

T.C.
İSTANBUL AYDIN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



KÖY YOLLARI ULAŞIM AĞLARINDA DRENAJ SİSTEMLERİ VE
HİDROLİK TASARIM ESASLARI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mehmet Emin BULUT

(Y1413.090013)

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

İnşaat Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Mehmet Fatih ALTAN

Eylül, 2017





T.C.
İSTANBUL AYDIN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLER ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ

Yüksek Lisans Tez Onay Belgesi

Enstitümüz İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı İnşaat Mühendisliği Tezli Yüksek Lisans Programı **Y1413.090013** numaralı öğrencisi **Mehmet Emin BULUT**'un "**KÖY YOLLARI ULAŞIM AĞLARINDA DRENAJ SİSTEMLERİ VE HİDROLİK TASARIM ESASLARI**" adlı tez çalışması Enstitümüz Yönetim Kurulunun 24.08.2017 tarih ve 2017/19 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından **başarılı** ile Tezli Yüksek Lisans tezi olarak **kabul** edilmiştir.

Öğretim Üyesi Adı Soyadı

İmzası

Tez Savunma Tarihi : 12/09/2017

1) Tez Danışmanı: Doç. Dr. Mehmet Fatih ALTAN

.....

2) Jüri Üyesi : Yrd. Doç. Dr. Sepanta NAİMİ

.....

3) Jüri Üyesi : Yrd. Doç. Dr. Ahmet Emin KURTOĞLU

.....

Not: Öğrencinin Tez savunmasında **Başarılı** olması halinde bu form **imzalanacaktır**. Aksi halde geçersizdir.



YEMİN METNİ

Yüksek Lisans tezi olarak sunduğum “Köyolları Ulaşım Ağlarında Drenaj Sistemleri ve Hidrolik Tasarım Esasları” adlı çalışmanın, tezin proje safhasından sonuçlanmasına kadarki bütün süreçlerde bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurulmaksızın yazıldığını ve yararlandığım eserlerin Bibliyografya’da gösterilenlerden oluştuğunu, bunlara atıf yapılarak yararlanılmış olduğunu belirtir ve onurumla beyan ederim.(12 /09/2017)

Mehmet Emin BULUT





ÖNSÖZ

Bu tez çalışmasında Köy yolları ağındaki yolların drenaj sistemleri incelenmiştir. Öncelikli olarak köy yollarının genel tanımı ve drenaj gereksinimi doğuran yeraltı ve yerüstü suları incelenmiş olup köy yollarında tercih edilebilecek genel drenaj sistemleri tanımlanmıştır.

Bu tez çalışmamda benden bilgi ve tecrübe desteğini esirgemeyen , başta Tez Danışman Hocam Doç. Dr. Mehmet Fatih ALTAN'a ve yüksek lisans eğitimimdeki tüm ders hocalarıma teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca, yüksek lisans eğitimim boyunca yanımda bulunup manevi desteğini esirgemeyen aileme teşekkür ederim.

Eylül, 2017

Mehmet Emin BULUT

(İnşaat Mühendisi)



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR	xiii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xv
ŞEKİL LİSTESİ.....	xvii
ÖZET.....	xix
ABSTRACT	xxi
1 GİRİŞ	1
2 KÖY YOLLARI AĞI	3
3 ZEMİNDE SUYUN BULUNMA ŞEKİLLERİ	5
3.1 Zemin Suyu	5
3.1.1 Adsorbe Su	5
3.1.2 Kapiler Su	5
3.1.3 Yeraltı Suyu	7
3.1.3.1 Serbest akım halindeki yeraltı suyu	7
3.1.3.2 Basınç akım halindeki yeraltı suyu	8
3.1.3.3 Durgun haldeki yeraltı suyu	8
3.2 Köy yollarında Drenaja Neden Olan Su Kaynakları	8
3.3 Zeminlerin Su Nedeniyle Hacim Değiştirmesi.....	9
3.4 Suyun Yol Üzerindeki Zararlı Etkileri	10
4 DRENAJ	13
4.1 Yeraltı Suyu Drenajı.....	13
4.1.1 Yeraltı suyu drenaj etüdü	13
4.1.2 Yeraltı suyu drenaj tesisleri.....	14
4.1.2.1 Kör drenler	15
4.1.2.2 Borulu drenler	15
4.1.2.3 Kılçık drenler	17
4.1.2.4 Enine drenler	18
4.1.2.5 Stabilizasyon hendeği.....	23
4.1.2.6 Boyuna yeraltı dren yapıları.....	25
4.1.2.7 Drenaj yapılarında geotekstil kullanımı	26
4.1.2.8 Yeraltı suyu ve sızıntı suyu drenajının genel prensipleri.....	27
4.2 Yüzeysel Drenaj	27
4.2.1 Yüzey suyu drenajı.....	31
4.2.2 Drenaj elemanlarının projelendirme kriterleri	31
4.2.3 Hendekler	32
4.2.3.1 Refüj hendekleri	33
4.2.3.2 Kenar hendekleri	33
4.2.3.3 Kafa hendekleri	34
4.2.3.4 Palye hendekleri	37
4.2.3.5 Topuk (dolgu şev dibi) hendekleri	37

4.2.3.6	Kademeli hendekler.....	37
4.2.4	Özel hendekler.....	37
4.2.5	Borular.....	38
4.2.5.1	Dren boruları	38
4.2.5.2	Toplayıcı borular (kollektörler).....	38
4.2.5.3	Deşarj yapıları	39
4.2.5.4	Bacalar.....	39
4.2.5.5	Enine Deşarj Yapıları	40
4.2.6	Düşü yapıları	40
4.2.6.1	Asfalt Bordür ve Düşüm Olukları	41
4.2.7	Şütler	42
4.2.8	Hendeklerle ilgili genel hususlar	42
5	KÜÇÜK SANAT YAPILARI (MENFEZLER)	45
5.1	Boru Menfezler (Büzler)	45
5.2	Kutu Menfezler	49
5.3	Kemer Menfezler.....	50
5.4	Tabliyeli Menfezler	51
5.5	Hazır Box Menfezler	51
6	MENFEZLERDE HİDROLİK ANALİZ VE TASARIM KRİTERLERİ ..	55
6.1	Menfezlerde Hidrolik Analizi.....	55
6.2	Menfez tasarım kriterleri	58
6.3	Menfezlerin yerleştirilmesi.....	60
6.4	Menfez Girişi Yapıları.....	62
6.4.1	Kanat duvarları.....	62
6.4.2	Baş duvarları	63
6.5	Menfez Girişlerinde Koruma.....	63
6.6	Menfez Çıkış Yapıları	63
6.7	Menfez Çıkış Ağızlarında Koruma Uygulamaları.....	64
6.7.1	Taş pere uygulaması.....	65
6.7.2	Enerji kırıcı korumalar	66
6.7.3	Özel tip korumalar.....	67
6.8	Menfez Taban Teşkili Ve Temeli.....	67
6.9	Menfezlerde Dolgu Çalışmaları.....	67
6.10	Menfez Çıkışlarında Suyun Hızını Azaltma Yöntemleri	68
6.11	Yüksek Çıkış Hızlarında Koruma Önlemleri	69
6.12	Menfezlerde Sürüklenme Maddesi Girişinin Kontrolü	69
6.12.1	Sürüklenme maddesi yansıtıcısı	70
6.12.2	Sandık tipli sürüklenme madde tutucusu	70
6.12.3	Havuz veya sedde biçimli tutucular	70
6.13	Menfez Yapım Çalışmaları İle İlgili Dikkat Edilmesi Gereken Genel Hususlar	70
6.14	Köy yollarında Yapımı Tercih Edilen Diğer Sanat Yapıları	71
6.14.1	Brit.....	71
6.14.2	Sel geçidi	71
6.14.3	Nehir geçişi	72
6.15	Köy yolu Şevlerinin ve Şev Üstlerinin Drenajı	74
6.15.1.	Oluklar.....	75
6.15.2.	Madeni borular	75
6.15.3.	Köyyolu platformunun drenajı	75

7 KÖY YOLLARINDA DRENAJ YETERSİZLİĞİYLE OLUŞAN OLUMSUZLUKLARLA İLGİLİ GENEL BİR DEĞERLENDİRME	77
7.1.Yeraltı Suyu Drenajının Yetersiz Olması Halinde	77
7.2. Yüzey Suları Drenajının Yetersiz Olması Halinde	78
8 TÜRKİYE’DE KÖYYOLLARINDAKİ DRENAJ SİSTEMLERİNE İLİŞKİN DEĞERLENDİRME	79
9 SONUÇ VE ÖNERİLER.....	87
KAYNAKLAR	89
ÖZGEÇMİŞ.....	91





KISALTMALAR

KGM	:Karayolları Genel Müdürlüğü
YASS	:Yeraltı Su Seviyesi
A	:Havzası Alanı
C	:Katsayısı
Ci	:Ai alt havza alanının akış katsayısı
D	: Dane çapı
Fr :	:Froud sayısı
g	:Yerçekim ivmesi
h	:su derinliği
I	:Yağış Şiddeti
J	:Boyuna eğim
L	:Havzanın en uzak noktasına olan yatay mesafe
n	:Manning pürüzlülük katsayısı
Q	:Suyun Debisi
Qort	:Ortalama Debi
Qt	:Taşkın Debisi
R	:Hidrolik yarıçap
T	:Dönüş Aralığı
T1	:Arazi üstü akış süresi
Tc	:Toplanma zamanı
V	:Akım Hızı
W	:Doğrusal yatak genişliği



ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 1.1: Batman İli Sason İlçesi Köylere Hizmet Götürme Birliği Başkanlığı Köy Yolları Ödenek Durumu	2
Çizelge 3.1: Değişik Zeminlerde Kapiler Su Yükselmesi ve Çekme Gerilmeleri	6
Çizelge 3.2: Zemin Yapısına Göre Kapiler Yükselme	7
Çizelge 4.1: Çeşitli Arazi Şartlarında C Akış Katsayıları	29
Çizelge 4.2: Drenaj Elemanlarının Taşkın Tekerrür Aralıkları	30
Çizelge 4.3: Hendek Tipine Göre Hesap Kriterleri	35
Çizelge 4.4: Kaplama Türüne Göre Hesap Kriterleri	35
Çizelge 4.5: Hendek Tipine Göre Max Su Hızı.....	36
Çizelge 6.1: K Akış Katsayıları	57
Çizelge 6.2: Zemin Cinsine Göre Menfezdeki Su Hızları.....	64
Çizelge 6.3: Froud Sayısına Göre Hidrolik Sıçramalar	65
Çizelge 6.4: Zemin Cinsine Göre Oyulma Hız Sınırları	69



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1: Köy yolları enkesiti	3
Şekil 2.2: Köy yolları standartları tablosu	3
Şekil 3.1: Adsorbe su	5
Şekil 3.2: Kapiler su	6
Şekil 3.3: Köyyollarına etki eden su kaynakları	8
Şekil 4.1: Kör dren.....	15
Şekil 4.2: Yeraltı su düzeyinin borulu drenle düşürülmesi.....	17
Şekil 4.3: Kaplanmış hendek altında borulu dren tipi	17
Şekil 4.4: Borulu dren için bir diğer örnek	17
Şekil 4.5: Kılçık dren ve bağlantısı	18
Şekil 4.6: Borulu drenlerin ek yerlerinin görünüşü	18
Şekil 4.7: Dolguda dren şiltesi uygulaması	19
Şekil 4.8: Enine yatay dren yapısı	20
Şekil 4.9: Yatay dren borularıyla suyu zeminden uzaklaştırma	21
Şekil 4.10: Toplama drenleri yerleri.....	22
Şekil 4.11: Toplama drenlerin yeraltı suyuna göre teşkili.....	22
Şekil 4.12: Yatay drenle stabilizasyon hendeğinin bir arada uygulanması	24
Şekil 4.13: Dolgu altına yapılmış stabilizasyon hendeği.....	24
Şekil 4.14: Şev kademelerinde yapılan stabilizasyon dren hendeği	25
Şekil 4.15: Düşey ve Yatay Drenlerin Bir Arada Uygulama Durumu	26
Şekil 4.16: Geotekstil Dren.....	26
Şekil 4.17: Yarma kesitli köy yollarında drenaj elemanları	36
Şekil 4.18: Düşüm oluğu	41
Şekil 4.19: Boyuna drenaj.....	42
Şekil 5.1: Büzlerin çıkış korumaları	46
Şekil 5.2: Büz çıkışı kanat duvarı ve pere uygulaması.....	46
Şekil 5.3: Büz yerleşimi.....	47
Şekil 5.4: Büz yerleşimlerinde yanlış konumlandırmalar.....	47
Şekil 5.5: Büz girişi havuzu.....	47
Şekil 5.6: Dolgudaki köy yolunda büzde imla eğimi	48
Şekil 5.7: Büz çıkışı taş duvar kanat uygulaması	48
Şekil 5.8: Büz girişinde kollektör	48
Şekil 5.9: a) Büz çıkışı kademeli pere	49
Şekil 5.9: b) Büz çıkışı kademeli pere	49
Şekil 5.10: Kutu menfez (box)	50
Şekil 5.11: Kemer menfez	51
Şekil 5.12: Tabliyeli menfez.....	51
Şekil 5.13: Hazır box menfez döşenmesi	52
Şekil 5.14: Hazır box menfez taşınması	52
Şekil 5.15: Hazır box menfez enkesiti.....	53
Şekil 6.1: Türkiye'deki kritik yağış süreleri	56

Şekil 6.2: Yağış şiddeti tespit abağı.....	57
Şekil 6.3: Giriş kontrollü menfez işletme şartları	59
Şekil 6.4: Çıkış kontrollü menfez işletme şartları.....	59
Şekil 6.5: Menfezlerin dere yatağındaki yatay yerleşimi.....	60
Şekil 6.6: Menfezlerin dere yatağındaki yerleşim yanlışlıkları	60
Şekil 6.7: Menfezlerin dere yatağındaki dikey yerleşimi	61
Şekil 6.8: Menfezin dere yatağını dik geçişi.....	62
Şekil 6.9: Menfezin dere yatağını verev geçişi.....	62
Şekil 6.10: Dolguya hazır menfez.....	63
Şekil 6.11: Tablo hidrolik sıçrama boyu ile froude sayısı arasındaki bağıntı.....	66
Şekil 6.12: Menfezlerde taş pere uygulaması	66
Şekil 6.13: Brit kesiti	71
Şekil 6.14: Sel geçidi	72
Şekil 6.15: Nehir geçişi.....	73
Şekil 6.16: Nehir geçişi enkesiti	73
Şekil 6.17: Nehir geçişlerinde oyulma.....	74
Şekil 6.18: Nehir geçişlerinde oyulma önleyici tedbirler	74
Şekil 6.19: Nehir geçişi uygulaması	74
Şekil 6.20: Köy yolu platform drenajı	76
Şekil 8.1: Batman Sason Derince grup köy yolunda mansap tarafı erozyona uğrayan menfez	80
Şekil 8.2: Mamba tarafında süprüntü malzeme biriken menfez	81
Şekil 8.3: Yanlış ve yetersiz kanat duvarı açıklığına sahip menfezde köy yolu imlasının göçmesi.....	82
Şekil 8.4: Yetersiz kanat duvarı açıklığına sahip menfezde köy yolu imlasının göçmesi.....	83
Şekil 8.5: Sel geçidi yapılması ihtiyacı olan köy yolu kesimi	84
Şekil 8.6: Çıkış yapısı yapım eksikliğinden dolayı erozyona uğrayan büz noktası... ..	85

KÖY YOLLARI ULAŞIM AĞLARINDA DRENAJ SİSTEMLERİ VE HİDROLİK TASARIM ESASLARI

ÖZET

Günümüzde gelişmekte olan ülkemizde gelişmişliğin tüm ülkeye homojen olarak yansması için en küçük yerleşim birimlerimiz olan köylerimize ulaşımın her zaman ve her hava koşulunda sağlanabilmesi gerekir. Bu da köy yollarımızda gereksinim duyulan tüm drenaj sistemlerinin de tasarlanarak uygulanmasıyla sağlanır.

Bu çalışma ile , köy yolları ağında bulunan yolların yeraltı ve yüzeysel drenaj sistemleri incelenmiş olup bu sistemlerin hidrolik tasarım kriterleri detaylı bir şekilde ele alınmıştır.

Çalışmanın başlangıcında köy yollarının tanımı yapılarak zeminde suyun bulunma şekilleri ve yeraltı suları incelenmiştir. İkinci bölümde drenaj konusu, yeraltı suyu drenajı ve yüzeysel drenaj alt başlıklarında detaylı bir şekilde incelenmiştir.

Üçüncü bölümde de küçük sanat yapıları konusu ele alınmıştır. Bu bölümde menfezlerin çeşitleri ve hidrolik tasarım ilkeleri detaylı olarak incelenmiştir. Ayrıca, bit ,sel geçidi ve nehir geçişleri incelenmiştir.

Son bölümde de , yapılan bu çalışmanın sonucunda varılan sonuçlar açıklanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Köy yolu, Drenaj.



THE DRAINAGE SYSTEMS IN VILLAGE ROADS TRANSPORTATION NETWORKS AND HYDRAULIC DESIGN PRINCIPLES

ABSTRACT

Today, in our developing country, for reflection of development homogeneously in all country, transportation to our smallest settlements those are villages, must be provided in every time and in every air conditions. This can be provided, by designing and applying, the drainage systems those are required in our village roads. In this study, the underground and surface drainage of roads those are in village roads network, is examined and hydraulic design criterions of these systems is handled in detail.

In the beginning of the study, the definition of village roads is made and the forms of availability of water in floor and under ground waters are examined. In the second chapter, the subject of drainage, under the subtitles of the drainage of underground water and surface drainage are examined in detail.

In third chapter, subject of small art structures is examined. In this chapter, the kinds of vents and its' hydraulic design principles are examined in detail. Also bridge, drift and river crossing are examined.

In the last chapter, the results those reached from this study are explained.

Keywords: *Village Road, Drainage.*



1 GİRİŞ

Ülkelerde yapılan otoyollar, devlet yolları ve il yolları ne kadar en üst düzey teknolojik yapı malzemeleri kullanılarak yapılırsa yapılsın ,ne kadar geometrik ve fiziki standartları yüksek olursa olsun , köy yolları ağındaki yollarda da aynı gelişmişlik söz konusu değilse bu ülkenin tam olarak kalkınmayı sağladığı söylenemez.

Son zamanlarda ülkemizdeki milli gelirin artmasıyla beraber insanların ekonomiye katılım isteği uyandırılmış, bu da her bölgemizde bulunan tarihi , turistik ve gelir getirici kaynakların ulaşılabilir bir duruma getirilmesi ihtiyacını beraberinde getirmiştir.

Her yıl merkezi bütçeden yol yatırımları için milyonlarca lira ödenekler ayrılmaktadır. Büyükşehir Belediyeleri ve İl Özel İdareleri eliyle yürütülen köy yollarının yapımında ve bakım onarımında harcanan bu ödeneklerin fazlalığı, büyüme ivmesi gösteren ülkemiz ekonomisinde büyük yer tutmaktadır. Bu da yapılan köy yollarının kullanım ömrünün uzun olmasının sağlanmasında büyük miktarlarda tasarruf potansiyeli oluşturmaktadır. Geometrik ve fiziki standartlarına uyulmuş, gerekli olan drenaj sistemlerinin uygun olarak tasarlanıp uygulandığı köy yollarında en az 5 sene herhangi bir işletme masrafı olmadan trafiğe hizmet verme sağlanabilmektedir.

Köy yollarında yeraltı ve yüzey sularının yola zarar vermesinin önüne geçilmelidir. Bunu sağlamak için köy yolu güzergahı gerekli yeraltı suyun tetkikinin jeolojik haritaları da kullanılarak iyi yapılması güzergah boyunca sanat yapılarının noktası ve cinsinin seçilmesinde azami özen gösterilmelidir. Seçilen sanat yapısının ebatlandırılması aşamasında gerekli hidrolik hesaplamaların iyi yapılması gerekir.

Hazırlanmış olan bu tez çalışmasının hazırlık aşamasında, Türkiye'nin değişik bölgelerinde yapımları tamamlanarak trafiğe hizmet veren köy yollarında yapılmış olan drenaj sistemleri yerinde incelenmiştir. İncelemeler neticesinde

Türkiye'nin batı bölgelerindeki köy yollarında yapımları tercih edilen drenaj sistemlerinin uygunluğu ve tekniğine uygun yapımları nedeniyle köy yolların trafiğe, herhangi bir işletme maliyeti olmaksızın uzun yıllar hizmet verdikleri müşahade edilmiştir. Ancak, aynı durumun Türkiye'nin doğu ve güneydoğu bölgelerindeki çoğu köy yolları için geçerli olmadığı tespit edilmiştir.

Bu genel değerlendirme dahilinde olmak üzere özelde Batman ili Sason ilçesi köy yollarında yapılan yerinde tespit ve değerlendirmeler sonucunda bu genel durum teyit edilmiştir.

Aynı zamanda Batman İl Özel İdaresi Genel Sekreterliği bütçesinden yıllar itibariyle Sason ilçesi Köylere Hizmet Götürme Birliği Başkanlığı'na ayrılan milyonlarla ifade edilen ve Çizelge 1.1. de gösterilen köy yolları ödenekleri dahilinde, daha çok önceki zamanlarda yapımları gerçekleştirilen köy yollarının bakım, onarımları ve hatta yeniden yapıma çalışmalarının yapıldığı tespit edilmiştir. Bu durumun da en büyük sebebinin bahse konu köy yollarında yapım aşamasında drenaj sistemleri ve hidrolik tasarım esaslarına tam olarak uyulmadığı sonucuna varılmıştır.

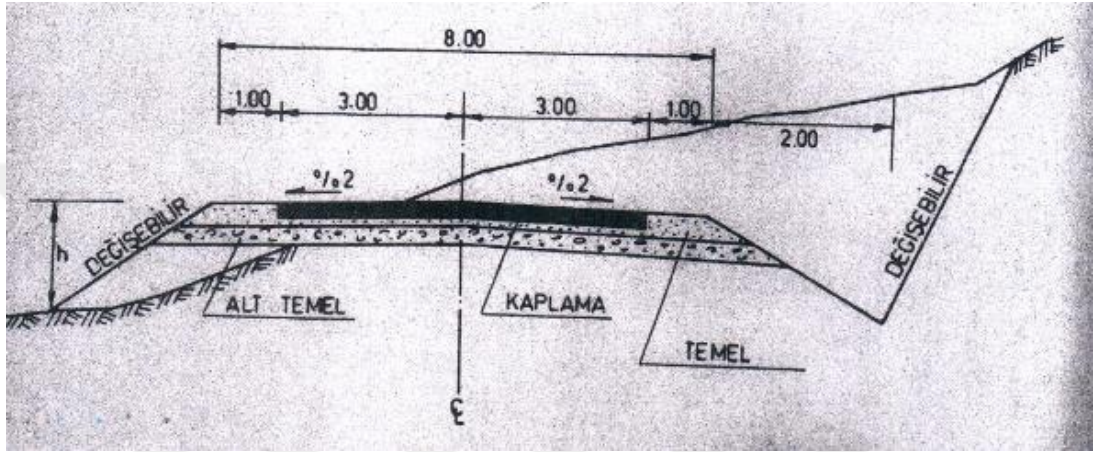
Çizelge 1.1: Batman İli Sason İlçesi Köylere Hizmet Götürme Birliği Başkanlığı Köy Yolları Ödenek Durumu

YILI	KÖY YOLLARI ÖDENEĞİ
2014	1.691.504,00
2015	6.649.446,00
2016	5.842.069,00

Bu tez çalışması ile, köy yolların yapımları aşamasında yol güzergahının nerelerden geçirilmesi gerektiği yönündeki detaylı çalışma kadar önemiyet arz eden, köy yollarında tercih edilmesi gereken drenaj sistemleri ile ilgili detaylı bir incelemede bulunulmuş ve özellikle Türkiye'nin doğu ve güneydoğu bölgesindeki köy yollarındaki drenaj yetersizliği durumu vurgulanarak yapılması gereken çalışma teknikleri incelenmiştir.

2 KÖY YOLLARI AĞI

Ülkemizde bulunan ulaşım sisteminin önemli bir parçası olan köy yolları ağı (Şekil 2.1.) , köylerin diğer köylerle , illerle , ilçelerle ve diğer yerleşim birimleri ile bağlantısını sağlayan yollardan müteşekkildir.(Şekil 2.2)



Şekil 2.1: Köy yolları enkesiti [1]

PROJE ELEMANLARI		BİRİNCİ SINIF			İKİNCİ SINIF		
YILLIK ORTALAMA GÖNLÜK TRAFİK		4000-2000			2000-1000		
PROJE SAATLİK TRAFİĞİ (Tağıt/Sa.)		400- 200			200- 100		
TOPOĞRAFİK YAPI		Düz	Dalgalı	Dağlık	Düz	Dalgalı	Dağlık
PROJE HIZI (Km/sa.)		100	70	50	70	50	30
MAKSİMUM BOYUNA EĞİM		6	7	8	7	10	12
ŞERİT SAYISI		2	2	2	2	2	2
ŞERİT GENİŞLİĞİ (M)		3.50	3.50	3.50	3.00	3.00	3.00
• BANKET GENİŞLİĞİ (M)		1.50	1.50	1.00	1.00	1.00	1.00
PLATFORM GENİŞLİĞİ (M)		10.00	10.00	9.00	8.00	8.00	8.00
KARILAŞTIRMA GENİŞLİĞİ (M)		35	35	30	25	20	15
PROJE YÖKÜ		H ₂₀ -S ₁₆	H ₂₀ -S ₁₆	H ₂₀ -S ₁₆	H ₂₀ -S ₁₆	H ₂₀ -S ₁₆	H ₂₀ -S ₁₆
KÖPRÜ GENİŞLİĞİ (Metre)	0-20	8.00			7.00		
	> 20	8.50			7.00		
UYGULANACAK KARMA ENKESİT TİPİ							
• Dağlık arazideki karayık kesitlerde banket genişlikleri imla tarafından 50 cm. fazla, yama tarafında eklenmiş uygulanır.							
H ₂₀	FÜKÜ KAMYON AĞIRLIĞI	20 Ton					
S ₁₆	DİNGİL AĞIRLIĞI	16 "					
		36 Ton					

Şekil 2.2: Köy yolları standartları tablosu [1]



3 ZEMİNDE SUYUN BULUNMA ŞEKİLLERİ

3.1 Zemin Suyu

Zeminler aralarında boşluk bulunan danelerden oluşmakta olup boşluklar genellikle birbirlerine bağlıdır. Zeminde bulunan su, boşlukların oluşturduğu bu kılcal kanallar boyunca hareket ederler. Zeminde su 3 şekilde bulunur.

