İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MESKÛN BÖLGE YOLLARINDA YAĞMURSUYU DRENAJI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnş.Müh. M. Bahattin AVCUOĞLU

Anabilim Dalı: İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ

Programı: HİDROLİK VE SU KAYNAKLARI MÜHENDİSLİĞİ

OCAK 2008

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MESKÛN BÖLGE YOLLARINDA YAĞMURSUYU DRENAJI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnş.Müh. M. Bahattin AVCUOĞLU
(501041511)

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 25 Aralık 2007
Tezin Savunulduğu Tarih: 28 Ocak 2008

Tez Danışmanı: **Y.Doç.Dr. Ali UYUMAZ**
Diğer Jüri Üyeleri **Prof.Dr. Zekai ŞEN**
Prof.Dr. İzzet ÖZTÜRK

OCAK 2008

ÖNSÖZ

Sayın danışman hocam Yrd. Doç.Dr. Ali UYUMAZ'ın bilgi ve deneyimlerinden faydalanarak yapmış olduğum bu çalışmamda başta değerli danışman hocam olmak üzere tüm öğrenim hayatım boyunca bana emeğini esirgemeyen değerli hocalarıma katkılarından dolayı en derin saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca öğrenmenin ve öğretmenin kutsallığını çok derinden bilen ve bunu tüm hayatım boyunca bana hissettiren değerli aileme yapmış oldukları maddi manevi desteklerinden ötürü sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Yapmış olduğum bu çalışmamın tüm bilim dünyasına katkıda bulunmasını arzularım.

İstanbul, Aralık 2007 M. Bahattin AVCUOĞLU

İÇİNDEKİLER

TABLO LİSTESİ vi

ŞEKİL LİSTESİ vii

SEMBOL LİSTESİ x

ÖZET xii

SUMMARY xiii

1. GİRİŞ 1

2. MESKÛN BÖLGE YOLLARINDA YAĞMURSUYU DRENAJI 3

2.1. Meskûn Bölgeler 3

2.2. Meskûn Bölge Drenajı 3

2.3. Meskûn Bölge Yollarında Yağmursuyu Drenajı ve Giriş yerleri 4

3. YAĞMURSUYU GİRİŞ YERLERİ 5

3.1. Bordür Taşında Bırakılan Giriş Yerleri 5

3.1.1. Bordür Taşında Bırakılan Düz Girişler 7

3.1.2. Bordür Taşında Bırakılan Çukurlaştırılmış(Basınçlı) Girişler 8

3.1.3. Bordür Taşında Bırakılan Saptırıcılı Girişler 9

3.2. Cadde Arkına Konan Izgaralı Giriş Yerleri (Şekil 7.1) 9

3.3. Ark ve Bordür Girişlerinin Birlikte Çalıştığı Birleşik Girişler (Kombine Girişler) 10

3.4. Cadde Boyunca Yerleştirilmiş Izgaralı Girişler 12

4. YAĞMURSUYU GİRİŞ YERLERİNİN TERTİP ESASLARI 14

4.1. Yağmursuyu Giriş Yerlerinin Projelendirilmesinde Dikkat Edilecek Hususlar 14

4.2. Trafiğin Bordüre Çok Yakın Olmadığı Hallerde Dikkat Edilecek Hususlar 14

4.3. Trafiğin Bordüre Çok Yakın Olarak Seyrettiği Yerlerde Dikkat Edilecek Hususlar 15
4.4. Çok Az Eğimli veya Tamamen Düz Caddelerde veya Çukur Yerlerde Bırakılan Girişlerin Tertibinde Dikkat Edilecek Hususlar 16
4.5. Yağmursuyu Giriş Yerlerinin Yerleştirilmesi 16
4.6. Yağmursuyu Giriş Yerlerinin Avantajları ve Dezavantajları 19

5. YAĞMURSUYU GİRİŞ YERLERİNİN HİDROLİĞİ 20

5.1. Yağmursuyu Giriş Yerlerinin Hidrolik Hesabı 20
5.1.1. Üniform ark kesitlerde akış 21
5.1.2. Kompozit kesitlerde akış 23
5.1.3. V - Kesitli Arklarda Akış 27
5.1.3. Dairesel Kesitli Arklarda Akış 27
5.2. Cadde Arkında Bırakılan Izgaralı Girişlerin Hidrolik Hesabı 29
5.2.1. Sürekli Eğimli Yerlerde Izgaralı Girişlerin Hidrolik Hesabı 29
5.2.2. Çukur Yerlerde Cadde Arkında Bırakılan Izgaralı Girişlerin Hidrolik Hesabı 33
5.3. Bordür Taşında Bırakılan Yağmursuyu Giriş yerlerinin Hidrolik Hesabı 35
5.3.1. Sürekli Eğimli Yerlerde Bordür Taşında Bırakılan Yağmursuyu Giriş Yerlerinin Hidrolik Hesabı 35
5.3.2. Çukur Yerlerde Bordür Taşında Bırakılan Yağmursuyu Giriş Yerlerinin Hidrolik Hesabı 36
5.4. Ark ve Bordür Girişlerinin Birlikte Çalıştığı Birleşik Yağmursuyu Girişlerinin Hidrolik Hesabı 38
5.4.1. Sürekli Eğimli Yerlerde Birleşik Yağmursuyu Girişlerinin Hidrolik Hesabı 38
5.4.2. Çukur Yerlerde Birleşik Yağmursuyu Girişlerinin Hidrolik Hesabı 39
5.5. Cadde Boyunca Yerleştirilmiş Izgaralı Yağmursuyu Girişlerinin Hidrolik Hesabı 41
5.5.1. Eğimli Yerlerde Cadde Boyunca Yerleştirilmiş Izgaralı Yağmursuyu Girişlerinin Hidrolik Hesabı 41
5.5.2. Çukur Yerlerde Cadde Boyunca Yerleştirilmiş Izgaralı Yağmursuyu Girişlerinin Hidrolik Hesabı 41

6. KONUYLA İLGİLİ YAPILMIŞ DENEYSEL ÇALIŞMA 43

6.1. Deney Düzeneği 43

6.2. Deney Verilerinin Değerlendirilmesi **46**

7.SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ VE ÖNERİLER **53**

KAYNAKLAR **55**

ÖZGEÇMİŞ **57**

EKLER **58**

TABLO LİSTESİ

Tablo 5.1 Yolun proje hızına göre suyun izin verilen maksimum yayılma oranı..... …21

Tablo 5.2 Yol kaplamalarına göre cadde ve giriş yerleri için Manning "n" pürüzlülük katsayısı değerleri..... …23

Tablo 6.1 ORE-L tipi ızgara (0,780mX0,508m), 1/25 enine eğim ve (SL= % 0,5, 1 , 2,8 , 5,4 , 7,5) boyuna eğimlerde Tutulan debi (Qt) ve caddedeki Toplam debi (Q) Değerleri..... …46

Tablo 6.2 ORE-T tipi ızgara (0,812mX0,495m) 1/25 enine eğim ve (S_L= % 0,5,1 , 2,8 , 5,4 , 7,5) boyuna eğimlerde Tutulan debi (Q_t) ve caddedeki Toplam debi (Q) Değerleri..... …46

Tablo 6.3 TB45–1 tipi ızgara (0,800mX0,508m) 1/25 enine eğim ve (S_L= % 0,5,1, 2,8 , 5,4 , 7,5) boyuna eğimlerde Tutulan debi (Q_t) ve caddedeki Toplam debi (Q) değerleri…….……..…..…….46

Tablo 6.4 TB45–3 tipi ızgara (0,682mX0,590m) 1/25 enine eğim ve (S_L= % 0,5, 1, 2,8, 5,4, 7,5) boyuna eğimlerde Tutulan debi (Q_t) ve caddedeki Toplam debi (Q) Değerleri……..……..…….47

Tablo 6.5 TB45–5 tipi ızgara (0,863Mx0,749m) 1/25 enine eğim ve (S_L= % 0,5, 1 , 2,8 , 5,4 , 7,5) boyuna eğimlerde Tutulan debi (Q_t) ve caddedeki Toplam debi (Q) Değerleri……..…47

Tablo 6.6 MASS tipi ızgara (0,574mX0,597m) 1/25 enine eğim ve (S_L= % 0,5, 1, 2,8 , 5,4 , 7,5) boyuna eğimlerde Tutulan debi (Q_t) ve caddedeki Toplam debi (Q) Değerleri……..……...47

Tablo 6.7 TBV-3 tipi ızgara (0,682mX0,590m) 1/25 enine eğim ve (S_L= % 0,5, 1, 2,8 , 5,4 , 7,5) boyuna eğimlerde Tutulan debi(Q_t) ve caddedeki Toplam debi(Q) Değerleri..……47

Tablo 6.8 TBV-5 tipi ızgara (0,863mX0,749m) 1/25 enine eğim ve (S_L= % 0,5,1, 2,8 , 5,4, 7,5) boyuna eğimlerde Tutulan debi (Q_t) ve caddedeki Toplam debi (Q) Değerleri……..……...48

Tablo A.1 Deneylerde kullanılan tüm ızgara modelleri için $\bar{d}$ (m), T(m), V(m/s), Q_t (m^3/s), Q(m^3/s), Froude sayısı, Q_t /Q, L/FT, W/T, WL/TD, Q/WLV değerleri..... …59

