

T.C
ULAŖTIRMA BAKANLIđI
KARAYOLLARI GENEL MÜDÜRLÜğÜ

OTOYOLU
PROJE MÜHENDİSLİK HİZMETLERİ

DRENAJ KRİTER RAPORU

OTOYOLLARI DAİRESİ BAŖKANLIđI
(Otoyolu Proje Ŗubesi MÜdÜrlüğü)
ANKARA, 2008

DRENAJ KRİTER RAPORU

İÇİNDEKİLER

	Sayfa No.
1. GİRİŞ.....	1
2. TAŞKIN DEBİLERİNİN HESABI.....	2
2.1. Rasyonel Metot.....	3
2.2. Sentetik Birim Hidrograf Metodu.....	5
3. YOL GÖVDESİ DRENAJI.....	17
3.1. Yüzey Suyu Drenajı.....	17
3.2. Yüzeyaltı Drenajı.....	18
3.3. Drenaj Elemanları ve Projelendirme Kriterleri.....	18
3.3.1. Hendekler.....	19
Refüj Hendekleri.....	19
Kenar Hendekler.....	20
Palye Hendekleri.....	20
Yarma Üstü (Kafa) Hendekleri.....	21
Dolgu Şev Dibi (Topuk) Hendekleri.....	23
Kademeli Hendekler.....	23
Özel Hendekler.....	23
3.3.2. Borular.....	24
Dren Boruları.....	24
Toplayıcı Borular (Kollektörler).....	24
3.3.3. Deşarj Yapıları.....	26
Bacalar.....	26
Enine Deşarj Yapıları.....	26
3.3.4. Düşü Yapıları.....	27
Asfalt Bordür ve Düşüm Olukları.....	27
Şütler.....	29
4. KÜÇÜK SANAT YAPILARI (MENFEZLER).....	30
4.1. Tasarım Metodu.....	30
4.2. Menfez Yerleşimi ve Eğimleri.....	32
4.3. Menfez Giriş Yapıları.....	36
4.4. Menfez Girişlerinde Koruma.....	37
4.5. Menfez Çıkış Yapıları.....	37
4.6. Menfez Çıkış Ağzlarında Koruma.....	39
5. BÜYÜK SANAT YAPILARI (KÖPRÜLER).....	44
6. STANDART DETAYLAR.....	45

TABLULAR

	Sayfa No.
Tablo 1. Drenaj Elemanlarının Taşkın Tekerrür Aralıkları.....	2
Tablo 2. Çeşitli Arazi Şartlarında Akış Katsayıları	4
Tablo 3. Hidrolojik Zemin Grupları ve Bitki Örtüsüne Göre Akış Eğri Numaraları.....	6
Tablo 4. Boyutsuz Hidrograf Koordinatları	9
Tablo 5. Yağış Süresi (saat) Oranları.....	13
Tablo 6. Hendek Projelendirme Kriterleri.....	23
Tablo 7. Betonarme Kutu Menfezlerde Giriş Kaybı Katsayıları.....	35
Tablo 8. Menfez Çıkışlarında Koruma Önlemleri Seçimi.....	39

ŞEKİLLER

	Sayfa No.
Şekil 1. Yağış-Akış Bağlılığı Eğrileri.....	7
Şekil 2. Yağış-Havza Alanı-Verim Grafiği.....	10
Şekil 3. Türkiye’de Kritik Yağış Süreleri.....	11
Şekil 4. Türkiye’de Yağışın Zaman İçinde Dağılımı.....	14
Şekil 5. Yağış-Saha-Derinlik Eğrileri.....	15
Şekil 6. Yüzeysel Akım Nomogramı.....	22
Şekil 7. Kutu Menfezlerde Kabarma Nomogramı (Kontrol Girişte).....	33
Şekil 8. Dolu Akan Menfezlerde Kabarma Nomogramı (Kontrol Çıkışta).....	34
Şekil 9. Menfez Girişlerinde Koruma Tipleri.....	38
Şekil 10. Menfez Çıkışlarında Koruma Tipleri.....	40
Şekil 11. Menfez Çıkışında Hidrolik Sıçrama Uzunluğu.....	43

1. GİRİŞ

Karayolu Mühendisliğinin en önemli kısımlarından biri olan drenaj işleri, yol gövdesine çevreden gelecek yağmur suyunun etki etmesi durumunda, bu suyun, en etkin ve güvenli şekilde uzaklaştırılması için akım tahminleri yaparak, teknik ve ekonomik olarak uygun, hidrolik yapı sistemlerinin projelendirilmesi ve yapımını kapsar.

Yol kenarındaki küçük çaplı boru ve hendeklerden büyük köprülere kadar değişen çeşitli elemanlar drenaj sisteminin birer parçasıdır.

Drenaj sisteminin projelendirilmesi çalışmaları, proje kapsamındaki bölge için geçerli ve yeterli çeşitli hidrolojik verilerin derlenmesi ve hidrolik analiz yöntemleriyle drenaj elemanlarının proje debilerinin hesaplanması ile başlar. Bu amaçla, raporun ilk bölümünde otoyol drenaj işlerinde en çok kullanılan hesap metotları açıklanacaktır.

Raporun diğer bölümlerinde drenaj sistemini oluşturan elemanların hidrolik tasarımına yönelik kriterler ve hesap yöntemleri açıklanacak, rapor ekinde, projelerde kullanılacak standart detaylar sunulacaktır. Bu detayların kullanılmadığı durumlarda ise yapı özel olarak projelendirilecektir.

Bu şekilde belirlenen drenaj elemanları otoyol planları üzerinde kolay takip edilecek şekilde ifade edilecek ve İdarenin onayına sunulacaktır.

2. TAŞKIN DEBİLERİNİN HESABI

Detaylı debi kayıtlarının bulunmadığı durumlarda taşkın debilerinin belirlenmesinde havza büyüklüğüne bağlı olarak iki metot kullanılacaktır.

Su toplama havzası 10 km²'den küçük olan yerlerde Rasyonel Metot, 10 km²'den büyük olan yerlerde ise Sentetik Birim Hidrograf Metodu, 10 km² civarında olan yerlerde ise taşkın debileri her iki metotla hesaplanacak büyük olan debiler proje hesap debisi olarak alınacaktır. Drenaj planı 100 km²'nin üzerinde olan akarsularda ise İdarenin uygun gördüğü dağılım metotları kullanılacaktır. Genellikle otoyol projelerinde 100 km²'den daha küçük havzalarda çalışıldığı için büyük havzaların hesap metotları bu raporda anlatılmayacaktır.

Drenaj sistemi elemanlarının tasarımında kullanılacak taşkın tekerrür aralıkları Tablo-1'de verilmiştir.

Tablo 1. Drenaj Elemanlarının Taşkın Tekerrür Aralıkları

Drenaj Elemanı	Taşkın Tekerrür Aralığı
Refüj, Kenar, Kafa, Topuk Hendekleri	10 Yıl
Palye Hendekleri	10 Yıl
Kademeli Hendekler	10 Yıl
Özel Hendekler	10-25 Yıl
Toplayıcı Borular (Kollektörler)	2-10 Yıl
Enine Deşarj Yapıları	2-10 Yıl
Asfalt Bordür ve Düşüm Olukları	10 Yıl
Şütler (Kolektöre Deşarj Durumunda)	10 Yıl
Şütler (Menfeze Deşarj Durumunda)	10 Yıl
Menfezler (Projelendirme için)	Önemine Göre Seçilecek
Menfezler (Kontrol için)	10 Yıl
Menfezler (Taşkın Alanının Önemine göre)	100 Yıl
Menfez Giriş ve Çıkış Yapıları	10 Yıl
Köprüler	100 Yıl -500 yıl

Not: Taşkın debisinin tayininde belirtilen T süreleri gerektiğinde mühendis tarafından değiştirilebilecektir.

2.1. Rasyonel Metot

Rasyonel Metot akış katsayısının yüksek ve toplama havzasının 10 km²'den küçük olduğu durumlarda daha iyi sonuç vermektedir.

Rasyonel Metot'ta debi formülü

$$Q = \frac{C \times I \times A}{3.6}$$

Q : Taşkın Debisi (m³/sn)

C : Akış Katsayısı

I : Tekerrür Yıllarına Göre Yağış Şiddeti (mm/sa)

A : Yağış Havzası Alanı (km²)

Bu metodun kullanılmasında yağış havzasının özelliklerine bağlı olarak alınacak akış katsayısının iyi seçilmesi gerekmektedir. Tablo-2'de çeşitli arazi şartlarında alınacak akış katsayıları verilmiştir. Yağış havzasının değişken karakterde olması durumunda ortalama akış katsayısı hesaplanacaktır.

$$C_{\text{ort}} = \frac{\sum_{i=1}^n (A_i \times C_i)}{A}$$

$$A = \text{Alan} = A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n$$

C_i : A_i'ye ait akış katsayısı

Yağış şiddetleri, hesabı yapılan noktaya en yakın Meteoroloji Genel Müdürlüğü veya Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü Yağış İstasyonuna ait Yağış Şiddeti-Süre-Tekerrür eğrilerinden alınacaktır. Bu eğrilerin kullanılmasında toplanma zamanının iyi tayin edilmesi gerekir.

Drenaj sistemi elemanının özelliğine göre toplanma zamanı çeşitli şekillerde hesaplanmaktadır. Detaylı bilgi ilgili kısımda verilecektir.

Tablo 2. Çeşitli Arazi Şartlarında 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 ($\alpha \leq 45$)	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
Dalgali-Çıplak	0,60-0,80
Düz-Çıplak	0,50-0,70
Dalgali-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 Çayırılar	0,15-0,45

2.2. Sentetik Birim Hidrograf Metodu

Üzerinde uzun süreli güvenilir akım rasatları bulunmayan 10 km²'den büyük yağış havzalarından gelebilecek taşkın debilerinin hesabında sentetik birim hidrograf metodu kullanılacaktır.

Taşkın büyüklüğüne etki eden unsurlar, yağış şiddeti ve süresi, havzanın toprak sınıfı ve bitki örtüsü, yağış alanının topografik özellikleri olarak sınıflandırılır.

Havzanın zemin cinsi ve bitki örtüsüne bağlı olarak Tablo-3'ten bir eğri numarası seçilir. Eğer yağış alanı içinde birbirinden farklı toprak grupları ve farklı bitki örtüsü varsa bunların kapladığı alanlarda göz önünde tutularak bütün havza için ortalama bir eğri numarası hesaplanmalıdır.

$$CN_{ort} = \frac{\sum_{i=1}^n (A_i \times CN_i)}{A}$$

A_i : Farklı karakterdeki Alanlar (km²)

A : Toplam Havza Alanı (A_i)(km²)

CN_i: Farklı Karakterdeki Alanlara Ait Eğri numarası

Tespit edilen eğri numarası ile Şekil-1'den yağışın akışa geçen miktarı bulunacaktır.

Yağış alanı topografyasının taşkına etkisini en iyi tayin edebilmek için ortalama eğimin hesaplanması gerekecektir. Bunun için ana kolun boy kesiti haritadan çıkarılarak yatay uzunluk 10 eşit parçaya bölünür. Her parçanın kotları ve ara mesafeleri bilindiği için eğimleri hesaplanır. Harmonik ortalama eğim ise aşağıdaki formülle bulunur.

$$S = \left[\frac{10}{\sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{\sqrt{S_i}} \right)} \right]^2$$

S : Harmonik ortalama eğim (m/km)

S_i : Her parçanın eğimi (H_i/L_i)

$L \times L_c / \sqrt{S}$ ve A drenaj alanı (km²) değerleri ile Şekil-2'den q_p değeri bulunur. Burada L toplayıcı ana kolun boyu (km), L_c ise yağış alanının ağırlık merkezinin ana toplayıcı üzerindeki izdüşümü ile ana toplayıcının yağış alanını terk ettiği nokta arasındaki uzaklıktır (km). q_p iki saat sürdüğü ve havza üzerinde 1 mm.lik bir akış meydana getirdiği kabul edilen bir yağıştan sonra, taşkın sarfiyatının azamı değere ulaştığında yağış alanının her km²'sinde beklenecek sarfiyatı gösterir. (lt/sn/km²/1 mm).

Tablo 3. Hidrolik Zemin Grupları ve Bitki Örtüsüne Göre Akış Eğri No.ları

Arazi kullanması örtü	Muamele ve tatbikat	Sızma için hidrolik şart	Hidrolik toprak grubu			
			A	B	C	D
NADAS	SR	----	77	86	91	94
DİZİ	SR	Zayıf	72	81	88	91
NEBATI	SR	İyi	67	78	85	89
Pancar gibi	C	Zayıf	70	79	84	88
	C	Zayıf	65	75	82	86
	CT	Zayıf	66	74	80	82
	CT	İyi	62	71	78	81
UFAK	SR	Zayıf	65	76	84	88
DANELİ	SR	İyi	63	75	83	87
Duğday gibi	C	Zayıf	63	74	82	85
	C	İyi	61	73	81	84
	CT	Zayıf	61	72	79	82
	CT	İyi	59	70	78	81
SIK EKİLMİŞ	SR	Zayıf	66	77	85	89
BAKLIYAT	SR	İyi	58	72	81	85
VEYA OT	C	Zayıf	64	75	83	85
RATOSYONU	C	İyi	55	69	78	83
	CT	Zayıf	63	73	80	83
	CT	İyi	51	67	76	80
ÇAYIRLIK	----	Zayıf	68	79	86	89
VEYA	----	Müsait	49	69	79	84
MEYDAN	----	İyi	39	61	74	80
	C	Zayıf	74	67	81	88
	C	Müsait	25	59	75	83
	C	İyi	6	35	70	79
DEVAMLİ ÇAYIR	----	----	30	58	71	78
ORMAN	----	Zayıf	45	60	77	83
Çiftlik	----	Müsait	36	60	73	79
Ağaçlar	----	İyi	25	55	70	77
ÇİFTLİK BİNALARI	----	----	59	74	82	86
YOLLAR (Tozlu)	----	----	72	82	87	89
YOLLAR (Sert zeminde)	----	----	74	84	90	92

A. Çok kumlu zeminler

B. Kumlu çok, kili az zemin, derince bitkisel toprak

C. Kumlu az, kili çok zemin, sığ bitkisel toprak

D. Çok ağır kili veya kayalık zemin, bitkisel toprak çok ince veya hiç yok

SR = Muntazam sıralı
C = Tesviye münhanilerine paralel
T = Teraslanmış
CT = Tesviye münhanilerine paralel ve teraslanmış

TİCARİ VEYA MİLLİ ORMAN HAVZALARI İÇİN

Hidrolojik Sınıflar	Hidrolojik Toprak Grubu			
	A	B	C	D
I. En Zayıf	56	75	86	91
II. Zayıf	46	68	78	84
III. Orta	36	60	70	76
IV. İyi	26	52	62	69
V. En İyi	15	44	54	61

Birim hidrograf kuralına göre ha(mm) yüksekliğinde bir akışın sebep olacağı azami sarfiyat 1 mm.lik akıştan bulunacak değerin ha katıdır.

$$Q_p = A \times q_p \times ha / 1000$$

Q_p : Birim hidrograf Pik Debisi (m^3/sn)

A : Havza Alanı (km^2)

q_p : $lt/sn/km^2/1 mm$

$$V = A \times ha \times 1000$$

ha : 1 mm.