3.1.1 Adsorbe Su

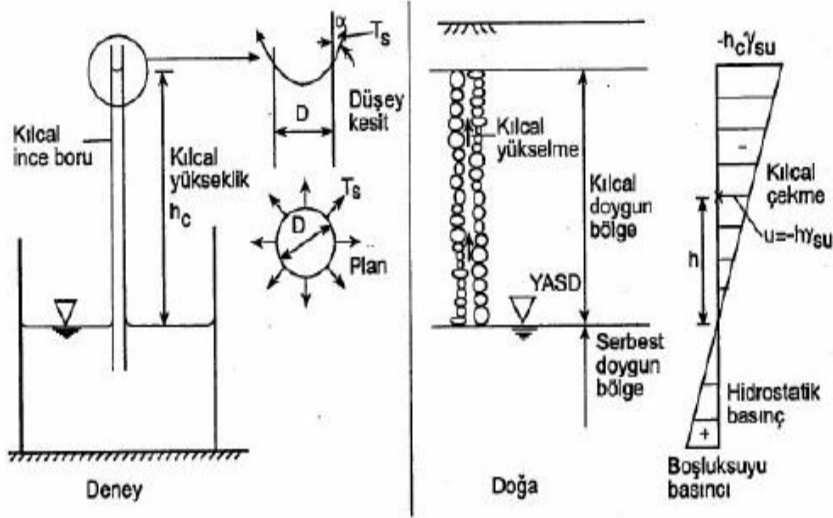
Daneler yüzeyine emilmiş su olup elektriksel kuvvetler tarafından kontrol altında tutulmaktadır.(Şekil.3.1.)



Şekil 3.1: Adsorbe su [14]

3.1.2 Kapiler Su

Daneler arasındaki kılcal kanallarda yükselen su olup sıvılarda gözlenen yüzeysel Çekme kuvvetleri tarafından kontrol altında tutulmaktadır. Zemin farklı kalınlıklardaki tabakalardan müteşekkildir. Zeminde bulunan daneler arasındaki boşluklar birbirlerine bağlı olup bunlar da kılcal kanallar oluşturmaktadır. Zemin içinde bulunan su bu kanallar aracılığıyla yukarılara yükselmektedir. Zemini oluşturan tabakalar , Şekil 3.2. 'de gösterildiği gibi daha derinlerde bulunan yeraltı suyunun kapiler kuvvetler sayesinde yukarı yükselmesiyle beslenirler. Kapilerite etkisiyle bazı tabakalar suya tamamen doymun hale gelirken daha yüksek seviyelerdeki tabakalar ise suya kısmen doymun halde bulunurlar.[14]



Şekil 3.2: Kapiler su

Zeminlerde kapilerite hesabının yapılması amacıyla;

Efektif çap D_{10} esas alınırsa , zeminlerde kapiler yükseklik ampirik olarak;

$$H_c \text{ (cm)} = \frac{C}{e} D_{10} \quad 3.1$$

Burada;

C: efektif boşluk çapını efektif dane çapına bağlayan bir katsayı (tabii zeminler için

0,1 – 0,2 civarında)

e : boşluk oranı

Çizelge 3.1: Değişik Zeminlerde Kapiler Su Yükselmesi ve Çekme Gerilmeleri

ZEMİN CİNSİ	KAPİLER YÜKSEKLİK (MT)	ÇEKME GERİLMESİ (Kn/m ²)
KUM	0,01 – 1,0	0,5 – 10,0
SİLT	1 – 10	10 – 100
KİL	> 10	> 100

Çizelge 3.2: Zemin Yapısına Göre Kapiler Yükselme

ZEMİN CİNSİ	GEVŞEK	SIKI
İri Kum	0,03 – 0,12	0,04 – 0,15
Orta Kum	0,12 – 0,50	0,35 – 1,10
İnce Kum	0,30 – 2,00	0,40 – 3,50
Silt	1,50 – 10,00	2,50 – 12,00
Kil	> 10	

3.1.3 Yeraltı Suyu

Daneler arası boşlukları dolduran ve yerçekimi etkisinde olan su olup yerçekimi kuvvetleri tarafından kontrol altında tutulmaktadır. Yeryüzüne yağış şeklinde inen suların çoğu zemin içine sızmaktadır. Bu sular da yerçekimi kuvveti yardımıyla zeminde dikey ve yanal yönlerde hareket eder. Su, zeminin jeolojik yapısına bağlı olarak belirli derinliklerde bulunan zeminlerdeki boşlukları doldurmak suretiyle su kütleleri oluşturur. Bu su kütlelerinin, genelde yatay olmayıp zemin yüzeyi topoğrafyasına paralel olan, üst yüzeyine yeraltı su tablası denir. Yeraltı su tablası kotuna yeraltı su seviyesi (YASS) denir. Bu kotun altındaki tabakalar suya doymun haldedir.

Yeraltı suları 3 şekilde bulunur.

*Serbest akım halindeki yeraltı suyu

*Basınçlı akım halindeki yeraltı suyu

*Durgun haldeki yeraltı suyu

3.1.3.1 Serbest akım halindeki yeraltı suyu

Geçirimli ve daneli bir yapıda bulunan ve suyu taşıyan tabaka olarak da adlandırılan zemin içinde akar. Bu tabakanın etrafında geçirimsiz tabakalar bulunabilir. Bu tabakalara da Suyu Tutan Tabakalar denir. Zemin içinde bulunan havanın basıncı ile suyun bir serbest yüzeyi bulunmakta. Bu suların akışı yerüstü yüzey sularının akışına benzer.

3.1.3.2 Basınç akım halindeki yeraltı suyu

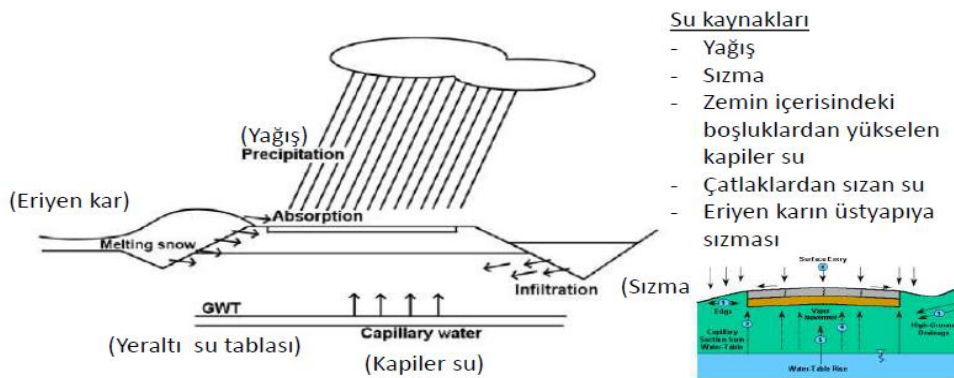
Su , altında ve üstünde geçirimsiz tabakaların olduğu geçirimli bir tabakada akar. Üstteki geçirimsiz tabakanın yeraltı su yüzeyinin altına inmesi durumunda suyu sıkıştırarak kesit daralmasına sebep olur. Bu durumda sıkışan yeraltı suyu çevresindeki zemine basınç uygular. Bu tabakaya inen bir sondaj kuyusu açılması durumunda su basınç altında geçirimsiz tabakanın alt yüzeyi üzerine çıkmış bir durumda kuyuda yükselir. Bu yükselme geçirimsiz tabaka üst yüzeyinin üzerinde olursa “Artezyen” durumu oluşur.

3.1.3.3 Durgun haldeki yeraltı suyu

Etrafında geçirimsiz, Suyu tutan tabakaların olduğu bir geçirimli, suyu taşıyan tabaka vardır. Su geçirimli zemin içinde bir gölet halindedir. Durgun haldeki yeraltı suyu üzerinde de geçirimli zemin tabakaları bulunuyorsa bu yeraltı suyunun , yeraltı suyu ile kapiler su bölgeleri arasında bir geçit olan serbest yüzeyi vardır. Bu yüzeydeki basıncın atmosfer basıncına eşit olduğu kabul edilir.

3.2 Köy yollarında Drenaja Neden Olan Su Kaynakları

- Yağış
- Sızma
- Zemin içerisindeki boşluklardan yükselen kapiler su
- Çatlaklardan sızan su
- Eriyen karın üstyapıya sızması (Şekil3.3.)



Şekil 3.3: Köy yollarına etki eden su kaynakları

Yeraltı sularının en büyük kaynağı yağışlardır. Yağışlar sonucunda su ya doğrudan zeminde ilerleyerek yeraltı suyunu oluşturur, ya da yerüstündeki yüzeysel sulara karışarak bunlarla beraber süzülerek yeraltı sularına katılır.

3.3 Zeminlerin Su Nedeniyle Hacim Değişirmesi

Yol gövdesini oluşturan zemini optimum seviyede nemli tutarak zemini oluşturan ince daneler arasında kohezyonu sağlayan suyun belirli miktarı faydalıdır. Ancak , bu miktarın üstü yolun stabilitesi açısından zararlıdır.

Köy yollarında üstyapı altında bulunan zemin katmanında su oranının değişmesi ile hacim farklılığı büyük ölçüde oluşuyorsa , bu katmanın farklı su muhtevası değişmesine uğrayan kısımlarında farklı hacim değişiklikleri olacaktır. Bu da üstyapının hemen alt kısmında değişik noktalarda farklı büzülme ve kabarmalar neticesinde farklı gerilme durumu ve farklı taşıma gücü meydana getirecektir. Özellikle rijit üstyapıların yüzeylerinde çatlama ve bunun neticesinde de batma ve çökmeler meydana gelecektir.

Su karşısında hacimsel değişime uğrayabilen zeminlerde, gereğinden daha kuru bir halde sıkıştırılmasından sonra üzerine üstyapı inşa edilmişse, zemindeki su muhtevası arttığı zaman alt katmanlardan kılcallıkla gelen veya üstyapı çatlaklardan ve derzlerden, kaplama kenarlarından sızan sular, zeminde kabarmaya neden olacak ve dolayısıyla üst yapı bozulacaktır. Bununla beraber üst yapının tamamlanmasından sonra hacim değişimlerine açık olan bir zemindeki su oranının düşmesi de tehlike arz eden bir durumdur. Su kaybıyla beraber zeminde büzölmeler meydana gelecek ve bu durum da üst yapı temelini boş ve stabil olmamasına neden olacaktır. Böylece üst yapı çatlar ve çöker.

Suya karşı hacim değişikliği özelliğine sahip zeminlerle yapılan köy yollarının dolgularında şev ve banketlere yakın kesimlerde daha fazla suyla irtibatlı olunması nedeniyle daha büyük ve daha hızlı değişimler olacağından buralarda banket çatlakları görülecektir.

Plastisite indeksi yüksek olan zeminlere bakıldığında su muhtevası ile büyük ölçüde farklılıklar gösteren zeminler kil ve silt olarak görölmektedir. Bu nedenle bu tür zeminler yol gövdelerinde kullanılmamalıdır. Aksi kullanım

zorunluluklarının hasıl olması halinde de bu zeminlerin çevreden su alışverişini en düşük seviyeye indirmek için bazı tedbirler alınmalıdır.

- Yeraltı suyu drenaj önlemleri.
- Yüzey suyu drenaj önlemleri.
- Kaplama, banket, şev ve yan hendeklerin su geçirmez hale getirici önlemler.

3.4 Suyun Yol Üzerindeki Zararlı Etkileri

Su, köy yolların alt yapısı teşkilinde, zeminin kolayca sıkışmasına olanak vermesi nedeniyle vazgeçilmezdir. Köy yolunun üst yapısının yapımında da su kullanılır. Fakat , inşaaı bitirilmiş bir köy yolunda ise yüzeysel ve yeraltı sularına karşı da

muhafaza durumu gerekmektedir. Bunun aksi durumlarda çeşitli olumsuz etkilerle karşı karşıya kalınır.

1-Köy yolunda kullanılan zemin kısmi yahut tam olarak suya doygun hale gelirse , trafik yüküne maruz kalması halinde boşluk suyu basıncı oluşur. Bu durumda, azalan zemin içsel sürtünme katsayısı nedeniyle de kayma mukavemeti azalır, böylece zemin taşıma gücü düşer.

2-Kil, silt benzeri bazı zemin türlerinde suyla temas halinde fazla miktarda hacim değişikliği oluşur. Böylesi durumlarda ortaya çıkan kabarmalar nedeniyle de üst yapıda kopma ve ayrışmalar oluşur. Bu nedenle bu tür zeminler yol üst yapısında kullanılmamalıdır.

3-Köy yolunun gövdesini oluşturan zeminin bünyesinde bulunan su ,donunca hacim artması meydana gelir. Bu durum da üst yapıda kırılmalara sebebiyet verir. Havaaların ısınması ile birlikte çözülmeye başlayan don da tabandaki zeminin balçık haline dönüşmesine sebebiyet verir. Balçık haline dönüşen bu zemin tabakası trafik yükü ile birlikte yukarıya doğru çıkarak alt temel ve temel tabakasının daneli malzemesi içine girmek suretiyle aralarındaki aderansı önler ve bu durum da taşıma gücünün azalmasına sebebiyet verir.

4-Köy yollarının yarma kesimlerinde ve yüksek dolgu şevlerinde, yolun gövdesine doğru gelen yeraltı suları , zemin içinde kayma yüzeyleri oluşturmak suretiyle yarma şevinin stabilitesini bozmaktadır. Bunun sonucunda da heyelanlar meydana gelmektedir.

5-Gelen yağışlar neticesinde ortaya çıkan yüzey suları köy yollarında kaplama ile banketlerle beraber hem dolgu hem de yarma şevlerinde erozyona sebebiyet verirler.

6-Yağışlarla beraber, köy yolunda su birikintileri oluşmaktadır. Böylesi durumlarda araçların lastikleri ile köy yolu kaplama yüzeyi arasında ortaya çıkan sürtünme katsayısı azalır. Böylece araçların kontrolünün kaybedilerek kaymalara ve kazalara sebep olunur. [15]





4 DRENAJ

Drenaj; köy yolunun yağış havzası alanına yağış olarak düşen ve dere yataklarında akışa geçen veya belli kesimlerde biriken yüzeysel suları ile birlikte köy yolu zemini daneleri arasındaki boşluklarda durgun veya akar halde bulunan yeraltı sularının yola ve çevreye zarar vermesini önleyecek biçimde kontrol altına alınıp uzaklaştırılmasıdır. [16] Bu tanıma göre, yeraltı drenajı ve yüzeysel drenaj olmak üzere iki çeşit drenaj vardır.

- 1- Yeraltı Suyu Drenajı
- 2- Yüzeysel Drenaj

4.1 Yeraltı Suyu Drenajı

Yeraltı suyu drenajındaki gaye köy yolunun zemininde veya köy yolu gövde kısmına gelen yeraltı suyunun yola zarar vermeden kontrol altına alınarak uzaklaştırılmasıdır. Zeminde bulunan serbest haldeki suyun zeminden uzaklaştırılması uygun dren tesisleri ile mümkünken zeminlerde bulunan kapiler suyun tamamen indirilmesi zorluklar içermektedir. Kapiler su ancak yeraltı suyu seviyesinin indirilmesiyle yola zarar vermeyecek bir düzeye indirilebilir.

Yeraltı suyu drenajında prensip olarak yapılması gereken ilk işlem , yüzeysel sularının köy yolunun yol gövdesine sızmasını olabildiğince azaltmaktır. Köy yollarının yol geçkileri boyunca yapılacak drenaj etüdü neticesinde tesis edilecek dren tesisleri ile zeminde bulunan su miktarı yol için tehlike arz etmeyecek düzeyde tutulur. Drenajda başarılı olmak için dren tesisleri projelendirilmesinde zemin karakteri, yeraltı suyu debisi ile birlikte debi miktarı değişimi ile yeraltı suyunun akış istikametinin ve de su hızının tespiti önem arz eder.

4.1.1 Yeraltı suyu drenaj etüdü

Yeraltı drenajında başarılı olabilmek amacıyla gerekli dren tesisinin projelendirilmesinden önce drene edilecek zeminin karakter yapısı, yeraltı suyu derinliği, debi miktarı ve değişim ile akış istikameti ve de su hızının uygun bir

şekilde tespiti gerekir. Bunun sağlanması için yağış mevsimi bitiminde yapılan etüd çalışmalarında aşağıdaki araştırmalar yapılır.

-Arazi Araştırması

Köy yolu güzergahında bulunan başka yolların ve yapıların irdelenmesi ile görülebilen verilerin toplanması.

-Zemin Araştırması

Köy yolu gövdesinin üzerinde bulunduğu zeminin genel özelliklerini anlamak maksatı ile yürütülen çalışma.

-Sondajlar

Köy yolunun geçtiği güzergahlardaki zeminlerin tabakalarını ve yeraltı suyunun özelliklerini daha yakından tanımak maksadıyla yürütülen çalışma. Bu Sondajların derinlikleri bazen 30 mt'ye kadar çıkabilir.

-Yeraltı Suyunun Takip Edilmesi

Sondajların gerçekleştirilmesinin yanı sıra yarmaların açılması esnasında yeraltı suyunun derinlik miktarı, debi miktarı, debisindeki değişim miktarı, suyun akış istikameti ve de suyun akış hızı gibi hususlarda bilgi toplanması,

-Analiz ve Değerlendirme

Safha safha yapılan yukarıdaki çalışmalar neticesinde ele geçen verilerin bir arada değerlendirilmesiyle zemin ve yeraltı suyu özellikleri için en ideal projenin hazırlanması.

4.1.2 Yeraltı suyu drenaj tesisleri

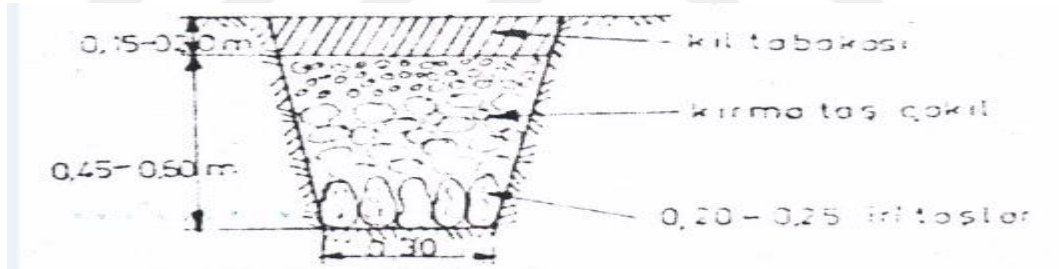
Köy yollarında yeraltı sularının kontrol altına alınarak köy yoluna zarar vermeden uzaklaştırılması amacıyla tercih edilen tesislerden en çok kullanılanları kök drenler, borulu drenler ve kılçık drenlerdir. Bunlarla beraber , heyelanlı bölgelerde tercih edilen drenaj galerileri ile yatay drenler ve bataklık kesimleri geçişlerde tercih edilen düşey kum drenleri yeraltı suyu drenajlarında tercih edilen başka dren sistemleridir.

Genellikle köy yollarının mihrine paralel olarak dar bir hendek olarak yapılan ve içinde de metal, beton , betonarme veya asbestli çimento gibi malzemelerden yapılmış olan bir büzün üstünü örten seçilmiş filtre malzemesi ve en üstte de

geçirimsiz bir tabakadan müteşekkil bir şekilde yapılmaktadır. Böylesi bir drenaj sistemi uygulamasında seçilecek büz tipi, çapı ve büze suyun giriş yeri, drenaj hendeğinin köy yolunun içindeki yeri ve derinliği, filtre malzemesi ve yapım kuralları önem arz etmektedir.

4.1.2.1 Kör drenler

Yeraltı su seviyesinde elde edilecek az bir indirme ile yol yapısının korunabildiği hallerde kör drenler tercih edilir. Bu tip drenlerde akıtılacak su miktarının çok fazla olmaması gerekir. Hendeğin taban genişliği 0,30 mt, yüksekliği 0,60-0,75 mt arasındadır. Hendeğin tabanına 0,20-0,30 mt'lik iri taşlar el ile yan yana dizilir. Taşların üzerine 2-7 cm boyutlarında 0,20-0,40 mt kalınlığında kırmataş ve çakıl tabakası yerleştirilir. Bu kırmataş ve çakıl malzemesi hendeğin üst yüzeyine yaklaştıkça boyutları küçülmelidir. En üstte yüzeysel suların dren içine girmesini engellemek için 0,15-0,20 mt kalınlığında geçirimsiz bir kil tabakası tokmakla sıkıştırılarak yerleştirilir. Bu dren tipinde zamanla tıkanma sorunu yaşandığından kör dren tipi yerine borulu drenler tercih edilmelidir.(Şekil 4.1.)



Şekil 4.1: Kör dren

4.1.2.2 Borulu drenler

En çok tercih edilen sistemlerdir. Genellikle pişirilmiş kilden yapılan borular , asbestli çimento borular , delikli veya deliksiz betondan imal borular ve de sacdan yapılmış borular veya plastik (PVC) borular kullanılmaktadır. Tıkanma süreleri göz önünde bulundurulduğunda delikli beton büzler daha çok kullanılmaktadır. Boru delik çapları 8-9 mm olup 25 mm aralıklarla şaşırtmalı sıralı, ve de boru yüzeyinin

2/3 veya 1 / 2 sini kapsayacak biçimde açılmışlardır. [15] Borular, tıkanmaya karşı tercihen delikli kısımları aşağıya gelecek biçimde döşenirler.

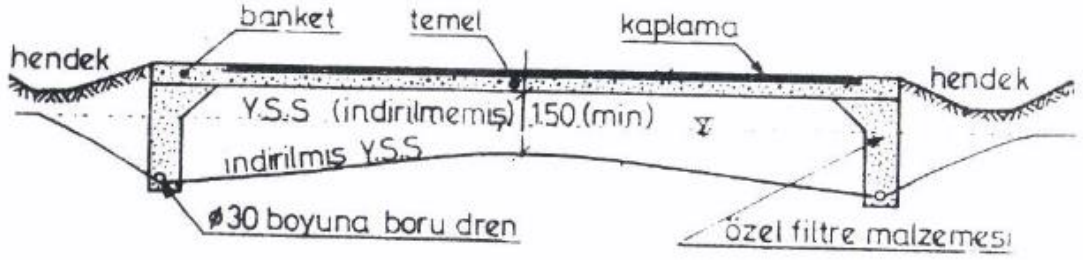
Dren borularının tip tercihinde, sağlam olması, filtre kapasitesi, ne kadar süre hizmet verebildiği, teminindeki kolaylığı ,fiyatı etken olmaktadır. Boruların, zeminde ortaya çıkabilecek düzensiz yapıdaki oturmalara karşı koyabilecek dirençte olması tercih edilir. Ayrıca, içine döşendiği zeminin özelliklerine ve gelebilecek su miktarına uygun olmalıdır. Dren borularına gelebilecek suların hesabı ve uygun çap tespiti için ayrıntılı bir hesaba ihtiyaç vardır. Genel olarak, 24 saatlik bir zaman zarfında, drene edilecek sahaya yayıldığı kabul edilen 6-9 mm yüksekliğindeki su kütlesinin uzaklaştırılması öngörülmektedir. Uygulamalarda daha çok 0,15 mt çapından büyük borular kullanılmaktadır.

Yeraltı sularının dren hendekleri içinde toplanıp kolaylıkla akabilmesinin sağlanması amacıyla dren borularının tek başına konması yeterli değildir. Boruların sızdırma özellikleri deliklerde oluşacak tıkanmalar yüzünden gittikçe azalır. Bunun önlenmesi için, dren hendekleri içine yerleştirilen boruların granüle bir malzeme ile muhafaza içine alınması gerekmektedir. [15]

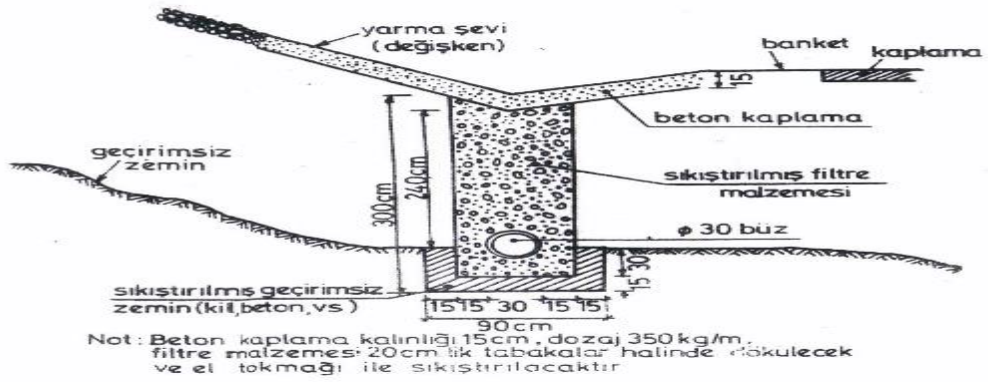
Dren borusunun yeri ve derinliği

Dren boruları , drene edilecek su koşullarına göre , banket veya kenar hendek altına konulabilir. Köy yolu gövdesindeki su dren edilecekse yeraltı su düzeyini düşürmek amacıyla , banket altına, veyahut yarmalardan köy yolu gövdesi istikametindeki bir yeraltı suyu kesilip drene edilecekse kenar hendek altına konulur.(Şekil 4.2.)