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1.1 : Yağmursuyu drenajının sağlanamadığı bir caddede yağmurdan sonra oluşan durum……..……..…….2
Şekil 2.1 : Meskûn bölge drenajının yağmursuyu giriş elemanlarından biriyle sağlanması……..…..…3
Şekil 2.2 : Yağmursuyu giriş yerlerinin dört ana tipi……...…….4
Şekil 3.1 : Kent yollarında yerleştirilen bordür girişi……..……...6
Şekil 3.2 : Bordür taşında bırakılan yağmur suyu giriş yerlerinde kesitten görünüş……..……7
Şekil 3.3 : Bordür taşında bırakılan düz giriş……...……...8
Şekil 3.4 : Bordür taşında bırakılan çukurlaştırılmış (basınçlı) giriş……..……...8
Şekil 3.5 : Bordürde teşkil edilen saptırıcılı giriş……..……9
Şekil 3.6 : Cadde arkında bırakılan çukurlaştırılmış ızgaralı giriş……..……...9
Şekil 3.7 : Cadde arkında konulan yağmursuyu girişlerinin döküntü ve süründü maddesiyle tıkanması..…….10
Şekil 3.8 : Ark ve bordür girişinin birlikte çalıştığı birleşik giriş(kombine giriş)……..……..11
Şekil 3.9 : Yan yana konulmuş üçlü birleşik girişler…...……...11
Şekil 3.10 : Izgara üzerinin döküntü ve sürüntü ile dolması halinde suyun bordürde bırakılan giriş yerine doğru sevk edilmesi……12
Şekil 3.11 : Havaalanları, otoparklar, büyük meydanlar ve bunlara benzer geniş alanlarda C.B.Y.G' lerinyerleştirilmesi……...13
Şekil 3.12 : C.B.Y.G' lerin altında yağmur suyunu kanala ileten mevcutboru….13
Şekil 4.1 : Trafiğin bordüre çok yakın olarak seyrettiği durum……..…..15
Şekil 4.2 : Caddeye yerleştirilen her kavşakta dört adet yağmursuyu girişi olan ideal yerleştirme…...……...……..17
Şekil 4.3 : Ekonomik durumun elverişli olmadığı yerlerde, daha ucuz olan her kavşakta iki adet yağmursuyu girişi ……..……...17
Şekil 4.4 : Önemsiz yerlerde, yağmursuyu giriş yerlerinin birkaç blok arayla yerleştirilmesi ……..……..18
Şekil 4.5 : Bordürde bırakılan ızgaralı girişin ve düz ızgaralı girişin birlikte çalıştığı birleşik(kombine) girişin tıkanmaksızın yüksek verimde çalışması…...……..19
Şekil 5.1 : Kullanımı yaygın olan başlıca ark enkesitleri……20
Şekil 5.2 : Ağ örgülü ızgara girişi……...……...29
Şekil 5.3 : 45^o eğilmiş çubuklardan oluşan ızgara girişi……...…….30
Şekil 5.4 : Merkezden merkeze 48 mm mesafeli 13 çubuktan oluşan ızgaralı giriş……..……...30
Şekil 5.5 : Merkezden merkeze 29 mm aralıklı paralel çubuklu ızgara girişi…...31
Şekil 5.6 : Rf ve V_o değerlerinin başlıca ızgara tiplerinde belirlenmesinde kullanılan grafik…….…….32
Şekil 5.7 : Çukurlaştırılmış bordür girişi kesiti ve ‘a’ değeri……36
Şekil 5.8 : Birleşik yağmursuyu girişi, akımla birlikte oluşan tıkanma……39

Şekil 5.9 : Boyuna yerleştirilmiş ızgaralı girişin kesitten görünüşü……..41
Şekil 6.1 : Deney düzeneği…..……..44
Şekil 6.2 : Deneyde kullanılan ızgara modelleri (ORE-L, TB45–3, ORE-T, TBV–3, TB45–1, MASS)……..……45
Şekil 6.3 : Üçgen kesitli arkın dikdörtgen kesitli kanala benzetilmesi ve etkili derinlik……..……..49
Şekil 6.4 : Değişen boyuna eğim değerlerinde Qt/Q - W/T grafiğ…...…….51
Şekil 6.5 : Değişen boyuna eğim değerlerinde Qt/Q - L/FT grafiği……..……51
Şekil 6.6 : Değişen boyuna eğim değerlerinde Qt/Q - Q/WLV grafiği……..…...52
Şekil 6.7 : Değişen boyuna eğim değerlerinde Qt/Q - WL/Td grafiği……..……52
Şekil 6.8 : Değişen boyuna eğim değerlerinde Qt/Q - F grafiği……..…..40
Şekil B.1 : ORE-L ızgarası için değişen boyuna eğim değerlerinde Qt/Q - W/T grafiğ...…… 67
Şekil B.2 : ORE-T ızgarası için değişen boyuna eğim değerlerinde Qt/Q - W/T grafiği……..……67
Şekil B.3 : TB45–1 ızgarası için değişen boyuna eğim değerlerinde Qt/Q - W/T grafiği……..……68
Şekil B.4 : TB45–3 ızgarası için değişen boyuna eğim değerlerinde Qt/Q - W/T grafiği……..……68
Şekil B.5 : TB45–5 ızgarası için değişen boyuna eğim değerlerinde Qt/Q - W/T grafiği…..……69
Şekil B.6 : MASS ızgarası için değişen boyuna eğim değerlerinde Qt/Q - W/T grafiği……..….69
Şekil B.7 : TBV–3 ızgarası için değişen boyuna eğim değerlerinde Qt/Q - W/T grafiği……...…….70
Şekil B.8 : TBV–5 ızgarası için değişen boyuna eğim değerlerinde Qt/Q - W/T grafiği……...……70
Şekil B.9 : ORE-L ızgarası için değişen boyuna eğim değerlerinde Qt/Q - L/FT grafiği……...71
Şekil B.10 : ORE-T ızgarası için değişen boyuna eğim değerlerinde Qt/Q - L/FT grafiği……...71
Şekil B.11 : TB45–1 ızgarası için değişen boyuna eğim değerlerinde Qt/Q - L/FT grafiği……...72
Şekil B.12 : TB45–3 ızgarası için değişen boyuna eğim değerlerinde Qt/Q - L/FT grafiği……...72
Şekil B.13 : TB45–5 ızgarası için değişen boyuna eğim değerlerinde Qt/Q - L/FT grafiği……...73
Şekil B.14 : MASS ızgarası için değişen boyuna eğim değerlerinde Qt/Q - L/FT grafiği……...73
Şekil B.15 : TBV–3 ızgarası için değişen boyuna eğim değerlerinde Qt/Q - L/FT grafiği……...74
Şekil B.16 : TBV–5 ızgarası için değişen boyuna eğim değerlerinde Qt/Q - L/FT grafiği……...74
Şekil B.17 : ORE–L ızgarası için değişen boyuna eğim değerlerinde Qt/Q - Q/WLV grafiği……..75
Şekil B.18 : ORE–T ızgarası için değişen boyuna eğim değerlerinde Qt/Q - Q/WLV grafiği……..75
Şekil B.19 : TB45–1 ızgarası için değişen boyuna eğim değerlerinde Qt/Q - Q/WLV grafiği……..76

Şekil B.20 : TB45–3 ızgarası için değişen boyuna eğim değerlerinde Qt/Q - Q/WLV grafiği……...76
Şekil B.21 : TB45–5 ızgarası için değişen boyuna eğim değerlerinde Qt/Q - Q/WLV grafiği……...77
Şekil B.22 : MASS ızgarası için değişen boyuna eğim değerlerinde Qt/Q - Q/WLV grafiği……...77
Şekil B.23 : TBV–3 ızgarası için değişen boyuna eğim değerlerinde Qt/Q - Q/WLV grafiği……...78
Şekil B.24 : TBV–5 ızgarası için değişen boyuna eğim değerlerinde Qt/Q - Q/WLV grafiği……...78
Şekil B.25 : ORE-L ızgarası için değişen boyuna eğim değerlerinde Qt/Q - WL/Td grafiği…….79
Şekil B.26 : ORE-T ızgarası için değişen boyuna eğim değerlerinde Qt/Q - WL/Td grafiği…….79
Şekil B.27 : TB45–1 ızgarası için değişen boyuna eğim değerlerinde Qt/Q - WL/Td grafiği…….80
Şekil B.28 : TB45–3 ızgarası için değişen boyuna eğim değerlerinde Qt/Q - WL/Td grafiği…….80
Şekil B.29 : TB45–5 ızgarası için değişen boyuna eğim değerlerinde Qt/Q - WL/Td grafiği…….81
Şekil B.30 : MASS ızgarası için değişen boyuna eğim değerlerinde Qt/Q - WL/Td grafiği…….81
Şekil B.31 : TBV–3 ızgarası için değişen boyuna eğim değerlerinde Qt/Q - WL/Td grafiği…….82
Şekil B.32 : TBV–5 ızgarası için değişen boyuna eğim değerlerinde Qt/Q - WL/Td grafiği…….82
Şekil B.33 : ORE-L ızgarası için değişen boyuna eğim değerlerinde Qt/Q – Froude Sayısı grafiği……..83
Şekil B.34 : ORE-T ızgarası için değişen boyuna eğim değerlerinde Qt/Q – Froude Sayısı grafiği……..83
Şekil B.35 : TB45–1 ızgarası için değişen boyuna eğim değerlerinde Qt/Q – Froude Sayısı grafiği……..84
Şekil B.36 : TB45–3 ızgarası için değişen boyuna eğim değerlerinde Qt/Q – Froude Sayısı grafiği……..84
Şekil B.37 : TB45–5 ızgarası için değişen boyuna eğim değerlerinde Qt/Q – Froude Sayısı grafiği……..85
Şekil B.38 : MASS ızgarası için değişen boyuna eğim değerlerinde Qt/Q – Froude Sayısı grafiği……..85
Şekil B.39 : TBV–3 ızgarası için değişen boyuna eğim değerlerinde Qt/Q – Froude Sayısı grafiği……..86
Şekil B.40 : TBV–5 ızgarası için değişen boyuna eğim değerlerinde Qt/Q – Froude Sayısı grafiği……..86
Şekil B.41 : ORE-L Izgarası……..87
Şekil B.42 : ORE-T Izgarası……..88
Şekil B.43 : TB45–1 Izgarası…….. 89
Şekil B.44 : TB45–3 Izgarası……90
Şekil B.45 : TB45–5 Izgarası……91
Şekil B.46 : MASS Izgarası…….. ……...92
Şekil B.47 : TBV–3 Izgarası……93
Şekil B.48 : TBV–5 Izgarası……94