V : Taşkında geçen su miktarı (m^3)

Tipik hidrografın geometrik özellikleri dolayısıyla hidrograf devam süresi (Taşkın süresi)

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

Taşkın başlangıcından azami sarfiyata (Q_p) ulaşınca kadar geçen hidrografın yükselme zamanı

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

Tablo 4'te verilen tipik hidrograf değerleri kullanılarak hesabı yapılan havzaya ait hidrograf koordinatları T (saat), Q (m^3/sn) olarak hesaplanır ve yatayda süre, düşeyde sarfiyat alınarak birim hidrograf çizilir.

Q_p değerlerinin bulunmasında yararlanılan Şekil-2'nin hazırlanışındaki özellik dolayısıyla bu hidrograf iki saatlik bir akıştan meydana gelen taşkın hidrografıdır. Taşkın tererrürlerinin hesabına esas alınacak yağış süresi aşağıdaki üç metotla bulunacaktır.

$$1. T_c = 0.000032 \frac{L^{0.77}}{S^{0.385}}$$

T_c : Toplanma Zamanı (saat)

L : Havzanın En Uç Noktasının Menfeze olan Yatay Mesafesi (m)

S : Harmonik Ortalama Eğim

$$2. D = 2\sqrt{T_c}$$

D : Birim Sağanak Süresi (saat)

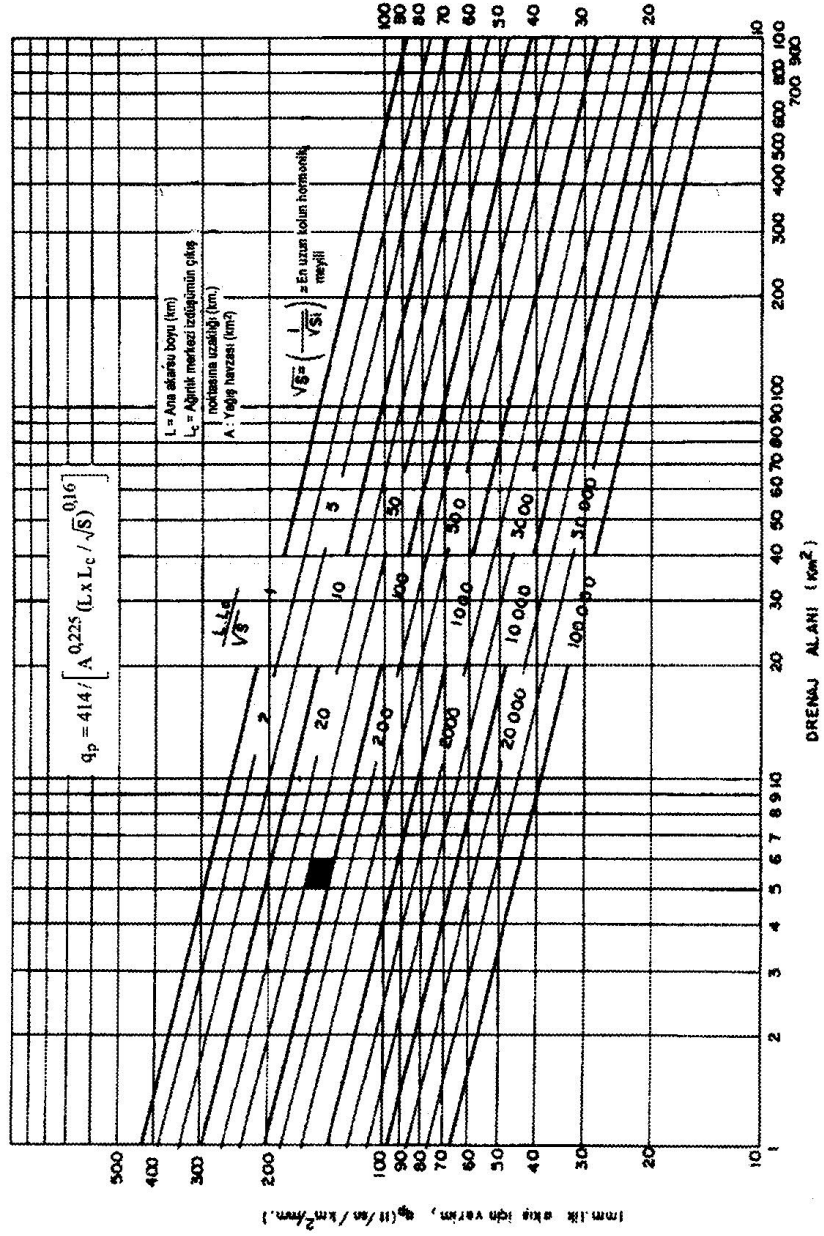
T_c : Toplanma Zamanı (saat)

3. Kritik Bölge Yağışı: Yağış alanının bulunduğu bölgenin iklim özellikleri gözönüne alınarak hazırlanmış Şekil-3'teki Kritik Yağış Süreleri Haritasından alınan hesabı yapılacak menfezin bulunduğu bölgeye ait kritik yağış süresidir (saat).

Tablo 4. Boyutsuz Hidrograf Koordinatları

Zaman Oranları T/T^p	Debi Oranları Q/Q^p
0,0	0,0
0,1	0,015
0,2	0,075
0,3	0,16
0,4	0,28
0,5	0,43
0,6	0,60
0,7	0,77
0,8	0,89
0,9	0,97
1,0	1,00
1,1	0,98
1,2	0,92
1,3	0,84
1,4	0,75
1,5	0,66
1,6	0,56
1,8	0,42
2,0	0,32
2,2	0,24
2,4	0,18
2,6	0,13
2,8	0,098
3,0	0,075
3,5	0,036
4,0	0,018
4,5	0,009
5,0	0,004
Sonsuz	0,00

Şekil 2: Yağış - Havza Alanı - Verim Grafiği



Hesaplanan bu yağış sürelerinden en büyüğü sağanak süresi olarak alınacaktır. Seçilen sağanak süresi aşağıdaki listede verildiği gibi eşit dilimlere ayrılarak Tablo-5'ten bu dilimlerdeki yağış oranları tespit edilecektir. Burada hesabı basitleştirmek için 0.50 ve altında olan oranlar dikkate alınmayacaktır.

Seçilen Sağanak Süresi (saat)	Hesap Dilimleri (saat)			
	1.	2.	3.	4.
24	6	12	18	24
18	6	12	18	
12	4	8	12	
8	4	6	8	
6	2	4	6	
4	2	4		

Taşkına sebep olan yağışların zaman içinde dağılımı hakkında yeterli meteorolojik bilgi yoksa Şekil-4'ten yararlanılmalıdır. Belirlenen yağış süresi oranları ile hesap yapılacak menfezin bulunduğu bölgeye ait eğriye gidilerek yağışın toplam yağışa oranları (dağılım oranları) bulunur.

Sağanak süresi ve havza alanına göre Şekil-5'teki Yağış-Saha-Derinlik eğrilerinden Yağış Alan Katsayısı alınır.

Bölgeye en yakın Meteoroloji İstasyonunun yağış eğrilerine gidilerek 10 yıl ve 100 yıl tekerrürlü yukarıda belirlenen hesap dilimlerindeki yağış sürelerine karşılık gelen Yağış Şiddetleri alınır ve yağış yükseklikleri 1,13 maksimize faktörü ile çarpılarak hesaplanır.

$$h_y = \text{Yağış Şiddeti (mm/sa)} \times 1,13 \times \text{Yağış Alan Katsayısı} \times \text{Yağış süresi (saat)}$$

Hesaplanan yağış yükseklikleri ile zaman içindeki dağılım oranları çarpılarak drenaj alanı yağışları hesaplanır. Bu değerler ile Yağış-Akış Bağıntısı Eğrilerine (Şekil-1) gidilir ve belirlenen eğri numarası kullanılarak akış yükseklikleri okunur. Hidrografların ikişer saat süperpoze edilmesinde kullanılacak Artım Akışlar iki akış yüksekliği arasındaki farktır. Elde edilen bu değerlerle aşağıdaki tablo oluşturulur.

Yağış, Akış ve Artım Akışlar (saat)

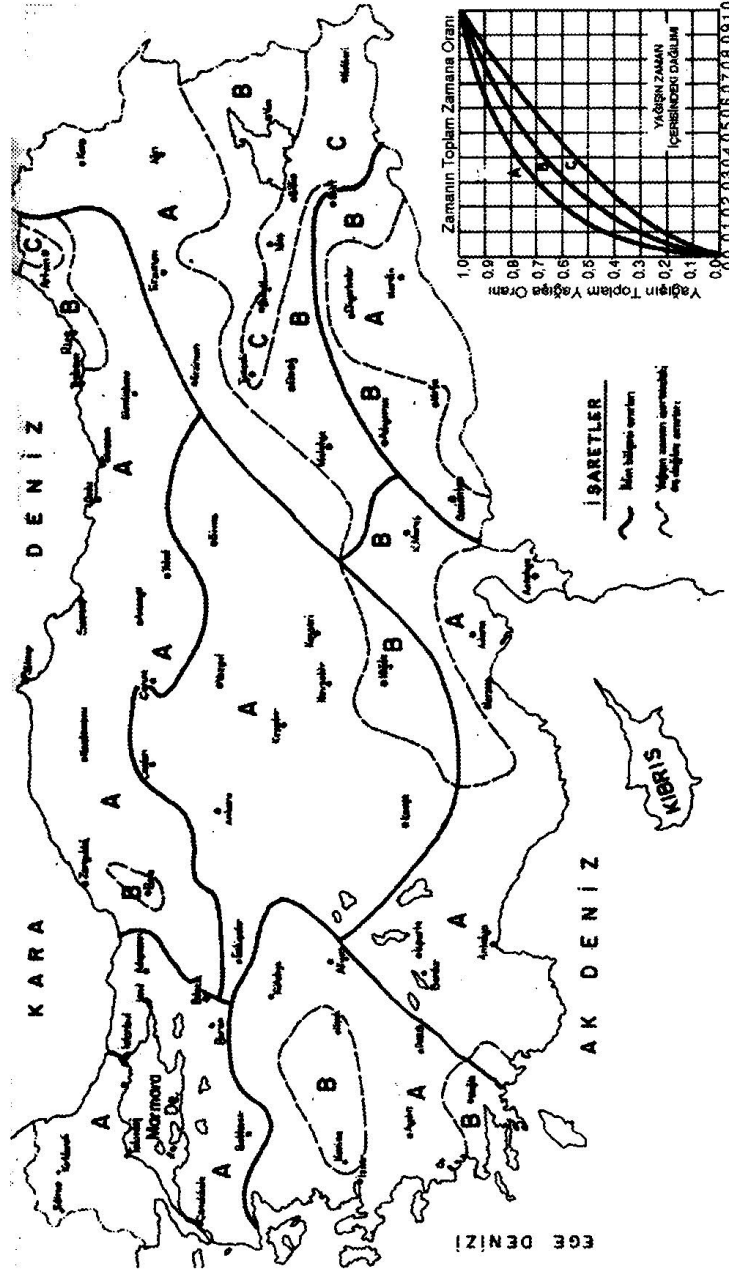
		Süre (saat)								
		2	3	4	5	6	7	8	9	...
1. Dilim	Dağılım Oranları									
	Drenaj Alanı Yağışı									
	Akış Artım Akış									
2. Dilim	Dağılım Oranları									
	Drenaj Alanı Yağışı									
	Akış Artım Akış									

