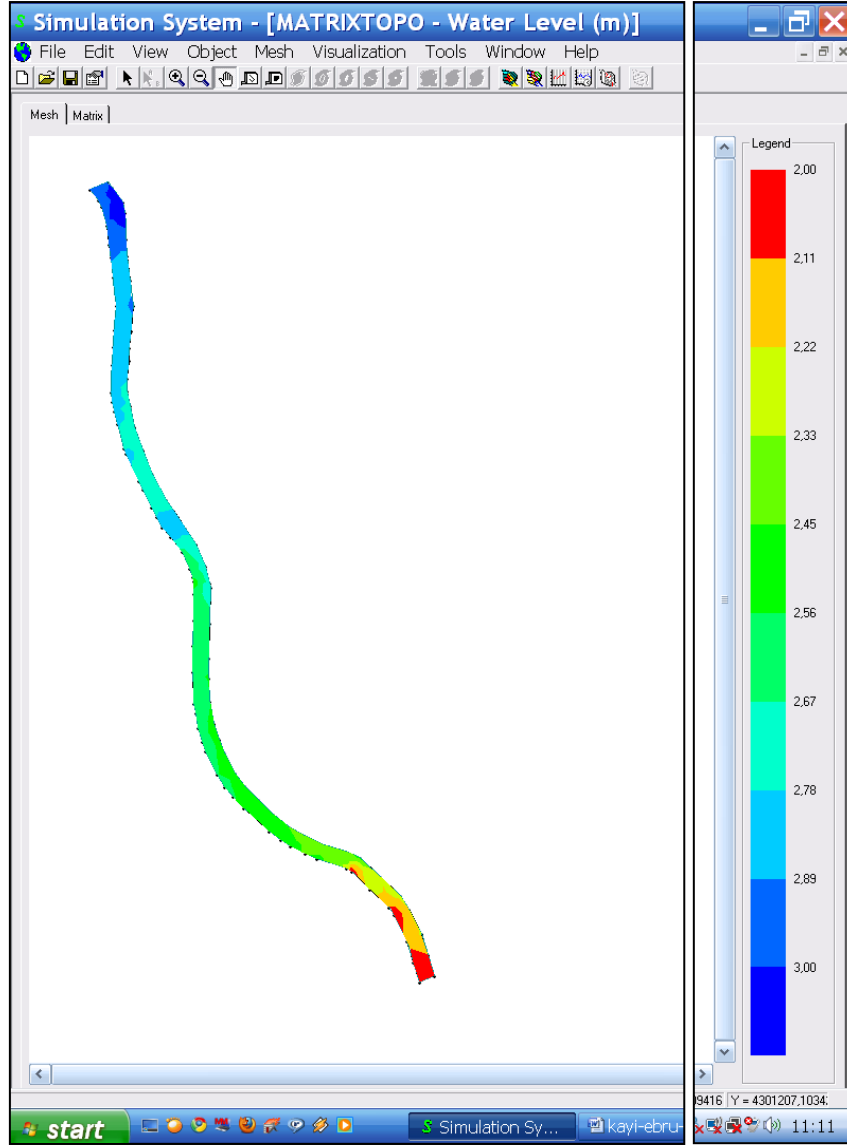
4.5.2. Sınır Koşullarının Oluşturulması

Sel durumunu benzeştirmek amacıyla hâlihazır dere batimetrisi için 500 yıl dönüş aralıklı sel debisi ($106.6\text{m}^3/\text{s}$) altında numerik model çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Akımın dere boyunca permenan olduğu kabul edilmiş böylece güvenli tarafta kalınması sağlanmıştır.

Marmara Denizi'ndeki seviye değişimleri saat veya gün gibi kısa periyotlar dikkate alındığında oldukça sınırlıdır. Ancak rüzgar veya fırtına kabarması gibi durumlarda su seviyesi belirgin olarak değişebilmekle beraber, bahsedilen değişimin Kayı Deresi'nin denize döküldüğü bu kısımda olacağı düşünülmemektedir. Bu nedenle, bu model koşullarında ortalama deniz seviyesinde harita sıfırına göre herhangi bir yükselme olmayacağı varsayılarak model hazırlanmıştır.