SEMBOL LİSTESİ

A : Islak Alan (m^2)
Ag : Izgaralı girişin temiz açıklık alanı (m^2)
B : Dikdörtgen kanal taban genişliği (m)
C_w : Savak katsayısı, sabit değer 1.66
C.B.Y.G : Caddelerde Boyuna Yerleştirilen Izgaralı Giriş
D : Dairesel kesitli arkta dairenin çapı (m)
$\bar{d}$: Arkta etkili derinlik (m)
d_o : Bordür girişi önünde su derinliği (m)
E : Verim
E_o : Arktaki debinin toplam debiye oranı
F : Froude Sayısı
g : Yerçekimi ivmesi: 9.81 (m/s^2)
h : Bordür girişi yüksekliği (m)
K_V : Izgaralı giriş azaltma faktörü katsayısı değeri 0,295
K_G : Izgaralı giriş için deneye dayalı sabit değer 0,376
K_S : Deneye dayalı sabit; 0,0828
L : Giriş yeri elamanının uzunluğu (m)
L_g : Izgara uzunluğu (m)
L_S : C.B.Y.G uzunluğu (m)
L_T : Gerekli bordür girişi uzunluğu (m)
n : Manning pürüzlülük katsayısı
P : Islak çevre (m)
P_g : Izgaralı girişin etkilik katsayısı (m)
Q : Manning formülünde toplam debi (m^3/s)
Q_k : Kaçan debi (m^3/s)
Q_t : Yağmursuyu giriş yerinin tuttuğu (savakladığı) debi (m^3/s)
Q_{gw} : Savak davranışında ızgaralı girişin debi kapasitesi (m^3/s)
Q_{gor} : Orifis davranışında ızgaralı girişin debi kapasitesi (m^3/s)
Q_{iw} : Savak bordür girişinin debi kapasitesi (m^3/s)
Q_{or} : Orifis bordür girişinin debi kapasitesi (m^3/s)
Q_s : Yol, cadde tarafındaki debi (m^3/s)
Q_{sc} : Izgaralı giriş tarafından tutulan yan akış debisi (m^3/s)
Q_{sor} : Orifis davranışında C.B.Y.G. debi kapasitesi (m^3/s)
Q_{sw} : Savak davranışında C.B.Y.G. debi kapasitesi (m^3/s)
Q : Deney verilerinde caddedeki toplam debi (m^3/s)
Q_W : Arktaki debi (m^3/s)
Q_{WC} : Izgaralı giriş tarafından tutulan yan akış (m^3/s)
R : Hidrolik Yarıçap (m)
R_f : Cephe akışı oranı
R_S : Yan akış oranı
S_L : Yol, cadde veya arkın boyuna eğimi (m/m)
S_X : Yol, caddenin enine eğimi (m/m)
S_W : Arkın enine eğimi (m/m)

T	**:**	Suyun yayılma miktarı (m)
T_S	**:**	Suyun yol tarafında yayılma miktarı (m)
V	**:**	Suyun akış hızı (m/s)
V_o	**:**	Su sıçramasında hız (m/s)
y	**:**	Gerçek su derinliği (kaldırım önündeki) (m)
w	**:**	Ark Genişliği (m)
W	**:**	Izgaralı giriş genişliği (m)

MESKÛN BÖLGE YOLLARINDA YAĞMUR SUYU DRENAJI

ÖZET

Bu çalışmanın temeli, özellikle gelişmiş ülkelerde yaygın olarak kullanılan, yağmur suyu drenaj sistemlerinden oluşmaktadır. Meskûn bölge yollarındaki yağmur suyu drenajı için kullanılan yağmur suyu giriş yerleri teknik özellikleri ve hidrolik verimlilikleri yönünden irdelenmiştir. Bordürde bırakılan giriş yeri, cadde arkında bırakılan giriş yeri, ikisinin birleşiminden oluşan birleşik giriş ve cadde boyunca bırakılan ızgaralı giriş olmak üzere dört ana giriş yerinden bahsedilmiştir.

Mevcut deney verileri de kullanılarak yağmur suyu giriş yerleri değişen boyuna eğimlerde hidrolik verimlilikleri yönünden karşılaştırılmıştır. Bu giriş yerlerinin zaafları ve üstünlükleri kendi aralarında kıyas yapılarak yol durumuna göre en verimli giriş yeri belirlenmiştir.

Giriş yerlerinin hidroliğinden bahsedilmiş ve her bir giriş yeri için hesap kıstasları ifade edilmiştir.

Izgaralarda tutulup deşarj edilen suyun gelen toplam su miktarına oranlanmasından elde edilen verimlilik değerlerinin (Q_t/Q) bulunan boyutsuz ifadelerle (L/FT, W/T, WL/TD, Q/WLV, F) değişimi irdelenmiş, grafikleri elde edilmiştir.

Deney verileri beş farklı boyuna eğim kullanılarak değerlendirilmiştir. Bu beş farklı eğim değerlerinde akımın davranışı incelenerek, boyutsuz ifadelerle akımın davranışı formüle edilmiştir. Verimi arttıran ya da azaltan etkenler grafikler kullanılarak ifade edilmiştir. Izgaraların verimlilikleri kıyaslanarak verimi en yüksek ızgara, boyutsuz ifadelerin analiziyle belirlenmiştir.

STORMWATER DRAINAGE IN URBAN STREETS

SUMMARY

This study is composed of urban stormwater drainage systems which have been used widely in countries developed. Stormwater drain inlets used in urban streets are investigated for their technique characteristic and hydraulic productivity. Four basic types of inlets are discussed; these inlets are curb inlets, grate inlets, combination inlets (curb and grate), and slotted drain inlets.

Hydraulic productivities belong to stormwater drain inlets are compared with each other by using the experimental results for different six longitudinal slopes. Comparing these inlets with their superiority and weakness for different road conditions, the most productive stormwater drain inlet is determined.

Hydraulic of stormwater drain inlets are mentioned and calculation criterions are expressed. Changes in the values of inlet efficiency (Qt/Q) that is the proportion of intercepted flow in grate to total gutter flow are investigated for the values of non-dimensional numbers invented (L/FT, W/T, WL/TD, Q/WLV, F). Then these changes of inlet efficiency for the non-dimensional numbers invented are designed as graphics.

Datums of the experiment are analyzed for five different longitudinal slopes. Studying behavior of flow carefully for different longitudinal slopes, the behavior of flow is expressed namely in formulas by using non-dimensional numbers. Factors increasing inlet efficiency and decreasing are expressed by using graphics. Comparing inlet efficiencies of all grates the most productive grate type is determined.

1. GİRİŞ

Meskûn bölge yollarında, başta asfalt veya beton kaplı yollar olmak üzere, park alanları ve şehirlerarası otobanlar etkin birer yağmursuyu kontrol sistemine ihtiyaç duyar. Etkin bir yağmur suyu sistemiyle yolların mevcut yapısal durumları korunmuş olur. İyi bir yağmursuyu kontrol sistemi yol yüzeyindeki ve kaldırımdaki bozulmayı da engellemiş olur. Bu kontrol sağlanamazsa yol yüzeyinde biriken su çok ciddi sorunları beraberinde getirir.(Şekil1.1) Etkin bir kontrolün en önemli faydası trafik güvenliğini ilgilendiren yol yüzeyindeki yağmursuyu birikintilerini güvenli sınırlar içinde tutmaktır. [1] Yağmursuyu giriş yerleri meskûn bölge drenajının çok önemli parçalarıdır. Yağmursuyu giriş yerleri projelendirilirken caddenin enine ve boyuna eğimi, arkın eğimi ve arktaki akım göz önünde tutulur.[2] Genellikle eğimli olan yol yüzeyine yağmur damlaları düşmeye başladığında yüzeyde ince bir film tabakası oluşur. Yağmur suyunun oluşturduğu bu ince film tabakası yolun kaldırıma yaklaşan doğrultusunda kalınlaşır. Oluşan bu film tabakası trafik güvenliği için tehlike oluşturur. Yol yüzeyindeki su derinliğini etkileyen ana unsurlar vardır; bu unsurlar akış halindeki suyun yol üzerindeki takip uzunluğu, yolun yüzey özellikleri, enine ve boyuna eğimleri ve yağış şiddeti olarak sıralanabilir.[3] Yağmur suyu sistemlerinin aşağıda sıralanan faydaları sağladığı düşünülmektedir;

- Karayollarının hasar görmesini önler
- Vadi kenarlarında ve yol kaplamalarının tamamlanmadığı yerleşim bölgelerinde erozyonu önler
- Şiddetli yağışlarda trafik tıkanmalarının önler
- Dere yataklarındaki toprak erozyonunun ve dolaysıyla dik vadilerdeki binaların maruz kalabileceği toprak kaymalarını önler
- Araçların ve zemin katlarındaki mülklerin cadde taşkınlarından zarar görmesini önler [4]



Şekil 1.1: Yağmursuyu drenajının sağlanamadığı bir caddede yağmurdan sonra oluşan durum

Bu çalışma yedi bölümden oluşmaktadır;

Birinci bölümde çalışmanın konusu hakkında bilgi verilmektedir.

İkinci bölümde meskûn bölge drenajının tanımı, yağmur suyunun meskûn bölgelerde yola olan etkisi ve yağmursuyu drenaj sistemlerinden bahsedilmektedir.

Üçüncü bölümde meskûn bölge yollarındaki su alma yapıları, yağmursuyu drenaj elemanları şekilleriyle genel olarak açıklanmıştır.