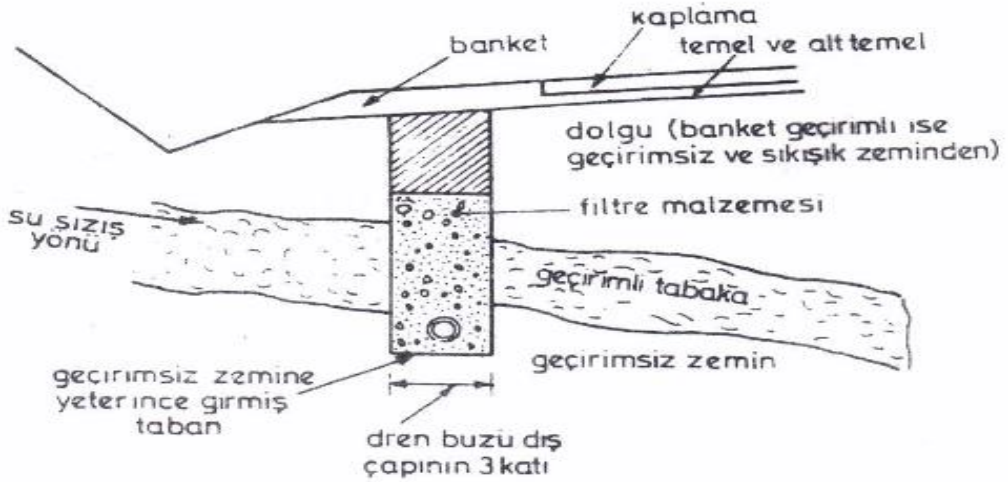
Yeraltı suyunun kaplama ve üst yapıya zarar vermemesi için su seviyesi alt temel malzemesinden en az 1,50 mt aşağıda olması gerekir. Borulu drenin derinliği yeraltı su seviyesine bağlı olarak değişir. (Şekil 4.3.) Dren borularının konulacağı derinlikleri, yeraltı suyuna, zeminin yapısına ve de don derinliklerine bağlı olarak değişir. Bazen, 1,5 mt derinlik yeterli olabilmekte iken, büyük yarma şevlerinde geçirimsiz tabakanın derinlerde olması halinde bu derinlik 10 mt'den fazla olabilmektedir. Büyük yarmalarda kademeli olarak şev boyunca birçok kesimde dren tesisi de yapılabilir[15] (Şekil 4.4.)



Şekil 4.2: Yeraltı su düzeyinin borulu drenle düşürülmesi



Şekil 4.3: Kaplanmış hendek altında borulu dren tipi

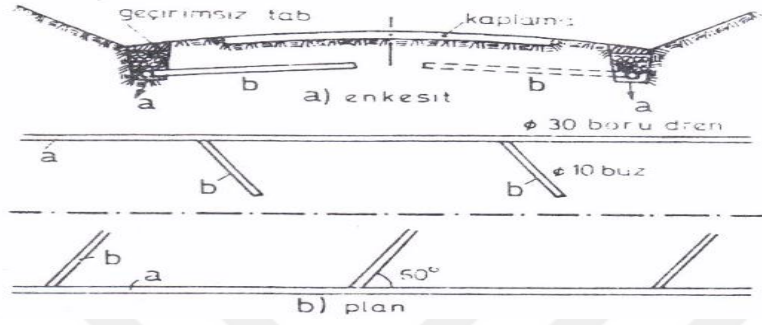


Şekil 4.4: Borulu dren için bir diğer örnek

4.1.2.3 Kılçık drenler

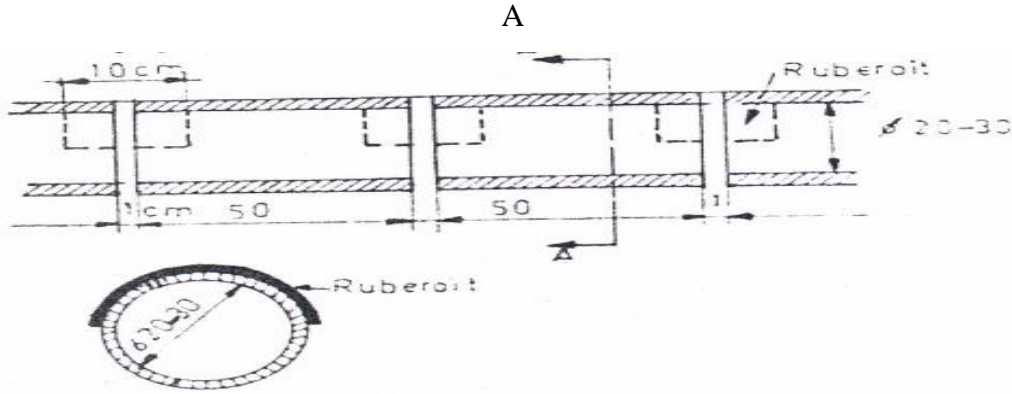
Zemin içerisindeki su oranı fazla miktarda ise ayrıca enine istikamette belirli aralıklarla kılçık drenler ile toplanan su Q 30 luk toplayıcı drenlere aktarılırlar.

Genellikle yarma kesitli köy yollarında köy yolu gövdesi daima yeraltı suyu etkisi altında bulunur. Bu durumlarda köy yolu gövdesinin altında, yol eksenine göre belli bir açıda bulunan kılçık drenler olarak tabir edilen enine drenler yerleştirilir. Bu drenler (Şekil 4.6.) köy yollarında boyuna drenlere bağlanır. (Şekil 4.5.) Kılçık drenler olarak genelde 10-15 cm çapındaki delikli borular tercih edilir. [15]



Şekil 4.5: Kılçık dren ve bağlantısı

Zemindeki su yüzdesi az ise kılçık drenler yapılmazlar. Dren hendek tabanına en az % 0,5 boyuna eğim verilmelidir. Deliksiz boruların ek yerleri arasında 10 mm aralık bırakılır ve üzeri iki kat ruberoit ile kaplanır. Delikli boruların ek yerleri ¼ inçlik kırma taşlardan yapılan bir bilezik ile korunurlar.



A-A KESİTİ

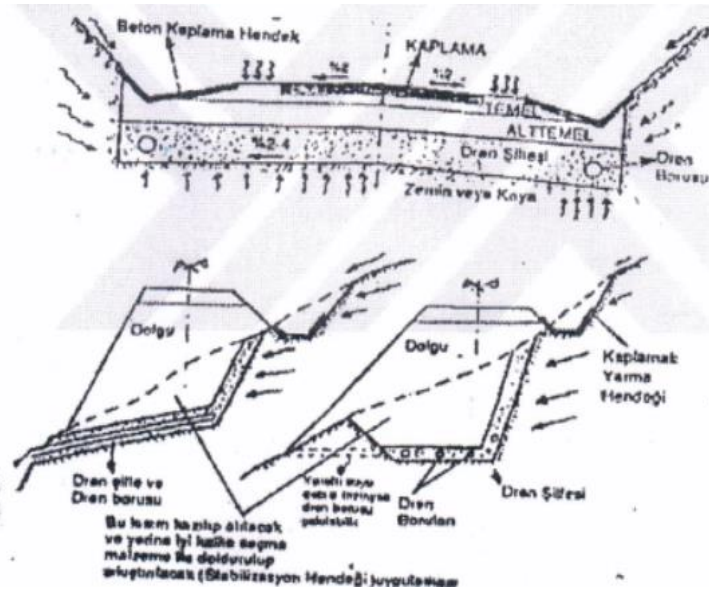
Şekil 4.6: Borulu drenlerin ek yerlerinin görünüşü

4.1.2.4 Enine drenler

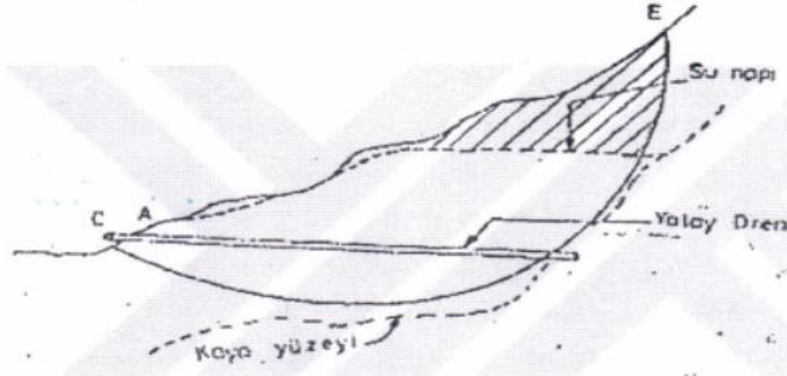
Enine dren yapıları yarma kesitli köy yollarında yarma şevlerinden büyük miktarda su gelmesi durumunda kaplama altına dren şiltesi olarak uygulanmaktadırlar. Bu dren şiltesi ile yarma zemininden veya tabandan kapillarite ile nüfuz eden su, kolayca drene edebilmektedir. Yarma

hendeklerinin betonla kaplanmasıyla yarma şevlerinden gelecek su tabana iletilmeden yoluna boyuna eğimi ile drene edilebilmektedir. Yol tabanının yanall eğimini yolun kaplama eğiminden biraz daha fazla yaparak yeraltı sularının dren borularına daha hızlı dren etmesi sağlanabilir. Dren şiltelerinin (Şekil 4.7.) yapılmasında , kapileriteyi önlemek amacıyla mümkün olduğunca, kaba , iyi gradasyonlu ve ince içermeyen ince kırma taştan imal edilen granüler malzeme tercih edilmelidir. (Şekil 4.8.) Dren şiltesi uygulanmasından önce , dolgu altında tercih edilmeyen evsafa zeminin varlığı halinde sağlam zemine kadar kazılıp atılmalıdır. Daha sonra uygun evsafa bir zeminle doldurulup dolgu tabanı iyileştirilir.

Doğall şev eğimi fazla ve zemin suya fazla maruz ise ve taban zemini olarak uygun olmaması halinde stabilizasyon hendeği ve dren şilte birlikte tatbik edilerek dolgunun altında stabil bir taban oluşturulur. Böylesi durumlarda uygun olmayan, zemin kalınlığı az ise tümünü kazıyıp atmak yerine uygun bir malzeme ile doldurmak daha ekonomik olabilir. Aksi durumlarda stabilizasyon hendeği tercih edilmelidir. Bu tip uygulamanın amacı yeraltı suyundan dolayı şevin kaymasını önlemek yani şevin stabilitesini sağlamaktır. Her iki uygulamadaki amaç yeraltı suyunun uzaklaştırılması için dren şiltesi yapılarak dolgu altındaki taban zemininin stabilitesini sağlamaktır. Stabilizasyon hendeklerinde kazılan zemin atılıp yerine dren kabiliyeti yüksek ve iyi kalitede seçme malzeme konulmalıdır.



Şekil 4.7: Dolguda dren şiltesi uygulaması



Şekil 4.9: Yatay dren borularıyla suyu zeminden uzaklaştırma

Heyelanlı bölgelerde diğer drenaj yapılarına kıyasla yatay drenler heyelan hareketi doğrultusunda veya bu hareketten az zarar görecektir. Doğrultuda yerleştirilebildiklerinden daha çok tercih edilirler. Bununla birlikte diğer drenaj yapılarında ayrıca bir boşaltım kısmı söz konusudur. Bu kısımda boşaltım için bir eğim ve akıntı gerekir. Buna imkan olmaması durumunda da güçlükler ortaya çıkar. Yatay drenlerde ise boşaltım kısmı dren kısmının bir devamı gibidir. Bu özelliği nedeniyle boşaltım güçlüğü olan drenaj sistemlerinde boşaltım kısmı yerine de kullanılabilir.

Yatay drenlerin genel kullanım amaçları yarma ve dolgularda yamaçtaki yeraltı sularını tutup uzaklaştırmaktır. Gevşek veya kaya zeminlerde mevcut şartları iyileştirerek heyelanları önlemede kullanılırlar.

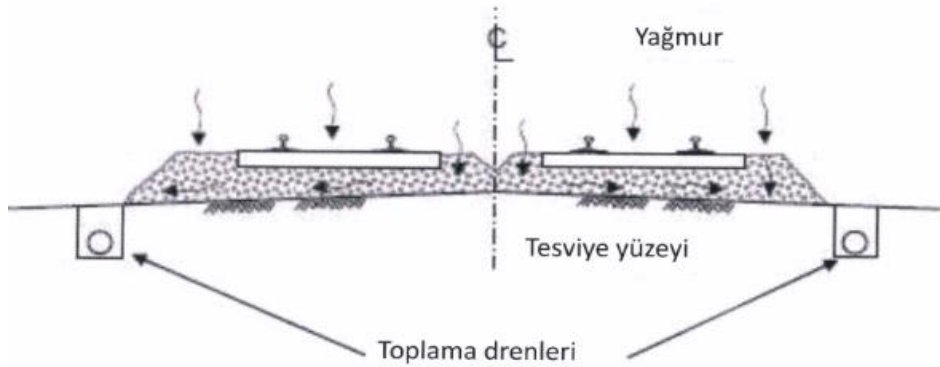
Yatay drenler zeminin yarı granüler ve az kohezyonlu, yüksek geçirimli olması halinde çok etkilidir. Böylesi durumlarda geçirimli zeminden gelen sızıntıların kaydırıcı geçirimsiz zemine erişmesini önlemek amacıyla ikisinin arakesiti üzerine yerleştirilir. Heyelanlarda kayma yüzeyi belirli ise bu yüzeyin hemen üstüne yatay drenler yerleştirilir.

Dolgu altındaki eğimli yamaç arazi yatay drenlerle kurutulurken dolgu enine kesitte tam dolgu durumunda ise öncelikle yukarı şev eğiminde bir yatay dren sırası yerleştirilir. Dolgunun alt şev eğiminden önce de bir sıra yatay dren yerleştirilmelidir. Dolgunun üst ve alt şevleri arasındaki kesimlerde yatay drenlerin konulacağı yerler sondaj yapılarak belirlenir.

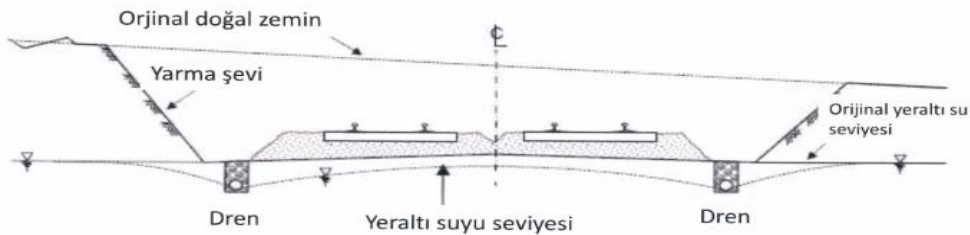
Dren boruları için açılan delik 7,5-10 cm çapında iken ,yatay dren boruları 5 cm çapında dikişli borulardır. Yatay delikler açıldıktan sonra delme aletleri

alındıktan sonra bunlarla hazırlanmış olan delikli metal borular sürülür. Bu çalışmalar sırasında yerleştirme borularının yukarı doğru olması gerekir. Bunun nedeni tutulacak suyun aşağı inme eğiliminde olması ve suyun dışarı atılacak olmasıdır. Zeminin doygun ince siltli kumdan oluşması halinde delikler aşağıya yerleştirilebilir. Drenlerin genellikle 0,03 ve 0,20 eğiminde olması tercih edilir. Uygulamada drenler arasının, zeminin drenaj niteliklerine ve drene edilecek su miktarına bağlı olarak 5 ile 30 mt arasında olması tercih edilir.

Dren borularının uzun süre hizmet vermesini sağlamak amacıyla zaman zaman bakımının yapılması gerekir. Yatay drenler aracılığıyla toplanan suyun, (Şekil 4.10.) bir galvanize toplayıcı ve taşıyıcı boruya ve buradan da kaplanmış bir yatağa akıtılması gerekir. Boruların çıkış ağızları da dolgu şevinin ve arazi şevinin hareketleri ve döküntülerince tıkanmayacak mesafede tutulmalıdır. Suyun borulardan çıkışlarda zemin oyulmalarının da olabileceği unutulmamalıdır. Don bölgelerinde yatay borunun çıkışları bir toplayıcı boru ile yerleştirilmiş (Şekil 4.11.) ve bu borunun da don derinliğinin altına indirilmiş olması gerekir.



Şekil 4.10: Toplama drenleri yerleri



Şekil 4.11: Toplama drenlerin yeraltı suyuna göre teşkili

4.1.2.5 Stabilizasyon hendeki

Yeraltı suyunun, su muhtevasının artması istenmeyen bir bölgeye nüfuzunu engellemek ve böylece bu bölgede kayma direnci ve taşıma gücü sağlayarak stabil bir kitle elde etmek amacıyla kullanılan bir drenaj türüdür. Bu drenaj türü , yeraltı suyunun yüzeye oldukça yakın ve geçirimsiz zeminin de çok derinde olmaması hallerinde çok uygundur.

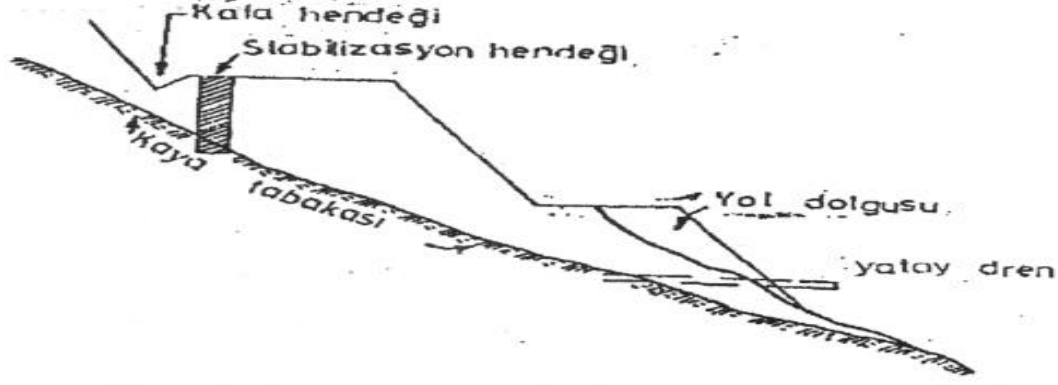
Yol eksenine paralel bir doğrultuda, genelde dolgu ve yarma heyelanlarında kayma yüzeyinin tabii zemin yüzeyine yaklaştığı kesimin yola göre hemen dışına kurulur. Bazen de yol eksenine paralel bir kol ve ona dik bir başka kol olarak (T) biçiminde veya (Y) biçiminde de uygulanabilir.

Standart büzlü drenaj hendeklerine kıyasla, stabilizasyon hendekleri daha derin ve daha geniş , kenarları şevli olarak yapılır. Yapılan sondajlara ve yeraltı suyunun indirilmesi istenen seviyeye göre de derinliği değişiklik arz eder. Hendeğe konulan büz içinde su akarken suyun üst yüzeyinin geçirimsiz tabaka üst seviyesinin altında kalmasının sağlanması amacıyla hendeğin tabanı, suyun üzerinden aktığı geçirimsiz zemine uygun bir derinliğe kadar girmesi sağlanmalıdır.

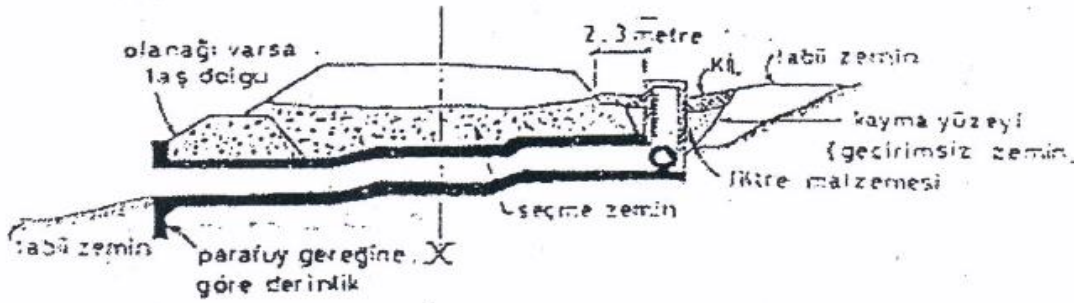
Stabilizasyon hendeklerinin dolgu malzemeleri de standart büzlü drenaj hendeklerindeki gibi filtre malzemesi özelliğindedir. Bu hendeklerin tabanında büyük çaplı büz veya birkaç büz konulabilir. Yeraltı su akımının köy yoluna doğru eğimli olduğu yerlerde ve yamaç yerlerde büzlerin delikleri yukarı doğru; su seviyesinin yükselmeye meyilli veya yatay olduğu yerlerde de büzlerin delikleri aşağı doğru konulur.

Stabilizasyon hendeklerinin teşkilinden sonra hendek dolgu malzemesinin üstü kil tabakayla örtülüp kil tabakasının da rötre ile çatlayıp bu çatlaklardan yüzey sularının da içeriye girmesinin önlenmesi ihtimaline karşı da kil tabakası üzerine belli kalınlıkta bitkisel bir zemin konularak çimlendirilir. Bu hendeklerde toplanan yeraltı sularının deşarjı amacıyla uygun bir eğim gerekir. Bu eğimin sağlanamadığı, yamaçlardaki dolguların tabanlarını drene ederken rastlanılan durumlarda da ana kanala yaklaşık olarak dik olan bir boşaltım kanalı ile sular dışarı atılır. Bu tür hendek stabilizasyonu çalışmalarında yol eksenine paralel olan hendek de yol ekseni gibi arazinin tesviye eğrilerine

oldukça paraleldir ve çok eğimli değildir. Boşaltım kanalları büz veya betonarme menfez olarak tercih edilebilir. Gevşek zeminli, heyelanlı ve oynak tabanlarda bu kanallar betonarme kutu menfez olmalıdır.

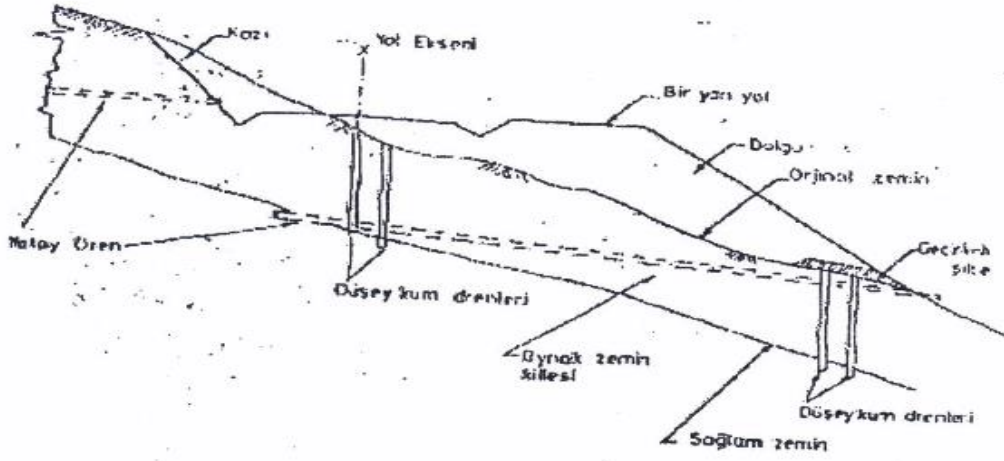


Şekil 4.12: Yatay drenle stabilizasyon hendeğinin bir arada uygulanması



Şekil 4.13: Dolgu altına yapılmış stabilizasyon hendeği

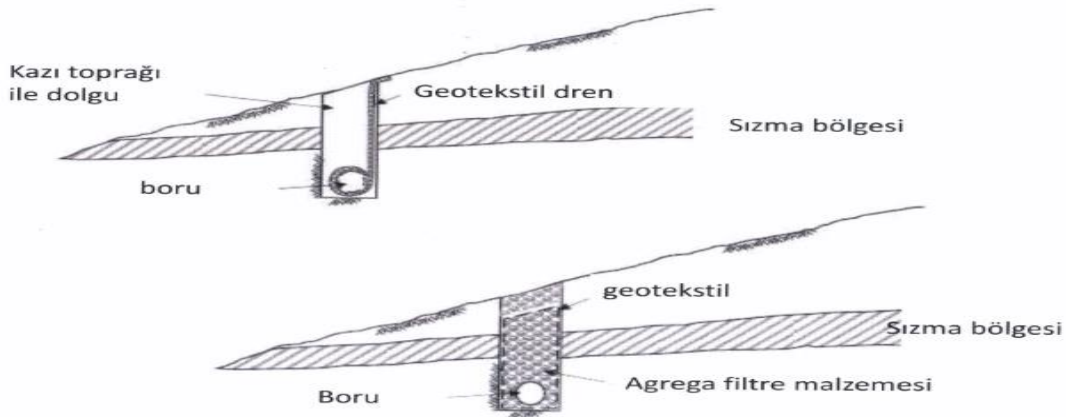
Bazı uygulamalarda da, stabilizasyon hendeği ile drene edilecek alanda, mesela dolgu alanında ikinci derece drenaj hendekleri yapma gereği ortaya çıkabilir.(Şekil 4.12.) Bu tür durumlarda bir çeşit Kılçık Drenaj olan yol eksenine dik veya çapraz drenaj hendekleri kullanılır. (Şekil.4.13.) Bunlar da sularını, ana stabilizasyon hendeğinin boşaltım borusuna boşaltırlar. Dolgular da yapıldığı gibi heyelan etmiş bir yarma şevinde de heyelan temizliğinden sonra yapılan kademelerde stabilizasyon hendekleri yapılır. (Şekl 4.14.) Bu hendekler genellikle kademe diplerinde ve şevleri örselemeyecek şekilde yapılırlar.