Tablo 5: Yağış Süresi (saat) Oranları

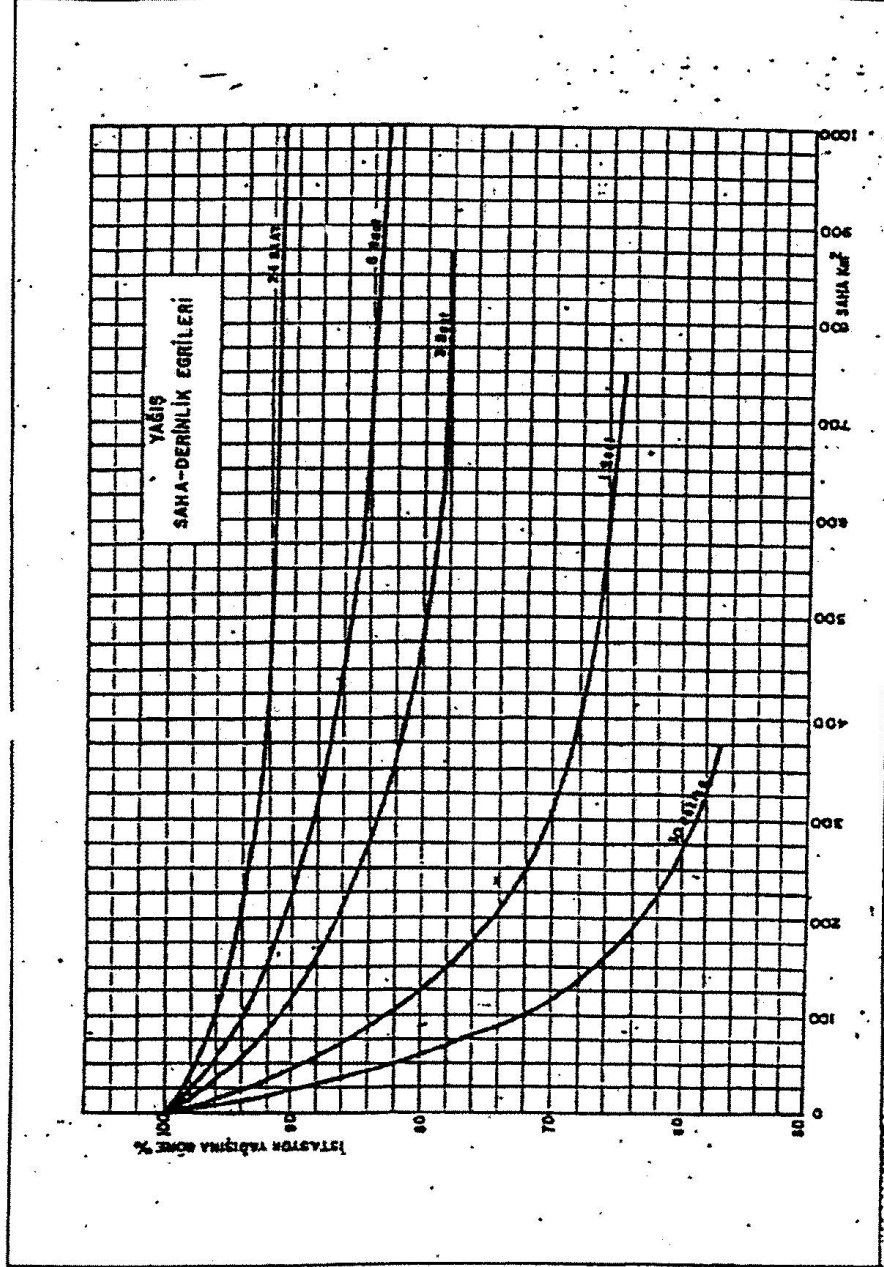
Süre (Saat)	SÜRE (Saat)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2	0,50	1,00										
3	0,33	0,67	1,00									
4	0,25	0,50	0,75	1,00								
5	0,20	0,40	0,60	0,80	1,00							
6	0,17	0,33	0,50	0,67	0,83	1,00						
7	0,14	0,29	0,43	0,57	0,71	0,86	1,00					
8	0,13	0,26	0,39	0,50	0,63	0,75	0,86	1,00				
9	0,11	0,22	0,33	0,44	0,56	0,67	0,78	0,89	1,00			
10	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00		
11	0,09	0,18	0,27	0,36	0,45	0,55	0,64	0,73	0,82	0,91	1,00	
12	0,08	0,17	0,25	0,33	0,42	0,50	0,58	0,67	0,75	0,83	0,92	1,00
13	0,08	0,15	0,23	0,31	0,39	0,46	0,54	0,62	0,69	0,77	0,85	0,92
14	0,07	0,14	0,21	0,28	0,36	0,43	0,50	0,57	0,64	0,71	0,79	0,86
15	0,07	0,13	0,20	0,27	0,33	0,40	0,47	0,53	0,60	0,67	0,73	0,79
16	0,06	0,12	0,19	0,25	0,31	0,38	0,44	0,50	0,56	0,63	0,69	0,75
17	0,06	0,12	0,18	0,24	0,29	0,35	0,41	0,47	0,53	0,59	0,65	0,71
18	0,05	0,11	0,17	0,22	0,28	0,33	0,39	0,44	0,50	0,56	0,61	0,67
19	0,05	0,11	0,16	0,21	0,26	0,32	0,37	0,42	0,47	0,53	0,58	0,63
20	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60
21	0,05	0,10	0,14	0,19	0,24	0,29	0,33	0,38	0,43	0,48	0,52	0,57
22	0,05	0,09	0,14	0,18	0,23	0,27	0,32	0,36	0,41	0,45	0,50	0,55
23	0,04	0,09	0,13	0,17	0,22	0,26	0,30	0,35	0,39	0,43	0,48	0,52
24	0,04	0,8	0,13	0,17	0,21	0,25	0,29	0,33	0,38	0,42	0,46	0,50

Süre (Saat)	SÜRE (Saat)											
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
13	1,00											
14	0,93	1,00										
15	0,87	0,93	1,00									
16	0,81	0,88	0,94	1,00								
17	0,76	0,82	0,88	0,94	1,00							
18	0,72	0,78	0,83	0,89	0,94	1,00						
19	0,68	0,74	0,79	0,84	0,88	0,93	1,00					
20	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,93	1,00				
21	0,62	0,67	0,71	0,76	0,81	0,86	0,90	0,93	1,00			
22	0,59	0,64	0,69	0,73	0,77	0,82	0,86	0,91	0,94	1,00		
23	0,56	0,61	0,65	0,70	0,74	0,78	0,83	0,87	0,91	0,95	1,00	
24	0,54	0,58	0,63	0,67	0,71	0,75	0,79	0,83	0,88	0,92	0,96	1,00

Şekil 4. Türkiye'de Yağışın Zaman İçerisindeki Dağılımı



Şekil 5: Yağış-Saha-Derinlik Eğrileri



10 ve 100 yıl tekerrürlü debilerin hesabı için Yağış, Akış ve Artım Akışları gösteren tablo ayrı ayrı tanzim edilecektir. Yukarıdaki tablo, 2 hesap dilimli çalışmaya örnek olarak verilmiştir. Eğer sağanak süresi daha fazla dilimlere ayrılmışsa tablo büyütülecektir.

Etkin yağış süresi hidrografın yükselme zamanından büyük olacağından, havzanın maksimum pik debisi, yükselme süresinden daha büyük bir yağış süresinde oluşacaktır. Bu nedenle ikişer saatlik hidrograflar bulunup ikişer saatlik kaydırma ile süperpoze edilerek toplam hidrograflar elde edilecektir.

Sağanak süresinin eşit dilimleri için yapılan bu süperpozelerden elde edilen en büyük debi değeri sanat yapısının projelendirilmesinde kullanılacaktır.

3. YOL GÖVDESİ DRENAJİ

Yol Gövdesi drenajının amacı; yüzey ve yeraltı sularının hem yolun alt ve üst yapısına zarar vermeden, hem de yol üzerindeki trafik akışının süreklilik ve emniyetini azaltmadan en-etkin biçimde uzaklaştırılmasını sağlamaktır.

Bu amaçla, yol gövdesi üzerinde ve içerisinde hendekler, kanallar, borular, bacalar ve deşarj yapılarından oluşan bir drenaj sistemi kurulacaktır.

Yol drenaj sisteminin işlevi genel olarak aşağıda açıklanmıştır:

- a. Yüzeydeki suyu yoldan çabuk ve emin şekilde uzaklaştırmak,
- b. Orta refüjden ve şevlerden gelen suları toplamak ve bunların yola ulaşmasını önlemek,
- c. Bitişikteki arazi parçasından gelen yüzey suyunu tutmak,
- d. Yol tabanının yumuşamasını ve deformasyonunu veya kaplama tabakasında olabilecek don hasarını önlemek için yolun altındaki yeraltı su seviyesini kontrol etmek,
- e. Kaplama tabakasından alt temele sızan suyu toplamak,
- f. Yarmalarda şev stabilitesini korumak için yeraltı su seviyesini kontrol etmek,

Bu işlevler, yüzey suyu drenajı ve yüzeyaltı drenajı olarak iki ayrı kategoride ele alınacaktır.

3.1. Yüzey Suyu Drenajı

Yüzey suyu drenajı, yol yüzeyinden, şevlerinden veya otoyola doğru eğimli doğal araziden gelen yağmur sularının drenaj sistemi elemanları ile toplanarak uygun bir dere yatağına deşarj etmek üzere taşınmasıdır. Bu, esas olarak yolun açık ve emniyetli bir durumda tutulması amacıyla yapılan bir işletme görevidir. Bu sistemde kullanılacak drenaj elemanları refüj, kenar, palye, kafa ve topuk hendekleri ile asfalt bordür, toplayıcı borular ve enine deşarj yapılarıdır.

Yol platformu ve yarma şevlerinden gelen sular üst yapı kenarında teşkil edilen hendekler ile toplanarak ızgaralı bacalarla sızdırmaz taşıyıcı borulara alınır ve deşarj noktasına ulaştırılır.

Dolgu olan kesimlerde yol platformundan gelen sular asfalt bordür ile toplanıp düşüm olukları ile topuk hendeklerine aktararak uzaklaştırılır.

Yarma üstü ve dolgu eteklerinde araziden gelen suyu toplayacak kafa ve topuk hendekleri, palyelerde şevden gelen suyu toplayan palye hendekleri yapılacaktır.

Orta refüjde de hendek yapılarak hem refüje düşen yağış ve hem de deverli kesimlerde yol yüzeyinden gelecek su toplanıp deşarj noktalarına ulaştırılacaktır.

3.2. Yüzeyaltı Drenajı

Yüzeyaltı drenajının amacı, yolun üzerinde bulunduğu zeminden sızıntı yolu ile giren sular nedeniyle yol tabanı ve dolgusunun zayıflamasını önlemek, stabilitelerini arttırmak ve bu suların donması nedeniyle oluşan genleşme ve kabarma etkilerini ortadan kaldırmak için bu suların en çabuk şekilde uzaklaştırılmasıdır.

Su, yol üstyapısını oluşturan tabakalara kaplama yüzeyindeki küçük çatlaklardan, tabandaki suyun kapilarite ile yükselmesiyle ve hasar gören boru sisteminden sızıntılarla girmektedir.

Suyun yol tabanına girişi ise sızıntı sularının emilmesi ile yarmalarda yeraltı su seviyesine inilmesi ile yağışlı dönemlerde yeraltı su seviyesinin yükselmesi ile ve kırılmış borulardan sızma ile olmaktadır.

Yeraltı drenaj sistemi, yeraltı suyunun belli bir seviyenin üzerine çıkmasına engel olmak ve yolun taban mukavemetini mümkün olduğunca arttırmak için yapılmaktadır.

Yol tabanındaki su, terasman yüzeyinde sağlanan yeterli bir enine eğimle platformun kenarlarında ve refüjde yüzey drenaj hendeklerinin altında yapılan geçirimli dren boruları ile toplanacaktır. Daha sonra taşıyıcı borulara veya uygun durumlarda doğrudan deşarj noktalarına ulaştırılacaktır.

Yeraltı suyunun yüksek olduğu kesimlerde özel drenaj önlemleri alınacak ve bir rapor halinde sunulacaktır.

3.3. Drenaj Elemanları ve Projelendirme Kriterleri

Yüzey suyu ve yeraltı drenajı hendekler, borular, bordür ve düşüm olukları ve bacalardan oluşan bir sistemle sağlanacaktır.

Drenaj elemanlarının debileri Bölüm 1.1'de açıklanan rasyonel metotla hesaplanacak minimum yağış süresi 5 dakika olarak alınacaktır. Yağış süresinin 5 dakikayı aştığı durumlarda ise drenaj elemanlarındaki en yüksek debinin suyun toplanma süresine eşit bir yağıştan meydana geleceği kabul edilecektir.

Toplayıcı borunun veya hendeklerin uzun olması halinde yağış şiddetinin hesabında kullanılan konsantrasyon süresine boru ve hendek akış süreleri eklenecektir. Birden fazla drenaj sisteminin bağlandığı herhangi bir drenaj hattının hidrolik hesabında bağlanan sistemlerden daha uzun konsantrasyon süresine sahip olanın konsantrasyon süresi kullanılacaktır.

Tüm drenaj elemanlarında akım serbest yüzeyli olacak basınçlı akım oluşturamayacaktır. Akış yönleri ve deşarj noktaları projeler üzerinde gösterilecektir.

3.3.1 Hendekler

Otoyol projelerinde kullanılacak hendek çeşitleri, özellikleri ve hesap metotları aşağıda açıklanmıştır.

Hendeklerde mümkün olduğunca tiplendirmeye gidilmiş olup çeşitli nedenlerle bu tiplerin kullanılmadığı yerlerde özel hendekler de tasarlanacak, hidrolik hesapları ve detayları ayrıca verilecektir.

Refüj Hendekleri

Otoyolda deverli durumlarda orta refüje doğru akan platform yüzey suyu ile orta refüj yüzeyinin kendi suyunu toplamak amacıyla orta refüjde beton hendekler yapılacaktır. Otoyolun normal eğimli ve deverli kesimlerinde kullanılmak üzere iki tip hendek kullanılacaktır.

Hendeğin otoyol enkesitindeki yeri ise refüje doğru deverli platforma yakın olacaktır. Düz kesimlerde ise aynı tarafta devam edecek deverin diğer platforma geçmesi halinde ise hendek o tarafa geçirilecektir.

Refüj hendeği kapasitesi doluncaya kadarki kesimde, bacalar bölümünde anlatılan şekilde kapaklı ve ızgaralı bacalar bulunmasına rağmen, bu bacalardan su girişi olmayacağı kabul edilecektir. Dolayısıyla hendek başlangıcı ile C tipi baca (deşarj menholü) arasında kalan alana düşen yağış hendekle taşınacaktır.