Dördüncü bölümde yağmursuyu giriş yerlerinin tertip esasları irdelenmiştir.

Beşinci bölümde drenaj elemanlarının hidroliği ve hesap esasları verilmiştir.

Altıncı bölümde geçmiş yıllarda yapılmış deneylerden biri ele alınarak, deney verileri değerlendirilmiştir. Bu deneylerden elde edilen debi değerleri hidrolik hesap kıstaslarına göre değerlendirilmiş, değişen boyuna eğim değerlerinde irdelenmiştir. Froude sayısı, Qt /Q, L/FT, W/T, WL/TD, Q/WLV gibi boyutsuz ifadeler bulunmuştur; bu boyutsuz değerlerin Qt/Q ifadesinin değişimiyle nasıl değiştiği grafiklerle gösterilmiştir.

Yedinci ve son bölümde sonuçların değerlendirilmesi ve tartışma kısmı verilmiştir.

2. MESKÛN BÖLGE YOLLARINDA YAĞMURSUYU DRENAJI

2.1. Meskûn Bölgeler

Meskûn bölgeler, geçirimsiz yüzeyler (yol, diğer kaplamalar ve çatılar vb.), geçirimli yüzeyler (bahçeler vb.) ve yapılaşmamış araziler farklı zemin yüzeylerinden meydana gelmektedir. Her yüzey tipinin kendine has belirli bir özelliği vardır ve bu özellikler, yağmursuyu olarak drenaj sistemine giren yağışın ne kadarının hangi hızda gerçekleştiğini belirlemektedir. [4]

2.2. Meskûn Bölge Drenajı (Şekil 2.1)

Yerleşim bölgelerinde yağışlardan sonra meydana gelen fazla suların uzaklaştırılmasına meskûn bölge drenajı denir. [5] Meskûn bölge drenajının kontrolü ve yönetimi o yerleşim yerindeki en temel yapısal faaliyetlerden biridir. Meskûn bölge drenajının bütünlüğü ve verimliliği sürüş güvenliği ve yol yüzeyindeki suların tahliyesi için temel etkenlerdir. Drenaj elemanlarının eskimesi, yapısal kusurlar, sistemde çökmeler, sızmalar ve buna benzer nedenler drenaj sistemini etkisiz hale getirir. Bu mevcut eksikler bakım maliyetlerini arttırır, bunun yanında kontrol edilemeyen bir drenaj sorunu ortaya çıkar.[6]

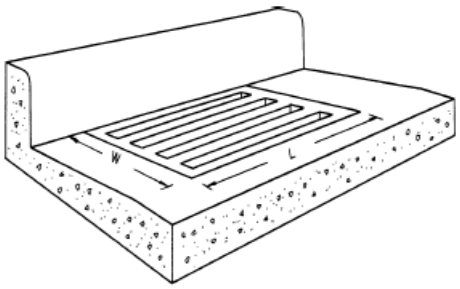


Şekil 2.1: Meskûn bölge drenajının yağmursuyu giriş elemanlarından biriyle sağlanması

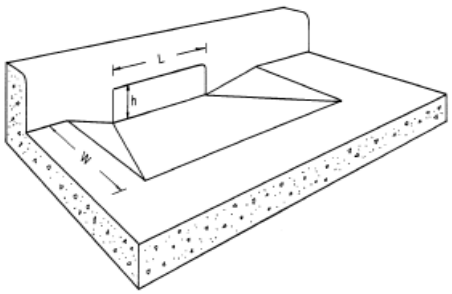
2.3. Meskûn Bölge Yollarında Yağmursuyu Drenajı ve Giriş Yerleri

Etkili bir trafik güvenliği ve yollardaki yıkımın önlenerek servis ömrünün uzatılabilmesi için yağmursuyu drenajının önemi büyüktür.[7] Yağmur sularını drenaj sistemine alan giriş yerleri, cadde arkındaki akımı, yayalara ve motorlu trafiğe en az zarar verecek şekilde minimum masrafla toplayıp uzaklaştırmak üzere hesap edilir ve projelendirilir. Yağmursuyu giriş yerlerinin dört ana tipi mevcuttur.(Şekil 2.2)

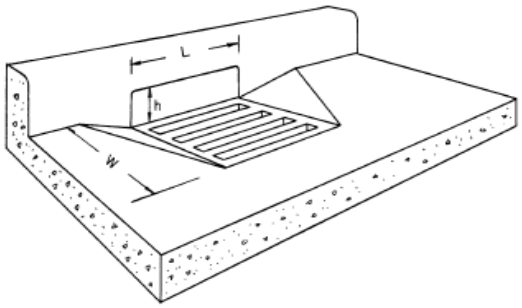
- Bordür taşında bırakılan giriş yerleri
- Cadde arkına konan ızgaralı giriş yerleri
- Ark ve bordür girişinin birlikte çalıştığı birleşik girişler
- Cadde boyunca yerleştirilmiş ızgaralı girişler [8]



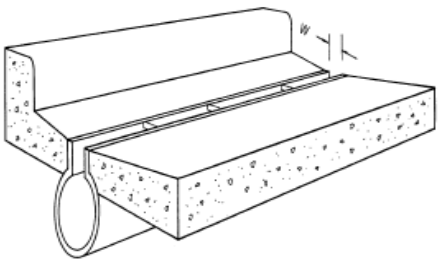
Cadde arkına konan ızgaralı giriş



Bordür taşında bırakılan giriş



Ark ve bordür girişinin birlikte çalıştığı birleşik giriş



Cadde boyunca yerleştirilmiş ızgaralı giriş

Şekil 2.2: Yağmursuyu giriş yerlerinin dört ana tipi

3. YAĞMURSUYU GİRİŞ YERLERİ

Meskûn bölgelerde yağmursuyu drenajının en önemli elemanları olan giriş yerlerinin ideal olabilmesi için mutlaka sıralanan özellikleri sağlamaları gerekir;

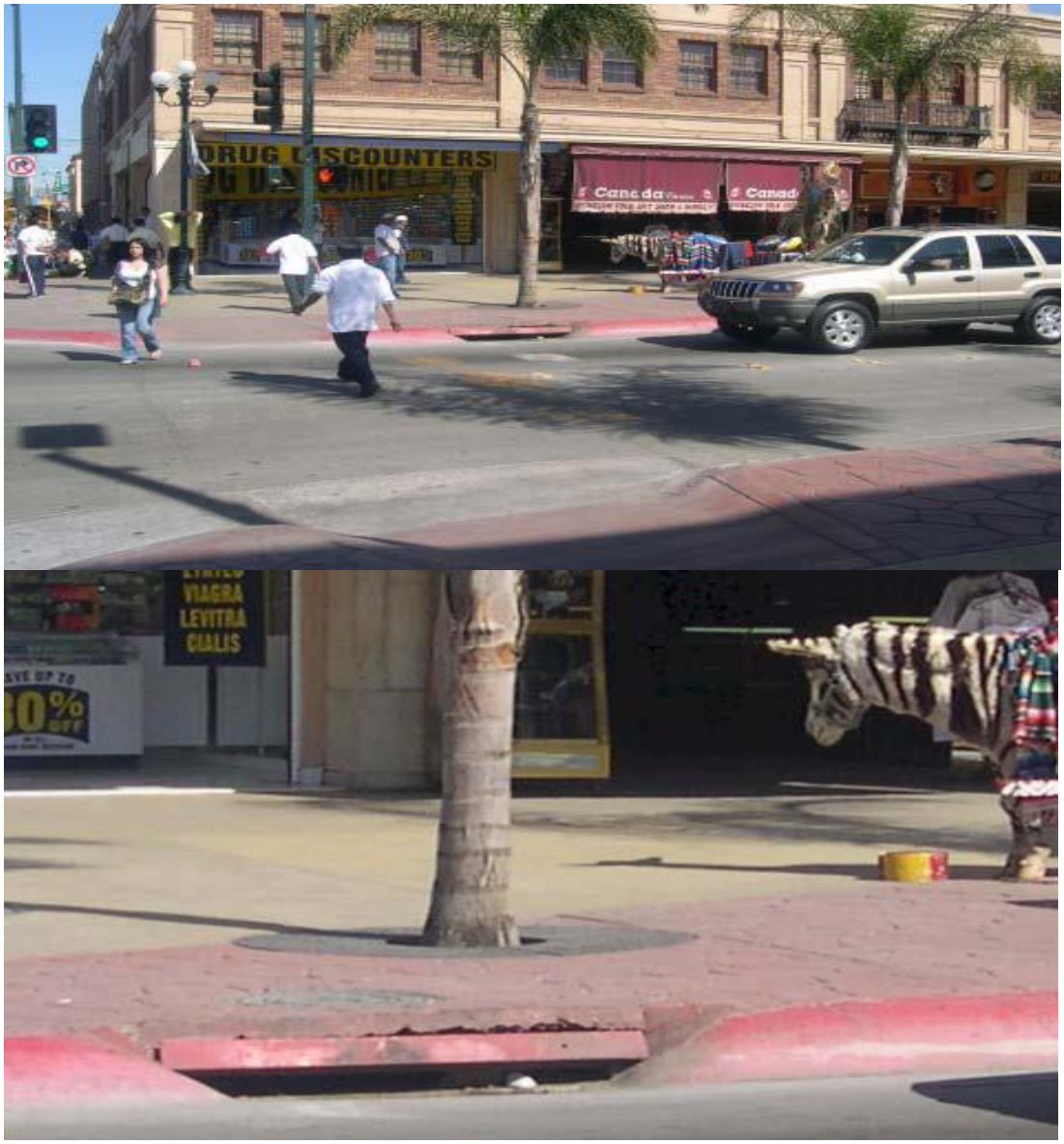
- Yaya ve bisiklet güvenliğini sağlamak
- Yapısının sağlam ve dayanıklı olması
- Hidrolik açıdan verimli olmalı
- Kendi kendini temizleyebilmeli, kolay tıkanmamalı
- Ekonomik olmalı[9]