Şekil 4.15: Düşey ve Yatay Drenlerin Bir Arada Uygulama Durumu

4.1.2.7 Drenaj yapılarında geotekstil kullanımı

Geotekstil, ayırma, destek, güçlendirme, filtrasyon, drenaj gibi çalışmalarda kullanılan geçirimli bir tekstil ürünüdür. Topraktan daha fazla geçirgenlik özelliğine sahip olup, gözenekli olduklarında bir eğim sağlandığında kendi düzlemlerinde su akışı mümkün hale gelmektedir. Drenaj hendeklerinde perfore boru etrafına veya hendek etrafına sarılarak kullanılırlar. Geotekstil (Şekil 4.16.) kullanımı ile ince filtre tabakası teşkiline gerek kalmaması yanında agrega/filtre tabakasının dren tutma işlevi kalmadığı için gradasyonlu, permeabilitesi çok yüksek malzeme kullanılabilir. Böylece drenaj hendeğinde boruya gerek kalmayabilir veya daha dar bir dren yeterli olabilir.



Şekil 4.16: Geotekstil Dren

4.1.2.8 Yeraltı suyu ve sızıntı suyu drenajının genel prensipleri

1-Köy yollarında yeraltı suyu drenaj sistemlerinin yapım amaçları yarma hendekleri altında sızıntı sularını alarak yeraltı su seviyesinin düşürmektir.

2-Dren borularında toplanan yeraltı sularının deşarjı amacıyla kesimin yüzey suyu drenaj sistemi kullanılmalıdır. Kontrol Bacaları belirli aralıklarla teşkil edilerek iki sistemin bağlantısı için kullanılmalıdır.

3- Bazı yarma kesitli köy yolları kesimlerinde şevlerden akabilecek sızıntı suları, köy yolu kaplaması yüzeyinden gelecek yüzey suları ve de yeraltı suları için yapılmış olan dren borularında herhangi bir noktada suyun akışını engelleyecek bir engel bulunması halinde, köy yolunun gövde kısmı suya maruz kalabilir. Buna karşı alınabilecek en iyi tedbirlerden birisi yarma hendeği altında yeraltı suyu dren borusu ile birlikte kollektörün kullanılmasıdır. Böylece kollektör kanallardan gelen yüzey sularını alırken yeraltı suyu drenaj sisteminin herhangi bir noktada tıkanması halinde , o noktanın tamir edilmesi süresince [12] çalışmaya devam eder.

4- Zemin altındaki dren yapısının köy yolunun gövdesindeki suyu en etkili biçimde taşınması için taban yüzeyi üzerinde yeterli bir eğim olması ve alt temel malzemesiyle alt zemin dreni arasında dolaysız bir bağlantı bulunması gerekir.

5- Şevlerde toprak kaymasını engellemek için ilave yan ve eğik drenler şeklinde alt zemin drenajı gerekebilir. Bu eğik drenler şev altlarında, kenar şeritte boyuna devam eden drenlere bağlanmalıdır.

6- Drenaj sisteminin çalışıp çalışmadığının takibi ile bakım çalışmaları için her 50-100 metrede bir kapalı kontrol bacalarının yapılması gerekmektedir.

4.2 Yüzeysel Drenaj

Yüzeysel drenajda amaç, köy yolunda üst kaplamanın, banketler ile şev yüzeylerinin yağış sonucu akışa geçen sulara karşı korunması olup bu, kenar hendekleri, kafa hendekleri ve çeşitli tip menfezleri içeren bir sistemle sağlanır.

Köy yolları ulaştırma sistemleri birçok bileşenden oluşur. Ulaştırma sistemleri içinde gerekli olan çok fazla sayıda sanat yapıları inşa edilmektedir. Bu yapılar , menfezler, köprüler , vb. yapılardır.

Menfezler, köy yolu güzergahı boyunca köy yolunun dere yataklarını kestiği noktalarda yapılan drenaj yapılarıdır.

Drenaj sistemlerinin projelendirilmesi çalışmalarına, proje kapsamındaki bölge için çeşitli hidrolojik verilerin derlenmesi ve buna müteakiben hidrolik analiz yöntemleriyle drenaj elemanlarının proje debi hesaplarının yapılmasıyla başlanır.

Dizayn debisinin belirlenmesi, köy yollarında yapılması ihtiyacı olan hidrolik yapıların proje çalışmalarındaki en zor çalışmadır. Bulunacak debi değerinin gerçektekinden daha az alınması halinde, yapılacak olan hidrolik yapıların düşük kapasiteli olmasına sebebiyet verir. Gerçektekinden daha büyük debi değeri alınması halinde de gereksiz bir ekonomik kayıp durumu gerçekleşir.[14]

Yağış havzası büyüklüğüne göre proje debisin iki yöntemle hesaplanabilir. Bunlar;

1-Rasyonel Yöntem

2-Sentetik Birim Hidrograf Yöntemidir.

Rasyonel yöntem, en çok tercih edilen yöntem olarak kabul edilir. Ancak, sadece uygun havza koşullarında kullanılabilen olup akış katsayı değerinin büyük ve toplama havza alanının 10 km² 'den az olması halinde doğru sonucu vermektedir.

$$Q = CIA \quad 4.1.$$

Qt : Maksimum Debi (Taşkın Debisi) (m³/s)

C: Akış Katsayısı

I: Tekerrür yıllarına göre yağış şiddeti (m/s)

A: Yağış havzası alanı (m²)

C Akış Katsayısının iyi seçilmesi gerekir. Yağış havzasına düşen yağmur sularının çoğu, zeminin yapısı, bitki örtüsü ve havzanın eğim durumu ile ilgili olarak zemine sızarken bir kısmı da yüzeysel akışa geçer. Tablolardan alınan Yüzeysel Akış Katsayıları (C) , yağış havzalarına düşen yağmur suyunun yüzde olarak ne kadarının yüzeysel akışa geçtiğini gösteren katsayılarıdır. Yüzeysel

Akış Katsayıları , arazi eğiminin artması halinde ve arazi bitki örtüsünün azalması halinde artış gösterir. Akış Katsayıları Çizelge 4.1’den alınabilir.

Çizelge 4.1: Çeşitli Arazi Şartlarında C Akış Katsayıları

Yol Platformu Yüzeyleri İçin	C Akış Katsayıları
Yol Platformu ve Kaplanmış Alanlar	0.9
Yüksek Eğimli Yarma veya Dolgu Şevleri ($\alpha > 45^\circ$)	0.8
Düşük Eğimli Yarma veya Dolgu Şevleri ($\alpha \leq 45^\circ$)	0.5
Düzenlenmiş Düşük Eğimli Alanlar (Refüj vs.)	0.3
Küçük Kırsal Havzalar İçin	
Geçirimsiz	0.90-0.95
Dik-Çıplak	0.80-0.90
Dalgalı-Çıplak	0.60-0.80
Düz-Çıplak	0.50-0.70
Dalgalı-Çayırılık	0.40-0.65
Yaprakları Dökülen Orman	0.35-0.60
Çam Ormanı	0.25-0.50
Meyve Ağaçlıklı	0.15-0.40
Ziraat Arazisi	0.15-0.40
Kentsel Havzalar İçin	
Yoğun ve Kesintisiz Biçimde Yapılaşmış Kentsel Alan	0.80-0.90
Ticari/Kentsel Alan Yakın Yapılaşma	0.70-0.85
Kentsel Konut Alanı Sınırlı Bahçeler	0.45-0.75
Banliyöde Bahçeli Konut Alanı	0.35-0.65
Kum Tabakası Üzerinde Bütünüyle Yapılaşmış Banliyö	0.25-0.55
Park, Bahçe ve Çayırklar	0.15-0.45

Yağış Havzasının değişken karakterde olması durumunda, yağış havzası ağırlıklı ortalama akış katsayısı hesaplanarak proje debisi bulunur.

$$C_{ort} = \frac{\sum_{i=1}^n (A_j * C_j)}{A} \quad 4.2.$$

A :Yağış Havzası Alanı = A1+A2+A3+...+An

C_j : A_j için Akış Katsayısı

Rasyonel yöntemde, I yağış şiddeti, toplanma (konsantrasyon - geçiş) süresine bağlı olarak değişiklik arz eder. I yağış şiddetinin belirlenmesinde ilk olarak konsantrasyon (toplanma) süresinin hesaplanması gerekmektedir.

Havzanın en uç noktasından havza çıkışına kadar suyun varması için geçen zaman aralığına Toplanma (konsantrasyon - geçiş) süresi denir. Konsantrasyon süresinin hesaplanmasında önce ana dere kolundaki akış süresi hesaplanır. Sonra, dere yatağının başlangıcı ile yağış havzasının en uç noktaları arasında

kalan mesafedeki akış süresi hesaplanır. Konsantrasyon süresi de, bu iki akış sürelerinin toplanmasıyla bulunur. [14]

Arazi Üstü Akış Süresi

$$T1 = \frac{L1}{V1.60} \quad 4.3.$$

T1 : Arazi Üstü Akış Süresi, (Dakika)

L1 : Arazi Üstü Akış Uzunluğu, (Metre)

V1 : Arazi Üstü Akış Hızı, (Mt/S)

Ana Dere Yatağındaki Akış Süresi

$$Ti = 0,0195 * (Li^3 / Hi) ^{0,385} \quad 4.4.$$

Ti : Dere Yatağındaki Akış Süresi, (Dakika)

Li : Dere Yatağındaki Akış Uzunluğu, (Metre)

Hi : Dere Yatağındaki Kot Farkı ,(metre)

$$Tc = T1 + Ti$$

Konsantrasyon (toplanma - geçiş) süresinin hesaplanmasına müteakip yağış şiddeti tespit edilir. (Çizelge 4.2.) Yağış şiddeti, Yağış-Şiddet-Süre-Tekerrür Eğrilerinden alınır.

Çizelge 4.2: Drenaj Elemanlarının Taşkın Tekerrür Aralıkları

DRENAJ ELEMANI	TAŞKIN TEKERRÜR ARALIĞI
Refüj, Kenar, Kafa, Topuk Hendekleri	10 YIL
Palye Hendekleri	10 YIL
Kademeli Hendekler	10 YIL
Özel Hendekler	10-25 YIL
Toplayıcı Borular (Kollektörler) 1.Kısım	2 YIL
Toplayıcı Borular (Kollektörler) 2.Kısım	10 YIL

Çizelge 4.2: (devam) Drenaj Elemanlarının Taşkın Tekerrür Aralıkları

Enine Deşarj Yapıları	10 YIL
Asfalt Bordür ve Düşüm Olukları	10 YIL
Şütler (Kollektör Deşarj Durumunda)	10 YIL
Şütler (Menfeze Deşarj Durumunda)	10 YIL
Menfezler (Projelendirme İçin)	10 YIL
Menfezler (Kontrolü İçin)	100 YIL
Menfezler (Taşkın Alanının Önemine Göre)	100 YIL
Menfez Giriş ve Çıkış Yapıları	10 YIL
Köprüler	100 YIL

4.2.1 Yüzey suyu drenajı

Yüzey suyu drenajı , yol yüzeyinden , köy yolların şevlerinden ve eğimli araziden köy yoluna doğru akan yağmur sularının, drenaj sistemi elemanları ile toplanması suretiyle deşarj noktasına taşınmasıdır. Bu sistemde kullanılan drenaj elemanları, refüj, kenar, palye, kafa ve topuk hendekleri ile asfalt bordür, toplayıcı borular ve enine deşarj yapılarıdır.

Köy yolu platform yüzeyi ile birlikte yarma şevlerinden gelen yağış suları, köy yolu kenarında inşa edilen hendekler marifetiyle toplanarak ızgaralı bacalara alınır. Buradan da sızdırmaz taşıyıcı borularla deşarj noktasına taşınırlar.

Köy yolların dolguda teşkil edilmiş kesimlerinde köy yolu platform yüzeyinden akan sular bordür ile toplanmakta ve buradan da düşüm olukları aracılığıyla topuk hendeklerine aktarılarak uzaklaştırılır.

Köy yolların yarma kesimlerinde ise yarma üstü ve dolgu eteklerinde araziden gelen suyu toplamak amacıyla kafa ve topuk hendekleri, palyelerde şevden gelen suyu toplamak amacıyla da palye hendekleri yapılır. [14]

4.2.2 Drenaj elemanlarının projelendirme kriterleri

Köy yollarında kullanılan drenaj elemanlarının birbirleriyle uyumlu ve sistemin bütünlüğüne uyacak şekilde yapılandırılması büyük önem arz eder. Yüzey suyu ve yeraltı drenajı hendekleri, borular bordürler, düşüm olukları ve bacalardan

oluşan bir sistemle entegreli çalışırlar. Bu tür sistemlerde suyu taşıyan drenaj elemanının basınçlı akım koşullarında çalışması tercih edilmez, bu nedenle tüm projelendirmelerde hidrolik tasarımlarda basınçlı akım koşullarının ortaya çıkması engellenerek, akım serbest yüzeyle olacak şekilde projelendirilir.

Serbest yüzeyle akımlar, suyun içinde bulunduğu kesite, basınçlı akımların uyguladıkları şekilde ayrıca bir basınç kuvveti uygulamazlar. Su yerçekimi kuvvetinin etkisiyle hareket eder.

Hendekler, borular, bordürler vb. drenaj elemanları projelendirilirken, uygulanacak eğime göre kesitler belirlenir. Drenaj sisteminde akım hızı büyük önem taşır. Akım hızının büyük olması durumunda drenaj elemanlarının erozyon sonucuyla aşınmasına neden olur. Akım hızının küçük olması durumunda da, sudaki katı maddecikler birikir ve bu da sistemin tıkanmasına sebebiyet verir.

Serbest yüzeyle akımlardaki hız ve debi miktarı değerleri, Manning formülü ile hesaplanır.

$$V = \frac{1}{n} \sqrt[3]{R^2} \cdot \sqrt{S_k} \quad 4.5.$$

$$Q = V \cdot A_k$$

V: Akım Hızı (m/s)

n: Manning pürüzlülük katsayısıDenkleme buraya yazın.

Sk: Kanal Eğimi

R: Hidrolik yarıçap

Ak: Alan (m²)

Q: Debi (m³/s)

4.2.3 Hendekler

Köy yolları drenaj sistemlerinin en önemli bileşenlerinden birisi hendeklerdir. Hendekler drenaj sisteminin birçok noktasında kullanılırlar. Örnek olarak , kenar hendekleri, refüj hendekleri, palye hendekleri, kafa hendekleri, topuk hendekleri ve kademeli hendekler sıralanabilir. [14] Tüm bu hendeklerin kapasiteleri Manning Formülüne göre bulunur.

4.2.3.1 Refüj hendekleri

Köy yollarının dever olan kısımlarında suyun orta refüj istikametindeki yüzey suları ile orta refüjde biriken suyu toplamak için orta refüjde beton hendekler inşa edilir. Bu hendeklerin altına yerleştirilen boruların bakımının yapılabilmesi amacıyla da 100 metrede bir baca konulmaktadır. Hesaplamalarda refüj hendeklerinin en fazla 400 metre mesafeye su taşınması kabul edilir. 400 metreden sonra baca konularak hendekteki su 1*1 lik menfezlerle veya büzlerle tahliye edilir. Ayrıca, hendek tipi ve kesitinin değiştiği noktalara da baca konularak, suyun tamamı taşıyıcı borulara alınmaktadır. Refüj hendeklerindeki hesaplamalarda da Manning formülü kullanılmaktadır.

Eğer Yağış debisi rasyonel metodla hesaplanacaksa , yağış şiddetinin bulunmasında gerekli olan Tc toplanma zamanı da;

$$T_c = T_1 + T_2 \quad 4.6.$$

Tc: Toplanma Zamanı(dakika)

T1: Arazi Üstü kış Süresi (dakika)

T2: Hendek İçindeki Akış Süresi (dakika)

$$T_2: L_2 / (V_2 * 60) \quad 4.7.$$

L2: Bir önceki hendek kesimi uzunluğu (m)

V2: Bir önceki hendek kesiminde su hızı (m/s)

Formülüyle bulunur.

Hendek hesaplamalarında başlangıçta T1: 2 dakika olarak alınır. Daha sonraki kesimler için t2 hesaplanarak tc toplanma zamanı bulunur. Bulunan toplanma zamanının 5 dakikadan az olması halinde toplanma zamanı 5 dakika , 5 dakikadan büyük olması halinde ise bulunan bu değer toplanma zamanı olarak alınır. Hesaplamalar neticesinde bulunan , toplanma zamanından sonra, yağış şiddeti, yağış –süre-tekerrür eğrileri kullanılarak bulunur.

4.2.3.2 Kenar hendekleri

Yarma Kesimli köy yollarında, yol yüzeyinden ve yarma şevlerinden, palye hendeklerinin kapasitesi dolan kesimlerinden ve kafa hendeklerinin bulunduğu yol kesimlerinde bu hendeklerden gelen yüzey sularının toplanması amacıyla

kenar hendekleri yapılır. Kenar Hendeklerinin altına drenaj boruları yerleştirilir. Bu boruların bakımı amacıyla da her 100 mt'de bir kapaklı baca veya ızgara baca yapılır. Hendek kapasitesinin yeterli olmasına rağmen hendek en fazla 400 mt su taşıyabilir. 400 metreden sonra açık baca konularak suyun hepsi taşıyıcı boru yardımıyla taşınır. Kenar Hendeklerde dikkat edilmesi gereken en önemli unsurlardan birisi kenar hendeklerinin eğiminin yolun eğimiyle aynı olmasıdır.

4.2.3.3 Kafa hendekleri

Köy yollarının yarma kesimli kısımlarında arazinin yol istikametindeki kesimlerinde araziye gelen suların alınarak menfez veyahut topuk hendeklerine akıtıldığı trapez şeklindeki hendeklerdir. (Şekil 4.17.) Köy yolunun yarma bölgelerinde köy yolunun kesiştiği dere yataklarından gelebilecek yüzeysel sular yarma hendekleri aracılığıyla menfezlere taşınır. Hendek boyutlandırılırken, hendeklerin hizmet edecekleri yağış alanının küçük olması nedeniyle hesap debisi rasyonel metod kullanılarak bulunur.

$$T_c = T_1 + T_3 \quad 4.8.$$

T_c: Toplanma Zamanı (Dakika)

T₁: Havzanın en uzak noktasından mecraya kadar olan uzunluktaki Arazi Üstü Akış Süresi (Dakika)

T₃: Mecra içindeki akış Süresi (Dakika)

T₃ Mecra Akış Süresi ;

$$T_3 = 0,0195 * \left(\frac{L^3}{H}\right)^{0,385} \quad 4.9.$$

L_i=L₃: Akış Mecrası Boyu (mt)

H_i=H₃: Mecranın menba ve mansabı arasındaki kot farkı (mt)

Bu hesaplama şeklinden farklı olarak hesabı yapılan yağış havzası değişken özellikte ise, toplanma alanı, hendek kısımlara ayrılarak bu eğimler için ayrı ayrı T₃ ler hesaplanır ve toplanma zamanı da bunların toplanmasıyla bulunur.

Hendeklerin eğiminin arazi eğimini takip etmesi nedeniyle hendek boyutlandırmasının min. eğime göre yapılması ve maksimum eğimde de su hızının kontrol edilmesi gerekir. Su hızında aşınma riski durumu oluşursa gerekli tedbirlerin alınması gerekir.

Hendeklerin boyutlandırılmasında tekerrür süresi 10 yıl alınır. Ayrıca boyutlandırmada minimum hava payı % 10 alınır.

Kafa Hendeklerinin şevleri 1/1 olarak alınır.

Kafa hendekleri hesap kriterleri

Hendekler suyun hızına, arazi örtüsüne ve arazideki yeraltı su seviyesine bağlı (Çizelge 4.3.) olarak kaplamasız, beton kaplamalı veya taş kaplamalı olarak yapılabilir.(Çizelge 4.4.) (Çizelge 4.5.)

Çizelge 4.3: Hendek Tipine Göre Hesap Kriterleri

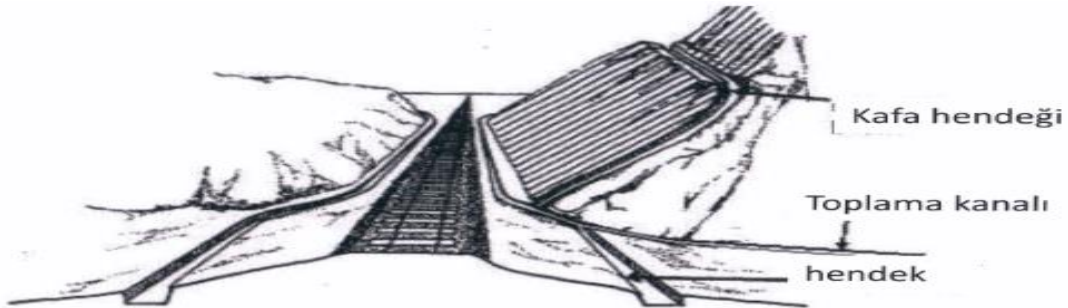
Hendek Tipi	Taban Genişliği(m)	Üst Geniřlik (m)	Yükseklik (m)
1	0,50	1,50	0,50
2	0,50	2,00	0,75
3	0,50	2,50	1,00
4	1,00	4,00	1,50

Çizelge 4.4: Kaplama Türüne Göre Hesap Kriterleri

Kaplama Türü	Kaplama Simgesi	Pürüzlülük Katsayısı
Kaplamasız (Toprak Kil)	Aa	0,03
Kaplamasız (Sert Kaya)	Ab	0,04
Beton Kaplama	Ba	0,016
Taş Kaplama	Bb	0,025

Çizelge 4.5. Hendek Tipine Göre Max Su Hızı

Hendek Tipi	Zemin Cinsi	Max Su Hızı (m/sn)
Kaplamasız	Sert Kaya	Sınır Yok
	Yumuşak Kaya	6,00
	İri Taneli Kohezyonlu	2,50
	İri Taneli Kohezyonsuz	1,50
	İnce Taneli Kohezyonsuz	1,00
Beton Kaplamalı		6,00
Taş Kaplamalı		3,00



Şekil 4.17: Yarma kesitli köy yollarında drenaj elemanları

4.2.3.4 Palye hendekleri

Palye hendekleri, palyeli olarak yapılmış olan yarma ve dolgulu köy yolu kesimlerinde şeve gelen yağmur sularının alınarak deşarj edildiği üçgen kesitli ve taban eğiminin zorunlu olmadıkça ters eğimle yapılmadığı, genelde yol eğiminde yapıldığı beton kaplamalı hendeklerdir. Yarma kesitli köy yollarında kafa hendekleri ile toplanamayan ara havzalardaki yağış, düşüm oluklarıyla doğrudan palye hendeklerine aktarılabilir. Dolgu kesitli köy yollarında ise dolgu yüzeyine düşen yağış, palye hendekleri aracılığıyla taşınarak asfalt bordürle toplanan yüzey sularının akıtıldığı düşüm oluklarına verilmek suretiyle palye altından geçirilerek topuk hendeklerine dökülür. Hesaplamalarda palye hendeğinin yağış – tekerrür süresi 10 yıl alınmaktadır. Hesap debisi rasyonel metotla hesaplanıp hidrolik hesabı da Manning formülüne göre yapılmaktadır.

4.2.3.5 Topuk (dolgu şev dibi) hendekleri

Dolgu olarak yapılan köy yolu kesimlerinde dolgu tabanı hattını izleyen hendeklerdir. Genellikle trapez kesitli olarak yapılırlar. Köy yollarında ,kafa hendeklerinden, palye hendeklerinden , kenar hendeklerden, refüj hendeklerinden , dren borularının enine deşarjından, bordür düşüm oluklarından, dolgu şevinden, köy yolunun kesiştiği tabii derelerden gelen suları ve arazideki eğimin dolgu istikametinde olan kesimlerinde araziden gelen suları olarak büzlere ve menfeze aktaran nihai hendeklerdir. Bu tür hendeklerin hesap metodları kafa hendekleri hesap metoduyla aynıdır. Ancak, topuk hendeklerinin araziden su alması söz konusu değil ise T1 arazi üstü akış süresi 2 sn olarak alınır.

4.2.3.6 Kademeli hendekler

Eğimin yüksek olduğu ($\geq\%$ 25) köy yollarında, kafa ve topuk hendeklerinin arazi eğimine uyma zorunluluğuna istinaden, eğimden kaynaklanan yüksek su enerjisinin kırılmasını sağlamak amacıyla beton kaplamalı kademeli hendekler yapılır.

4.2.4 Özel hendekler

Bazı köy yollarında, karşılaşılan bir dere yatağının veya menfezin deşarj yapılmadan düşük eğimde uzun mesafede yapıldığı durumlarda, standart olarak belirlenmiş hendek tipi yetersiz kalabilir. Bu tür durumlarda , gerekli olan

ebatta özel hendekler yapılabilir. Özel hendeklere örnek olarak, dere yataklarının köy yollarını kestiği kesimlerde, köy yolunun dolgusunun yeterli yükseklikte olmaması veya menfez yapılamadığı durumlarda, bu derelerin sularını en yakın dere yatağına veya menfeze ulaştırmak için derivasyon hendekleri denilen özel hendekler yapılır. Bu tip hendeklerdeki hesap yöntemleri de diğer hendeklerinki ile aynıdır

4.2.5 Borular

Köy yollarında yüzey altı drenaj sisteminin bir parçası olarak kullanılan borular, aynı zamanda yüzey suyunu deşarj noktalarına iletmede de faydalanılır. Borular, refüj hendekleri ve kenar hendeklerinin altında çeşitli tiplerde kullanılır. Boruların bakımları için her 100 metrede bir bacalar teşkil edilir. Borular, dren boruları ve toplayıcı borular (Kollektörler) olarak sınıflandırılabilir.