Refüj hendekleri kapasite hesaplan Manning formülü kullanılarak yapılacaktır.

$$Q = F \times \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times J^{1/2}$$

Q : Hesap Debisi (m³/sn)
n : Pürüzlülük katsayısı
F : Kesit Alanı (m²)
R : Hidrolik Yarıçap (m)
J : Boyuna eğim

Pürüzlülük katsayısı beton için 0.016 alınacaktır. Hidrolik yarıçap kesit alanının ıslak çevreye oranı olup hava payı dikkate alınmayacaktır. Boyuna eğim ise otoyol eğiminde olacak çok zorunlu olmadıkça ters eğim kullanılmayacaktır.

Yağış debisinin rasyonel metotla hesaplanmasında yağış şiddetini bulmak için gerekli olan toplanma zamanı aşağıdaki şekilde hesaplanır.

$$T_c = T_1 + T_2$$

T_c : Toplanma Zamanı (dak.)
T₁ : Arazi Üstü Akış Süresi (dak.)
T₂ : Hendek İçindeki Akış Süresi (dak.)

$$T2 = \frac{L}{V \times 60}$$

L : Bir Önceki Hendek Kesimi Uzunluğu (m)

V : Bir Önceki Hendek Kesiminde Su Hızı (m/sn)

T1 formülasyon veya nomogram yardımıyla bulunmasına rağmen hendek hesaplarında başlangıçta 2 dakika kabul edilecektir. Daha sonraki kesimlerde ise T2 hesaplanacak ve Tc toplanma zamanı bulunacaktır.

Toplanma zamanı minimum 5 dakika alınacak, daha büyük olduğu durumlarda yağış şiddeti Yağış-Süre-Tekerrür eğrilerinden bu değere göre alınacaktır.

Kenar Hendekler

Otoyolun yarma kesimlerinde yol yüzeyinden ve yarma şevlerinden, kapasitesinin olduğu noktalarda palye hendeklerinden ve bazı özel durumlarda kafa hendeklerinden gelen yüzey sularını toplamak amacıyla yol kenarına beton kaplamalı hendekler yapılacaktır.

Kenar hendeklerin altına yerleştirilecek drenaj borusunun bakımı için her 100 m'de bir kapaklı bacalar ve ızgaralı bacalar yapılmasına rağmen, hendek kapasitesi doluncaya kadar bu bacalardan su girmediği kabul edilecektir. Hendek kapasitesi aşıldığında ise C tipi deşarj bacaları ile suyun tamamı toplayıcı boruya alınacak ve deşarj noktasına taşınacaktır.

Kenar hendeklerin hidrolik hesabı refüj hendekleri hesap metodu ile aynıdır. Burada da hava payı bırakılmayacak minimum toplanma zamanı (Tc) 5 dakika alınacaktır. Hendek eğimi otoyol eğimi ile aynı yapılacaktır.

Palye Hendekleri

Geoteknik rapora göre palyeli olarak yapılan yarma ve dolgularda şeve düşen yağmurun toplanarak uzaklaştırıldığı üçgen kesitli beton kaplamalı hendeklerdir.

Yarma kesimlerinde kafa hendekleri ile toplanamayan ara havzalardaki yağış, düşüm oluşu ile doğrudan palye hendeğine aktarılabilir. Dolgu kesimlerinde ise dolgu yüzeyine düşen yağış, palye hendeği ile taşınacak ve asfalt bordürle toplanan yüzey suyunun uzaklaştırıldığı düşüm oluklarına verilerek palye altından geçirilip topuk hendeklerine aktarılacaktır.

Palye hendeklerinin taban eğimi otoyol eğiminde olacak, çok zorunlu olmadığı takdirde ters eğim yapılmayacaktır.

Hesap debisi rasyonel metotla hesaplanacak ve hidrolik hesabı Manning formülü ile yapılacaktır. Toplanma zamanı refüj hendeğindeki gibi hesaplanacaktır.

Yarma Üstü (Kafa) Hendekleri

Yarma kesimlerinde arazinin yola doğru olduğu yerlerde araziye düşen yağışın toplandığı menfezlere veya topuk hendeklerine ulaştırıldığı trapez hendeklerdir. Yarma bölgelerinde kesilen tabii dere yataklarından gelecek debilerde, mümkün olan durumlarda, yarma hendeğine alınabilecek ve menfezlere taşınması sağlanacaktır.

Hesap debisi rasyonel metotla hesaplanacak olup hesaba yapılacak hendek kesiminin yağış havzası alanı ve zemin özelliklerine bağlı akış katsayısının iyi saptanması gerekmektedir. Burada toplanma zamanı (Tc) yağış başladığı andan itibaren yağış havzasının en uzak noktasından akışın deşarj yapısına ulaştığı ana kadar geçen zaman olarak tanımlanır ve aşağıdaki şekilde hesaplanır.

$$T_c = T_1 + T_2$$

- Tc : Toplanma Süresi (dak.)
T1 : Arazi Üstü Akış Süresi (dak.)
T2 : Mecra İçindeki Akış Süresi (dak.)

Havzanın en uzak noktasından mecraya kadar olan uzunluktaki akış süresi T1, Şekil 6'daki nomogram kullanılarak tespit edilecektir. T2 ise aşağıdaki formülle hesaplanacaktır.

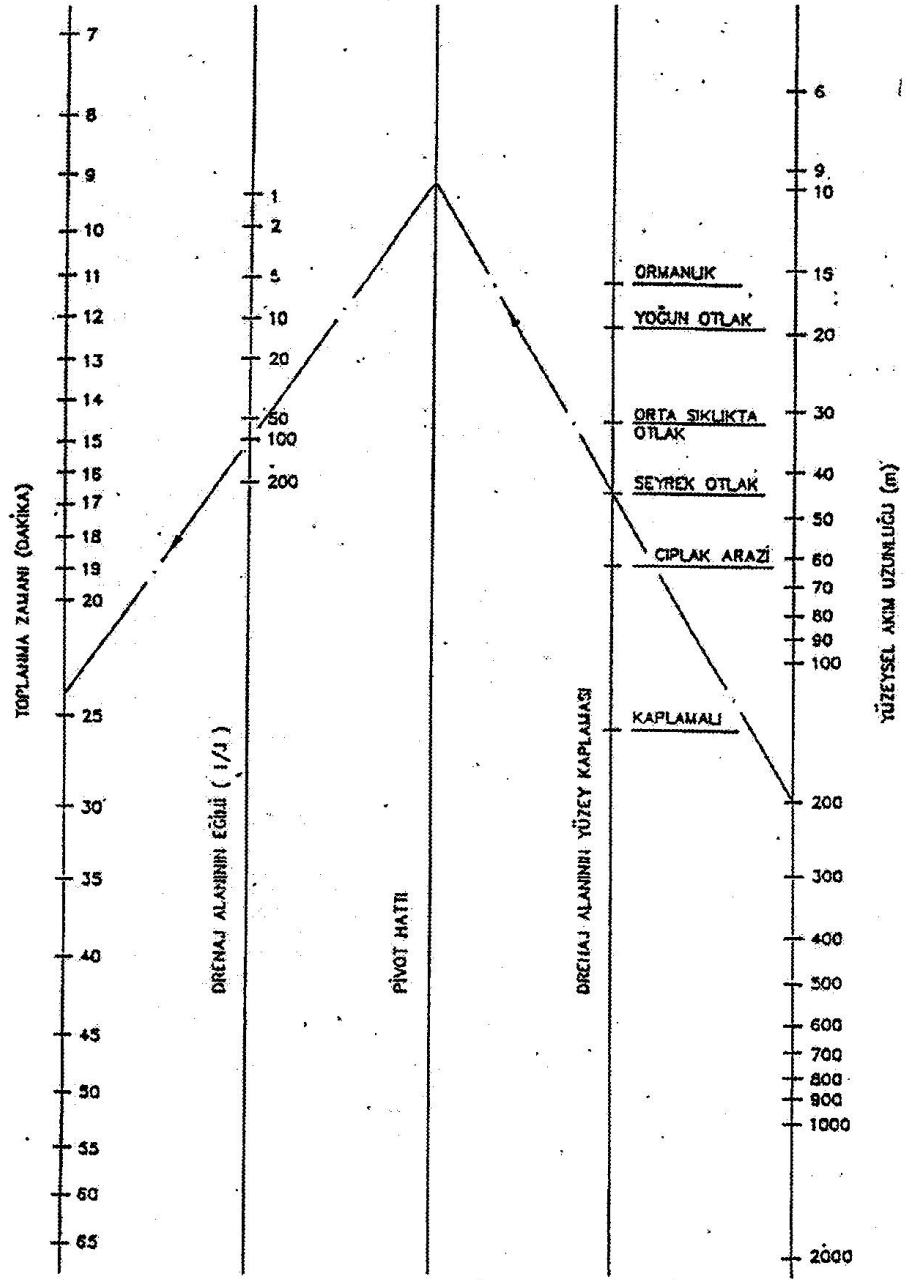
$$T_2 = 0,0195 \left(\frac{L^3}{H} \right)^{0,385}$$

- L : Akış Mecrası Boyu (m)
H : Mecranın Menba ve Mansabı Arasındaki Kot Farkı (m)

Havza içindeki su yatağı eğiminde belirgin değişiklikler olduğunda toplanma alanı, ikincil havzalara bölünerek yukarıdaki şekilde zamanlar hesaplanacak ve toplanma zamanı bunların toplamı ile bulunacaktır.

Hendeklerin hidrolik hesabı Manning formülü ile yapılacaktır. Hendek eğimi arazi eğimini takip ettiği için boyutlandırma minimum eğime göre yapılacak maksimum eğimde de su hızı kontrol edilecektir. Hesaplarda kullanılacak kriterler Tablo-6'da verilmiştir.

Hendekler, beton kaplamalı, zorunlu hallerde taş kaplamalı ya da zemin cinsine bağlı olarak kaplamasız yapılacaktır. Minimum hendek eğimi %0,25 olarak alınacaktır.



Şekil 6. Yüzeysel Akım Nomogramı

Tablo 6. Hendek Projelendirme Kriterleri

Kaplama Tipi	Pürüzlülük Katsayısı
Beton Kaplama	0.016
Kaplamasız (Sert Kaya)	0.040
Taş Kaplama	0.025

Hendek Tipi	Zemin Cinsi	Maksimum Su Hızı (m/sn)
Kaplamasız	Sert Kaya	Sınır Yok
Beton Kaplamalı		6.00
Taş Kaplamalı		3.00

Not: Hendeklerde minimum hız 0.6 m/sn, Minimum hava payı %10

Dolgu Şev Dibi (Topuk) Hendekleri

Otoyolun, dolguda yapıldığı kesimlerde dolgu taban hattını takip edecek trapez kesitli topuk hendekleri yapılacaktır. Bunlar kenar hendeklerden, palye hendeklerinden, kafa hendeklerinden, refüj hendekleri, dren boruları ve kollektörlerin enine deşarjından, bordür düşüm oluklarından, dolgu şevinden ve arazi eğiminin dolguya doğru olduğu kesimlerde araziden gelen suları toplayarak menfezlere, tabii derelere aktaran nihai hendeklerdir. Ayrıca gereken durumlarda otoyolun kestiği tabii derelerden gelecek suları da toplayarak menfezlere aktarabilecektir.

Topuk hendeklerine su aktaran drenaj elemanlarının debileri hesaplanmıştır. Sadece dolgu şevine düşen yağışın ve araziden gelecek debinin hesabı kafa hendeklerinde açıklanan şekilde yapılacaktır. Böylece hendeğin, kesit hesabı yapılacak kesimine ait debi değerleri hesaplanmış olacaktır.

Topuk hendeklerinin tipleri, hesap metodu ve kriterleri kafa hendekleri ile aynıdır.

Kademeli Hendekler

Kafa ve topuk hendeklerinin arazi eğimine uyma zorunluluğundan dolayı eğimin %25'i aştığı durumlarda beton kaplamalı kademeli hendekler yapıp suyun, enerjisi kırılarak taşınması sağlanacaktır.

Boyutlandırmada bir hesap metodu olmayıp öncesinde ve sonrasındaki hendek boyutları belirleyici olacaktır. Projeler üzerinde de kademeli yapılan hendek belirtilecektir.

Özel Hendekler

Herhangi bir dere yatağına veya menfeze deşarj yapılmaksızın düşük eğimde uzun mesafe yapılan durumlarda tipteştirilen hendeklerin kapasiteleri yetmeyebileceğinden, gereken boyutlarda özel hendekler projelendirilebilecektir. Ayrıca dere yataklarının otoyol

güzergahını kestiği yerlerde otoyol dolgusunun yeterli yükseklikte olmaması ya da çeşitli nedenlerle menfez yapılamadığı durumlarda bu derelerin sularını en yakın dere yatağına veya menfeze derive etmek için derivasyon hendekleri veya kanalları projelendirilecektir.

Bu kanalların serbest yüzeyli akım olacak şekilde ve kapaksız yapılması tercih edilecektir. Çok özel durumlarda kapaklı yapılabilecektir.

3.3.2. Borular

Otoyol drenaj sisteminde kullanılacak olan borulu sistem, yüzey altı drenaj sisteminin bir parçası olup yüzey sularını deşarj noktasına ulaştırmak için kullanılacaktır.

Borulu drenaj sistemi refüj hendeği ve kenar hendekler altında yapılacak ve kullanım amaçlarına, maruz kaldıkları yüklere bağlı olarak farklı yatak tipleri kullanılacaktır. Her 100 m'de bir yapılacak bacalarla bakımı da sağlanacaktır.

Boruların hidrolik hesabı Manning formülü ile yapılacak pürüzlülük katsayısı beton borular için 0.016, PVC borular için 0.013 olarak alınacaktır. Minimum hız 0.6 m/sn, maksimum hız ise 6 m/sn olacaktır. Doluluk oranının %80 civarında olması sağlanacaktır.

Dren Boruları

Otoyol yüzey altı drenajını sağlamak amacıyla sızıntı sularını alacak açık derzli 150 mm çapında beton veya PVC dren boruları kullanılacaktır.