3.1. Bordür Taşında Bırakılan Giriş Yerleri

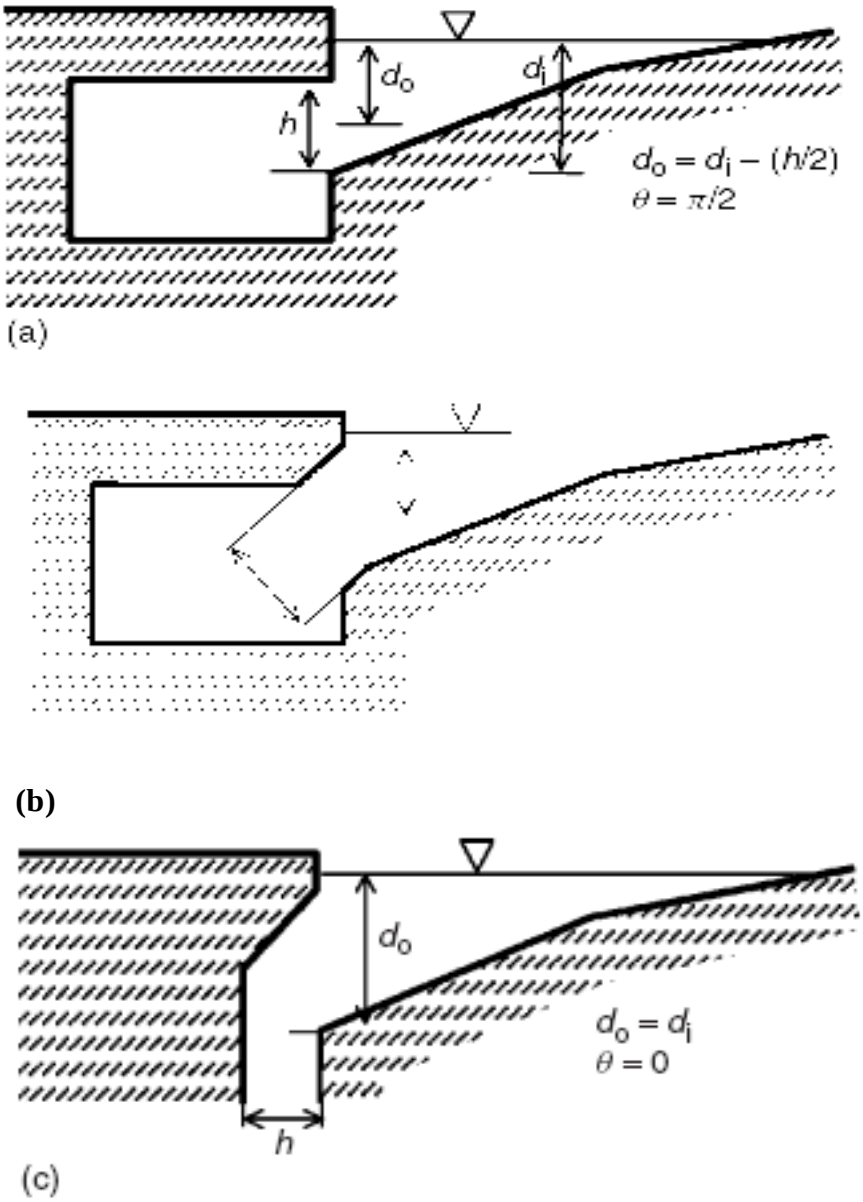
Yaygın olarak kullanıldığı yerler kentlerdeki yollar ve otobanlardır (Şekil 3.1). Yol yüzeyindeki mevcut suyun tahliyesinde kullanılan bu giriş yerleri su alma ağızlarının genişliği ölçüsünde verimlidirler; deney sonuçları ve teorik değerlendirmeler su alma ağzının genişliğinin bu giriş yerleri için önemli bir etken olduğunu göstermiştir[10]. Bu giriş tertibatı bordürde düşey bir su alma ağzına sahiptir. Cadde arkında akan su bu delikten kanala girer. Suyun girdiği açıklık boyunca cadde arkına konulmuş diyagonal saptırıcılarla teçhiz edilirse deflektörlü giriş adını alır. Bu saptırıcıların üst kenarı cadde üst yüzeyi ile aynı hizada olduğundan trafiği engellemezler.

Bununla beraber, suyun girdiği açıklık boyunca cadde arkına konulmuş diyagonal bir deflektörü haiz bordür ağızlıklarında caddenin enine eğimi arttıkça su alma kapasitesi de fazlalaşır [5]. Yağmur suyu giriş yerlerinin, bilhassa bordür taşına konmuş olanların su alma kapasitesi, cadde eğimi azaldıkça ve enine eğim arttıkça artar. Bu giriş yerlerinde su alma ağzının boyu ve tahliye edilecek su miktarı belirlenirken bazı parametreler kullanılır. Bunlar suyolunun ve caddenin boyuna eğimleri, enine eğimleri olarak sıralanabilir [11]. Bu giriş yeri tıkanmalara karşı en ideal çözüm olarak gösterilebilir. Düşey doğrultuda bir su

alma sistemi bulunduğu için bisiklet ve yaya güvenliği içinde oldukça idealdir [12]. Bordür taşında bırakılan giriş yerleri yağmur suyunu kanala yönlendirirken farklılıklar gösterebilir. Yatay bir su alma ağzına sahip olabilirler, ya da açılı ve dik olmak üzere başka şekillerde de tesis edilebilirler. (Şekil 3.2) Bu giriş yerlerinde akımın hidroliğini teorik olarak bir kerede ifade etmek neredeyse imkânsızdır; çok fazla değişen ve etkileyen olduğu için temel etkileyicilerden bazıları seçilir ve bu değerlerin değişimiyle akım teorik olarak ifade edilmeye çalışılır. Örneğin su alma boyu seçilerek, uzunluğun değişimine bağlı teorik bir bağlantı verilebilir [13].



Şekil 3.1: Kent yollarında yerleştirilen bordür girişi



Şekil 3.2: Bordür taşında bırakılan yağmur suyu giriş yerlerinde kesitten görünüş

Bordür taşında bırakılan yağmur suyu giriş yerlerinin üç çeşidi mevcuttur. Bu giriş yerleri düz girişler, çukurlaştırılmış girişler ve saptırıcılı girişler olarak sıralanabilir. [14]

3. 1. 1. Bordür Taşında Bırakılan Düz Girişler

Su alma ağzının önü düzdür. Başka bir giriş yeri yoktur, yalnızca bordür taşında konulan düz yağmursuyu giriş yeri mevcuttur. (Şekil 3.3)



Şekil 3.3: Bordür taşında bırakılan düz giriş

3. 1. 2. Bordür Taşında Bırakılan Çukurlaştırılmış (Basınçlı) Girişler

Yağmur suyunun girdiği açıklık çukurlaştırılarak yağmur suyunun giriş yerine yönelmesi hızlanır ve etkin bir drenaj sağlanmış olur.(Şekil 3.4)



Şekil 3.4 Bordür taşında bırakılan çukurlaştırılmış (basınçlı) giriş

3.1. 3. Bordür Taşında Bırakılan Saptırıcılı Girişler

Bu girişlerde girişin ön tarafında bordüre dik saptırıcılar bulunur. Çukurlaştırmada olduğu gibi suyun girişe yönelmesi sağlanır ve ayrıca saptırıcılar trafiğe engel olmaz. Tıkanma sorunun olabileceği yerlerde bu tür girişler tercih edilebilir. (Şekil 3.5)



Şekil 3.5: Bordürde teşkil edilen saptırıcılı giriş

3. 2. Cadde Arkına Konan Izgaralı Giriş Yerleri (Şekil 3.6)

Cadde arkına konan ızgaralı giriş yerleri gelen debinin kanala yönlendirilmesinde oldukça etkilidir. Enine ve boyuna eğimler azaldıkça ızgaraların verimliliği de azalır. Bu verim kaybı bordür taşına konan girişlerde daha fazladır. Cadde arkına konan ızgaralı girişlerin en büyük avantajı akış halinde olan suyun izlediği yol üzerinde konumlandırılmış olmalarıdır.[15]



Şekil 3.6: Cadde arkında bırakılan çukurlaştırılmış ızgaralı giriş

Bu giriş yerleri, bordürde tesis edilenlere nazaran cadde arkında biriken yağmur sularını almak bakımından daha verimlidir. Fakat döküntü ve sürüntü maddesi ile bunların tıkanması bir problem olur.(Şekil 3.7) Bunlar arkta bırakılan yatay bir açıklık şeklinde olup üzeri bir veya daha fazla sayıda ızgara ile örtülüdür. Çubukları bordüre paralel ızgaraların en az tıkanmaya maruz kaldığını ve en iyi akım şartlarını hazırladığını deneyler göstermektedir. Bisiklet tekerleklerinin aralarına girmemesi için ızgaralar arası serbest mesafe 2,5 cm'den büyük olmamalıdır. Ayrıca ızgaraların kenarlarının çukurlaştırılarak suyun girişinin hızlandırıldığı çeşitleri de vardır. [5]



Şekil 3.7: Cadde arkında konulan yağmursuyu girişlerinin döküntü ve sürüntü maddesiyle tıkanması

3.3. Ark ve Bordür Girişinin Birlikte Çalıştığı Birleşik Girişler (Kombine Girişler)

Ark ve Bordür Girişlerinin Kombinezonu Bordür girişiyle ark üzerine konulan ızgaralı bir girişin kombinezonu şeklinde yapılan bir giriş tipidir.(Şekil 3.8) Genel olarak bordürdeki girişin hemen önünde arkta da bir giriş bırakılır. Fakat bunların bordur girişinin memba veya mansap ucuna ikisi üst üste gelecek veya aralarında bir mesafe kalacak şekilde konulmaları da mümkündür.[5]