4.2.5.1 Dren boruları

Köy yollarında yüzey altı drenini sağlamak amacıyla, köy yoluna sızan suları alan, muhtelif ebatlardaki açık derzli beton dren borular kullanılır. Dren boruları kapaklı bir baca ile başlar ve hendek kapasitesinin dolması şartı aranmaksızın maksimum 400 metre olarak teşkil edilir. Bu noktada da toplayıcı borular teşkil edilerek, boruların taşıdığı sular bu toplayıcı borulara bağlanır. Bu kesişim noktasından itibaren, üstte dren borusu altta da toplayıcı boru en kesitinde devam eder. Bazı köy yolu kesimlerinde yeraltı suyunun fazla olması durumunda, sadece dren borusu kullanılarak daha az mesafede taşıma tercih edilmelidir.

4.2.5.2 Toplayıcı borular (kollektörler)

Köy yollarının boru sistemlerinde en önemli bileşenlerden birisi, baca ile başlayıp her 100 metrede bir baca ile devam eden, muflu ve 300-1200 mm çap aralıklarında olan yüzey altı drenajının nihai kısmını oluşturan toplayıcı borulardır. Bu borular sayesinde toplanılan suyun en kısa yerden deşarjı sağlanır. Boru eğimi genel olarak yol eğimine paralel yapılır. Toplayıcı boruların hidrolik hesaplarında Manning Formülü kullanılır.

Taşıyıcı borularda, borunun başlangıçta hendekteki akış süresi taşıyıcı boru akış süresine eşit alınır. Bu değer minimum 5 dakika olarak alınır. Tekerrür süresi 10

yıl alınır. Başlangıçta esas alınan toplanma süresinden sonra bir sonraki boru için yapılan toplanma süresi şöyle hesaplanır.

$$T_f = \frac{L}{V \cdot 60} \quad 4.10.$$

T_f = Bir önceki baca ile hesabı yapılan borunun başladığı bacaya kadar ki borudaki akış süresi(Dakika)

T_c = Toplanma Zamanı (Dakika)

T_e = Bir önceki bacaya kadar ki toplanma zamanı (Dakika)

Bu hesaplamalarda dikkat edilmesi gereken püf noktaları şöyledir.

Eğer toplayıcı boru yeni başlıyorsa hendek hesaplarında bulunan başlangıç noktasına kadar ki toplanma zamanı alınır.(Min 5 Dakika)

Birden çok drenaj elemanından gelen debinin taşınması söz konusu ise , bu noktadaki en büyük konsantrasyon süresi ilk toplanma zamanı olarak alınır.

Toplayıcı borunun başladığı noktada T_f sıfırdır. Deşarj noktasına kadar her iki baca arasındaki taşıyıcı boru için toplanma zamanları hesaplanır ve boru başlangıcındaki drenaj alanları da ölçülerek rasyonel metodla hesap debileri bulunur.

4.2.5.3 Deşarj yapıları

Deşarj yapıları, köy yollarının gövdesinin drenajında alınan suyun bertaraf edilmesine yarayan yapılardır. Yol gövdesi drenaj elemanları aracılığıyla toplanan sular bu yapılar marifetiyle köy yolu sisteminden uzaklaştırılır. Bu yapılar, bacalar ve enine deşarj yapılarıdır.

4.2.5.4 Bacalar

Bacalar, köy yollarında refüj ve kenar hendeklerden taşınan suları almak, toplayıcı boruların çapını değiştirmek, ayrıca toplanan suyun deşarjını sağlamak ve boruların temizlik ve bakımı için inşa edilen yapılardır. Bacalar, ızgaralı ve kapaklı olarak kullanılırlar. Bacalar kullanıldıkları yere, giriş ve çıkış durumlarına göre sınıflandırılmaktadır. Kapaklı bacalar, kontrol bacası amacıyla yapılmakta olup su girişi bulunmamaktadır. Daha çok boruların bakımı

amacıyla kullanılırlar. Izgaralı bacalar ise hendeklerde taşınan suyun alınması gereken durumlarda kullanılmaktadır.

4.2.5.5 Enine Deşarj Yapıları

Köy yollarında, yol refüj hendekleri ve yüzey altından taşınan suların köy yolundan uzaklaştırılması amacıyla inşa edilen ve drenaj sisteminin en son kısmını teşkil eden yapılardır.

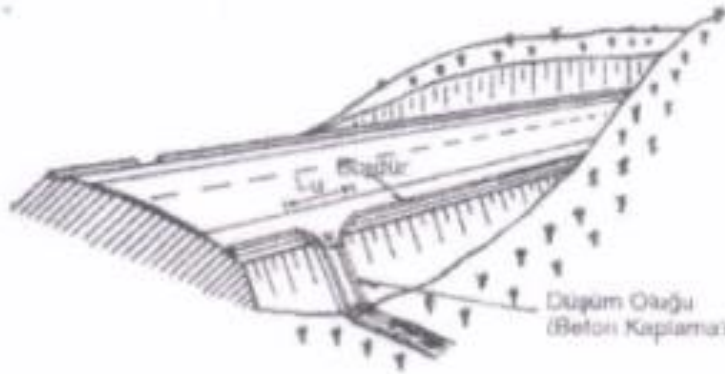
Enine deşarj yapıları, refüjlerdeki suların alındığı bacalarla başlar ve köy yolunu dik keserek suyun platformun dışına çıkmasını sağlarlar. Kenar hendeğe gelen sular, bir baca ile alınarak düşüm olukları vasıtasıyla topuk hendeklerine, direkt topuk hendeklerine, dere yataklarına ya da menfezlere aktarılır. Enine deşarj yapıları köy yollarında, genelde yolun en düşük kotta olduğu yerlerde, platform altında 1,00x1,00 metre ebatlarında kutu kesitlerinde betonarmeden yapılırlar. Ayrıca, toplayıcı borularının büyük çaplara ulaştığı ve boyunun fazla olduğu kısımlarda uygun yerlerden enine deşarj yapılmalıdır. Dikkat edilmesi gereken önemli husus, deşarjın tarım arazilerine veya meskun bölgelere denk gelmesi durumunda gerekli tedbirlerin alınması gerekmektedir. Yarma kesitli köy yollarında, refüj deşarjı imkanı olmaması nedeniyle yalnız kenar deşarjından, yarma kesit sonlarında bacaya dökülen su beton borularla topuk hendeğine aktarılır. Böylesi bir durumda, boru kotunun topuk hendeğinin kotundan yüksek olması gerekir. Ancak, boru kotunun topuk hendeğinden düşük olması halinde, enine deşarj refüje doğru yapılır ve minimum 0,005 eğimde, uygun olan en kısa mesafeden deşarj noktasına kadar refüjdeki toplayıcı borularla taşınır. Böylece drenaj sisteminin bir bütün olarak çalışıp toplanan suyun deşarj edilmesi sağlanır. Enine deşarj yapılarının toplanan suyu geçirip geçiremeyeceği Manning formülüyle takip edilir.

4.2.6 Düşü yapıları

Köy yollarında suyun toplandığı nokta ile deşarj noktası arasındaki kot farkının fazla olduğu kesimlerde suyun deşarjı için düşü yapıları kullanılır. Düşü yapıları, dolgu kesimli köy yollarında asfalt bordür ve düşüm olukları; yarma kesimli köy yollarında da şütler olarak ele alınır.

4.2.6.1 Asfalt Bordür ve Düşüm Olukları

Köy yollarının dolgulu kesimlerinde yol platformunun enine yöndeki eğiminin yol platformunun dışına doğru olduğu bölümlerinde kaplamalı banketin dış kısmında asfalt bordürü yapılır. Bordürden dolayı meydana gelen üçgen kesitli hendeklerle toplanan yüzey suları, yapılacak olan hesaplamalar neticesinde bulunacak mesafelerde oluşturulacak düşüm olukları marifetiyle de topuk hendeklerine iletilir. (Şekil 4.18.)



Şekil 4.18: Düşüm oluğu

Üçgen kesitli olarak bordürlerle oluşturulan hendeklerin hidrolik hesaplamalarında, özel bir Manning formülü kullanılır.

$$Q_h = \frac{0,00175}{S_e * n} * \sqrt{J} * d_s^{8/3} \quad 4.11.$$

Burada;

Q_h = Hendek Kapasitesi (lt/s)

S_e =Yolun enine eğimi

J =Yolun boyuna eğimi

d_s =Bordür kenarındaki su yüksekliği(cm)

n =Manning pürüzlülük katsayısı (0,020)

Dikkat edilmesi gereken önemli husus; d_s ve T_y için max sınır değerler belirlendiği için köy yolunun enine eğimine göre kapasite hesaplamasında kullanılacak su yükseklikleri hesaplanır.

$$T_y = \frac{d_s}{S_e} = \text{Suyun Yayılma Genişliği (m)} \quad 4.12.$$

Ayrıca, düşüm olukları arasındaki mesafelerin hesabında da aşağıdaki formül kullanılır.

$$L_d = \frac{(6,3 \cdot \sqrt{J} \cdot ds^{8/3})}{(C \cdot B_p \cdot I \cdot Se \cdot n)} \quad 4.13.$$

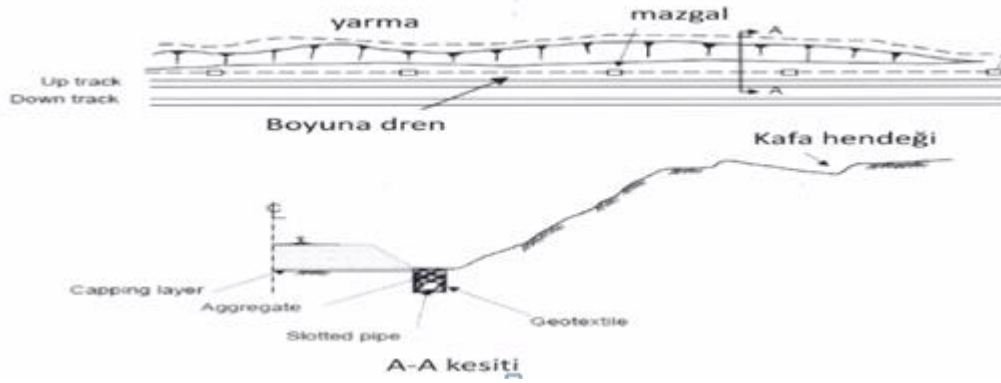
L_d = Düşüm Olukları arası mesafe (m)

C = Platformdaki Akış Katsayısı (0,9) Denklemi buraya yazın.

B_p = Platform Genişliği (m)

I = 10 yıl tekerrürlü 5 dakikalık yağış şiddeti (mm/saat)

Düşüm Olukları ile ilgili bilinmesi gereken en önemli etken, düşüm oluklarının ara mesafelerinin 5 metrenin katları olarak alınmasıdır. Max düşüm oluğu aralığı ise 50 m olarak alınır. (Şekil 4.19.)



Şekil 4.19: Boyuna drenaj

4.2.7 Şütler

Özellikle yarma kesitli köy yollarında dere yataklarını geçiş noktalarında, gelen suyun emniyetli bir şekilde köy yolundan uzaklaştırılması gerekmektedir. Bu suların, köy yolunun yarma üstünde bulunan kafa hendekleri veya düşüm olukları ile uzaklaştırılma imkanının bulunmaması durumlarda özel imalat şütler tercih edilir.

4.2.8 Hendeklerle ilgili genel hususlar

-Bordür hendeklerinin geçirimsiz kaplamalar üzerinde yapılması gerekmektedir. Aksi durumlarda hendeklerde toplanan suyun bir kısmı boyuna eğimle uzaklaştırılırken, diğer kısmı da yol gövdesine sızarak yolun stabilitesini olumsuz etkileyebilir.

-Köy yollarında ihtiyaç duyulan kesimlerde yapılan kafa hendeklerinin kaplamalı yapılması gerekir. Kaplamasız yapılan kafa hendeklerinde rüsubat malzemelerinin birikmesi nedeniyle tıkanmalar daha çabuk olur. Bu durum da şev stabilitesini bozucu bir etki yaratır.

-Orta refüjlerde yapılan hendeklerin de kaplamalı yapılması gerekir. Aksi takdirde hendeklerle taşınan yüzey suları yol gövdesine sızarak yol zemininin stabilitesini olumsuz etkiler.

-Yarma şevlerinde heyelan olan kesimlerde mutlaka taş dolgu veya pere uygulaması yapılmalıdır. Aksi durumlarda heyelanlar hendeklerde birikerek tıkanmalara neden olur.

-Köy yolunun yarma kesimlerinde yapılan kafa hendeklerindeki enerji kırıcılar , kafa hendeğinin güzergahının değiştiği kesimlerde yapılmaz. Aksi durumlarda kafa hendeği ile taşınan yüzey suyu hendekleri aşarak yarma şevinde erozyonlara sebebiyet verir.

Köy yollarının diğer tali yollarla kesiştiği kesimlerde yol bağlantılarını büzle yapmak gerekir. Döşenen büzler sayesinde hendeklerdeki su tahliyeleri de sağlanmış olur.



5 KÜÇÜK SANAT YAPILARI (MENFEZLER)

Yağışlar sonucunda akışa geçen kuru derelerdeki suların köy yolların altından geçmesine imkan veren yapılara menfez denir. Genel bir ifade olarak, köy yollarında menfez, istinad duvarı gibi yapılara Sanat Yapıları denilmekte ve 8 m açıklıklara kadar yapılanlara menfez, 8 m'den daha fazla açıklıklı yapılara da köprü denilmektedir. Menfezlerin köy yollarında bulunan diğer drenaj yapıları ile uyumlu olması önem arz etmektedir. Menfezlerin konumlandırılmalarının dere yatağına uygun olması önemlidir. Menfezler, belirli açıklıklar için tip proje durumuna getirilmiş olup boyutlandırılmaları için de tablolar hazırlanmıştır.

Menfezlerin en kesiti gelecek su miktarına göre tespit edilerek menfezin cinsleri seçilir. Köy yolunun eksenini ile menfezin ekseninin yaptığı verevlik açısına ve yapılacak dolgu yüksekliklerine göre KGM tarafından hazırlanmış olan tip proje tablolarından faydalanılarak menfezin boyutlandırılması yapılır.

Köy yollarında kullanılmakta olan menfezler 6 çeşit olarak yapılmaktadır.

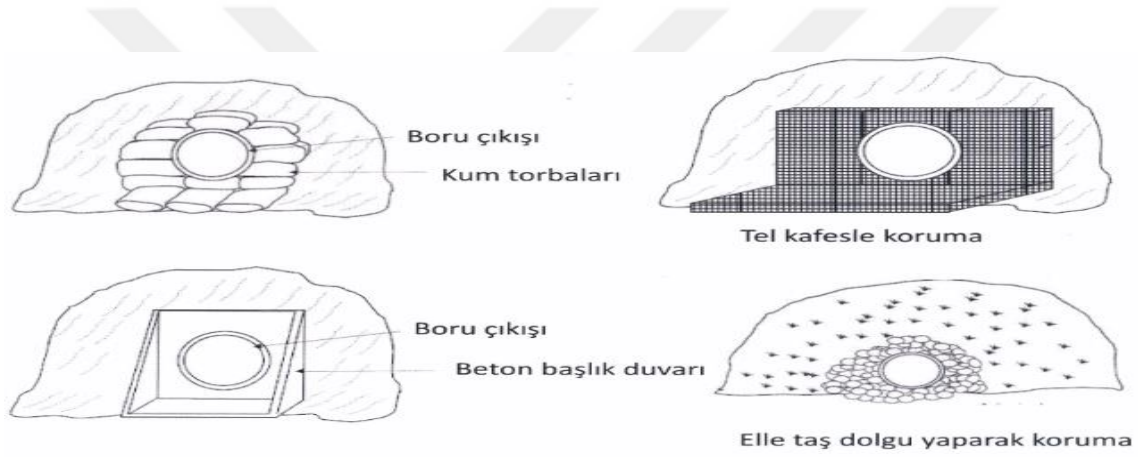
- 1- Boru Menfezler (Büzler)
- 2- Kutu Menfezler (Box)
- 3- Kemer Menfezler
- 4- Tabliyeli Menfezler
- 5- Hazır Box Menfezler

5.1 Boru Menfezler (Büzler)

Büzler, hazır beton boruların yan yana dizilmesiyle, çok yüksek olmayan dolguların altında tek veya çift gözlü olarak kullanılmaktadırlar. Genellikle 600 cm' lik çapa kadar demirsiz olarak yapılabilirken 800 cm' lik çaptan itibaren demirli olarak imal edilmektedirler. (Şekil 5.1.) Büzlerin uzunluklarının azaltılması ve büzün menba ve mansap tarafından suların dolguyu oymasını engellemek için betondan veya taş kullanılarak baş duvarlar yapılmalıdır. Büz üzerindeki dolgunun yüksekliği 1,50 m'den az ise mansaptaki baş duvar

kaldırılarak büz boyu bir miktar uzatılır. Büzlerin düzensiz oturmalarından kaynaklanabilecek kırılmalara karşı büzlerin konulacağı zemin, taban kotundan aşağı doğru 0,20 m kadar kazılıp tabana kum, çakıl serilir ve sıkıştırılır.

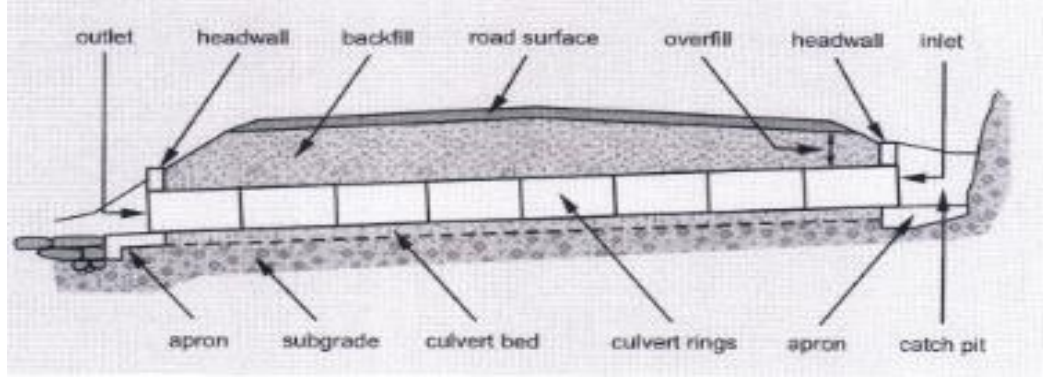
Zayıf zeminli büz yerlerinde ise buna ilave olarak tabana 0,16 m kalınlığında taban betonu dökülür. Büzün üzerinde en az 0,70 m dolgu malzemesi bulunmalıdır. Yapılacak dolgu çalışmasında dolgu malzemesi 0,15 m'lik tabakalar halinde serilip sıkıştırılmalıdır. Dolgu içerisinde büyük kaya parçalarının bulunmamasına dikkat edilmelidir. Büzlerin, çıkışlarında meydana gelebilecek erozyonlara karşı gerekli tedbirlerin alınması gerekir.(Şekil 5.2,3,4,5,6,7,8,9a,9b)



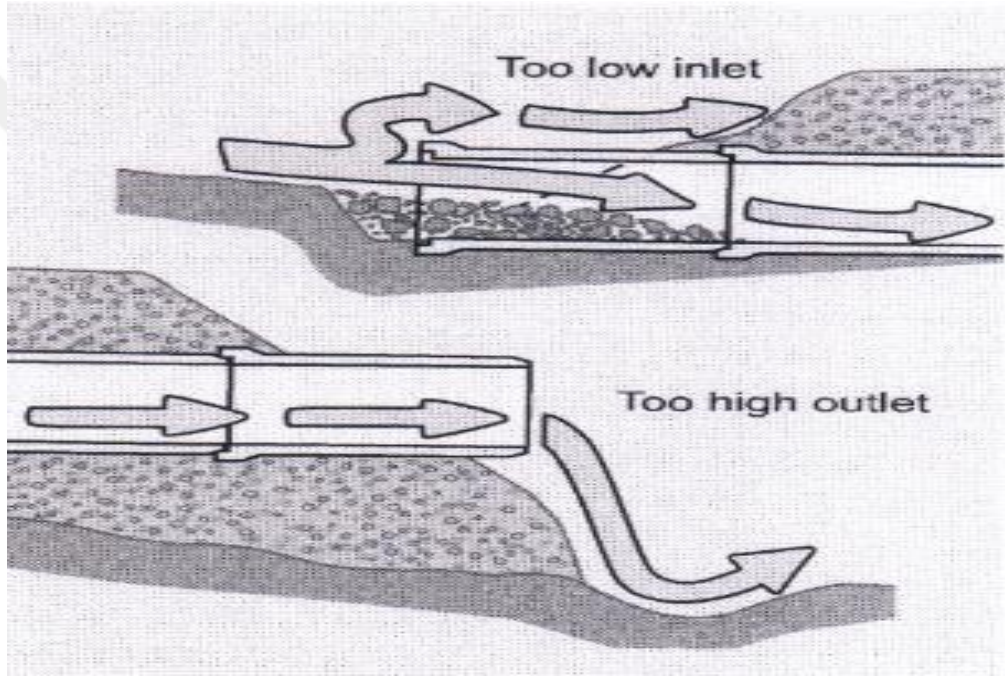
Şekil 5.1: Büzlerin çıkış korumaları



Şekil 5.2: Büz çıkışı kanat duvarı ve pere uygulaması



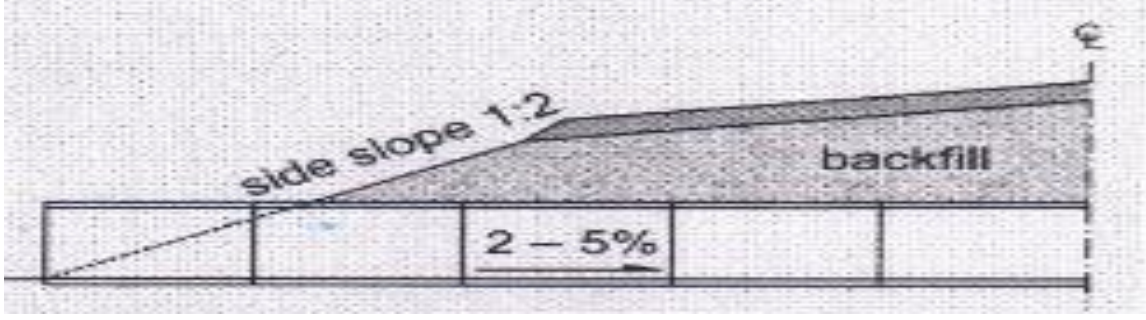
Şekil 5.3: Büz yerleşimi



Şekil 5.4: Büz yerleşimlerinde yanlış konumlandırmalar



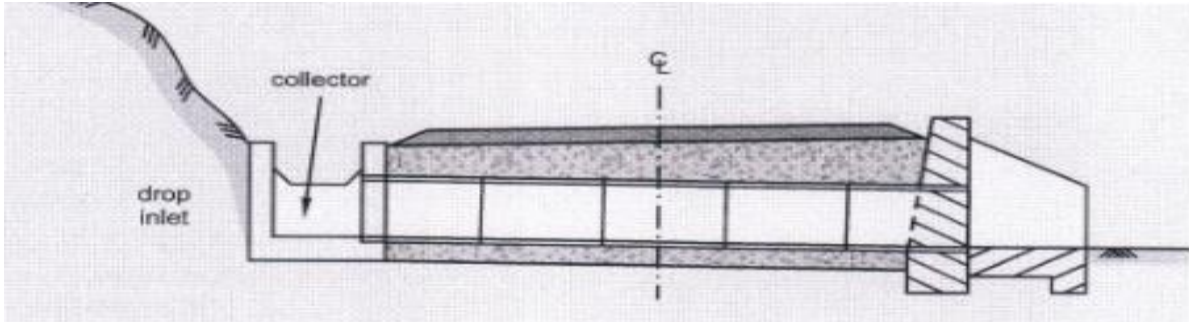
Şekil 5.5. Büz girişi havuzu



Şekil 5.6: Dolgudaki köy yolunda büzde imla eğimi



Şekil 5.7: Büz çıkışı taş duvar kanat uygulaması



Şekil 5.8: Büz girişinde kollektör



Şekil 5.9: a) Büz çıkışı kademeli pere



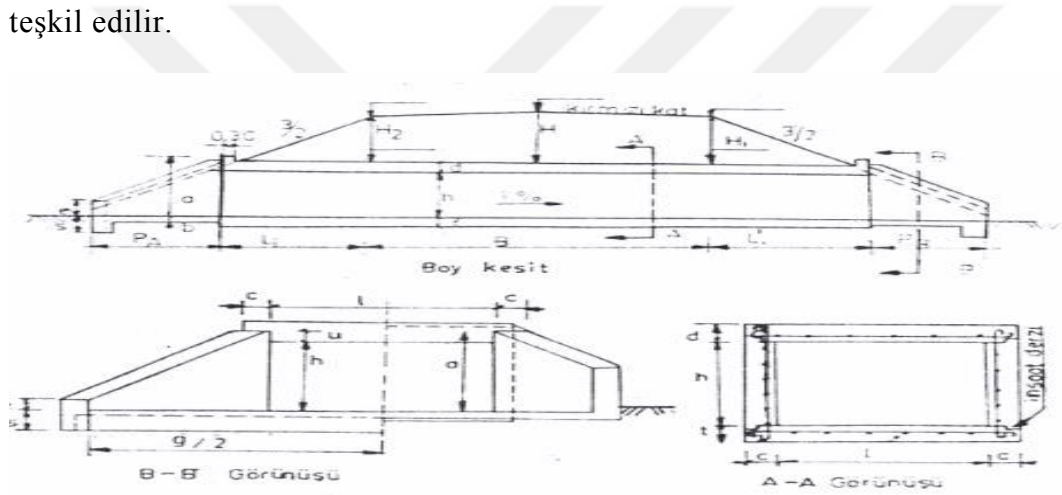
Şekil 5.9: b) Büz çıkışı kademeli pere

5.2 Kutu Menfezler

Betonarme olarak kutu biçiminde yapılan menfezlerdir. Tek gözlü olarak yapılabildiği gibi iki veya daha fazla gözlü olarak ve 1,00 , 1,50 , 2,00 , 2,50 ,3,00 m serbest açıklıklı ve 0,60 , 1,00 , 1,50 , 2,00 , 2,50 , 3,00 m yüksekliğinde yapılabilirler. Serbest açıklıkları 1,00 ve 1,50 mt olanlar maksimum 15 m, serbest açıklığı 2,00, 2,50, 3,00 olanlar ise maksimum 9 mt, iki ve daha fazla gözlü olanlar ise maksimum 6,00 m dolgu altında kullanılabilirler. Su giriş ve su çıkış kısımlarına kanat duvarları yapılır.(Şekil 5.10.)