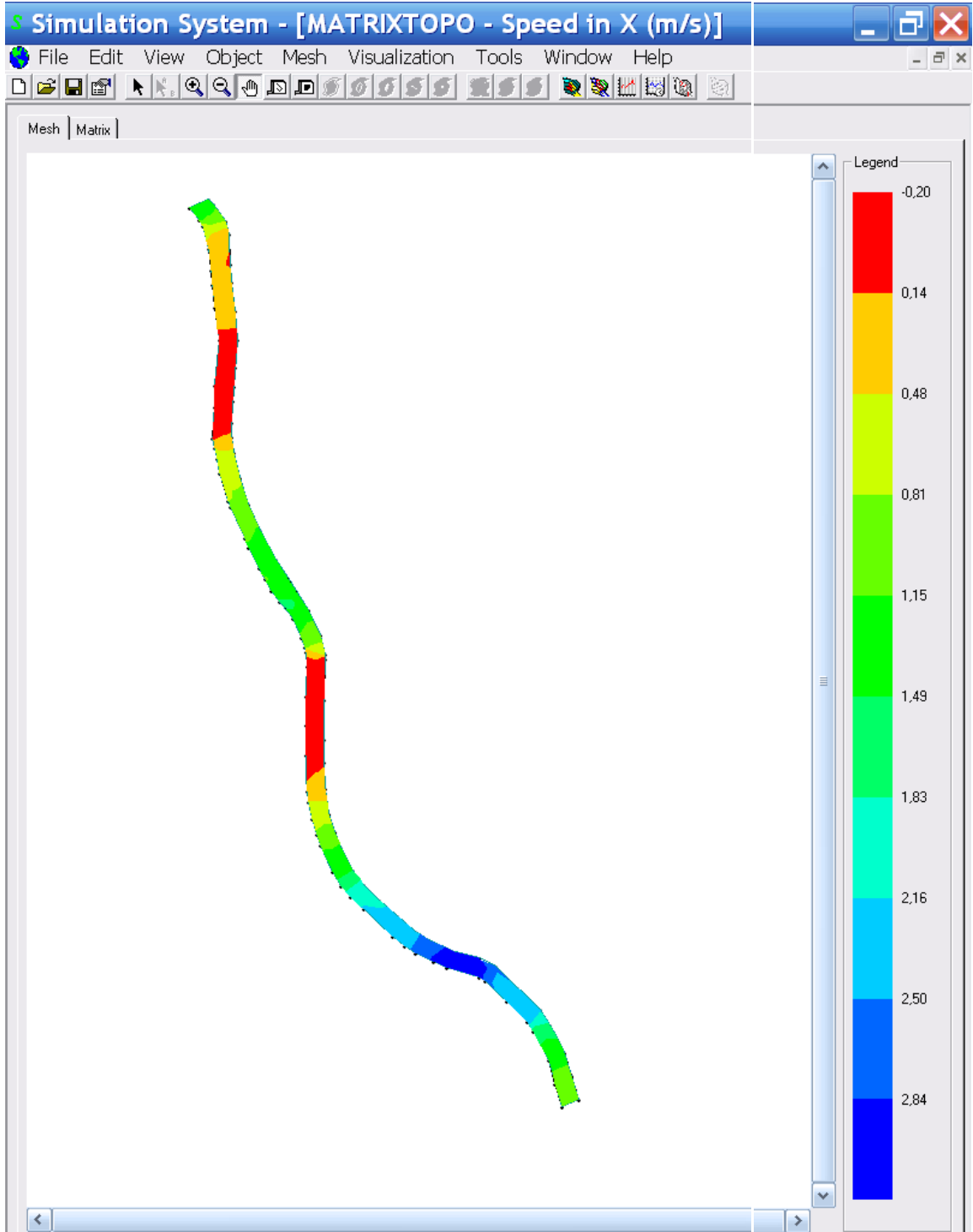
4.5.3. Sonuçların Görselleştirilmesi

Aquadyn[©] kendi içinde birkaç iterasyon ile Bölüm 3.2.3.de anlatılan hidrodinamik denklemleri çözer ve su seviyesi yükseklikleri, sağ ve sol sahildeki akış hızı değerleri görselleştirilir. Kayı deresinde bulunan su seviyesi yükseklikleri Şekil 4.9.da görülmektedir.