Şekil 3.8: Ark ve bordür girişinin birlikte çalıştığı birleşik giriş(kombine giriş)

Ark ve bordür girişinin birlikte çalıştığı birleşik yağmursuyu girişleri iki ayrı giriş çeşidinin yalnızken sahip oldukları avantajları sağlar. Arkta konulan girişin ve bordürde konulan girişin eşit boylarda olduğu durumlarda verimlilikleri de yalnızken sağladıkları verimlilikler kadardır. Birleşik girişin verimliliği hesap edilirken sanki tekmişler gibi ayrı değerlendirilirler. Birleşik girişler üçlü olarak ta tasarlanabilirler. (Şekil 3.9) [16]



Şekil 3.9: Yan yana konulmuş üçlü birleşik girişler

Bu tip yağmur suyu giriş yerleri, bilhassa ızgara yağış sularının girmesi için bordürde bırakılmış boşluğun mansap tarafına konulduğu takdirde daha verimlidir. Izgara üzerinin döküntü ve sürüntü ile dolması, bu halde suyu, bordürle bırakılan giriş yerine doğru sevk edecektir.(Şekil 3.10) Arkta bırakılan girişlerin çukurlaştırılmış olarak teşkil edilmeleri de mümkündür.[5]



Şekil 3.10: Izgara üzerinin döküntü ve sürüntü ile dolması halinde suyun bordürde bırakılan giriş yerine doğru sevk edilmesi

3.4. Cadde Boyunca Yerleştirilmiş Izgaralı Girişler (C.B.Y.G)

C.B.Y.G' ler genellikle geniş bir yüzey alanına sahip olan alanlarda kullanırlar. Yağmur suyunun akış halinde olduğu kesit tüm yüzey alanı olduğunda kullanılabilecek en ideal giriş tipidir. Havaalanları, otoparklar, büyük meydanlar ve bunlara benzer geniş alanlarda mevcut yağmursuyu girişlerine kıyasla en hızlı ve etkili çözüm olduklarından tercih edilirler. (Şekil 3.11) Açıkta bırakılan yağmursuyu ızgaralarında olduğu gibi tıkanmalara da oldukça açıktır. [16]



Şekil 3.11: Havaalanları, otoparklar, büyük meydanlar ve bunlara benzer geniş alanlarda C.B.Y.G' lerin yerleştirilmesi

Cadde boyunca yerleştirilen ızgaralı girişlerin altında yağmur suyunu kanala ileten bir boru mevcuttur.(Şekil 3.12) Izgaraların eni, boylarına oranla çok küçüktür.[16]



Şekil 3.12: C.B.Y.G' lerin altında yağmur suyunu kanala ileten mevcut boru

4. YAĞMURSUYU GİRİŞ YERLERİNİN TERTİP ESASLARI

4. 1. Yağmursuyu Giriş Yerlerinin Projelendirilmesinde Dikkat Edilecek Hususlar

a) Trafik emniyeti ve konfor şartlarının müsaadesi nispetinde mümkün olduğu kadar fazla bir enine eğim kullanılmalıdır.

b) Gelen yağmursuyu debisinin %5 ilâ 10'u aşağıdaki giriş yerine geçecek şekilde hesap yapılmalıdır. Fakat bu durumun yayalar veya trafiğe bir güçlük çıkarmaması gerekir.

c) Yağmursuyu giriş yerlerinin çukurda teşkili, yani bu noktada yol seviyesinin çukurlaştırılması, giriş yerinin kapasitesini artırır. Böyle yapmakla en fazla, bordürde bırakılmış giriş yerlerinin kapasitesi artar. Giriş yerinde yol seviyesinin, uzun bir mesafe boyunca, az bir miktar çukurlaştırılması, kısa bir mesafede çok fazla çukurlaştırılması kadar etkili olur. [8]

d) Bordürde teşkil edilen girişlerin kendi kendini temizleme özelliğinden yararlanmak için boyuna eğimler %3 veya daha büyük değerlerde teşkil edilmelidir. Fakat boyuna eğim çok büyük olursa, bu seferde taşınan sürüntü miktarı artacağı için tıkanmalar olacaktır.[17]

4.2. Trafiğin Bordüre Çok Yakın Olmadığı Hallerde Dikkat Edilecek Hususlar

• Tıkanma bir problem değilse, arkta çukurlaştırılmış bir giriş yeri bırakılır. Yahut ark ve bordur açıklıkları bitişik ve ızgara çubukları boyuna doğrultuda olan birleşik bir giriş yeri teşkil edilir.

• Eğer tıkanma sorunu varsa ve proje debisi küçükse çukurlaştırılmış bir bordür girişi yapılır. Debi büyükse çukurlaştırılmış bir birleşik giriş teşkil edilir. Birleşik girişler tıkanmaya en az maruz olan girişlerdir.[8]

4.3. Trafiğin Bordüre Çok Yakın Olarak Seyrettiği Yerlerde Dikkat Edilecek Hususlar (Şekil 4.1)

• Caddede boyuna eğimi %5'den büyükse saptırıcılı bir giriş yapılır. Fakat bu takdirde sürüntü maddesinin saptırıcının dişleri arasına toplanmaması gerekir.

• Caddede boyuna eğimi %5'den küçükse, saptırıcılar arasındaki yarıkların tıkanmasının problem olması muhtemel caddelerde, çukurlaştırılmamış bir ark girişi veya çukurlaştırılmamış bir kombine giriş yapılır ve ızgaralar boyuna doğrultuda bırakılır.



Şekil 4.1: Trafiğin bordüre çok yakın olarak seyrettiği durum

4.4. Çok Az Eğimli veya Tamamen Düz Caddelerde veya Çukur Yerlerde Bırakılan Girişlerin Tertibinde Dikkat Edilecek Hususlar

• Düz yerlerde, giriş yerine doğru, her iki taraftan arka hafif eğim verilir. Böyle girişler, sanki çukur yerlerde teşkil edilen girişler gibi bir özellik gösterirler.

• Çukur yerlerde, ızgaralar tıkandığı takdirde su basmasını azaltmak için bordür girişleri veya birleşik girişler kullanılır.

• Eğimli caddelerin eteğindeki alçak kotlu yerlerde yukarıda bulunan giriş yerinin tıkanması halinde doğrudan geçip gidecek suları da alabilecek şekilde giriş yerine fazla kapasite verilmelidir.

• Çukur yerlerdeki girişler tıkanma temayülündedir. Bu sebepten, bunların emniyetli kapasiteleri küçük tutulmalıdır. Çukur yerlerde bırakılan girişlerin kapasiteleri, bordür girişlerinde %10, birleşik girişlerde %20 ve cadde arklarında bırakılan girişler için %30 daha az olacağı düşünülerek hesap yapılmalıdır.[8]

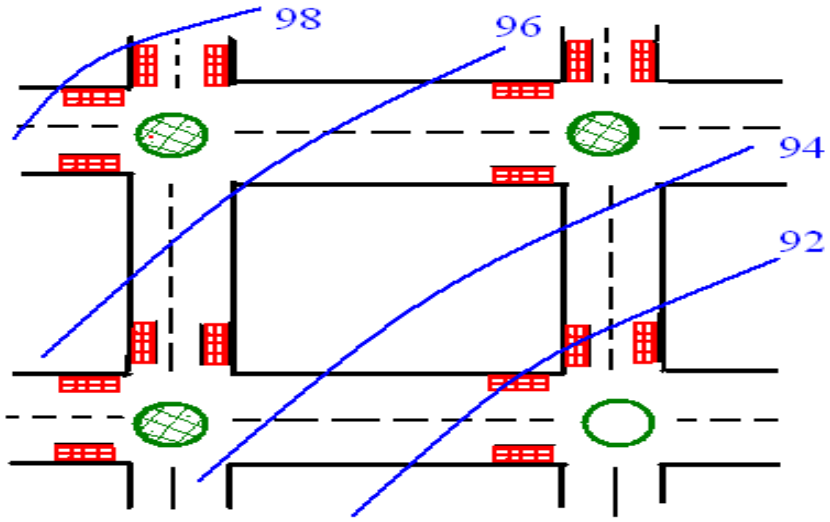
4.5 Yağmursuyu Giriş Yerlerinin Yerleştirilmesi

Yollardaki trafik şeritlerinin su altında kalmasını önlemek için yağmursuyu giriş yerleri yeterli büyüklük ve sayıda yapılırlar. Bunların yerleri ve sayıları aynı zamanda yaya geçitlerini su baskınından korumalıdır. Bağlantı borularının kontrol ve temizlenmesine imkân vermek için yağmur suyu giriş yerlerinin bacalara bağlanması tercih edilir.