Su akım hızının yüksek olduğu, fazla miktarda taş ve süprüntü malzeme taşıyan derelerde kutu menfezler tercih edilmemelidir. Ancak bu derelere kutu

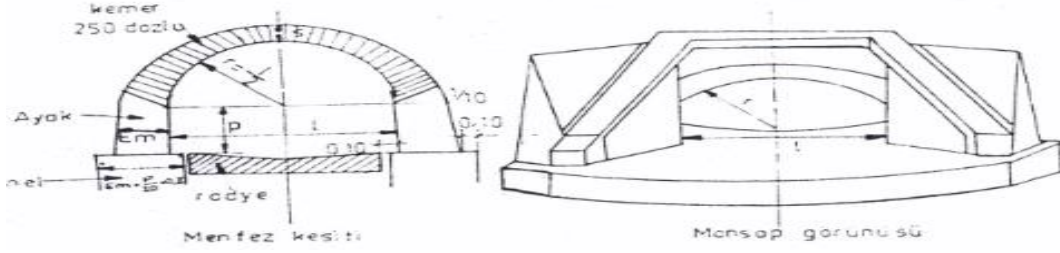
menfezlerin yapılması kaçınılmaz ise böylesi bir durumda yan duvarların ve kanat duvarlarının beton et kalınlığı min 8 cm olmalıdır. Taşıma gücü az olan zeminlerde kutu menfezler tercih edilebilir. Böylesi bir durumda gelen yüklerden dolayı menfezde oturma meydana gelse bile menfez , her istikametten gelen momentleri karşılayabildiğinden dolayı kırılma meydana gelmez. Menfezin taban betonunun düzgün bir yüzeyde olması amacıyla tabanına 5 cm lik 150 dozlu grobeton altlık yapılmalıdır. Menfez betonu 350 dozlu olarak dökülür. Menfezin oturacağı kesitlerde arazi birden fazla eğim değişikliği gösteriyorsa veya menfezin bir bölümünün dolguda yapılması söz konusu ise böylesi bir durumda menfezin taban eğiminin araziye uygun olarak yapılması gerekir. Bu durumda eğimin değiştiği menfez kesimlerinde dilatasyon derzi teşkil edilir.



Şekil 5.10: Kutu menfez (box)

5.3 Kemer Menfezler

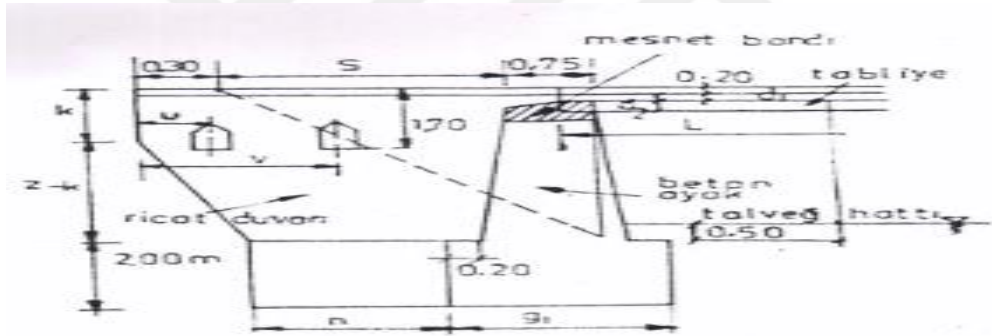
Köy yollarının yüksek dolgulu kesimlerinde menfez ihtiyaçları kemer menfezlerle karşılanır. Taş duvarlı veya betonarme olarak yapılırlar. Ancak her iki menfez tipinde de özellikle kemer kısmı betondan yapılır. Kemer menfez yapımlarında dikkat edilmesi gereken en önemli husus, menfezin oturacağı zeminin 2- 4 kg/cm² arasında olmasıdır. (Şekil 5.11.) Kemer Menfezler, dolgu yüksekliği, geçirilecek debiye ve taban eğimine göre 0,70 – 10,00 m olan değişik serbest açıklıklarda boyutlandırılırlar. Menfez açıklığı içinde suyun aktığı kısma, ihtiyaç duyulması halinde 25-30 cm kalınlığında betondan veya taş kaplama radye yapılabilir.



Şekil 5.11: Kemer menfez

5.4 Tabliyeli Menfezler

Köy yollarında kullanılmakta olan bir diğer menfez tipi de Tabliyeli Menfezlerdir. Tabliyeli menfezler, taş duvardan veya betonarmeden yapılmış kenar ayaklar, mesnet bantları, ricat duvarları ve kirişsiz tabliye kısmından müteşekkildir. Bu menfezlerin köprülerden farkı tabliyelerinin kirişsiz olmasıdır. (Şekil 5.12.) Tabliyeli menfezler dolgu altında yapılmazlar. Tabliye üst kotu kırmızı kot olarak kabul edilir.



Şekil 5.12: Tabliyeli menfez

5.5 Hazır Box Menfezler

Köy yollarının heyelanlı bölgelerinde veya zeminin gevşek olmasına bağlı olarak yapılacak menfezin maliyetinin yüksek olması durumlarında hazır box menfezler tercih edilebilir. (Şekil 5.13.) Dere yataklarında bir gözlü olarak teşkil edilebildikleri gibi istenilen sayıda gözlü olarak da teşkil edilebilirler. (Şekil 5.14.) Hazır Box menfez kurulacak zeminde 15 cm lik grobeton dökülmesi homojen oturma açısından önem arz eder. 1x1 , 2x2 , 1x1,5 , 2x1,5 ve 3x3 ölçütlerinde imal edilirler.(Şekil 5.15.) Ön gerilmeli çeliklerle ve buhar küründe imal edilmeleri nedeniyle mukavemetleri yüksektir. Hazır Box menfezlerle teşkil edilen dere yatağında meydana gelebilecek feyezandan sonra

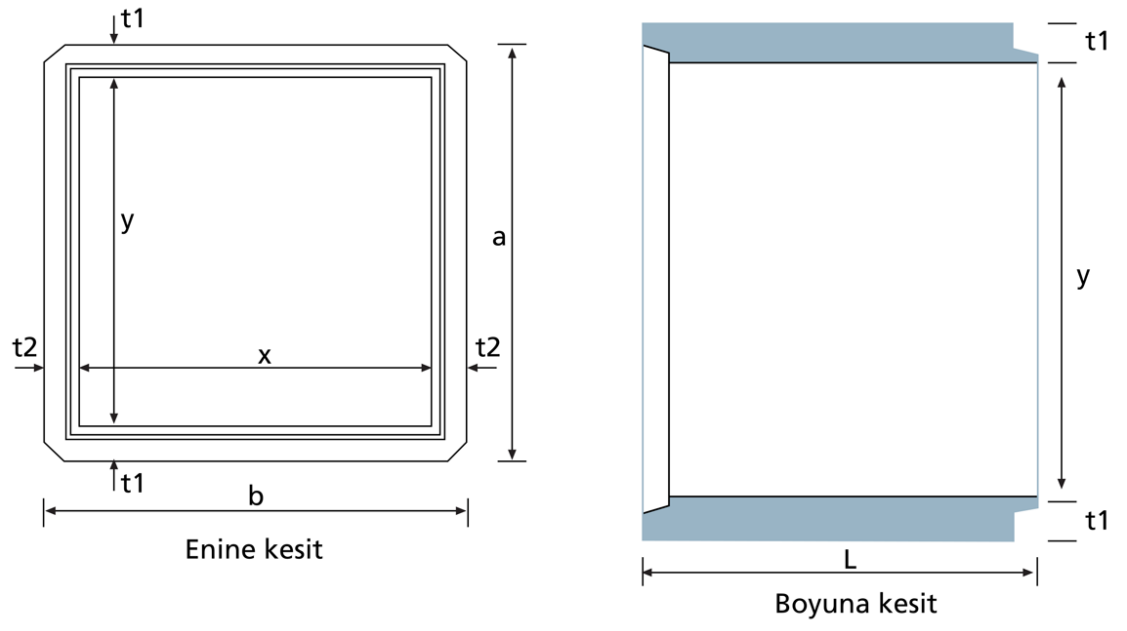
menfezlerin yer değiştirmesi halinde bile yapılacak çalışmayla menfezin eski stabilitesini kazandırmak maliyetli olmaması nedeniyle tercih edilmektedir.



şekil 5.13: Hazır box menfez dořenmesi



şekil 5.14: Hazır box menfez taşınması



Şekil 5.15: Hazır box menfez enkesiti



6 MENFEZLERDE HİDROLİK ANALİZ VE TASARIM KRİTERLERİ

6.1 Menfezlerde Hidrolik Analizi

Menfezlerin tiplerinin seçimi ve boyutlandırılmaları için ilk olarak menfeze gelebilecek tüm suların maksimum debisinin tayin edilmesi gerekmektedir. Köy yollarında kullanılan menfezlerin projelendirilmesinde 10 yıl tekerrürlü debi esas alınırken, 100 yıllık tekerrürlü debiye göre de kontrol sağlanır. Akış miktarı, menfezin hizmet vereceği arazide ortaya çıkabilecek en şiddetli taşkına göre hesaplanır.

Menfezlerin tasarımına 1/25000 ölçekli haritalar kullanılarak dere yataklarının ve su toplama havzalarının belirlenmesiyle başlanır. (Şekil 6.1.) Menfez yerleri haritada işlenir. Menfezlerin karşılayacakları dere yatakları ve suyunu alacakları havza alanları belirlenir. Buna müteakip havza alan miktarları ve yağış miktarı değerleri tespit edilir. (Şekil 6.2.) Yağış Havzasının 2,5 Km² ‘den büyük olduğu alanlarda sentetik birim hidrograf yöntemi tercih edilebilir.

Menfezlerin ilk boyutlandırılmasında Talbot formülünden (6.1.) faydalanılabilir.

$$S = 5,791 \times C \times A^{3/4} \quad 6.1.$$

S: Menfezin Enkesit Alanı (m²)

C: Su toplama havzasının topoğrafyasına bağlı katsayı

Çok Düz Arazi	0,2
Düz Arazi	0,3
Hafif Dalgalı Arazi	0,4
Dalgalı Arazi	0,5
Orta Dereceli Engebeli Arazi	0,6-0,7
Dağlık ve Çorak Arazi	0,9-1,0

A: Su Toplama Havzası Alanı (Km²)

Akış Miktarının hesaplanmasında en çok rasyonel metod kullanılır,

$$Q = \frac{K \times i \times A}{3,6}$$

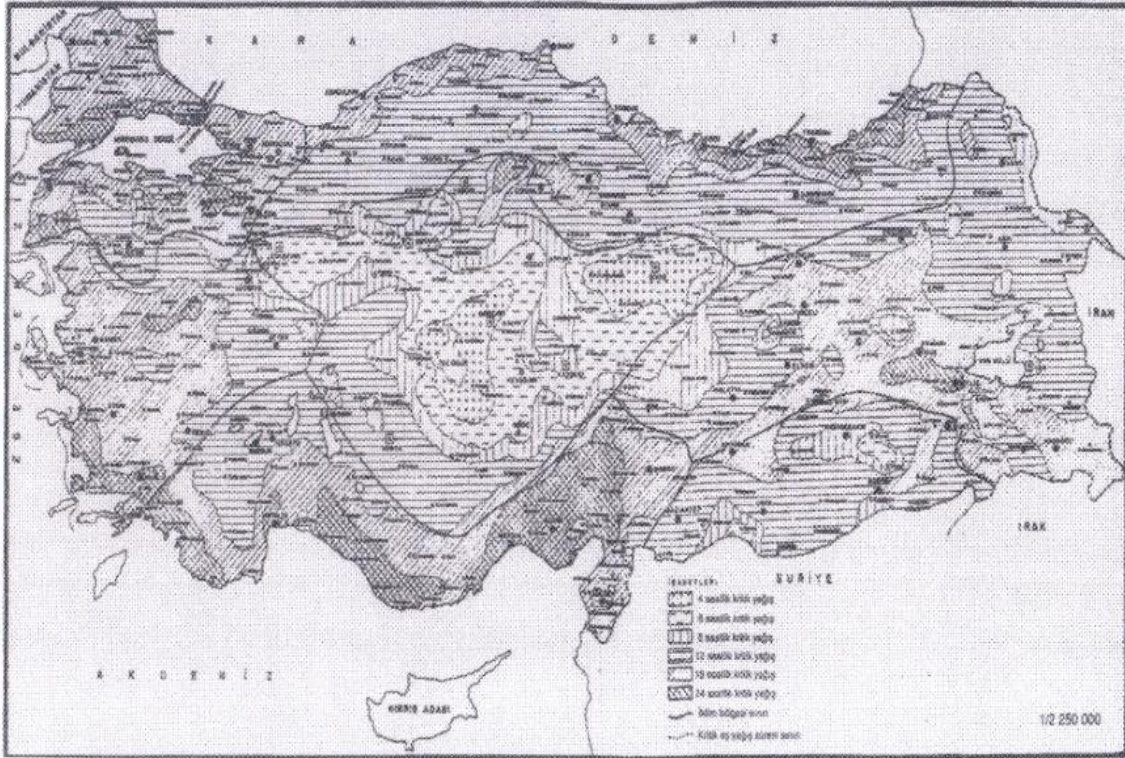
6.2.

Q: Max. Debi Miktarı (m³ / sn)

İ: Suyun Toplanma Zamanı İçin Yağış Şiddeti (mm/saat)

K: Yağışın Akım Haline Geçen Kısmı (Akış Katsayısı)

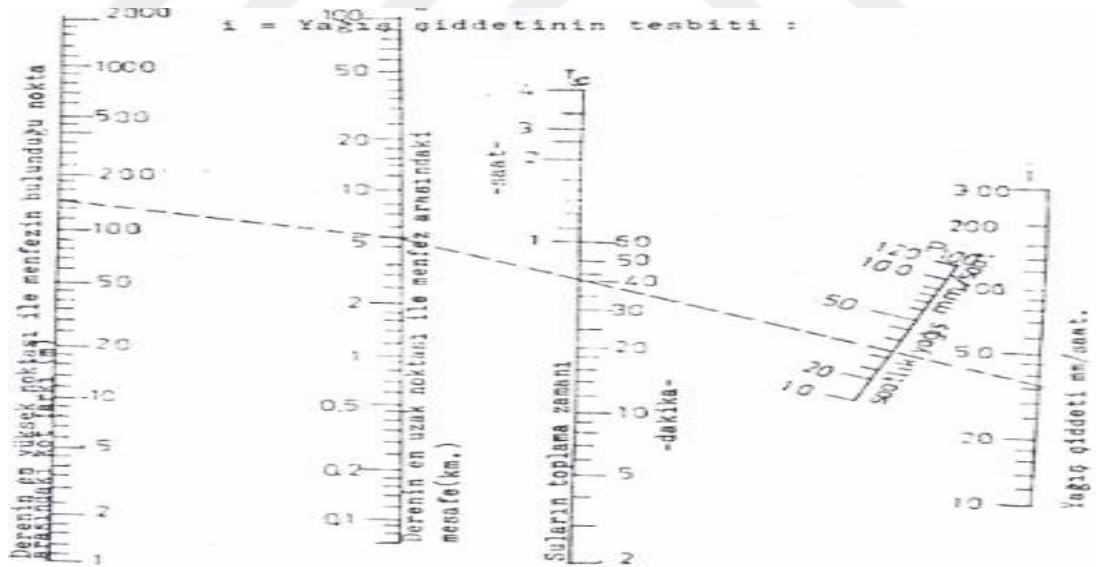
K Katsayısı , yağış havzasının topoğrafyasına , yüzeyin zeminin cinsine ve zeminin örtüsüne bağlı olarak değişmektedir. (Çizelge 6.1.)



Şekil 6.1: Türkiye'deki kritik yağış süreleri

Çizelge 6.1: K Akış Katsayıları

Zemin Cinsi	K Akış Katsayısı
Beton – Asfalt Kaplama	0,80-0,95
Çakıl-Makadam Yollar	0,35-0,75
Çıplak – Dik Yüzeyler	0,80-0,90
Dalgalı-Çıplak Yüzeyler	0,60-0,80
Düz – Çıplak Yüzeyler	0,50-0,70
Yaprak Döken Ormanlar	0,35-0,60
Çam Ormanları	0,25-0,50
Vadi İçi Ekili Araziler	0,10-0,30



Şekil 6.2: Yağış şiddeti tespit abağı

Köy yollarındaki menfezlerin yağış havzalarının hesaplanmasında gerekli olan Toplanma Zamanı:

$$T_c = 0,0195 \frac{L^{3,385}}{H} \quad 6.3.$$

ile bulunur.

T_c: Toplanma Zamanı (Dakika)

L: Yağış Havzasının En Uzak Noktasının Menfeze Olan Uzaklığı (m)

H: Havzanın En Yüksek Noktasının Kotu İle Menfez Kotu Arasındaki Kot Farkı (m)

Bazı arazilerde, arazi eğimleri değişkenlik gösterir. Bu tür durumlarda arazide eğimin farklılık gösterdiği kesimlerde H ve L değerleri ayrı ayrı hesaplanır ve bu yerlere ait değişik toplanma zamanı değerleri bulunur. Farklı eğimli arazilerde T_c, hesaplanan T_c lerin toplamı olur.

Bu hesaplamalar neticesinde, yapılacak menfezin kesit alanına göre de menfezin boyutları tercih edilir.

6.2 Menfez tasarım kriterleri

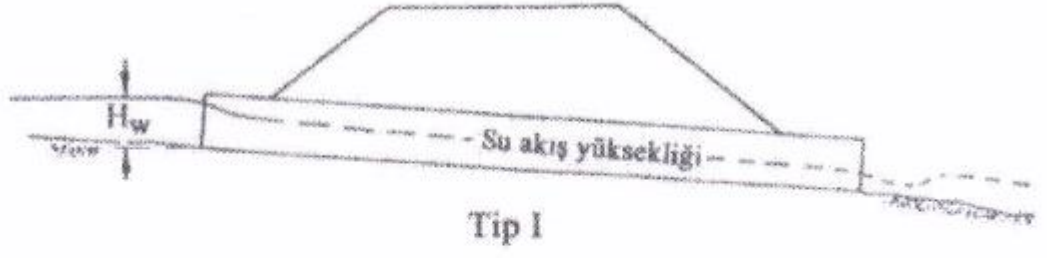
-Menfezlerin ebatlandırılmasında, 10 yıllık tekerrürlü taşkın debisinin geçişi sırasında menfez girişinde suyun yüzde 10 ' luk hava payı kalacak şekilde kabarmasına müsaade edilir. 100 yıllık tekerrürlü taşkın debisinde ise suyun kabarma yüksekliğinin menfez yüksekliğinin 3 katını aşmamasına dikkat edilir.

-Suyun menfezlerin içinden geçişinde 1 m/s'den düşük ve 10 m/s'den de büyük olmamasına dikkat edilmelidir. Suyun öngörülen maksimum hızı aşması durumunda suyun hızını azaltmak için menfez girişlerine giriş bacaları teşkil edilmelidir. (Şekil 6.3.)

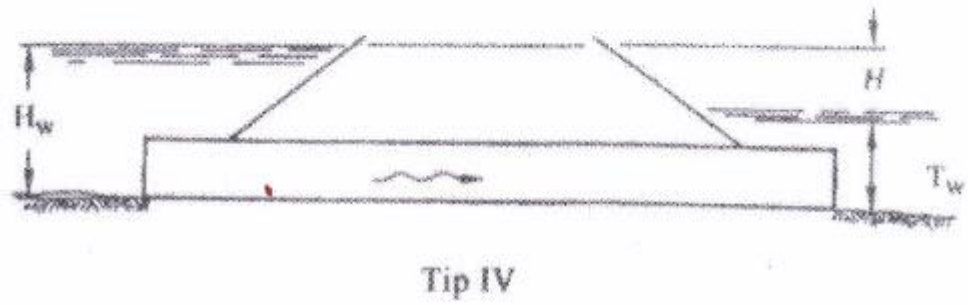
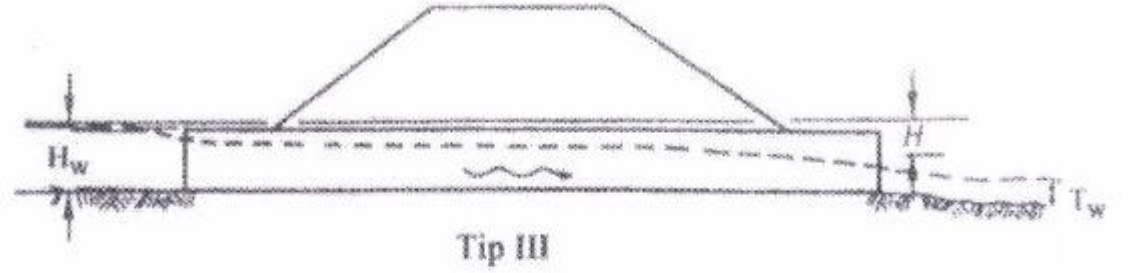
-Menfezler ve de özellikle menfezlerin giriş ve çıkışları mevcut dere yatağıyla uyumlu olacak biçimde tasarlanmalıdır.

-Köy yollarında yapılan menfezlerin çoğu giriş kontrollü olarak projelendirilmekte olmalarına karşın, menfez tasarımında akımın normal derinliğinin kritik derinlikten küçük olması durumunda menfezlerin girişinde kabarma tetkikinin yapılması gerekir.

Bunun dışındaki durumlarda da menfez çıkışlarında kabarma kontrolünün yapılması gerekir. (Şekil 6.4.)



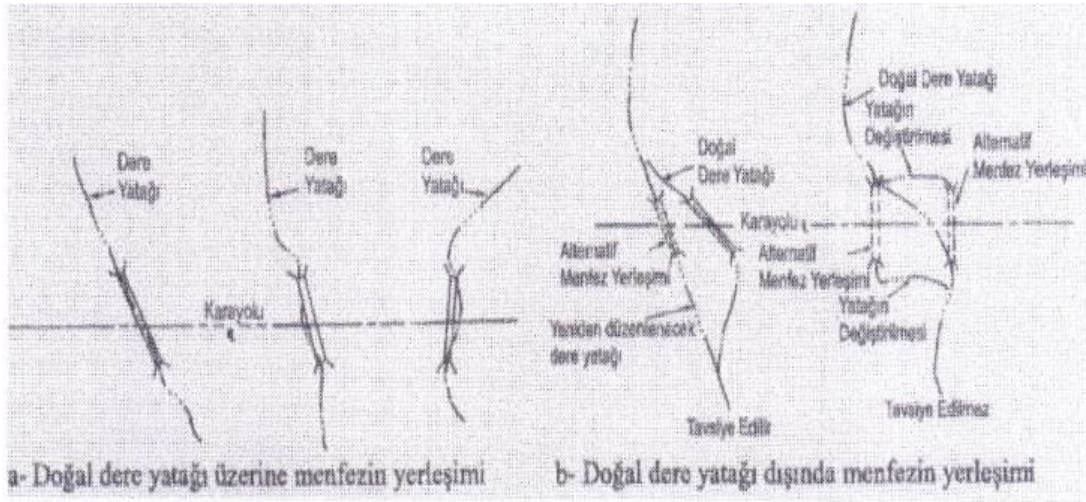
Şekil 6.3: Giriş kontrollü menfez işletme şartları



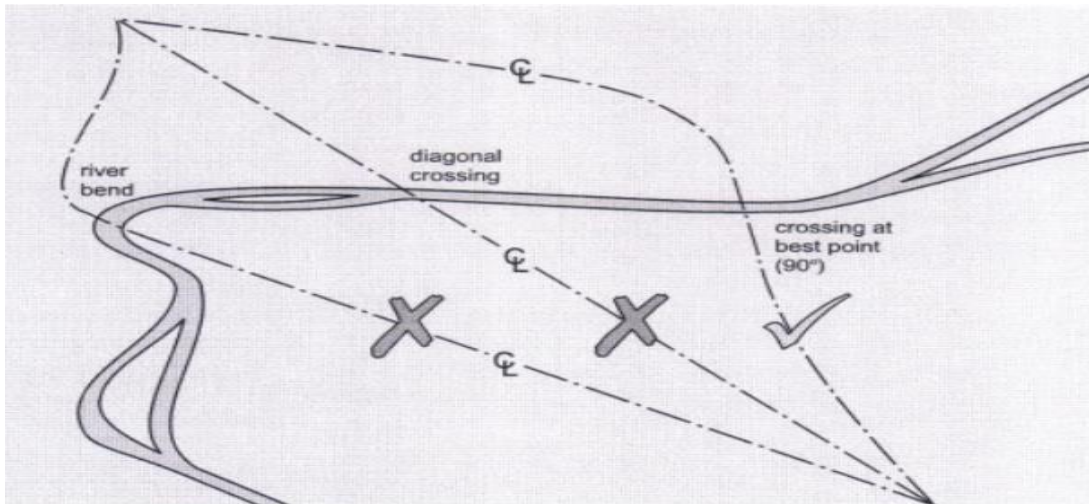
Şekil 6.4: Çıkış kontrollü menfez işletme şartları

6.3 Menfezlerin yerleştirilmesi

Köy yollarında kullanılan menfezlerin boyutları ile birlikte, dere yatağındaki yerleşimi ve eğimleri de büyük öneme sahiptir. Menfez boyutları ne kadar uygun seçilirse seçilsin menfezin yerleşimi uygun yapılmazsa, sağlıklı hizmet veremez. Menfezlerin, yerleştirildikleri dere yatağının doğrultu ve eğimlerine uygun yerleştirilmeleri gerekir. (Şekil 6.5,6.) Böylece menfezin dere yatağıyla uyumlu çalışması sağlanmış olup bu da tıkanma, oyulma veya katı madde birikmesinin önüne geçilmiş olur.