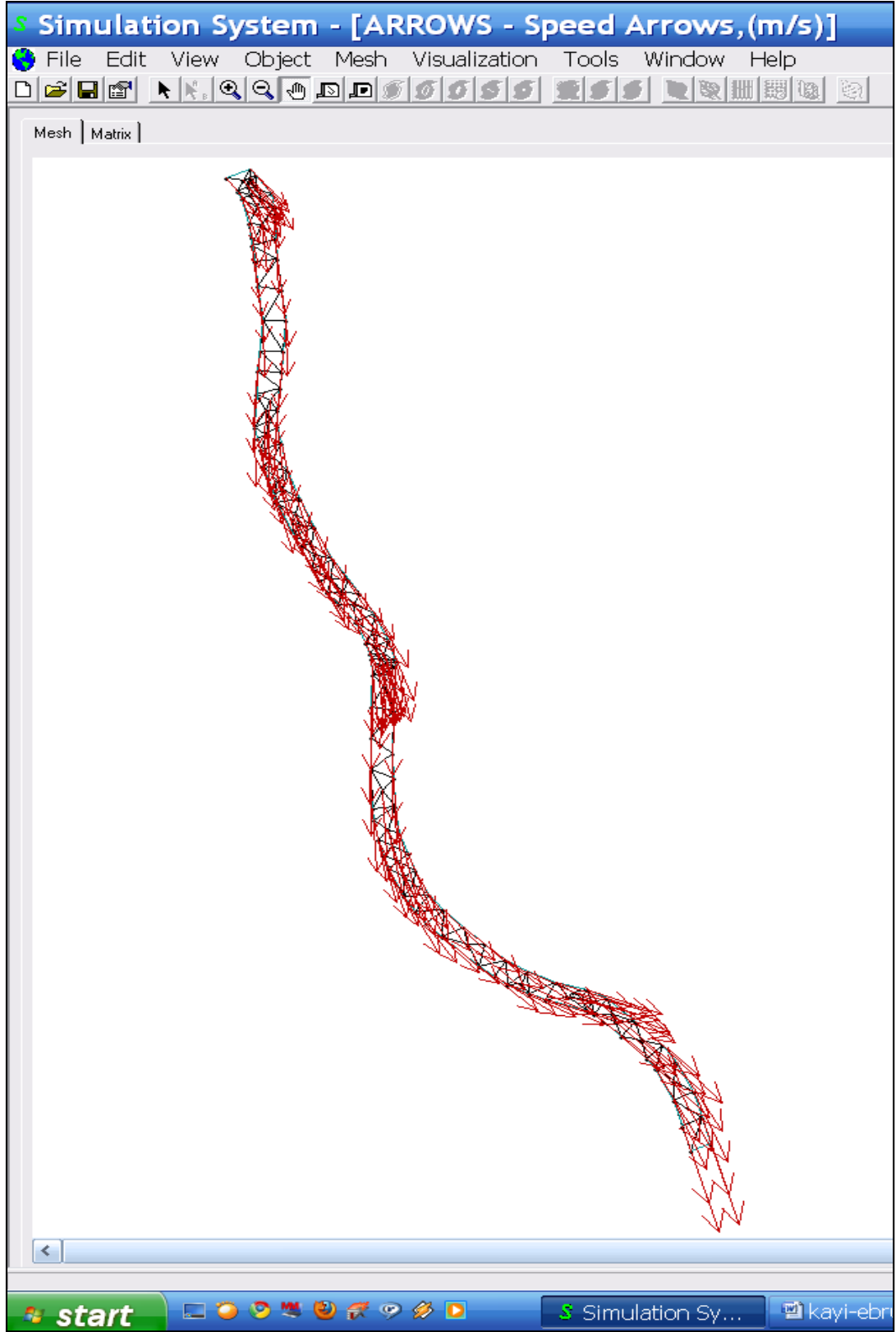
Şekil 4.9. Kayı Deresi su yükseklikleri görüntüsü

x yönündeki akış hızı değerleri Şekil 4.10.da görülmektedir.