Dren boruları kapaklı bir baca ile başlayacak ve hendek kapasitesinin dolmamasına rağmen maksimum 400 m uzunlukta yapılacak ve bu noktada toplayıcı borular başlayacaktır. Bu noktadan sonra da üstte dren borusu, altta toplayıcı boru olarak devam edecektir. Yeraltı suyunun fazla olduğu kesimlerde ise, sadece dren borusu yapılan bu mesafe daha kısa tutulabilecektir.

Dren boruları hidrolik hesabının raporlarda gösterilmesine gerek görülmemektedir. Taban eğimi genelde otoyol eğiminde olacak zorunlu hallerde ters eğim verilebilecektir. Minimum eğim ise %0.5 olacaktır.

Toplayıcı Borular (Kollektörler)

Refüj ve kenar hendeklerin altında ızgaralı bacalar ile başlayan ve her 100 metrede bir ızgaralı baca ile devam eden, esnek ve geçirimsiz ek yerleri olan muflu ve contalı, sızdırmazlığı sağlanmış, yüzeyaltı drenajının nihai kısmını oluşturan toplayıcı borular yapılacaktır.

Toplayıcı borular 300, 400, 500, 600, 800 mm. çapında muflu ve contalı beton veya spiral sarımlı uPVC boru olacaktır. Büyük çaplara ulaşmadan, toplanan su enine deşarj yapıları ile mümkün olan yerlerde otoyol gövdesinden uzaklaştırılacaktır.

Toplayıcı borular ızgaralı baca ile başlamasına rağmen hendek kapasitesi aşılmadığı takdirde bu bacalardan su girmeyeceği kabulü ile 2 yıl tekerrürlü debi

kullanılarak boyutlandırılacaktır. Hendek kapasitesi aşıldığı takdirde ise C tipi bacalar ile suyun tamamı toplayıcı boruya alınacak ve deşarj noktasına kadarki kısım 10 yıl tekerrürlü debiye göre projelendirilecektir. Eğer C tipi bacanın bulunduğu noktada enine deşarj imkanı var ise toplayıcı boru devam ettirilmeyip su deşarj edilecektir.

Dolayısıyla toplayıcı borular iki bölümden oluşmaktadır;

1. Hendek kapasitesinin aşılmadığı ancak 400 metrelik dren borusundan sonra ızgaralı baca ile başlayan, 2 yıl tekerrürlü debiye göre projelendirilecek 1.Bölüm

2. Hendek kapasitesinin aşıldığı ve hendekdeki suyun tamamının C tipi baca ile kollektöre alındığı, 10 yıl tekerrürlü debiye göre projelendirilecek 2.Bölüm

Bu bölümlerde suyun toplanma zamanı aşağıdaki şekilde hesaplanacaktır.

$$T_c = T_e + T_f$$

T_c: Toplanma Zamanı (dak.)

T_e: Bir önceki bacaya kadar olan toplanma zamanı (dak). Eğer toplayıcı boru henüz başlıyorsa hendek hesaplarından bulunan başlangıç noktasına kadarki toplanma zamanı alınacaktır. Birden fazla drenaj elemanından gelen debi taşınacak ise bu noktadaki en büyük konsantrasyon süresi ilk toplanma zamanı olarak alınacaktır.

T_f: Bir önceki baca ile hesabı yapılacak borunun başladığı bacaya kadar olan borudaki akış süresi (dak). Toplayıcı borunun başladığı noktada bu değer sıfırdır.

$$T_f = \frac{L}{V \times 60}$$

L : Bir Önceki Boru Boyu (m)

V : Bir Önceki Boruda Su Akış Hızı (m/sn)

Deşarj noktasına kadar her iki baca arasındaki toplayıcı boru için toplanma zamanları hesaplanacak ve boru başlangıcına kadarki drenaj alanları da ölçülerek Rasyonel Metotla hesap debileri bulunacaktır.

Toplayıcı boruların hidrolik hesabı Manning formülü ile yapılacaktır. Boru eğimi genelde otoyol eğiminde olacak ancak gerektiğinde farklı da olabilecektir. Minimum eğim %0.5 alınacaktır.

3.3.3. Deşarj Yapıları

Otoyol gövdesi drenajından toplanan suların uzaklaştırılmasını sağlayan yapılardır. Bacalar ve enine deşarj yapıları olarak incelenecektir. Arazi drenajına yönelik menfezler ise ayrıca ele alınacaktır.

Bacalar

Bacalar, refüj ve kenar hendeklerden gelen suları almak, toplayıcı borunun çapını değiştirmek, toplanacak suyun deşarjını sağlamak ve boruların temizlik ve bakımının yapılabilmesi amacıyla yapılan yapılardır.

Bacalar, genel olarak ızgaralı ve kapaklı olarak iki kısma ayrılır. Ayrıca bacalar kullandıkları yere, giriş ve çıkış özelliklerine göre de tiplere ayrılabilir.

Kapaklı bacalar, kontrol bacası olup su girişine izin verilmez. Dren borularının bakımı amacı ile kullanılır. Bunlar dren borusunun başlangıcına ve daha sonra da her 100 m'de bir yapılır. Sadece dren borusunun uygulandığı maksimum 400 metreden sonra toplayıcı borunun da başladığı bölümde 100'er metre aralıklarla ızgaralı bacalar yapılacaktır. Ancak yüzeydeki hendek kapasitesi aşıncaya kadar bu ızgaralardan su girişi olmadığı kabul edilecektir. Hendek kapasitesi aşıldığında ise hendekteki suyun tamamının alındığı C tipi bacalar yapılacaktır.

Projelerde uygulanacak bacalar tipeştirilmiş olup çizimleri standart detaylarda verilmiştir.

Enine Deşarj Yapıları

Refüj hendekleri ile yüzeyden veya toplayıcı borularla yüzey altından taşınan suyun otoyoldan uzaklaştırılması için yapılan ve drenaj sisteminin son kısmını oluşturan yapılardır.

Enine deşarj yapıları, refüjden gelen suyun boşaldığı tip bacalarla başlar ve yolu dik keserek suyu platform dışına çıkarırlar. Burada uygun durumlarda, kenardan gelen suyu da yine bir baca ile alarak düşüm oluğu ile topuk hendeğine, doğrudan topuk hendeğine, tabii dere yatağına veya menfeze aktarırlar.

Enine deşarj yapılan yol platformu altında 1.00x1.00 m. boyutlarında kutu kesitli ve betonarme yerinde dökme olarak imal edilirler. Genelde otoyol profilinin en düşük kotta olduğu yerlerde yapılacaktır. Fakat toplayıcı borunun büyük çapa ulaştığı ve boyunun fazla uzadığı kesimlerde en uygun yerden enine deşarj yapılabilir. Yüksek dolgularda enine deşarjın düşüm oluğuna bağlanmasından mümkün olduğu ölçüde kaçınılacaktır. Tarım yapılan arazi kesimlerinde veya meskun bölgelerde deşarjın zararlı etkileri de dikkate alınacaktır. Menfezlere üstten deşarj uygulamasından kaçınılacaktır.

Refüj deşarjının olmadığı sadece kenar deşarjın söz konusu olduğu yarma sonlarında bir bacaya alınan su beton boru ile topuk hendeğine deşarj edilecektir. Eğer boru kotu topuk hendeği kotundan aşağıda ise enine deşarj refüje doğru yapılacak ve en

uygun yerde deşarj edilinceye kadar refüjdeki toplayıcı boru ile taşınacaktır. Fakat bu tür uygulama çok zorunlu hallerde yapılacaktır.

Enine deşarj yapılarında min. eğim %0.5 yapılacak ve o noktaya kadar toplanan debiyi geçirip geçirmediği Manning formülü ile kontrol edilecektir.

3.3.4. Düşü Yapıları

Suyun toplandığı nokta ile deşarj noktası arasındaki kot farkının büyük olduğu yerlerde deşarj, düşü yapıları ile sağlanacaktır.

Genel olarak otoyolun dolguda olduğu kesimlerde yapılan asfalt bordür ve düşüm olukları ile yarmalarda özel durumlarda yapılacak şütler bu kapsamda ele alınacaktır.

Asfalt Bordür ve Düşüm Olukları

Dolgu kesimlerde platform enine eğiminin platform dışına doğru olduğu yerlerde kaplamalı banketin dışında çekme asfalt bordür yapılacaktır. Bordürle oluşan üçgen kesitli hendekle toplanacak yüzey suyu, hesapla bulunacak aralıklarla yapılacak düşüm olukları ile topuk hendeklerine deşarj edilecektir.

Ayrıca, enine deşarj yapılarının dolgu şevine çıkışının doğal zeminden yukarıda kaldığı durumlarda, palye hendeğinin kapasitesinin dolduğu noktalarda, otoyolun yarmada küçük dere yataklarını, kesmesi durumunda suyun otoyol şevine zarar vermeden hendeklere aktarılması içinde prefabrik düşüm olukları kullanılacaktır. Genelde platforma düşen yağış için Tip 1, enine deşarj yapısı çıkışlarında ise Tip 2 oluk elemanları kullanılacaktır.

Çekme asfalt bordür 7 cm. yüksekliğinde yapılacak toplanan yağışın maksimum 5 cm. kabarmasına veya platform üzerinde 2 m yayılmasına izin verilecektir.

Bordürle oluşturulan üçgen kesitli hendeğin hidrolik hesabı için özel geliştirilen Manning formülü kullanılacaktır.

$$Q = \frac{0,00175}{S \times n} \times J^{1/2} \times d^{8/3}$$

Q : Hendek Kapasitesi (lt/sn)

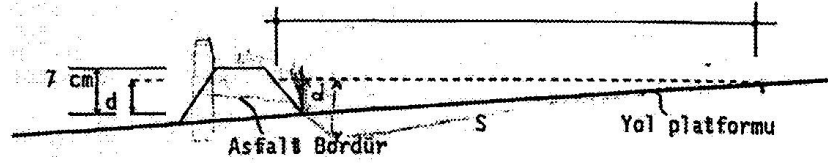
S : Yolun Enine Eğimi

J : Yolun Boyuna Eğimi

d : Bordür kenarındaki Su Yüksekliği (cm)

n : Manning Pürüzlülük Katsayısı (0.020)

T : Suyun Yayılma Genişliği



S < %2.5 için	d < 5 cm	T = 200 cm	d = S x T
S = %2.5 için	d = 5 cm	T = 200 cm	
S > %2.5 için	d = 5 cm	T < 200 cm	T = d / s

Burada d ve T için maksimum sınırlar belirlendiği için yolun enine eğimine göre kapasite hesabında kullanılacak su yükseklikleri hesaplanacaktır.

Düşüm olukları ara mesafesi aşağıdaki formülle hesaplanacaktır.

$$L = \frac{6.3 \times J^{1/2} \times d^{8/3}}{C \times B \times I \times S \times n}$$

- L : Ara Mesafe (m)
C : Platformda Akış Katsayısı (0.9)
B : Platform genişliği (m)
I : Yağış şiddeti (mm/sa)

Bu formül Rasyonel Metot ile bordür kapasitesi formülünden elde edilmektedir. Suyun toplanma zamanı yolun enine ve boyuna eğimine göre değişmesine rağmen amprik formüllerle yapılan hesaplamaların belli bir aralıkta olduğu görülmüş ve 5 dakika olarak kabul edilmiştir. Yağış şiddeti 5 dakika toplanma zamanı ve 10 yıl tekerrürlü debi eğrisinden alınacaktır.

Düşüm oluğu kapasitesi ise minimum kesite göre Manning formülünden hesaplanacaktır. Düşüm olukları eşikli döşenmesine rağmen hesaplarda ortalama eğim kullanılacaktır.

Hesapları etkileyen bir diğer faktör ise asfalt bordürden düşüm oluğuna girişi sağlayan giriş ağızlarının şekli ve kapasitesidir. Yolun boyuna eğiminin artması ile bordür hendeği kapasitesi artarken giriş ağızının kapasitesi azalır. Enine eğimin artması ile üçgen kesitin kapasitesi azalırken giriş ağızı kapasitesi artar. Bordür hendeği veya giriş ağızının kapasitelerinden hangisi küçük ise düşüm olukları ara mesafelerinin hesabında o kullanılır. Ancak standart detaylarda verilen giriş ağızı detayının kapasitesi bordür hendeği kapasitesinden daha büyük çıkmaktadır. Düşüm oluğu yerleştirme aralıkları 5 m.'nin katları olarak belirlenecektir. Minimum aralık 10 metre olacaktır.

Palye hendeklerinin kapasitelerinin aşıldığı yerlere ve özel durumlarda yarma şevine yapılacak düşüm oluklarının hesabında kullanılacak debi daha önce ilgili kısımlarda anlatıldığı şekilde hesaplanmıştı. Manning formülü kullanılarak ve eğim ortalama alınarak düşüm oluğu kapasitesinin yeterli olup olmadığı kontrol edilecektir.

Şütler

Otoyolun tabii dere yataklarını kestiği yerlerde özellikle yarma bölgelerinde araziden gelen debinin güvenli bir şekilde uzaklaştırılması gerekir. Bu debinin yarma üstündeki kafa hendekleri ile toplanmasının veya tipeştirilmiş prefabrik düşüm olukları ile uzaklaştırılmasının mümkün olmadığı durumlarda özel olarak projelendirilecek şütler yapılacaktır.

Bu tür yapılara çok az gerek duyulması ve özel hidrolik şartları nedeniyle tipeştirilememiştir. Önemli olan husus debinin ve eğimin büyük olması sebebiyle otoyol güvenliğinin sağlanmasıdır.

4. KÜÇÜK SANAT YAPILARI (MENFEZLER)

Yol gövdesi drenaj elemanlarıyla toplanarak menfez girişlerine kadar getirilen yüzey ve yüzeyaltı suları ile akışı otoyola doğru olan tabii derelerle toplanan arazi sularının otoyolun, bağlantı yolu ve kavşak kollarının altından güvenli bir şekilde geçirilmesi için menfezler yapılacaktır. Minimum menfez ebadı 1.5x2.00 m. olacaktır. Yan yollarda ise debinin yeterince yüksek olmadığı durumlarda 1.00x1.00 m. kesitinde box kullanılacaktır.