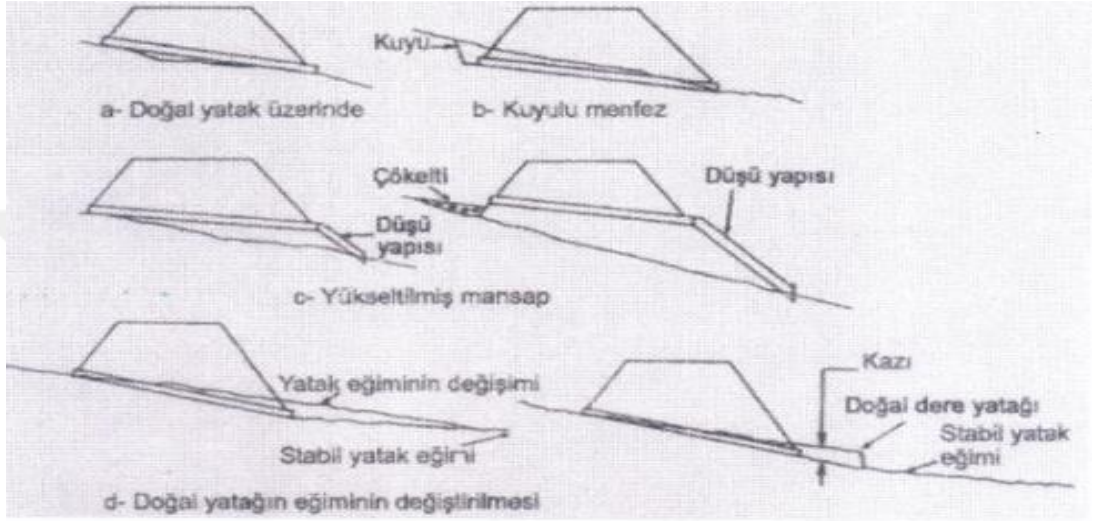
Şekil 6.5: Menfezlerin dere yatağındaki yatay yerleşimi



Şekil 6.6: Menfezlerin dere yatağındaki yerleşim yanlışlıkları

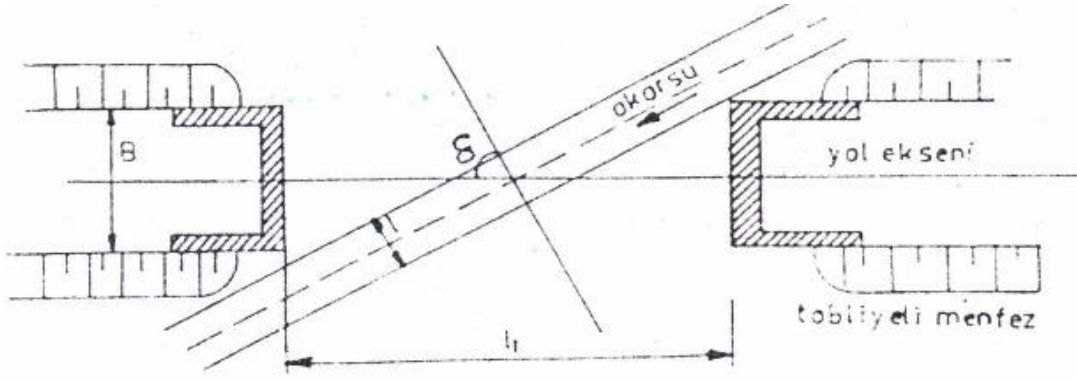
Menfezin eğiminin gereğinden fazla seçilmesi menfezin içinden geçen akım hızının artmasına dolayısıyla oyulma ihtimalini ortaya çıkarırken, eğimin

gereğinden az seçilmesi halinde de süprüntü malzemelerin menfez tabanında birikmesine neden olacaktır. Optimum menfez eğimi % 0,5 olup maksimum eğim de % 10 dur. Menfezin oturtulacağı dere yatağının eğiminin % 10'dan büyük olması durumlarında artan su hızının azaltılması için gerekli önlemlerin alınması gerekir. Böylesi durumlarda menfez tabanının dayanıklı yapılmalı ve menfez giriş kısmında dinlenme havuzu veya enerji kırıcılar yapılması gibi önlemler alınmalıdır.

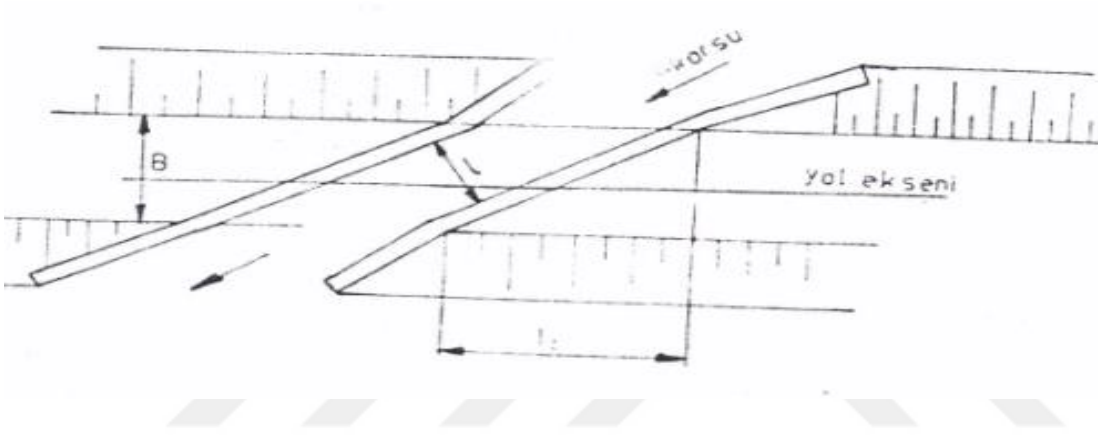


Şekil 6.7: Menfezlerin dere yatağındaki dikey yerleşimi

Dere Yatağı, köy yolunun eksenine dik olursa menfez gövdesi düzgün, kanat duvarları yol eksenine eşit mesafede yapılırlar. Köy yolunun dere yatağını 90°den farklı bir açı (Şekil 6.7.) ile kesmesi durumunda menfezlerin verev yapılmaları mevzubahis olur. Bu tür menfezlere verev menfezler denir. (Şekil 6.8.) Köy yolu eksenini ile dere yatağına dik eksen arasındaki açığa verevlik açısı denir. Verev menfezlerin yapımı dik menfezlere göre daha güçtür. Bazen de verev menfez yapmak yerine dere yatağında yapılacak derivasyon çalışmasıyla köy yolunun altından menfezi dik olarak geçirmek de mümkündür. (Şekil 6.9.) Ancak bu durumlarda da suni yatakta üzerinde sızıntıyı engellemek için de tahkimat yapma durumu ortaya çıkabilir.



Şekil 6.8: Menfezin dere yatağını dik geçişi



Şekil 6.9: Menfezin dere yatağını vev geçişi

6.4 Menfez Girişi Yapıları

Yapılacak olan menfezlerin köy yolunun dolgusunu tutmak, köy yolunu suyun erozyonuna karşı korumak ve gelen suyun menfez içinden düz olarak geçişini sağlamak amacıyla baş ve kanat duvarları adıyla menfez giriş yapıları yapılır.

6.4.1 Kanat duvarları

Kanat duvarlarının en büyük faydalarından biri de suyun taşıdığı ağaç parçaları gibi menfeze olumsuz etki yaratabilecek maddeleri kanalize ederek menfezin düzgün bir şekilde deşarjını sağlayarak menfez ağzının tıkanmasını önler. (Şekil 6.10.) Kanat duvarları, köy yolunun dolgu kısmının suyun zararlı etkilerine maruz kalmaması için yeterince uzun yapılması gerekmektedir. Menfez kanat duvarlarının yapımında başka unsur bulunmaması halinde 45 ° 'lik açıyla yapılması idealdir.



Şekil 6.10: Dolguya hazır menfez

6.4.2 Baş duvarları

Genellikle köy yolu boyunca yapılması gereken menfez noktalarından bazılarında kamulaştırma sorunu olan noktalarda dolgu eteklerinin kamulaştırma sınırından taşmasını önlemek amacıyla tercih edilirler.

6.5 Menfez Girişlerinde Koruma

Dere yataklarında suyun taşıdığı moloz ve siltin menfez girişlerinde birikmesi neticesinde, suyun hidrodinamiğinde olumsuzluklar oluşabilir. Bu duruma engel olmak için genellikle zemin cinsine bağlı olarak menfez giriş korumaları yapılır. Zeminin gevşek olduğu dere yataklarında yapılacak menfezlerde, menfez girişine taş pere koruması yapılır. Sert veya yumuşak kayadan müteşekkil yerlerde herhangi bir korumaya ihtiyaç duyulmaz.

6.6 Menfez Çıkış Yapıları

Doğal dere yatağında akmakta olan suyun hızının menfezden çıkarken de normal hızına yaklaşmasını sağlamak, menfezin çıkışındaki yol imlasında oyulma oluşmasını önlemek ve köy yolunun dolgusunu stabil durumda tutmak için menfez çıkış yapıları yapılır. Suyun menfezden çıkış hızının yüksek olması durumunda, çıkış kısmında şevlerin akmasına neden olacak su çevrintileri ve dalgalar oluşabilir.

Bunu önlemek için yapılacak menfez çıkış yapılarının şevle temasının önleyecek kadar yeterli yükseklik ve uzunlukta olması gerekir. Çıkış ve kanat duvarlarının temellerinin, suyun, imla şevi eteğini veya menfez çıkışının altının

oyulmasına sebebiyet vermesini engelleyecek derinlikte yapılması ve özellikle de suyun talveg kotunun altına inmesi tercih edilir. Menfez çıkışlarında kanat duvarları arasında yapılacak beton platformla , menfezden gelen suyu dere yatağının tüm genişliğine yayarak , menfezin ve kanat duvarlarının altına oyulması engellenmiş olur. Bazı dere yataklarının eğiminin fazlalığı nedeniyle bu tür imalatlar suyun enerjisini kırmada yeterli olamamaktadır. Böylesi durumlarda suyun hızına bağlı olarak anroşman veya harçlı pere ile menfez çıkış kanalının takviye edilmesi gerekir. Dere yatağındaki zemin yapısına ve menfezdeki su hızına bağlı olarak koruma önlemleri seçim tablosu Çizelge 6.2 deki gibidir. Menfezdeki su hızının 6 m/sn'yi geçtiği durumlarda menfezlerin çıkışlarına enerji kırıcı koruma yapılması gerekmektedir.

Çizelge 6.2: Zemin Cinsine Göre Menfezdeki Su Hızları

Zemin Cinsi	Menfezdeki Su Hızı (m/sn)			
	V<1	1<V<2,5	2,5<V<6	6<V<10
Kohezyonsuz Zeminler	-	Taş Pere	Taş Pere	Enerji Kırıcı
Kohezyonlu Zeminler	-	-	Taş Pere	Enerji Kırıcı
Yumuşak Kaya	-	-	-	Enerji Kırıcı
Sert Kaya	-	-	-	-

6.7 Menfez Çıkış Ağzlarında Koruma Uygulamaları

Menfezlerin mansap tarafında suyun hızının genelde suyun normal akış hızından büyük olması nedeniyle dere yatağında erozyon olmaması ve menfez kanalında ve kanat duvarlarında oyulmaların oluşmaması için çeşitli koruma uygulamalarının yapılması gerekmektedir.

6.7.1 Taş pere uygulaması

Bu tür uygulamalar, su hızının, kohezyonsuz zeminlerde 1 m/sn, kohezyonlu zeminlerde de 2,5 m/sn' den büyük olduğu yerlerde dere yatağının taşlarla kaplanması suretiyle yapılır. Taş pere uygulamasındaki amaç, perede kullanılan taşların yüzey pürüzlülükleri ile su hızının azaltılmasıdır. Bu nedenle en az 30-50 cm boyutlu taşlarla 50 cm kalınlığında oluşturulur. Taş perenin yapımında öngörülen yapım yüksekliği, 10 yıl frekanslı yağışın köy yolunun dolgusunda varacağı en yüksek noktaya kadar yapılır. Pere'nin yapım uzunluğu da suyun hidrolik sıçramasına bağlı olarak değişir. Hidrolik sıçrama uzunluğu da , menfez çıkışındaki Froude sayısı ile bağlantılı bir şekilde şöyle gruplandırılır. (Çizelge 6.3.)

$$Fr= V_s / (\sqrt{g \cdot h_s}) \quad 6.4.$$

Fr: Froude Sayısı

V_s: Suyun Hızı (m/sn)

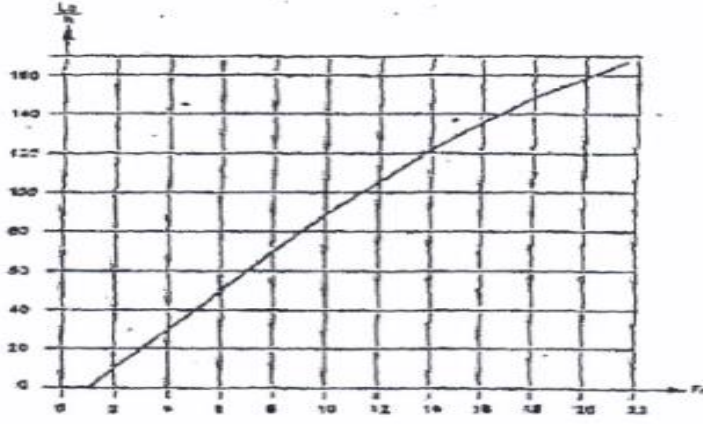
H_s: Menfezin gövdesi çıkışında su derinliği (m)

g: Yerçekim ivmesi (m/sn²)

Hesaplamaadan bulunacak Froud sayısı'na göre de hidrolik sıçramanın sınıflandırılması aşağıdaki gibi yapılır.

Çizelge 6.3: Froud Sayısına Göre Hidrolik Sıçramalar

Fr SAYISI	HİDROLİK SIÇRAMA
1,0 – 1,7	Dalgalı Sıçrama
1,7 – 2,5	Zayıf Sıçrama (Sadece Yüzey Türbülansı)
2,5 – 4,5	Salınımlı Sıçrama
4,5 -- 9	Dengeli Sıçrama



Şekil 6.11: Tablo hidrolik sıçrama boyu ile froude sayısı arasındaki bağıntı

Yukarıdaki grafikten faydalanarak, dere yataklarında yapılacak korumanın uzunluğu tespit edilir. (Şekil 6.11.) Hidrolik sıçrama menfezin hemen gövdesi çıkışından başladığı için menfezlerin çıkış apronu da korumanın bir parçası olarak değerlendirilir.

Menfezlerin mansap tarafında yapılması düşünülen taş pere imalatı uzunluğu, hidrolik sıçrama uzunluğundan menfezin çıkış apronu uzunluğunun çıkarılması suretiyle bulunur. Uygulamalarda taş pere (Şekil 6.12.) uzunluğu 5 m ‘den az olamaz ve bunun da sonunda da 50 cm genişliğinde ve 1 m derinlikte olmak üzere parafuy yapılır.



Şekil 6.12: Menfezlerde taş pere uygulaması

6.7.2 Enerji kırıcı korumalar

Köy yollarında yapılan bazı menfezlerde gerek eğimden ve gerekse de farklı sebeplerle suyun hızının menfez çıkışında 6m/s ‘yi geçmesi durumlarında, sert kaya dışındaki farklı zeminlerde, enerji kırıcı havuz yapılması gerekir. Böylesi

bir çalışmada, oluşturulacak basamaklarla menfez içerisinde hızı artmış olan sudaki enerji kırılarak, doğal dere yatağında oyulma oluşmayacak bir hızda akması sağlanır. Enerji kırıcı havuzların çıkışlarında hidrolik sıçrama beklendiğinden, havuz çıkışından itibaren 5 m uzunluğunda taş pere yapılması gerekir.

6.7.3 Özel tip korumalar

Yukarıda bahsedilen koruma önlemlerinin yetersiz kaldığı durumlarda özel tip korumalara ihtiyaç hasıl olabilir. Örneğin, menfez çıkış ağzlarında doğal dere yatağı kotundan çok daha yüksekte kalan menfezlerde, özel düşü yapılarının inşası düşünülebilir.

6.8 Menfez Taban Teşkili Ve Temeli

Köy yollarında menfez yapılacak kesimlerde, menfez temellerinde zeminin eşit bir taşıma gücüne haiz olması gerekir. Böylece menfez alanında farklı oturmaların önüne geçilir. Bu durumun sağlanamaması halinde zemin yapısında bulunan zayıflıkların tamamen atılarak ıslah edilmesi bir zarurettir. Menfez temel alanında zemin, uygun bir derinliğe kadar kazılarak gevşek malzeme yerine granüler yapıda kum çakıl şilte malzemesi serilerek sıkıştırılır. Eğer ki temel tabanında su miktarı fazla ise kum çakıl yerine taş dolgu kullanılır. Taban zemininin farklılık gösterdiği kesimlerde dilatasyon derzlerinin yapılması tercih edilmelidir. Menfez yapılacak dere yatağının zemin taşıma gücünde büyük ölçüde yetersizlikler söz konusu ise buralarda betonarme kutu menfezler tercih edilebilir. Bu menfezlerin temelleri radye jeneral temel hüviyetinde olduğundan çok sağlam bir zemine ihtiyaç göstermeyebilir. Ancak, tekil temelle teşkil edilen diğer menfez tiplerinde, temelin oturacağı zeminin taşıma gücü büyük önem arz eder. Buralarda gerek görüldüğünde fore kazık üzerine oturtulmuş temel ayakları tercih edilir.

6.9 Menfezlerde Dolgu Çalışmaları

Menfezlerin etrafının doldurulmasında kullanılan malzemenin seçilmiş malzeme olması gerekir. Kil, bitkisel toprak asla tercih edilmemelidir. Kullanılan dolgu malzemesinin sıkıştırılabilir evsafa olması gerekir. Menfezin dolgusunu yaparken iki yanın da dolgusunun eşit seviyelerde ve dengeli olacak şekilde

yapılmasına dikkat etmek gerekir. Dolgu sıkıştırma işleminde zemin 15 cm'lik tabakalar halinde serim yapılarak sıkıştırılır. Bu durum özellikle kagir kemer menfezlerin dolgusunda çok büyük önem taşımaktadır. Kemer Menfezlerde çekme gerilmelerinin oluşması istenmeyen bir durumdur. Bu durum da kagir kemer menfezin dolgusunun eşit seviyelerde yapılmaması halinde ortaya çıkar.

6.10 Menfez Çıkışlarında Suyun Hızını Azaltma Yöntemleri

Köy yollarında yapılan menfezlerde, karşılaşılan en önemli sorunların başında suyun sebebiyet verdiği erozyonlardır. Menfezden geçen suyun, çıkış hızının yüksek olması halinde, hız kırıcıların veya durgunlaştırma havuzlarının kullanılması gerekir. Hız kırıcıları, menfezin çıkışında çarpma bentleri; durgunlaştırma havuzları da, menfezin çıkış duvarlarının suyun aktığı yönde belli bir kotta kalması ve her iki uç arasına da bir eşik konmasıyla teşkil edilirler. Ayrıca suyun hızını azaltma yöntemlerinden biri de suya daha menfeze girerken beton kuyular, menholler gibi yapılarla düşümler yaratarak müdahale etmektir.

Menfezlerin, farklı eğimli bölümlerle yapılması da suyun hızını azaltma yöntemlerindedir. Menfezlerin yapılacağı birçok kesimde menfezlerin giriş ve çıkış noktalarındaki doğal arazi kotlarında büyük farklılıklar bulunmaktadır. Bu kot farkından dolayı menfezin içindeki suyun hızı yüksek seviyelere çıkar.

İşte böylesi durumlarda kırık profilli menfez olarak adlandırılan menfez tipi tercih edilebilir. Suyun çıkış hızının düşmesi, menfez içindeki akımda, süper kritik akım koşulundaki bir akımdan, alt kritik akım koşullarına geçilmesi ile oluşan, yüzeysel hidrolik sıçrama olmasıyla gerçekleşir. Burada gerçekleşen hidrolik sıçramanın gerçekleşebilmesi için yeterli doğal su giriş yüksekliğinin ve yeterli bir sürtünme ortamının oluşması gerekir. Fakat uygulamalarda, doğal dere yatağının dik olması nedeniyle uygun bir giriş su yüksekliği oluşmaz ve bununla birlikte bazı menfezlerde, menfez yüzeyinin pürüzlülüğünün yeterli olmasına karşın , bazı menfezlerde de bu durumun mümkün olmaması nedeniyle suyun hızının kırılmasını sağlamak için ayrıca önlemlerin alınması gerekir.

6.11 Yüksek Çıkış Hızlarında Koruma Önlemleri

Köy yollarında yapılan menfezlerin mansap taraflarında yüksek çıkış hızlarından dolayı oluşabilecek erozyonlara karşı en uygun önlem olarak menfez kulakları arasındaki platformun çıkışına dere yatağının doğal kotuna uygun olarak parafuy yapılması ve su yolu tabanının beton veya taşla kaplanmasıdır. Menfezlerin çıkışında erozyonun oluşması hem suyun hızına hem de zeminin cinsine göre farklılıklar gösterir. (Çizelge 6.4.) Zemin cinslerine göre kabul edilebilecek max su hızları şöyledir.

Çizelge 6.4. Zemin Cinsine Göre Oyulma Hız Sınırları

Zemin Cinsi	Oyulma Hız Sınırı (m/sn)
Kumlu Silt	0,36 – 0,75
Siltli Kil	0,57 – 1,08
Kum	max. 0,60
Yumuşak Silt	0,75 – 1,99
Kil Çakıl	1,20 – 9,50
Kil	0,75 – 1,68
Yumuşak Kum Taşı	1,29 – 2,46
Sert Kaya veya Beton Kaplama	3,00 – 4,50

6.12 Menfezlerde Sürüklenme Maddesi Girişinin Kontrolü

Köy yollarında yapılan menfezlerden geçen suyun belli bir hızdan daha yüksek olması erozyonlara neden olacağı gibi belli bir hızın altında akan sular da menfez tabanında çökelmeye neden olmaktadır. Genelde bütün dereler sürüntülü malzemeler taşırlar. Sürüklenme maddelerinin büyük veya çok olması durumlarında bu tür dere yataklarında kemer veya tabliyeli menfez yapılması tercih edilebilir. Ancak bazı menfezlerde memba tarafında yapılacak sürüklenme maddesi tutucusu ile bu sürüklenme maddelerinin menfeze girişi

engellenebilmektedir. Buradaki önemli ayrıntı yapılacak bu ek imalatların ekonomiklik açıdan kıyaslanması gerekir. Yani ya böylesi sürüklenme maddesi tutucusu imalatı yapılacak veya menfezin ebatlarının büyütülmesi tercih edilecektir.

6.12.1 Sürüklenme maddesi yansıtıcısı

En kesit olarak V şeklinde ve en uç noktası da suyun akım önünde bulunur. Bu tip yansıtıcı, demir veya ahşap çubukların V biçimindeki üst ve alt başlık aralarına parmaklık şeklinde yerleştirilmesi ile elde edilir. Bu su akımının eksenine dik olarak veya verev olarak yerleştirilebilirler.

6.12.2 Sandık tipli sürüklenme madde tutucusu

Aralıklı olarak çubuklarla sandık şeklinde yapılan bir tutucu tipidir. Menfezlerin memba tarafına düşey olarak yerleştirilirler. Üstü ızgara ile kapatılabilirler.

6.12.3 Havuz veya sedde biçimli tutucular

Menfezin memba tarafında oluşturulan havuz veya sedde şeklindeki imalatlardır.