Şekil 4.10. x yönündeki akış hızı değerlerigörüntüsü

Şekil 4.11.de su hızları görülmektedir.



Şekil 4.11. Su hızları görüntüsü

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada; 1987 yılında yapılan ilk etüd sonrasında beton duvarlı kanal yapılarak ıslah edilen Değirmenaltı mahallesi Kayı deresinin 2007 yılında meydana gelen taşkın sonrasında 2008 yılında revize edilen taşkın tasarım yapısanlatılmaktadır. Bölüm 4.3.1.de $J=0.002$ olarak alınmış Bölüm 4.4.1.de ise eğim $J=0.0011$ alınmıştır. Bölüm 4.3.9.da yapılan hidrolik hesaplarda manning pürüzlülük katsayısı dere tabanı jeolojik yapısı gereği $n=0.028$ olarak alınmış, Bölüm 4.4.10.da ise dere tabanı beton kaplı olması nedeniyle hidrolik hesaplarda $n=0.016$ değeri alınmıştır. Bölüm 4.3.6.daki hidrolojik verilerde 1929-1982 yılları arasındaki yağış değerleri esas alınmış, Bölüm 4.4.7.de ise 1929-2007 yılları arasındaki yağış değerleri esas alınmıştır. Yağış alanı Bölüm 4.3.2.de 50.94 km^2 olarak alınmış Bölüm 4.4.2’de ise aradan geçen 20 yıl sonrasında şehirleşme ve yapılaşmanın etkisiyle 48.50 km^2 olarak güncellenmiştir. Tablo 4.16.daki hidrolojik hesaplar sonucu $Q_{500}=58.15 \text{ m}^3/\text{sn}$ olarak bulunmuş, Tablo 4.29.da ise Kayı deresi $Q_{500}=106,06 \text{ m}^3/\text{sn}$ olarak hesaplanmıştır. Q_{500} değerinde 20 yıl sonrasındaki bu artışla birlikte yetersiz kalan dere yatağı kesitinin ve dere üzerine yapılan 3 gözlü menfezin akışı engellediği bunun sonucunda var olan taşkın tesisinin yeniden projelendirilmesi gerektiği görülmüştür. $Q_{500}=106.06 \text{ m}^3/\text{sn}$ esas alınarak tasarlanan yapının Bölüm 4.4.12.de ekonomik analizi yapılmış ve proje ekonomik olarak değerlendirilmiştir. Bu sonuçlara göre DSİ 113. Şube Müdürlüğü Şekil 4.2.de gösterilen mevcut beton ağırlıklı duvarlı kanalın yıkılarak yerine Şekil 4.3.de verilen betonarme duvarlı kanalın inşaa edilmesine ayrıca mevcut 3 gözlü menfezin yıkılarak yerine taşkın debilerine göre boyutlandırılacak tek açıklıklı betonarme köprü yapılmasına karar vermiştir.

Bölüm 4.5.de Kayı deresi Aquadyn[©] adlı yazılım programı kullanılarak iki boyutlu akım modellemesi yapılmıştır. Model, Bölüm 4.5.2.de özetlenen sınır koşullarına göre oluşturulup çalıştırıldıktan sonra, öncelikle membadan mansaba doğru su seviyelerine bakılmıştır. Su seviyelerinin membadan mansaba doğru azalarak gittiği görülmüştür. Kanalın kıvrımlı yerlerinde su seviyelerinde artma olmakla beraber, artış miktarı hesaplanan duvar yüksekliklerini aşmamaktadır. Model sonuçlarının yapılan kesit hesapları ile uyumlu olduğu kanaatine varılmıştır.