Menfezlerin giriş ve çıkış ağızlarının mümkün olduğunca mevcut dere yatağına uyumlu konumlandırılmasına gayret edilecektir. Ancak gelecekte yapılabilecek yatak düzenlemelerini olanaksız hale getirmemek için genel prensip olarak menfez giriş kotları mevcut dere yatağının 30 cm. altında projelendirilecektir. Ayrıca menfez giriş ve çıkışlarında otoyol şev dibi hendekleri ya da diğer başka hendeklerle ilişkisinin kurulması gereken durumlarda, menfez kotları bu hendeklerle uyumlu biçimde belirlenecektir.

4.1. Tasarım Metodu

Otoyol güzergahı belirlendikten sonra 1/25000'lik haritalar üzerinde menfez yerleri tespit edilecek ve su toplama havzaları ölçülerek ön boyutlandırılmaya da içeren hidrolik-hidrolojik çalışma İdareye sunulacaktır.

Menfezler 10 yıl tekerrürlü debiye göre projelendirilecek ve 100 yıl tekerrürlü debiye göre kontrol edilecektir. Ancak kabarma seviyesi çevredeki evlerde, yerleşim bölgelerinde veya tarım alanlarında su basmasına sebep olursa projelendirme 100 yıl tekerrürlü debiye göre yapılacaktır. Debi hesaplamalarında kullanılacak metotlar Bölüm 1'de anlatılmıştır.

Menfezlerin yağış havzaları genelde 10 km²'den küçük olduğu için daha çok rasyonel metot kullanılmaktadır. Burada toplanma zamanının tayini önemlidir. Toplanma zamanı yüzey akımı ve mecra akımı zamanlarının toplanması ile bulunmasına rağmen burada yüzey akımı toplanma zamanı hesaba katılmayarak tüm havzaya düşen yağıştan akışa geçen miktar mecra akımı olarak ele alınacaktır. Çünkü küçük havzalarda mecra akımının başladığı nokta doğru olarak tayin edilememektedir. Ayrıca bu şekilde toplanma zamanının küçük, yağış şiddetinin büyük olması nedeniyle debi emniyetli yönde kalacak şekilde hesaplanacaktır.

$$T_c = 0.0195 \left(\frac{L^3}{H} \right)^{0.385}$$

T_c : Toplanma Zamanı (dak.)

H : Havzanın En Üst Kotu ile Menfez Arasındaki Kot Farkı (m)

L : Havzanın En Uç Noktasının Menfeze Olan Yatay Mesafesi (m)

Arazi eğiminin fazla değiştiği yerlerde H ve L değerleri ayrı ayrı saptanarak bu kesimlere ait toplanma zamanları bulunur ve T_c bunların toplamıdır.

$$T_c = T_{c1} + T_{c2} + \dots$$

Menfez yağış alanının 10 km²'den büyük olduğu durumlarda sentetik birim hidrograf metodu kullanılacağından tekerrür debisinin hesabında kullanılacak sağanak süresi Sentetik Metotta anlatıldığı şekilde hesaplanacaktır.

Menfezin tek gözlü olması tercih edilecek gereken durumlarda çok gözlü olabilecektir. Ancak iki veya üç gözlü kutu menfezler ortak ayırıcı duvarlara sahip olarak tek bir yapı halinde projelendirilecektir.

10 yıl tekerrürlü taşkın debisinde menfez girişinde suyun %10'luk havapayı kalacak şekilde kabarmasına izin verilecektir. 100 yıl tekerrürlü taşkın debisinde ise kabarma, dolgu yüksekliğini veya menfez yüksekliğinin üç katından küçük alanını aşmayacaktır.

Menfez içerisinde hızın 10 m/sn'yi geçmesine izin verilmeyecektir. Topografik şartların zorlamasıyla hızın 10 m/sn'yi aşmasının söz konusu olduğu durumlarda hızın 10 m/sn'ye düşmesi sağlanacak ve bu durumlarda suyun menfezlere girişi için "giriş bacaları" projelendirilecektir.

Belirlenen kriterlerin sağlanması için tiplendirilmiş menfezler kullanılacaktır.

Arazide otoyol dolgusunun izin verdiği uygun yerlerde hem hidrolik menfez olarak çalışacak hem de tarım araçlarının geçişine izin verecek 5x5 m. boyutlarında geçişler yapılabilecektir. Bunların yerleri saptanarak projelerde gösterilecektir.

Boyutları seçilen menfezin girişindeki enerji kaybını, debiyi ve Manning pürüzlülük katsayılarını hesaba katarak hazırlanmış nomogramlar yardımı ile giriş ve çıkıştaki kabarma yükseklikleri belirlenecek büyük olan değer gerçek kontrol durumunu gösterecektir.

Menfezlerin hidrolik tasarımında karşılaşılan akım tipleri giriş kontrollü ve çıkış kontrollü akımlardır. Akımın normal derinliği kritik derinlikten küçükse, ($d_n < d_k$) menfez girişinde kabarma kontrolü gerekir. Aksi halde ($d_n > d_k$) menfez çıkışında da kabarma kontrolü yapılacaktır.

Kontrolün girişte olması durumunda akım kapasitesi kabarma suyunun derinliği, giriş geometrisi, gövde şekli ve kesit alanı tarafından kontrol edilir. Giriş kontrollü kutu menfezlerin boyutlandırılmasında Şekil-7'de kabarma derinliğinin debi ile ilişkisini gösteren nomogram kullanılacaktır. Genelde menfezler giriş kontrollü olarak projelendirilmesine rağmen, çıkış kontrolleri hesapları da verilecektir.

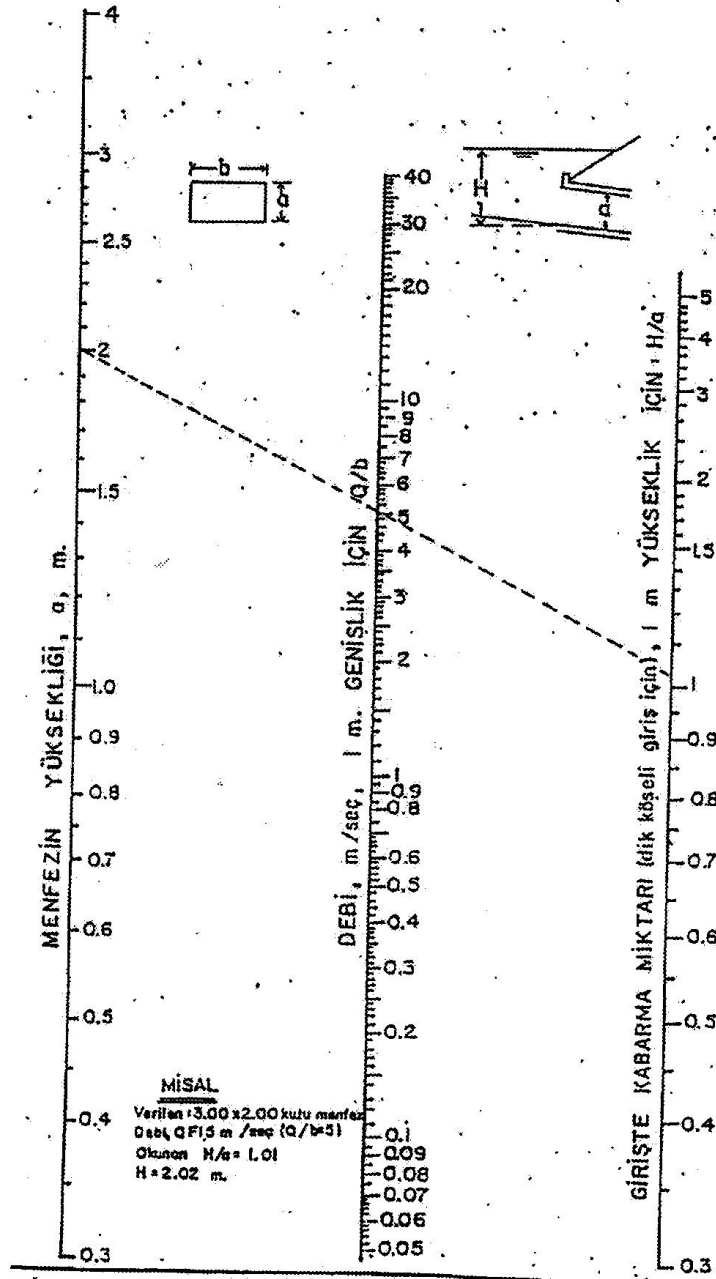
Kontrolün çıkışta olması durumunda ise menfezlerin hidrolik kapasitesi, menfez şekli, uzunluğu, gövde pürüzlülüğü ve çıkıştaki su derinliğinin kontrolü ile tespit edilir. Şekil-8'de kabarma-debi ilişkisini gösteren nomogram verilmiştir. Buradaki giriş kaybı katsayıları Tablo-7'den alınacaktır.

4.2. Menfez Yerleşimi ve Eğimleri

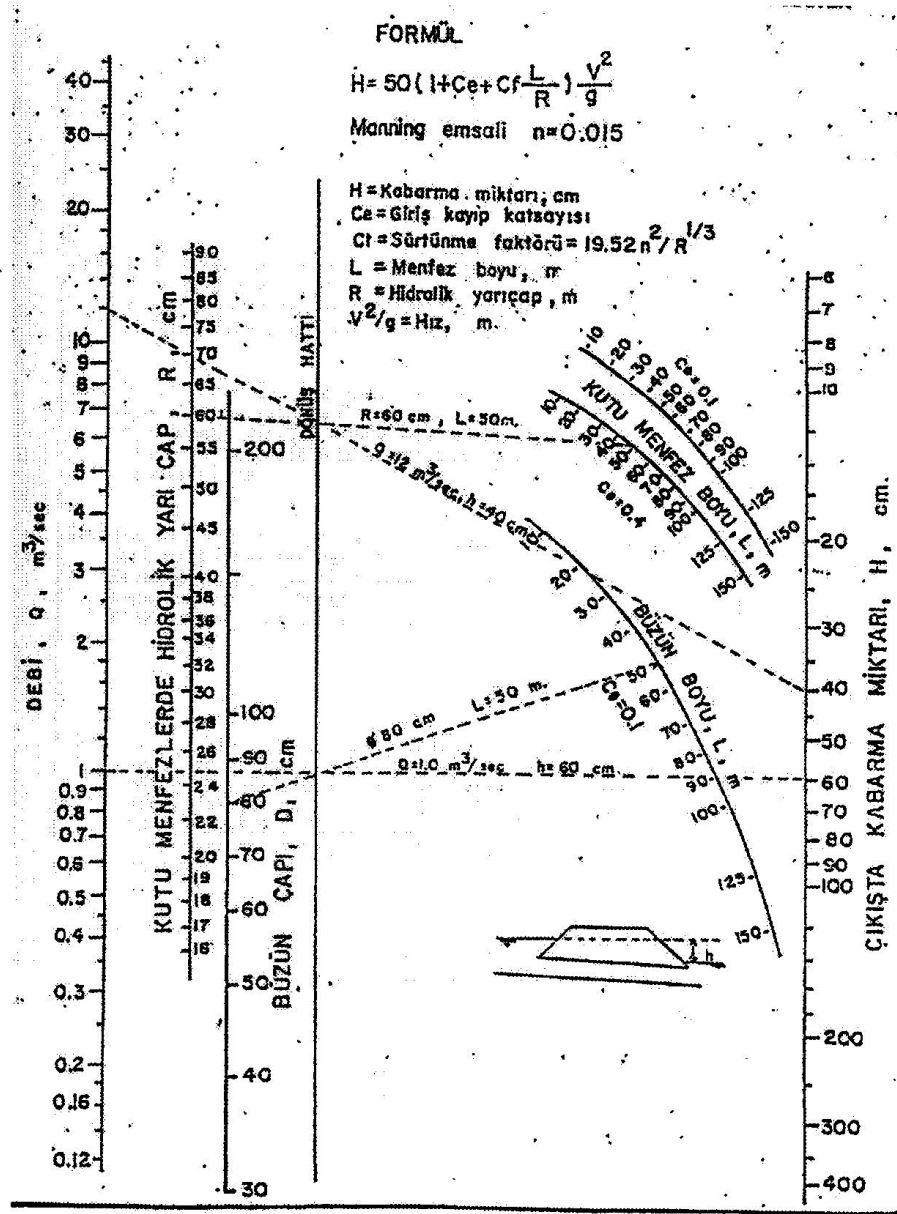
Menfez yerleşimlerinde bakım kolaylıkları, stabilite ve hidrolik verimlilik açısından menfez doğrultu ve eğimlerinde ani değişikliklerden kaçınılmalıdır. Doğrultunun değiştirilmesi zorunlu olduğu durumlarda düzgün ve geniş eğriler kullanılmalıdır. Mümkün olabildiğince doğal dere yataklarının doğrultu ve eğimlerine yakın düz hatlar boyunca yerleştirilecektir. Menfez boylarını kısaltmak için otoyol eksenine dik olarak geçilen ye doğal dere yatak doğrultusundan önemli ölçüde sapmaların gerekebileceği özel durumlar da olabilir. Böyle durumlarda menba ve mansapta doğal yatak ve menfez açısından akım için yeterli bir geçiş sağlanabilmesi amacıyla uygun bir derivasyon kanalı gerekebilir.

Menfez yerleşimi ve eğim seçiminde aşağıdaki kriterlere uyulacaktır:

- Menfezler, mümkün olduğunca yol eksenine dik veya dike yakın açıda yerleştirilecek,
- Menfez tabanı, mümkün olduğunca dolgu üzerinde değil, tabii zemin üzerine yerleştirilmeye çalışılacak,
- Her menfez tek bir doğrultuda olacaktır. Yani bir ucundan diğer ucu görülebilmelidir.