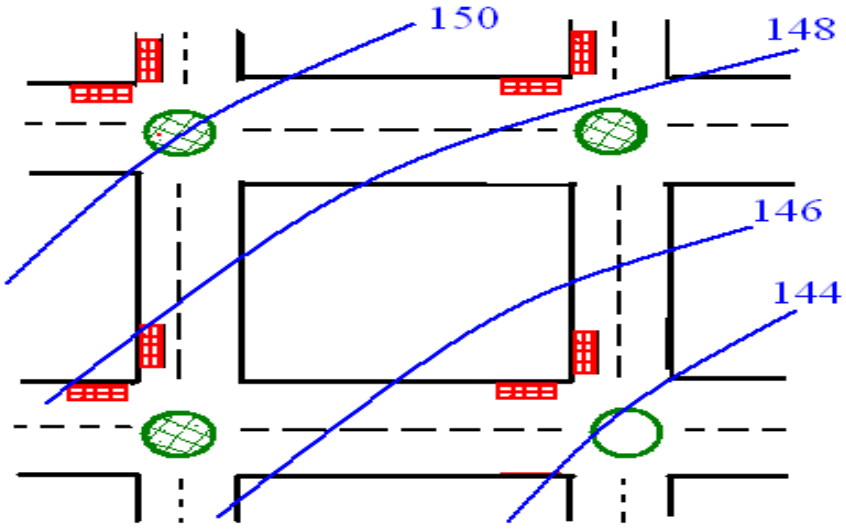
Meskûn bölgenin tesviye eğrili bir planı üzerinde giriş yerleri yerleştirilirken en ideal durum Şekil 4.2'de görüldüğü üzere, caddenin eğimine göre her bir kavşakta 4 adet giriş bırakılmasıdır. Böylece yaya geçitleri su baskınından korunur. Bu halde arktaki akış yolu, bir blok uzunluğu kadardır. Caddenin eğim durumuna göre, kesişen caddeler arasındaki mesafe 90 ile 150 metre yi geçiyorsa veya çatı ve kaplamalı yüzeylerden gelen yağmursuları doğrudan cadde arkına veriliyorsa, daha giriş yerine gelmeden arktaki su derinliği trafiği engelleyecek bir değere ulaşabilir. Böyle hallerde arada başka bir yağmursuyu giriş yerinin bırakılması zaruri olmaktadır. Cadde boyuna eğiminin fazla olması halinde ise, yağış sularının

caddeden hızla uzaklaştırılması için ara yerlerde başka girişlere gerek duyulabilir. Böyle hallerde giriş yerlerinde çukurlaştırmaya gidilebilir.

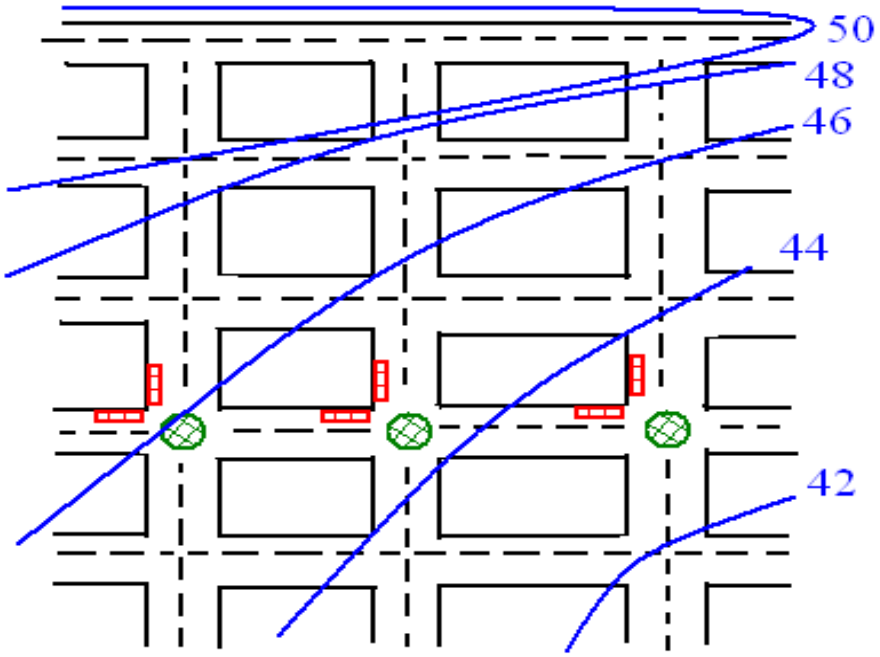
Ekonomik durumun elverişli olmadığı yerlerde, daha ucuz olan bir tertip tarzı Şekil 4.3'de gösterilmiştir. Burada her kavşakta yalnız iki ızgara bulunmaktadır. Çok daha önemsiz yerlerde, yağmursuyu girişlerinin birkaç blok arayla yerleştirilmesi yoluna da gidilebilmektedir.(Şekil 4.4) [8,18]



Şekil 4.2: Caddeye yerleştirilen her kavşakta dört adet yağmursuyu girişi olan ideal yerleştirme



Şekil 4.3: Ekonomik durumun elverişli olmadığı yerlerde, daha ucuz olan her kavşakta iki adet yağmursuyu girişi



Şekil 4.4: Önemsiz yerlerde, yağmursuyu giriş yerlerinin birkaç blok arayla yerleştirilmesi

Özet olarak genel bir değerlendirme yapılacak olursa giriş yeri elemanlarının kapasitesi şunlara bağlıdır;

- Giriş yerinin geometrisi
- Akış halinde olan yağmur suyunun derinliği ve hızı
- Enine ve boyuna eğim

Giriş yerlerinin hidrolik kapasitesi giriş tipinin seçimine bağlı olarak değişiklikler gösterir.

Cadde arkında bırakılan ızgaralı giriş yerleri için kapasiteyi ızgaraya gelen yağmur suyu miktarı, seçilen ızgaranın modeli ve suyun ızgaraya alındığı boşluklar belirlemektedir. Bordürde bırakılan giriş yerleri için kapasiteyi yağmur suyunun bordürdeki hızı, yol ve arkın enine eğimi ve bordürdeki yağmur suyunun derinliği belirlemektedir. Bordür önünde yapılmış bir çukurlaştırma da kapasiteyi önemli ölçüde etkilemektedir. Bordürde bırakılan ızgaralı girişin ve düz ızgaralı girişin birlikte çalıştığı kombine girişlerde kapasiteyi iki giriş yerinin ayrı düşünüldüğü durumdaki belirleyiciler gösterilebilir. Cadde boyunca yerleştirilen ızgaralı girişlerde de akımın hızı ve derinliği önemlidir.[3]

4.6 Yağmursuyu Giriş Yerlerinin Avantajları ve Dezavantajları

Düz ızgara girişleri için bisiklet ve yaya güvenliği tasarım aşamasında sınırlamalar yaptığı için hidrolik verimi azaltabilir. Bisiklet güvenliği düz ızgaralı girişlerin önemli bir tasarım sorunudur. Verimliliği boyuna eğim arttıkça azalır. Eğimin artmasıyla tıkanmalarda artar, bu da verimliliğinde kayıplara yol açar. Bordürden teşkil edilen giriş yerlerinde kolay tıkanma olmaz. Ayrıca bisiklet güvenliği açısından herhangi bir sorun teşkil etmez. Boyuna eğim arttıkça kapasite kaybı oluşur. Bordürde bırakılan ızgaralı girişin ve düz ızgaralı girişin birlikte çalıştığı kombine girişlerde verim oldukça yüksektir(Şekil 4.5). Tıkanmalara maruz kalması oldukça zordur. Tek dezavantajı diğer giriş yerlerine nazaran oldukça pahalıdır. Cadde boyunca bırakılan ızgaralı girişler geniş bir kesitte yağmur suyunu aldığı için verimlidir fakat tıkanmalara karşı hassastır.

Tüm bunlar değerlendirildiğinde, en ekonomik ve en hızlı drenajı yapacak olan sistem yaya ve taşıt güvenliğini sağlayacak şekilde tasarlanmalıdır.[16]



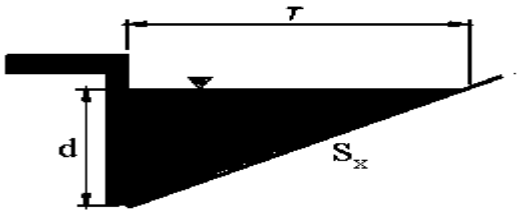
Şekil 4.5: Bordürde bırakılan ızgaralı girişin ve düz ızgaralı girişin birlikte çalıştığı birleşik(kombine) girişin tıkanmaksızın yüksek verimde çalışması

5. YAĞMURSUYU GİRİŞ YERLERİNİN HİDROLİĞİ

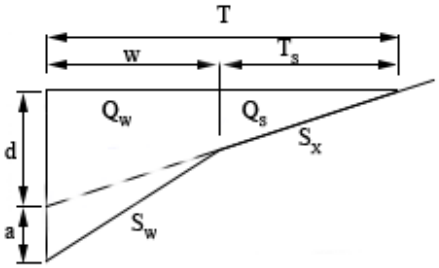
5.1. Yağmursuyu Giriş Yerlerinin Hidrolik Hesabı

Model çalışmalarında ve yerinde yapılan ölçmelere dayanarak arklarda ve bordürde bırakılan giriş yerlerine doğru meydana gelen akımın hidrolik hesabı için deneysel ve teorik çözümler geliştirilmiştir. Caddelerin her iki tarafında, bordür taşının kenarında, kesiti üçgen kabul edilen kanallar mevcuttur. Bu nedenle burada akımın yük kaybı bağıntısı, Manning formülü kullanılarak hesaplanır.

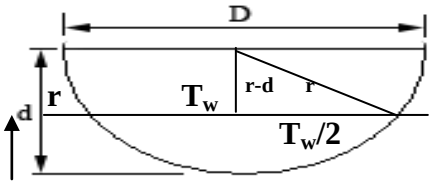
Şekil 5.1 'de kullanımı yaygın olan başlıca ark enkesitleri verilmektedir. Meskûn bölgelerde en yaygın ’V’ şeklinde ve kompozit şekilde olanlar kullanılır. Uygun bir drenaj için caddenin boyuna eğimi de % 4’den küçük olmalıdır. [17,18]



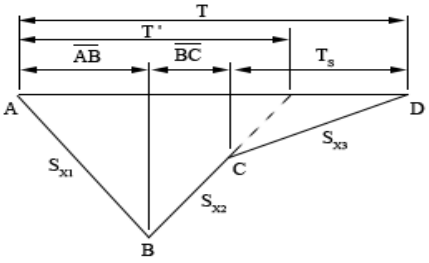
a) Uniform kesit



b) Kompozit Kesit



c) Dairesel Kesit



d) 'V' Şeklinde Kesit

Şekil 5.1: Kullanımı yaygın olan başlıca ark enkesitleri

A.B.D. Karayolları Genel Müdürlüğü (F.H.W.A) tarafından suyun yol üzerindeki yayılmasının trafik hızını ve yol sınıfı seçimini etkilediğine dair sayısal oranlar Tablo 5.1'de gösterilmiştir.