Daha sonra kanaldaki su hızları kanal boyunca incelenmiştir. Taşkın debisinin modellendiği bu çalışmada taşkın hızı en fazla 3.15m/sn değerine kadar çıkmakta, kanal genelinde ise daha düşük hızlar oluşmaktadır. En yüksek hızın meydana geldiği nokta, derenin denize dökülmeden önceki son kıvrımıdır. Ayrıca, derenin kıvrımlı bölgelerinde ise ters akım görülmekte ve negatif hızlar oluşmaktadır.

Son yıllarda kuraklık, kasırga, hortum, tayfun, sel, yoğun kar yağışı ve sis gibi meteorolojik kaynaklı doğa olayları sayısında ciddi bir artış gözlenmiştir. Küresel ısınmanın etkilerini yoğun olarak hissettiğimiz son 10 yılda özellikle sınır aşan sulara sahip Avrupa'da 1998- 2002 yılları arasında büyük zararlara sebep olan 100'ü aşkın taşkın meydana gelmiş; 700'e yakın insan hayatını kaybederken 500 bin kişi yerinden edilmiş ve en az 25 milyar Euro'luk sigortalanmış ekonomik kayıp meydana gelmiştir (Balaban 2008).

Dere yataklarındaki her türden yapı olası taşkında zarar görür ve akış şartlarını engellediği içinde taşkın zararının artmasına neden olur. Derelerin üzerinin kapatılması heryıl periyodik olarak yapılması gereken bakım onarım faaliyetlerinin (rüsubatın temizlenmesi gibi.) yapılmasını zorlaştırmakta hatta imkansız hale getirmekte bu şekilde zamanla rüsubat dolan kısımlarda şiddetli yağışlarda tıkanıp taşarak zararın artmasına neden olmaktadır.

Akarsu havzaları içinde gelişen yerleşimler yapılaşmalar da taşkınların en önemli sebepleri arasında yer almaktadır. Nehirler üzerinde gelişigüzel hidrolik tahkiklerine bakılmaksızın sadece ulaşım amacıyla yapılan köprüler, dere yataklarının üzerinin kapatılması, dere yatağı içerisine binaların inşası bu sebepler arasında sayılabilir.

Bu çalışmanın sonucunda da görülmüştür ki; derelerin taşkın debilerinin ve bu debilere karşılık gelen taşkın sınırlarının sürekli olarak güncellenmesi, özellikle yerleşim alanlarında mevcut bulunan ve planlanan sanat yapılarının (köprüler, menfezler, su alma yapıları, drenaj tesisleri vs.) derelerin taşkın debileri gözönüne alınarak tahkik edilmeleri veya yeniden tasarlanmaları taşkın risklerine karşı alınacak en önemli önlemler arasında yer almaktadır.

6. KAYNAKLAR

Akbaş H (2007). Temel Mühendislik Kurs Notları. 342s, Ankara.

Aksu S, İnal M, Güngör A, Keskin S (2006). Türkiye’de 1970 ve 2005 yılları arasında meydana gelen taşkınlar ve zararlarının havza bazında değerlendirilmesi. 1. Ulusal Taşkın Sempozyumu, 47-64, Ankara.

Bacanlı Ü (2006). Taşkın Zararlarını azaltma, önleme yöntemleri ve Denizli ili Örneği. 1. Ulusal Taşkın Sempozyumu, 95-106, Ankara.

Balaban M (2008). Küresel Isınma, Taşkın Afetleri ve Türkiye. 5. Dünya Su Forumu Türkiye Bölgesel Su Toplantıları, 58-71, Edirne.

Can A (2008). İklim değişikliğinin olası riskleri ve şiddetli yağmurlar. 5. Dünya Su Forumu Türkiye Bölgesel Su Toplantıları, 210-215, Edirne.

Demir A (2000). Su ve DSİ Tarihi, 3-16, Ankara.

DSİ (1975). Sulama Projelerinde Taşkın Zararları Ekonomisi Etüdlerinin Yapılması. 37s, Ankara.

DSİ (1977). Etüd Plan Konuları İşletme ve Bakım Mühendisleri Semineri Notları. 200s, Ankara.