Şekil 7. Kutu Manfezlerde Kabarmayı Veren Nomograf Kontrol Girişte Olduğuna Göre



Tablo 7. Betonarme Kutu Menfezlerde Giriş Kaybı Katsayıları

	Giriş Kaybı Katsayısı
Dolguya Paralel Kafa Duvarı (Kanat duvarsız)	
3 kenarı dik köşeli	0,5
Yarıçapı gövde boyutunun 1/12'si kadar olacak biçimde yuvarlanacak veya 3 kenarı pahlı olacak	0,2
Gövdeye 30°'den 75°'ye kadar açı yapan kanat duvarları	
Tepe noktası dik köşeli	0,4
Tepe kenarı yarıçap gövde boyutunun 1/12'si kadar olacak biçimde yuvarlanacak veya üst kenar pahlı olacak	0,2
Gövdeye 10°'den 25°'ye kadar açı yapan kanat duvarları	
Tepe noktasına dik köşeli	0,5
Kanat duvarları paralel (Kenarların uzaması)	
Tepe noktası dik köşeli	0,7
Kenarı veya şevi daralan giriş	0,2
Not: Genellikle imalatçılarda bulunan elemanlar metal veya betondan yapılmış dolgu şevine uygun uç elemanlardır. Yapılan sınırlı hidrolik testlerden bunların gerek giriş, gerekse çıkış kontrolünde çalışma bakımından bir kafa duvarına eşdeğer oldukları anlaşılmaktadır. Kapalı daralan kesitli olarak projelendirilmiş olan bazı uç elemanları daha üstün bir hidrolik performansa sahiptir.	

- Minimum menfez eğimi, sürüntü malzemesinin çökmesini önlemek ve kendiliğinden temizlenmeyi sağlayabilmek, asgari akım hızlarını gerçekleştirebilmek için %0,5 olacaktır.

- Aşırı yüksek akım hızlarından sakınmak için, maksimum eğim normal koşullarda %10 olacaktır. Mevcut akarsu yatak eğiminin bu değerden daha büyük olduğu yerlerde menfez dolguya yerleştirilebilecek ve menfez çıkışındaki menfez ve doğal yatak kotları arasındaki fark için, çıkış yapısının tasarımında gereken düzenlemeler yapılacaktır. Bunun pratik olmadığı durumlarda, yukarıda belirtilen maksimum eğimin üzerine çıkabilecek ve artan hızlar için gerekli önlemler alınacaktır.

- Oturmaların oluşabileceği tahmin edilen yüksek dolguların altında, yol dolgusunun oturmalarını telafi etmek için menfezlere ters sehimler sağlanması gerekebilecektir.

- Menfez giriş kotları verilirken menfeze deşarj eden hendeklerin tipleri bu bölgedeki topografya ile birlikte dikkate alınacaktır.

- Her bir menfez baştan sona aynı eğime sahip olacak, menfez içinde basamağa izin verilmeyecektir.

- Su hızının 10 m/sn'yi aştığı durumlarda betonda kavitasyona engel olmak için hız düşürücü önlemler alınacaktır.

4.3. Menfez Giriş Yapıları

Menfez girişlerinde otoyol dolgusuna istinat sağlamak ve yol dolgusunu suyun erozyonundan korumak amacı ile kafa ve kanat duvarları yapılacaktır. Bunların konumu menfezin hidrolik karakterinde etkili olabilmektedir. Genelde giriş yapısı, yaklaşım kanalının yerleşimi ve boyutuna, silt veya erozyon kontrolüne, topografik yapıya bağlı olarak projelendirilir.

Kanat duvarları suyla gelen dal, yaprak gibi yüzen maddeleri kanalize ederek menfez deşarjını kolaylaştırır ve girişin tıkanmasını önler. Bu nedenle akımı dolgudan uzak tutacak kadar uzun olmalıdır. Genellikle 15, 30 ve 45 derecelik açılar kullanılarak standart kanat duvarları oluşturulacaktır.

Çok gözlü menfezlerde türbülansı azaltmak için ara duvar girişi yuvarlatılacaktır.

Kafa duvarları genellikle otoyol eksenine paralel olarak yerleştirilecektir. Bazı özel durumlarda hidrolik olarak en uygun giriş yapısı projelendirilebilir.

4.4. Menfez Girişlerinde Koruma

Menfez girişlerinde koruma önlemleri, suyun taşıdığı moloz ve siltin menfez girişinde birikerek menfeze girecek suyun hidrodinamiğini bozmasını önlemek için öngörülürler. Bununla beraber menfez girişinde daha düşük olan su hızı nedeniyle küçük boyutlarda gerçekleşen erozyona karşı da etkili olmaktadır.

Koruma önlemlerinin asıl nedeni erozyon olmadığı için suyun hızı da önlemlerin seçimi için en önemli parametre değildir. Girişte moloz ve silt birikiminin suyun hidrodinamiğinde yaratacağı türbülans ve bozulmaları tanımlayacak parametrelerin seçimi oldukça güçtür. Bu nedenle menfez girişlerindeki koruma tiplerinin seçimi zemin cinsine bağlı olarak yapılmaktadır. Sert veya yumuşak kaya zeminlerde herhangi bir koruma sağlanmazken diğer zeminlerde taş pere koruma uygulanması tavsiye edilmektedir. Koruma, yol dolgusu üzerinde 10 yıl tekerrürlü yağış yüksekliğine kadar uzatılacaktır. Korunacak dere yatağı uzunluğu yolun şev hendeklerinin boşaldığı durumlarda hendek dış kenarından menba tarafına 2 m, şev hendeklerinin boşalmadığı durumlarda ise standart 5 m olarak belirlenecektir.

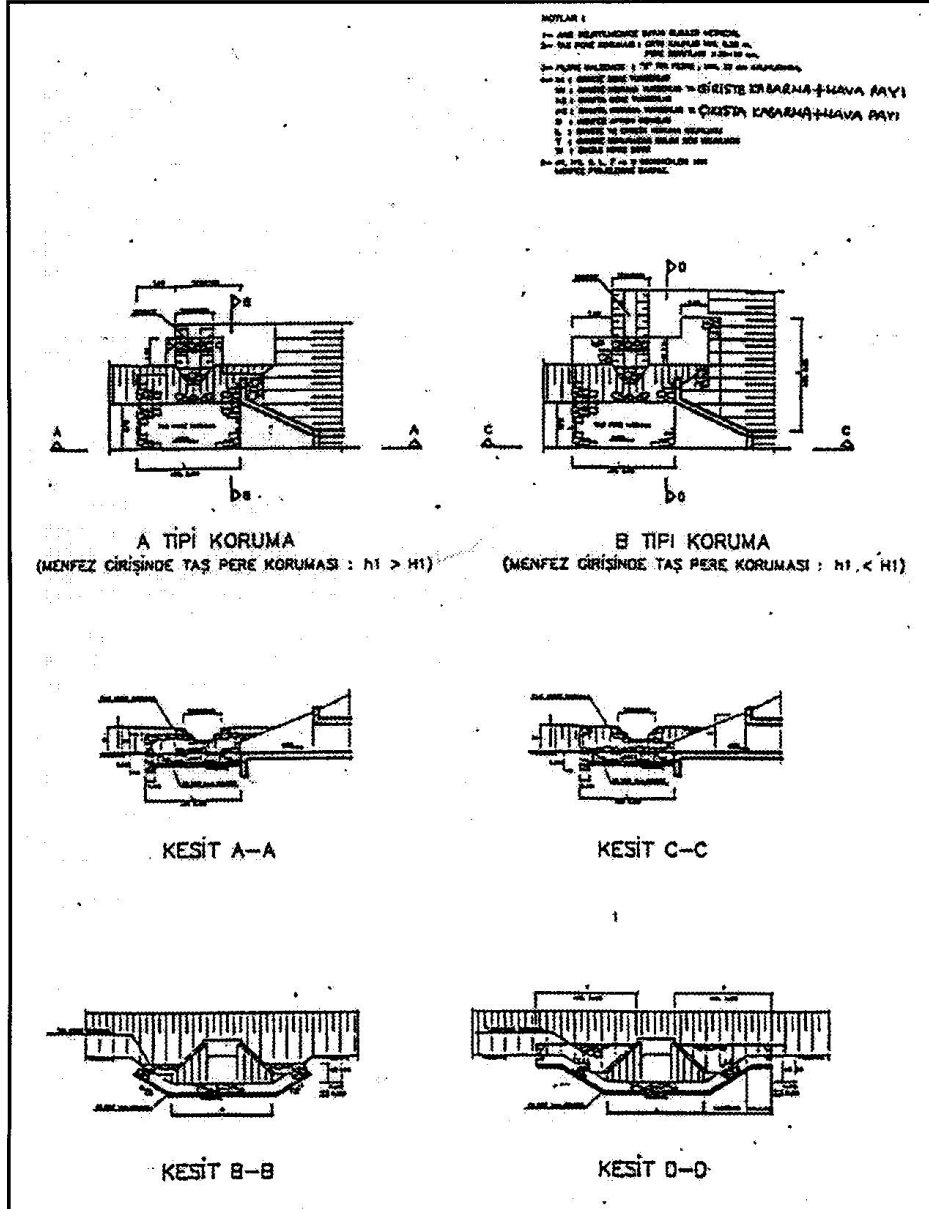
Menfez girişlerinde uygulanacak koruma tipleri Şekil-9'da verilmiştir.

4.5. Menfez Çıkış Yapıları

Menfez çıkışlarında akımın hızını azaltarak doğal yataktaki hıza yaklaştırmak, otoyol dolgusunu desteklemek ve menfez çıkış ağzındaki oyulma ve erozyona karşı koruma sağlamak için çıkış yapıları yapılacaktır.

Genelde menfez çıkışlarında özel önlem gerekmez. Ancak çıkış hızı yüksek ve tabii dere yatağı kolay aşınabilir malzeme içerisinde yer almışsa bazı problemler oluşabilir. Örneğin, şevlerdeki erozyon, çıkış kenarlarında oluşan yüzey çevrintileri ve dalgalar yüzünden olur. Çıkış ağız hızları düşük olduğunda çıkış duvarları yeterli korumayı sağlar. Bunlar beklenen kuyruk suyu derinliğinin üzerinde olacak kadar yüksek, çevrinti akıntılarının şevle temasını önleyecek kadar uzun olmalıdır. Genellikle çıkış kanallarından az bir miktar geniş olmaları yeterlidir. Çıkıştaki akımı çevreleyen kanat duvarları şevleri korumak için sıklıkla kullanılır. Kanat duvarının uzunluk ve açısı mevkinin koşullarına bağlıdır.

Çıkış duvarları ve kanat duvarlarının temelleri, şevin eteği veya menfez çıkışının altını oymaya yönelik su hareketini kesecek oranda derin olmalıdır. Menfez çıkışı doğal kanal kotundan daha düşük tutularak oyulma eğilimi azaltılabilir.



Şekil 9. Menfez Girişinde Koruma Tipleri

Menfez çıkışında, beton bir platform menfezden gelen deşarjı kanalın tüm genişliğine yayarak, menfezin ve kanat duvarlarının altına oyulmasını önleyecektir. Platform sonunda hidrolik bir sıçrama yaratarak deşarjın enerjisi kırılabilir. Ayrıca platform üzerinde imal edilecek perde bloklar da bir diğer çözümdür.

Genelde yüksek hızlar dere yatağının çok dik olduğu yerlerde oluşur. Suyun enerjisini sadece menfez bölgesinde kırmak yeterli olmaz. Yapılacak beton yapılar ise aşınmaya maruz kalır. Dolayısıyla böyle yerlerde gabyon uygulaması en uygun çözümdür.

Menfezde oyulma olmayacağından erozyon problemi menfez çıkışında ciddiye kazanır. Bu gibi durumlarda hızla göre özel seçilmiş anroşman veya harçlı pere ile çıkış kanalını takviye gerekebilir.

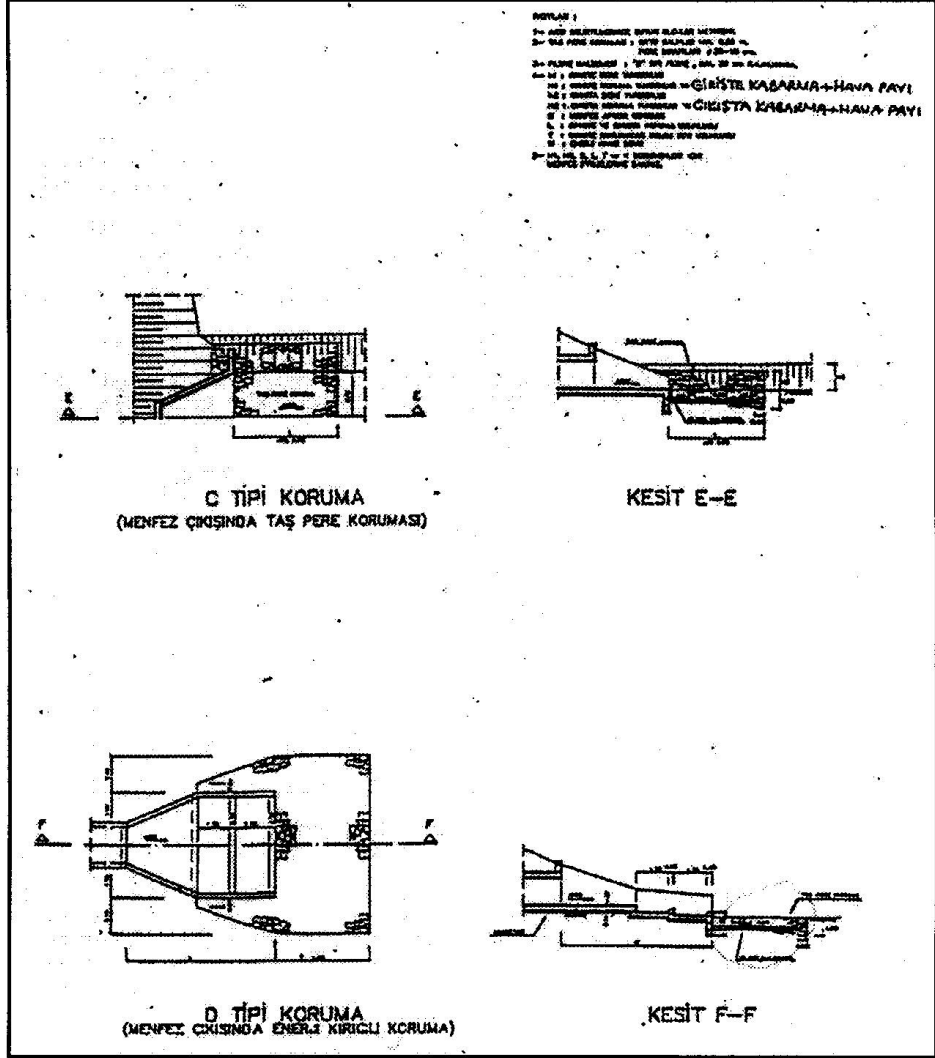
4.6. Menfez Çıkış Ağzlarında Koruma

Menfez çıkışlarında suyun hızı genellikle derenin doğal akış hızından daha yüksektir. Bu durum dere yatağında erozyona ve menfez çıkış apronu altında oyulmalara yol açarak, menfezin düzgün biçimde çalışmasını engeller ve bazı durumlarda dolgu stabilitesini etkiler. Bu nedenle menfez çıkışlarında koruma yapılması gerekmektedir.