6.13 Menfez Yapım Çalışmaları İle İlgili Dikkat Edilmesi Gereken Genel Hususlar

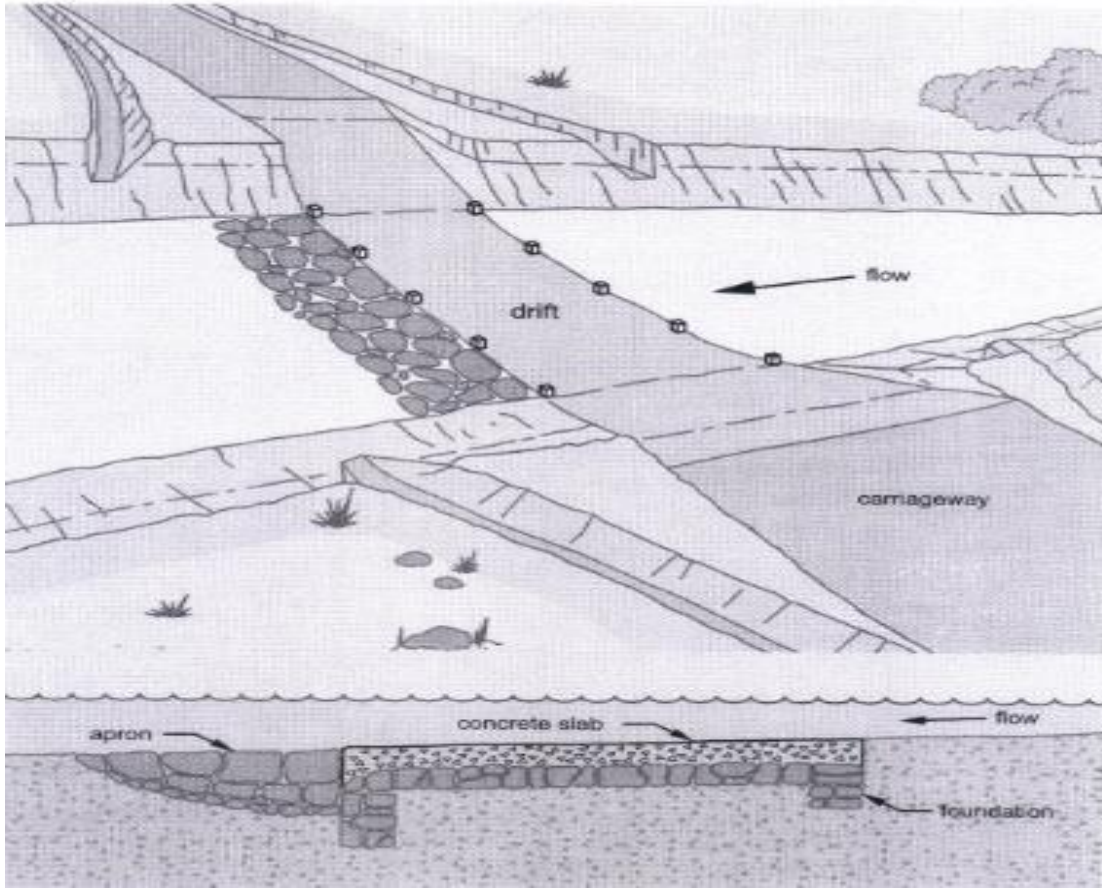
Menfezlerin mümkün olduğunca doğal dere yatağı eğiminde ve dere yatağı güzergahının değiştirilmeden inşa edilmesi gerekir. Aksi durumlarda, menfez tabanında oyulmalar, rüsubat birikimi durumlarla karşı karşıya kalınır. Ancak, bazı durumlarda menfezin dere yatağı güzergahına uymama durumları ortaya çıkabilir. Bu durumlarda, menfezin memba ve mansap tarafındaki kanat duvarlarının suyu karşılayacak ve düzgün akışa koyacak uzunlukta ve yükseklikte yapılması gerekir.

-Köy yolunda yapılacak menfez kesiminde, doğal dere yatağının eğiminin çok fazla olması halinde suyun menfez tabanını aşındırması olasılığına karşı menfez tabanı güçlendirilmeli ve memba kısmında suyun hızını azaltmak için dinlendirme havuzu, enerji kırıcı yapımı gibi tedbirler alınmalıdır. Ayrıca, eğimi azaltmak zorunda kalınırsa menfezin mansap kısmında dolgunun erozyonuna karşı betonarme deşarj kanalları yapılmalıdır.

yolun bir tarafından diğerk tarafına geçişinde etkili ve ekonomik bir metod olarak kabul edilebilir. Sel geçitlerinde suyun yolun üstünden geçmesine müsaade edilir. Bu nedenle, yol yüzeyinin, suyun akışından kaynaklanan güçlere karşı koyabilmesi için özel bir korumaya ihtiyacı

vardır. Bunun sağlanması için sel geçitlerinde genelde taş veya beton kaplamalı yüzeyler yapılır.

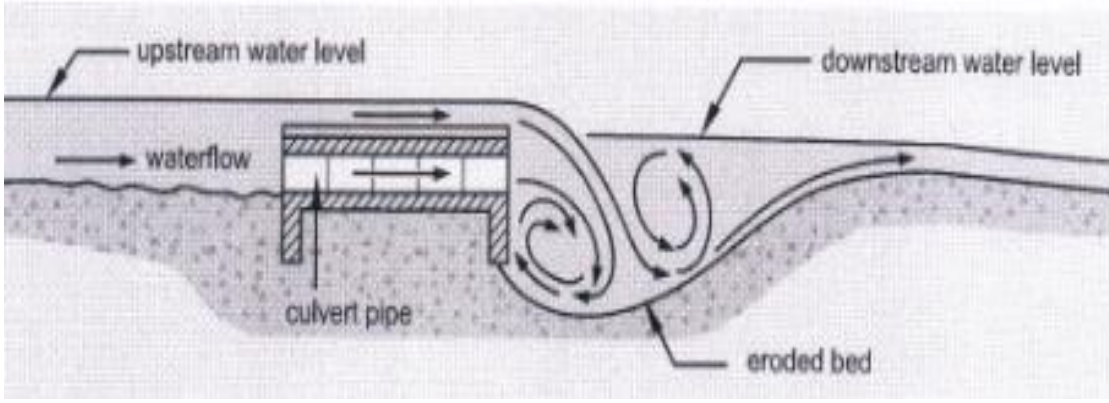
Sel geçit yapımlarında dikkat edilmesi gereken husus, sel geçidin seviyesinin her iki tarafta da yolun kotundan düşük olmasıdır. Böylece, suyun kabarmasıyla, korunmasız yol kaplamasının olumsuz etkilenmesi önlenmiş olur. Sel geçitleri, yılın çoğunda kuru olan derelerde tercih edilirler. Böylece daha az maliyetle, kısa süreliğine akan derelerde ulaşım aksamadan sağlanmış olur.



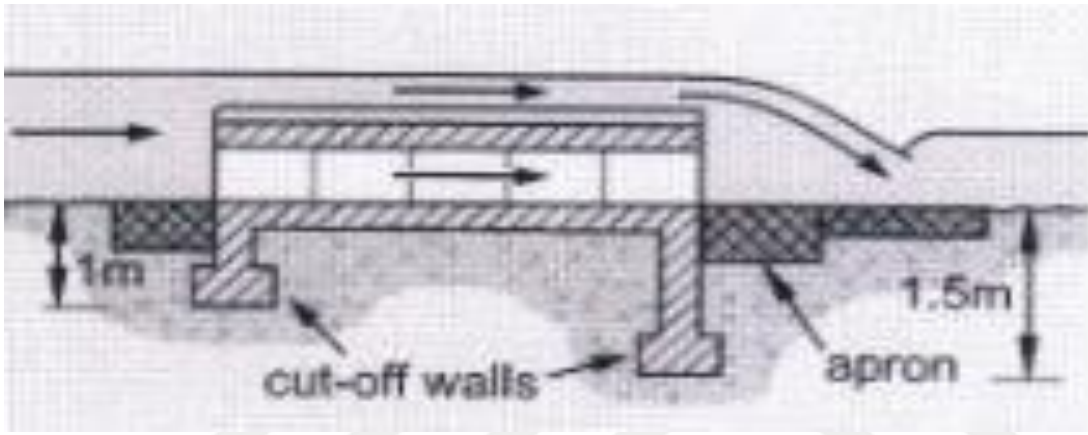
Şekil 6.14: Sel geçidi

6.14.3 Nehir geçişi

Yılın sadece belirli bir bölümünde akan dere yataklarında sel geçidi yapımı ideal iken, kurak mevsimlerde bile akan, daha uzun süreli akış halinde olan dere yataklarında da menfez veya köprülere göre maliyeti düşük tutma amacıyla



Şekil 6.17: Nehir geçişlerinde oyulma



Şekil 6.18: Nehir geçişlerinde oyulma önleyici tedbirler



Şekil 6.19: Nehir geçişi uygulaması

6.15 Köy yolu Şevlerinin ve Şev Üstlerinin Drenajı

Köy yollarında drenajın ele alınmasında göz ardı edilmemesi gereken bir diğer husus da şevlerin ve şev üstlerinin drenajıdır. Buraların drenajındaki amaç,

yarma ve dolgu şevlerinden toplanıp gelen suları yol dışına boşaltmak , şevlerin ve şev üstlerinin erozyona karşı stabil halde tutulması ve köy yoluna olumsuz etki yaratabilecek koşulların oluşmasının önlenmesidir. Şev ve şev üstü drenajında, drenaj tipi, yeri ve aralıkları zemin durumu, akım miktarı ve yolun profiline göre belirlenir. Genelde, bu drenajlar için oluklar ve madeni borular kullanılır.

6.15.1. Oluklar

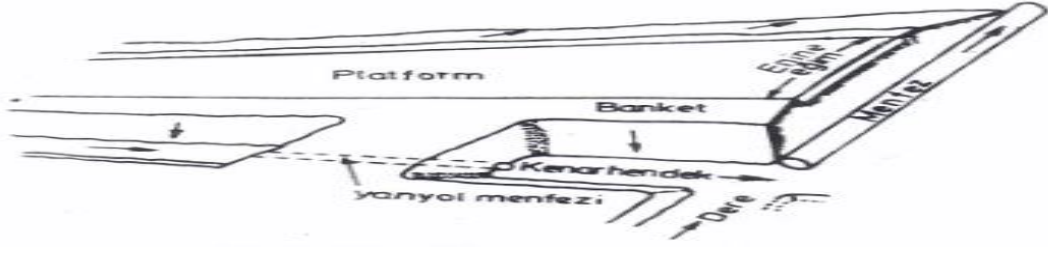
Genelde 2:1 eğimli veya daha yatık eğimli şevlerde kullanılırlar. 1,5:1 eğimli şevlerde kullanılması durumunda 18 m'den daha uzun bir mesafede kullanılmamalıdır.

6.15.2.Madeni borular

Bunlar da 4:1 ve daha dik eğimli şevlerde kullanılırlar. Bu boruların minimum çapı 20 cm'dir.

6.15.3.Köy yolu platformunun drenajı

Yüksek trafik yükü altında olan köy yollarında suyun köy yolunun platformundan uzaklaştırılması büyük önem taşır. (Şekil 6.20.) Üzerinde su biriken, göllenme oluşan yol satırları kazalara sebebiyet vermektedir. Bunların önlenmesi amacıyla köy yolunun platformuna gelen yüzey suları boyuna, enine eğimlerle ve banketlerle köy yolu platformundan uzaklaştırılırlar. Köy yollarında boyuna eğim minimum % 0,5 (Binde Beş) olmalıdır. Enine eğimin de ne sürücüyü rahatsız ederek tehlikeye atacak boyutta fazla ne de suyun yol platformunda kalmasına mahal verecek kadar az olmamasına dikkat etmek gerekir. Banket eğimleri de yol platformundan suları alacak kadar eğimli olmalıdır. A.A.S.H.T.O. 'ya göre, köy yolu platformunun bordürsüz olması halinde banketlerin 0,03 – 0,05 ; bordürlü olması halinde 0,02 değerlerinde enine eğimlere sahip olmasını uygun görülmektedir. Her koşulda, sürücülerin banketleri kullanması halinde tehlike yaratabilecek kadar fazla olmamalıdır.



Şekil 6.20: Köy yolu platform drenajı



7 KÖY YOLLARINDA DRENAJ YETERSİZLİĞİYLE OLUŞAN OLUMSUZLUKLARLA İLGİLİ GENEL BİR DEĞERLENDİRME

Köy yollarının yapımı sırasında, köy yoluna gelebilecek hem yeraltı, hem de yüzey sularının kontrol altına alınarak köy yoluna olumsuz etkilerini minimum seviyelere çekmemiz gerekir. Aksi hallerde, şevlerde göçme ve heyelanlar, köy yolu dolguda ise oturmalar meydana gelir.

7.1.Yeraltı Suyu Drenajının Yetersiz Olması Halinde

- Zeminin mukavemetinin düşmesiyle kalıcı şekil bozuklukları oluşur.
- Zeminin kohezyon direnci azalmasıyla kayma direnci azalır.
- Zemindeki boşluk suyu basıncının artmasıyla kayma direnci azalır.
- Zeminin yapısındaki farklı su muhteviyatları nedeniyle farklı noktalarında farklı hacim değişimleri meydana geleceğinden dolayı, yol kaplamasının altındaki kesimlerde farklı büzülmeler ve kabarmaların oluşması neticesinde farklı gerilme ve taşıma gücü durumları ortaya çıkar.
- Suya maruz kaldığında hacmi değişen zeminle, daha kuru bir halde sıkıştırılıp üst yapısı teşkil edilen köy yollarında, zemindeki su muhteviasının artmasıyla beraber alt tabakalardan kapilarite ile gelen su, zeminin ve akabinde de kaplamanın kabarmasına mahal verir.
- Zeminin şev stabilitesi azalır.
- Deprem sırasında köy yolunun zemininin sıvılaşması artar.
- Köy yolundaki zeminde borulanmanın artmasıyla zemin içindeki erozyonun artmasına neden olur.
- Köy yolunun platformunda, kaplam yüzeyinde çatlamalara ve çökmelere neden olur.

7.2. Yüzey Suları Drenajının Yetersiz Olması Halinde

Köy yollarının işletme açısından il ve devlet yollarına kıyasla daha az göz önünde bulundurulması nedeniyle yapılan yeni yolların yeraltı ve yüzey sularına karşı drenajının iyi bir şekilde ele alınması gerekir. Özellikle yüzey suları drenajının yetersiz olduğu köy yollarında aşağıda belirtilen sorunlarla karşılaşmaktadır.

-Yağışlar sonucu ortaya çıkan sular, köy yolunun yüzeyi , kaplama ve banketleri ile yarma ve dolgu şevlerinin erozyonlarına sebebiyet verirler.

-Yağışlar sırasında, köy yolu yüzeylerinde su birikintileri ortaya çıkarsa, bunlar taşıt lastikleri ile köy yolu yüzeyi arasındaki sürtünme katsayısını azaltıcı bir etki yarattığından, bazı durumlarda da daha çok don etkisine maruz bölgelerde, yüksek taşıt hızlarında lastik ile yol yüzeyi arasındaki teması tamamen keserek taşıtların kontrolsüz olarak kayma suretiyle kazalara sebep olmaktadır.

8 TÜRKİYE’DE KÖY YOLLARINDAKİ DRENAJ SİSTEMLERİNE İLİŞKİN DEĞERLENDİRME

21.yüzyılda bulunduğumuz bu günlerde Türkiye’de çok ileri düzeye gelmiş olan otoban ve büyük oranda da İl ve Devlet yollarındaki standartlık durumunun Türkiye’nin genelindeki köy yollarında da sağlanmış olduğu söylenemez. Bununla birlikte Türkiye’nin özellikle batı ve doğu, güneydoğu bölgeleri arasında da köy yolların drenaj sistemleri açısından yapıım farklılıkları da bulunmaktadır. Bu genel bilgiler ışığında Doğu ve Güneydoğu bölgelerinde yapılmakta olan köy yollarına emsal teşkil etmesi bakımından Batman ili Sason ilçesinde yapılan tespitlerde, yapılmış olan sanat yapılarının tasarım ve yapımlarında ciddi boyutlu hataların yapılmakta olduğu görülmüştür. Yapılan menfezlerin kanat ve baş duvarlarının menfez noktasındaki arazi yapısına veya imla yüksekliklerine uygun olarak yapılmadığı, eğimli arazilerde yapılan menfezlerin mansap tarafı çıkış yapılarının eğime uygun olarak yapılmadığı ve özellikle bazı noktalarda da sel geçidi yapılmasının daha ekonomik ve daha sağlıklı olmasına rağmen yine menfez yapımının tercih edilmesi nedenleriyle ya menfezlerin tıkanıdığı veya altlarının oyulmasıyla trafik için tehlike arzeder boyuta geldiği görülmüştür. Ayrıca , büz yerleştirilen bazı noktalarda da büz çıkışlarında imlanın pere veya uygun çıkış yapıları ile desteklenmemesi nedeniyle de büzlerin altlarının oyulduğu ve bazı büzlerin de askıda kaldığı görülmüştür.



Şekil 8.1: Batman Sason Derince grup köy yolunda mansap tarafı erozyona uğrayan menfez

Şekil 8.1. de Batman İli Sason ilçesi Derince grup köy yolunda yapılan bu menfezin gelen yağışlarla mansap tarafında erozyon durumunun olduğu görülmektedir. Bu durumun nedeninin mansap tarafında yapılması gereken parafuyun yapılmamış olması ve kanat duvarlarının yolun ve arazinin durumuna göre tasarlanmaması olarak değerlendirilmiştir.



Şekil 8.2: Memba tarafında süprüntü malzeme biriken menfez

Şekil 8.2 ‘ deki menfezin memba tarafının gelen süprüntü malzemelerle dolduğu görölmektedir. Bunun oluşmasının en büyük sebebinin de menfez ağız tarafında yapılabilecek bir malzeme tutucu havuzun yapılmamış olması ve menfezin gövde eğiminin arazi eğimi ile orantılı bir değerde tasarlanmamış olması olarak değerlendirilmiştir.



Şekil 8.3: Yanlış ve yetersiz kanat duvarı açıklığına sahip menfezde köy yolu imlasının göçmesi

Şekil 8.3' deki menfezin mansap tarafı yol imlasında göçme ve kaymalar oluştuğu g r lmektedir. Bu durumun sebebi olarak da menfezin kanat duvarlarının arazi ve yol durumuna uygun bir açıda yapılmamış olması olarak değerlendirilmiştir.



Şekil 8.4: Yetersiz kanat duvarı açıklığına sahip menfezde köy yolu imlasının göçmesi

Şekil 8.4. deki menfezin memba tarafında yol imlasında göçmeler oluşmuştur. Bunun sebebi olarak da kanat duvarlarının araziye ve yola göre hem açılı olarak hem de uzunluk olarak yetersiz yapılmış olması olarak değerlendirilmiştir.



Şekil 8.5: Sel geçidi yapılması ihtiyacı olan köy yolu kesimi

Şekil 8.5. 'deki köy yolu kesiminde yerleştirilmiş olan büzün tıkanması nedeniyle yol platformunun bozulmalara uğradığı görülmektedir. Bu durumun sebebi olarak, büzün eğiminin arazi eğimine uygun olarak seçilmemesi, kenar hendeklerin bakımının yapılmaması ve de özellikle bu köy yolu kesiminde sel geçidi yapımının yolun trafiğe hizmet vermesinde daha uygun düşecek olmasına karşın bunun tercih edilmemesi olarak değerlendirilmiştir.



Şekil 8.6: Çıkış yapısı yapım eksikliğinden dolayı erozyona uğrayan büz noktası

Şekil 8.6 ‘ daki büzlerin mansap tarafında büz kayıpları ve yol göçmeleri oluşmuştur. Bu durumun nedeninin, büzlerin yerleştirilmesi sırasında mansap tarafı büz altı koruma duvarının ve yan kanat duvarlarının yapılmamış olması olarak değerlendirilmiştir.



9 SONUÇ VE ÖNERİLER

Günümüzde ülkelerin toplumsal ve ticari gelişmelerinde ulaşımın sağlandığı yollar büyük öneme haiz duruma gelmiştir. Buna paralel olarak ülkelerin gelişmelerinde büyük şehirlerdeki sanayileşme ve ticari gelişmenin yanı sıra köylerde veya küçük yerleşim yerlerindeki üreticilerin de gelişmeye katkı sunmaları kaçınılmaz olmuştur. Böylesi bir etkileşimin de ilk basamağı, köy gibi küçük yerleşim birimlerinin de büyük şehirler gibi daima ulaşılabilir bir durumda olmasıdır. Bunu sağlamak için de devlet ve il yollarına ilaveten köy yollarının da teknolojik gelişmelere paralel bir düzeyde ele alınması gerekir. Yatırım yapılan köy yollarında işletme ve bakım masraflarının da minimize edilmesi amacıyla projelendirme ve yapım aşamalarında, köy yolunun standartlarını , drenaj sistemlerinin tasarımı ile yükseltmek gerekir.

Köy yollarındaki Drenaj sistemlerinin sadece yüzeysel sulara hitap edecek şekilde değil de tüm yeraltı ve yerüstü sularına hitap edecek şekilde dizayn edilmesi gerekir. Bu amaçla köy yolunun yapılacağı zeminlerin çok iyi bir şekilde incelenerek, bu zemin türüne hitap edebilecek en iyi drenaj sisteminin belirlenmesi büyük önem taşır. Ayrıca, köy yolu güzergahı boyunca yapılan yarma ve dolgu kesitlerine göre de gerekli olan drenaj elemanlarının projelendirilmesi de büyük öneme sahiptir. Yapılması gereken menfez gibi sanat yapılarının projelendirilmesi aşamasında yağış havzasının tam ve doğru olarak ölçülmesi gerekir. Gereğinden fazla büyük ebatlı menfezler ekonomik açıdan dezavantajlı teşkil ederken, gereğinden küçük ebatlı menfezlerde de kullanım ömrü açısından yetersizlikler yaşanabilmektedir. Bazı durumlarda da, dere yatağının eğimi ve zemin yapısı gibi durumlar göz önünde bulundurulması ile menfez yapılmasının uygun olmayacağı durumlarda sel geçitlerinin yapılması tercih edilmelidir. Ancak sel geçitlerinin çoğu bölgelerde bilinmiyor olması nedeniyle de yapılan menfezler gelen ilk feyzanda yıkılıp kullanılamaz hale gelmektedir. Bu nedenle, sel geçitleri gerekli durumlarda tercih edilmelidir. Yapılan her türlü drenaj sistemlerinin bakımı da, drenaj sistemlerinin kullanım ömrünü uzatma açısından büyük öneme sahiptir.

Tasarım aşamasında köy yolunun trafiğe uzunca bir süre hizmet etmesi planlanmaktadır. Bununla birlikte, ülkemizin çoğu bölgesinde ve özellikle de Köy yolları ağındaki yollarda maliyeti azaltma da tercih edilen bir durumdur. Ancak, yapılan bir yolun sadece bir kış geçtikten sonra bakıma alınması ve hatta yeniden teşkil edilmesi ülkemiz ekonomisi açısından büyük bir zarardır. Bu durumun önüne geçmek için ve de köylerimizin de ülke ekonomisine katkı sunmasını kolaylaştırmak için köy yollarımızın yaz kış, her türlü hava koşulunda da ulaşılabilir ve trafiğe açık bir halde tutulması gerekir. Bunun sağlanması için de tıpkı otoyollarda, devlet ve il yollarındaki gibi yolun sadece üst yapı teşkili ile değil drenaj sistemleri ile beraber komple olarak bir sistem gibi değerlendirilmesi tercih edilmelidir. Bu sayede, trafik yükü, devlet ve il yollarına göre daha az olmasına karşın her hava koşulunda trafiğe hizmet verebilecek durumda olması sağlanmış olur.

KAYNAKLAR

- [1] Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü,2000,Köy yolları Yapım İşleri, Ankara
- [2] Yıldız Teknik Üniversitesi, Ders 5 Zemin Suyu Ders Notları, Doç. Dr. Havvanur KILIÇ, Geoteknik Anabilim Dalı ,İstanbul
- [3] Karayolları Genel Müdürlüğü, 1973. Yol Yapım Notları, Yayın No: 210 Ankara
- [4] **Umar,F.-Yayla,N.**,1997. Yol İnşaatı ,İTÜ, İstanbul.
- [5] **L.Woolley,ed, Phil Stronach**,1998.Drainage Details, New York.
- [6] **Jabbar,T.-Alfatlawi,M.**,2015.Study On Roadway Subsurface Drainage System and Related Performance Using Fem, Babylon University, Iraq.
- [7] **Kocaman,M.G.**,2002.Otoyolların Drenajı, İTÜ, İstanbul.
- [8] Karayolları Genel Müdürlüğü,1973.Yol Yapım Notları, Ankara.
- [9] **C.S.Southhall,H.O.**,1974. Pearce, Drainage-Design and Construction, New York.
- [10] Karayolları Genel Müdürlüğü,1989. Yollar Fenni Şartnamesi, Ankara.
- [11] Karayolları Genel Müdürlüğü,1983.Hidrolik Sanat Yapıları Kurs Notları, Ankara.
- [12] Karayolları Genel Müdürlüğü, Karayollarında Zayıf Zemin Problemleri, Ankara.
- [13] Drenaj Kriterleri Raporu,1996.Karayolları Genel Müdürlüğü, Ankara.
- [14] Çalışkan , U. ,2007, Karayolları Ulaşım Ağlarında Yüzeysel Drenaj Sistemleri ve Hidrolik Tasarım Esasları, ,İTÜ, İstanbul.
- İnternet Kaynakları:
- [15] Url-1 <http://www.karfi.com.tr>, alındığı tarih:20.04.2017
- [16] Url-2 <http://www.docplayer.biz.tr>, alındığı tarih:20.04.2017



ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad : Mehmet Emin BULUT
Doğum Tarihi ve Yeri : 09.03.1974 - Seydişehir
E-posta : mnblt1975@hotmail.com

ÖĞRENİM DURUMU :

- Lisans : 1- 1996, Fırat Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği
2- 2007, Anadolu Üniversitesi, İşletme

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:

- 1996 yılında memuriyete başladı.
- 2006 yılına kadar Bitlis Milli Eğitim Müdürlüğü , Van Köy Hizmetleri 9. Bölge Müdürlüğü ve Batman İl Özel İdaresinde İnşaat Mühendisliği görevinde bulundu.
- 2006-2011 yılları arasında Batman İl Özel İdaresinde Yol ve Ulaşım Hizmetleri Müdürlüğü görevini yaptı.
- 2011 yılından beri Batman İl Özel İdaresi Genel Sekreter Yardımcılığı görevini yapmaktadır.