DSİ (1983). Küçük Su İşleri. DSİ Yayınları, 140s, Ankara.

DSİ (1987). Tekirdağ Merkez Değirmenaltı Mah. Kayı Deresi Taşkın Koruma İlk İnceleme ve Revize ön inceleme Raporları Kod No: 560119, Edirne.

DSİ (1990). Akım Rasatı bulunmayan Havzalarda Proje Taşkın Değerlerini Hesaplama Yöntemleri. 50s, Adana.

DSİ (1990). Taşkın Zararları Ekonomisi. DSİ Yayınları, 42s, Adana.

DSİ (2008). Tekirdağ Merkez Değirmenaltı Mah. Kayı Deresi Taşkın Koruma İlk İnceleme ve Revize ön inceleme Raporları Kod No: 560119, Edirne.

DSİ. Sulamanın Önemi. www.dsi.gov.tr (erişim tarihi, 05.05.2012).

Erkek C, Ağırlioğlu N (1986). Su Kaynakları Mühendisliği. Teknik Kitaplar Yayınevi, Matbaa Teknisyenleri Basımevi, 417s, İstanbul.

Eroğlu V (2006). Taşkınların Havza Bazında Yönetimi. 1. Ulusal Taşkın Sempozyumu, 3-17, Ankara.

Kabdaşlı S, Kirca Ö, Kaçmaz E, Yılmaz D, Oğuz E (2007). İstanbul İli Bakırköy ve Zeytinburnu İlçeleri Çırpıcı Mevkii Çırpıcı Deresi Mansap Kısmı Nümerik Modelleme Çalışması, İstanbul.

Özdemir H (1978). Uygulamalı Taşkın Hidrolojisi. DSİ Yayınları, 220s, Ankara.

Özal K (1972). Akarsu Yapıları. 206s, İstanbul.

Plate E (2002). Flood risk and flood management. Journal of Hydrology.

Sarıbacak Ü (2002). Water Surface Profiles in Nonstructural Flood Mitigation. Yüksek Lisans Tezi, ODTÜ.

Taner N (1961). Hidrolik. Teknik Üniversite Matbaası, 646s, İstanbul.

Topkaya H (1964). Teknik Hidrolik. DSİ Matbaası, 233s, Ankara.

Vatnaskil (1998). Aquasea Manual Book, Vatnaskil Consulting Engineers, Island.

ÖZGEÇMİŞ

24.06.1975 tarihinde Trabzon'da doğdu. 1991 yılında KTÜ İnşaat Mühendisliği Bölümünü kazandı. 1995 yılında bu bölümden inşaat mühendisi ünvanı ile mezun oldu. Trabzon'da 2 yıl betonarme statik hesap ve proje yapımı konusunda özel sektörde çalıştı. 1997 yılında eşi Murat Sedat Dernek ile evlendi. Aynı yıl İstanbul'da DSİ 14. Bölge Müdürlüğü'nde çalışmaya başladı. Büyük İstanbul Merhale Projesi Yeşilçay Sistemi Emirli İçmesuyu Arıtma Tesisi işinde kontrol mühendisi ünvanı ile beş yıl görev yaptı. Bu projenin tamamlanmasından sonra Büyük İstanbul Merhale Projesi Melen Sistemi Cumhuriyet İçmesuyu Arıtma Tesisi işinde kontrol mühendisi ünvanı ile iki yıl görev yaptı. 2001 yılında İTÜ İnşaat Mühendisliği Hidrolik anabilim dalında Yüksek Lisans öğrenimine başladı. 2002 yılında kızı Bade Dila Dernek'in doğumu ile yüksek lisans öğrenimini tamamlayamadı. Türkiye İş Bankasında Yönetici olarak görev yapmakta olan eşinin görev yeri değişikliği sebebiyle 2003 yılında Trabzon'da DSİ 22. Bölge Müdürlüğüne tayin oldu. Artvin DSİ 26. Bölge Müdürlüğü'nde 3 yıl çalıştı. 2008 yılından bu yana DSİ 113. Şube Müdürlüğü'nde İnşaat Mühendisi olarak görevine devam etmektedir.