Menfez çıkışlarında taş pere kaplama ve enerji kırıcılı olmak üzere iki çeşit koruma geliştirilmiş ve Şekil-10'da gösterilmiştir. Bunların seçimi ise suyun hızına ve zemin cinsine bağlı olup, Tablo-8'de verilmiştir.

Tablo 8. Menfez Çıkışlarında Koruma Önlemleri Seçimi

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 + 5 m taş pere
Kohezyonlu Zeminler	-	-	Taş pere	Enerji kırıcı + 5 m taş pere
Yumuşak Kaya	-	-	-	Enerji kırıcı + 5 m taş pere
Sert Kaya	-	-	-	-



Şekil 10. Menfez Çıkışında Koruma Tipleri

Taş Pere Uygulaması

Menfez çıkışında su hızının kohezyonsuz zeminlerde 1 m/sn, kohezyonlu zeminlerde 2,5 m/sn'den büyük olduğu durumlarda dere yatağı taş pere ile kaplanacaktır.

Taş pere uygulaması taşların pürüzlülüğü ile su hızını azaltmak suretiyle bir koruma sağlamaktadır. Bu nedenle kullanılacak taşların boyutu önem taşımaktadır. Taş pere 30-50 cm aralığında boyutları olan taşlar kullanılarak 50 cm. kalınlığında oluşturulacaktır.

Taş pere, 10 yıl frekanslı yağışın yol dolgusunda erişeceği yüksekliğe kadar yapılacak, uzunluğu ise hidrolik sıçramaya bağlı olarak belirlenecektir. Hidrolik sıçramanın uzunluğu çıkıştaki Froude sayısı ile bağlantılı olup aşağıdaki gibi gruplandırılır.

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{g \times h}}$$

Fr : Froude Sayısı

V : Su Hızı (m/sn)

h : Menfez Gövdesi Çıkışında Su Derinliği (m)

g : Yerçekimi ivmesi (m/sn²)

Fr = 1,0-1,7 Dalgalı Sıçrama

Fr = 1,7 - 2,5 Zayıf Sıçrama (Sadece Yüzey Türbülansı)

Fr = 2,5-4,5 Salımlı Sıçrama

Fr = 4,5 - 9,0 Dengeli Sıçrama

Hidrolik sıçrama boyu ile Froude sayısı arasındaki bağıntı Şekil-11'de verilmiştir. Dere yataklarında yapılacak koruma bu grafikten elde edilen uzunlukta yapılacaktır. Hidrolik sıçrama menfez gövdesi çıkışında başladığından menfezin çıkış apronu korumanın bir parçası olarak düşünülecektir.

Taş pere uygulanacak net uzunluk şekilden bulunan hidrolik sıçrama uzunluğundan menfez çıkış apronu uzunluğu çıkarılarak bulunacaktır. Bu uzunluk 5 m'nin altında olmayacak ve sonunda da 1 m derinlikte 50 cm genişliğinde parafuy duvar yapılacaktır.

Enerji Kırıcı Koruma

Menfez çıkışında su hızının 6 m/sn'yi aştığı yerlerde sert kaya dışındaki zeminlerde enerji kırıcı havuz yapılacaktır. Oluşturulacak basamaklar ile menfez içerisinde hızı artmış olan suyun enerjisi kırılacak, tabii dere yatağında oylmaya neden olmayacak bir hızda verilmesi sağlanacaktır.

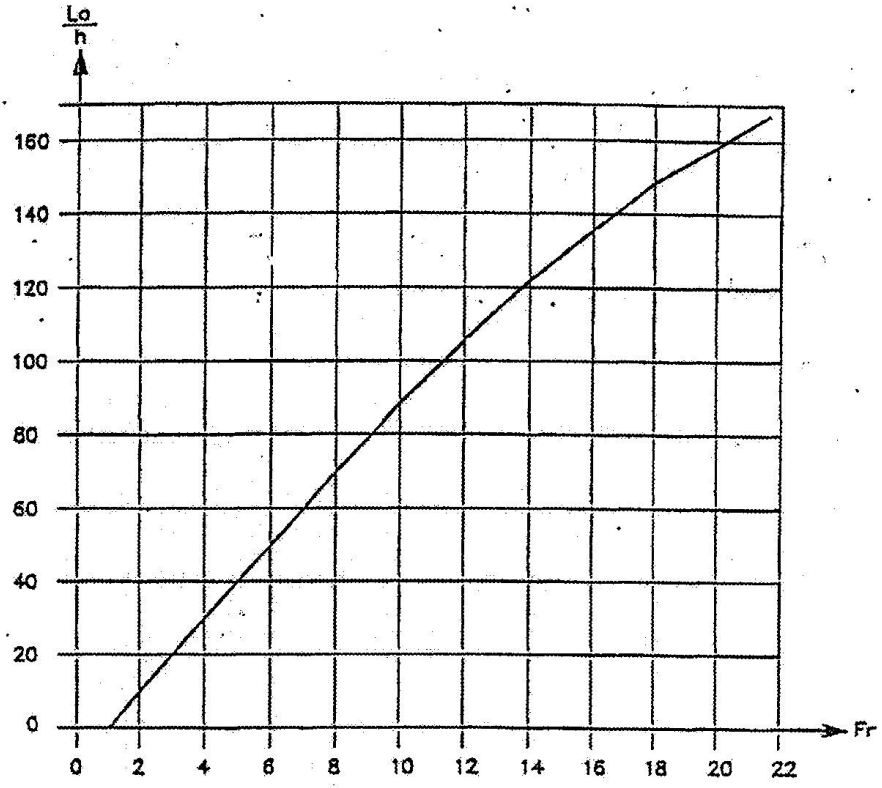
Enerji kırıcı havuzların boyu menfez çıkışındaki hidrolik sıçramaya bağlı olarak Şekil 11'den elde edilecektir.

Enerji kırıcı havuz çıkışlarında hidrolik sıçrama oluşacağından ilave olarak 5 m boyunda taş pere kaplaması yapılacaktır.

Özel Tip Koruma

Menfez çıkışlarında tiplendirilmiş koruma yapıları yukarıda anlatılan kriterler altında seçilecek olmasına rağmen bazı özel çözümler gerekebilir. Özellikle tabii dere yatağına uymayan ve çıkış ağzlarında doğal yatak kotundan önemli ölçüde yüksekte kalan menfezler için özel düşü yapıları gerekebilecektir. Bunlar özel olarak projelendirilecektir.

Menfez giriş ve çıkışlarındaki koruma yapılarının uzunluğunun tespitinde, menfez ekseni esas alınacaktır.



L_o : Hidrolik sıçrama uzunluğu (m)
 h : Menfez gövdesi çıkışındaki su derinliği (m)
 Fr : Froude sayısı

Şekil 11. Menfez Çıkışında Akımın Hidrolik Parametreleri ile Sıçrama Uzunluğu Arasındaki Bağını

5. BÜYÜK SANAT YAPILARI (KÖPRÜLER)

Büyük sanat yapıları kapsamı içerisine, menfezler dışında kalan, su yolu niteliği taşıyan, tek açıklıklı veya çok açıklıklı köprüler girmektedir. Yağış havzaları büyük olduğundan proje debileri Bölüm 1'de anlatılan birim hidrograf metodu ile hesaplanacak ve 100 yıl tekerrürlü taşkın debileri kullanılacaktır. Eğer yağış alanı 100 km²'den büyükse diğer istatistiki metotlardan yararlanılacaktır.

Nehir yatağı genişlikleri Lacey's formülü ile hesaplanacak ve kısıtlamasız durumlar için Manning formülü ile kontrol edilecektir.

Lacey's Formülü

$$W = C \times Q^{1/2}$$

W : Doğrusal Yatak Genişliği (m)

C : Dere Yatağı, Alüvyon ve Zemin Şartlarına Bağlı Olarak 3.4. ile 4.83 Arasında Değişen Katsayı

Q : Debi (m³/sn)

Maksimum taşkın kotu menba tarafından yapılacak taşkın hesapları ile saptanacak olup minimum düşey gabari maksimum taşkın kotundan 1.5 m daha yüksekte olacaktır.

Genel olarak hidrolik amaçlı köprü açıklıkları akım hızlarını asgariye indirmek üzere projelendirilecektir. Bu sayede köprü civarında akarsu yatağı ve kanal şevlerinin erozyonu önlenecektir. Bununla birlikte taşkın koşullarında erozyon ve oyulma potansiyeli değerlendirilecek ve gerekli koruyucu önlemler alınacaktır. Köprü temellerinin ana akarsu yatağı tabanının ne kadar altında kalacağı her köprü ayağı için yapılacak oyulma tahkikinden sonra belirlenecektir. Oyulma ile stabilite nedeniyle gerekli görüldüğünde aşağıdaki önlemler alınabilecektir.

- Köprü'nün menba ve mansap taraflarında uygun bir uzaklığa kadar nehir ıslahı,
- Nehir yatağında köprü'nün altında uygun bir uzaklığa kadar menba ve mansap taraflarında büyük taşlarla anroşman yapılması,

Köprü alanında izin verilen maksimum kabarma her köprü için menba taraftaki taşkın durumuna göre ayrı ayrı belirlenmelidir. Bir hazırlık kılavuz değeri olarak izin verilen maksimum kabarmanın 0,5 m'de sınırlanması önerilir. Bununla birlikte, bazı durumlarda menba tarafında suyun yükselmesiyle meydana gelecek taşkın hasarı maliyeti, daha büyük bir köprü açıklığı maliyetini aşabilir. Bu durumda izin verilen maksimum kabarmada daha düşük sınırlama getirilmesi düşünülebilir.

Maksimum hidrolik etkinliği sağlamak için köprü kenar ayakları, kazıklar, kazık başları veya yapının suyla teması olan diğer herhangi bir kısmı akarsu akış yönüne paralel olarak konumlandırılacaktır.

6. STANDART DETAYLAR

Önceki bölümlerde anlatılan Otoyol drenaj sistemi elemanları mümkün olduğu ölçüde standartlaştırılmıştır. Hesaplanan debilere göre bu tipler seçilecektir. Fakat özellik arzeden yapılar için ayrıca projeler hazırlanacaktır.

Ekteki albümde standart hale getirilen bu detaylar sunulmaktadır.

**OTOYOLLAR
STANDART
DETAYLARI**

İÇİNDEKİLER

1- Proje Antet Örneği

2- Otoyolu Standart Detay Çizimleri

- AO-Y7-001- Otoyolu tipik enkesitleri
- AO-Y7-002- Otoyolu orta refüj detayları
- AO-Y7-003- Otoyolu kenar detayları
- AO-Y7-004- Bağlantı yolu tipik enkesitleri
- AO-Y7-005- Bağlantı yolu orta refüj ve kenar detayları
- AO-Y7-006- Kavşak kolları tipik enkesitleri
- AO-Y7-007- Yanyol tipik enkesitleri
- AO-Y7-008- Otoyol aplikasyon detayları
- AO-Y7-009- Dever değişim tipik detayları
- AO-Y7-0010- Orta refüj acil geçişleri tipik detayları
- AO-Y7-0011- Otoyol ayrılma ve katılma şeritleri tipik planları
- AO-Y7-0012- 2 şeritli T kavşağı tipik vaziyet planı
- AO-Y7-0013- 1 şeritli T kavşağı tipik vaziyet planı
- AO-Y7-0014- Mevcut yollara birleşmeler tipik detayları
- AO-Y7-0015- Toprak işleri tipik detayları
- AO-Y7-0016- Özel toprak işleri detayları
- AO-M7-021- Aydınlatılmış kesimlerde direk yerleşimi ve detayları
- AO-D7-001- Hendek tipleri
- AO-D7-002- Dolguda bordür düşüm oluğu detayları
- AO-D7-003- Boru yatak tipleri
- AO-D7-004- A tipi menholler (A1 ve A2)
- AO-D7-005- B tipi menholler (B1 ve B2)
- AO-D7-006- C1 tipi menholler (C1-1 ve C1-2)
- AO-D7-007- C2 tipi menholler
- AO-D7-008- D tipi menholler (D1 ve D2)
- AO-D7-009- Menhol detayları
- AO-D7-0010- Menfez giriş ve çıkışlarında koruma tipleri
- AO-D7-0011- Enine deşarj yapısı çıkış detayları
- AO-D7-0013- Otokorkuluk montaj detayları

3- Yağış-Akış Bağıntısı Eğrileri