Tablo 5.1: Yolun proje hızına göre suyun izin verilen maksimum yayılma oranı (**FHWA 1996**)

Yol Cinsi	**Proje Hızı**	**Maksimum Yayılma *(m)***
Yüksek yoğunluk	<70km/h	Banket + 0,9 m
Tam bölünmüş		
Çift yönlü	>70km/h	Banket
	Çukur noktada	Banket + 0,9 m
Yan yollar	<70km/h	1/2 şerit
	>70km/h	Banket
	Çukur noktada	1/2 şerit
Ara sokaklar	Düşük Trafik Yoğ.	1/2 şerit
	Yüksek Trafik Yoğ.	1/2 serit
	Çukur Noktada	1/2 şerit

5.1.1. Üniform ark kesitlerde akış [19]

Su derinliği suyun yayılma miktarına ve enine eğimine bağlıdır.(Şekil 5.1)

Su derinliği

$$d = TS_x \qquad \textbf{(5.1)}$$

ifadesi ile hesaplanır.

Arktaki Suyun Alanı [Islak Alan]

$$A = T.d/2 = T^2S_x/2 \qquad \textbf{(5.2)}$$

İfadesi ile hesaplanır.

Islak Çevre Uniform Kesitte,

$$P = T(1 + S_X) \approx T \qquad \textbf{(5.3)}$$

şeklinde hesaplanır.

Bu ifadede S_X değeri çok küçük olduğundan P değeri T olarak alınmıştır.

d : Su derinliğini (m)

T : Yayılma miktarını (m)

S_x : Yolun enine eğimini (m/m)

A: Akış Alanını (m^2)

P : Islak Çevreyi (m)

göstermektedir.

Bu değerler Manning Formülünde yerine konulursa,

$$V = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot S_L^{1/2} \qquad \textbf{(5.4)}$$

$$V = \frac{1}{n} \cdot \left[\frac{A}{P}\right]^{2/3} \cdot S_L^{1/2}$$

$$V = \frac{1}{n} \cdot \left[\frac{T^2 S_X / 2}{T(1 + S_X)}\right]^{2/3} \cdot S_L^{1/2}$$

Bu eşitlikte eşitliğin her iki tarafını $T^2 S_X / 2$ (ıslak alan) ifadesiyle çarparak;

$$Q = \frac{K_G}{n} \cdot S_X^{5/3} \cdot T^{8/3} \cdot S_L^{1/2} \qquad \textbf{(5.5)}$$

eşitliğini elde ederiz. Bu ifadelerde;

K_G: 0,376 (deneye dayalı sabit)

S_x: Yolun boyuna eğimini (m/m)

S_L: Boyuna eğim değerini

göstermektedir.

"n" pürüzlülük katsayısı değerleri aşağıda Tablo 5.2` de verilmiştir. (FHWA 1996)

Tablo 5.2: Cadde ve giriş yerleri için Manning "n" pürüzlülük katsayısı değerleri

Ark veya Cadde Tipi	**Manning Pürüzlülük katsayısı "n"**
Beton giriş yeri (mala ile düzeltilmiş)	**0,012**
Asfalt kaplama	
Yumuşak tip	**0,013**
Sert tip	**0,016**
Asfalt kaplanmış beton	
Giriş yeri	
Yumuşak	**0,013**
Sert	**0,015**
Beton kaplama	
Mala ile düzeltilmiş	**0,014**
Tırmık ile düzeltilmiş	**0,016**

5.1.2. Kompozit Kesitlerde Akış

Akım yol tarafında ve arkta olmak üzere iki şekilde gerçekleşmekte olup, bu değerler aşağıdaki şekilde ifade edilebilir. (Şekil 5.1)

$$Q = Q_w + Q_s \quad \textbf{(5.6)}$$

Bu ifadede;

Q : Toplam debiyi (m^3/s)

Q_w : Arktaki debiyi (m^3/s)

Su alma girişinden sonraki debi hesabında

Q_S : Yol tarafındaki debiyi (m^3/s)

göstermektedir.

Suyun caddeye yayılma miktarı (T);

$$T = W + T_S \quad \textbf{(5.7)}$$

şeklinde ifade edilebilir.

W: Arkın genişliği (m)

T_S : Yol tarafındaki yayılma genişliğini (m)

göstermektedir.

Arkta gerçek su derinliği (kaldırımın yüzündeki),

$$y = d + a = T \cdot S_X + a \qquad \textbf{(5.8)}$$

şeklinde ifade edilebilir. Bu ifadede;

y: Kaldırım yüzündeki su derinliğini göstermektedir.

Arkın eğimi aşağıdaki ifade ile elde edilebilir.

$$S_W = S_X + a/w \qquad \textbf{(5.9)}$$

Bu ifadede,

S_W : Arkın enine eğimini (m/m) göstermektedir.

Su alma ağzından sonraki debi hesabı için

Q yerine Q_S , T yerinede T_S yerleştirilerek;

$$Q_S = \frac{K_G}{n} \cdot T_S^{8/3} \cdot S_X^{5/3} \cdot S_L^{1/2} \qquad \textbf{(5.10)}$$

$$Q_W = E_o \cdot Q \qquad \textbf{(5.11)}$$

ifadeleri elde edilir. Bu ifadede

E_o : Toplam debi yüzdesini ($0 \leq E_o \leq 1$) vermekte olup,

$$Q = \frac{Q_S}{1 - E_o} \qquad \textbf{(5.12)}$$

ve

$$Q_S = Q.(1-E_o) \qquad \textbf{(5.13)}$$

ifadeleri yazılabilir. Bu denklemde görülen E_o ifadesi aşağıdaki bağıntı ile hesaplanabilir.

$$E_o = \left\{ 1 + \frac{S_W / S_X}{\left(1 + \frac{S_W / S_X}{(T/W) - 1}\right)^{8/3} - 1} \right\}^{-1} \qquad \textbf{(5.14)}$$

[FHWA, 1996]

Yağmursuyu giriş yerlerinin verimi

$$E = \frac{Qt}{Q} \qquad \textbf{(5.15)}$$

Bağıntısı ile ifade edilebilir. Bu bağıntıda;

E : Verimi

Q_t : Yağmursuyu giriş yerince tutulan debiyi (m^3/s)

Q : Caddedeki toplam debi (m^3/s)

Yağmur suyu giriş yerinin tutamadığı debi ise;

$$Q_k = Q - Q_t \qquad \textbf{(5.16)}$$

İfadesi ile belirlenebilir. Bu ifadede;

Q_k : Kaçan debiyi (m^3/s) göstermektedir.

Diğer tip ark şekillerine de Manning Formülü uygulanarak debiler hesaplanabilir.[17,19]

Örnek 5.1

Kompozit kesitten (Şekil 5.1) teşkil edilen bir arkta;

W = 0,5 m

S_L = 0,015

S_X = 0,03

n = 0,016

a = 40mm (çukurlaştırma)

T = 2 m olduğu durumda arktaki akımı bulunuz.

Çözüm :

Aşağıda verilen denklemden (5.9) arkın enine eğimi bulunur;

$S_W = S_x + \frac{a}{W}$ Denklemi kullanılarak

$$S_W = \frac{40 \cdot 10^{-3}}{0,5} + 0,030$$

$S_W = 0,11$ bulunur.

Yol tarafındaki debinin hesaplanabilmesi için öncelikle yol tarafındaki yayılmanın hesaplanması gerekir.

$T_S = T - W = 2 - 0,5$

$T_S = 2$ m bulunur.

Bulunan bu değerler (5.10) denkleminde yerine konularak ;

$$Q_S = \frac{0,376}{0,016} 0,03^{5/3} 2^{8/3} 0,015^{1/2}$$

$Q_S = 0,053$ m^3/s bulunur.

(5.14) denkleminden E_o aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$E_0 = \left\{ 1 + \frac{0,11 / 0,030}{\left(1 + \frac{0,11 / 0,030}{(2 / 0,5) - 1} \right)^{8/3} - 1} \right\}^{-1}$$

$E_0 = 0,67$ bulunur. Bulunan bu değer aşağıdaki (5.12) denkleminde yerine konulursa;

$Q = \frac{Q_S}{1 - E_o}$,

$$Q = \frac{0,053}{1 - 0,67}$$

Q = 0,16 m^3/s bulunur.

5.1.3 V - Kesitli Arklarda Akış

V – Enkesitli arklar Şekil 5.1`de gösterilmiştir, burada x_1 ve x_2 değerleri eşit olup ortalama bir eğim bulmak için S_x yerine;

$$S_x = \frac{S_{x1} S_{x3}}{\left(S_{x1} + S_{x3}\right)} \qquad \textbf{(5.17)}$$

ifadesi kullanılır. Bu ifade geometrik olarak ortalama eğimi vermektedir [20].

5.1.4 Dairesel Kesitli Arklarda Akış (Şekil 5.1)

Dairesel kesitlerde akış aşağıdaki formülle hesaplanır

$$\frac{d}{D} = K_U \left[\frac{Q}{D^{2,67} S^{0,5}} \right]^{0,488} \qquad \textbf{(5.18)}$$

Bu formülde

K_u : 1,179 sabitini

d: Dairesel kesitteki su derinliğini ifade eder.

D: Dairesel kesitin çapını ifade eder.

S: Arkın boyuna eğimini,

Q: Arktaki debiyi ifade eder.

Dairesel kesitte su yüzü genişliği için;

Şekil 5.1`de verilen dairesel kesitte (c) oluşan dik üçgende T_W değerini geometrik hesap yaparak çekersek;

$$T_W = 2(r^2 - (r - d)^2)^{0,5} \quad . \qquad \textbf{(5.19)}$$

ifadesini buluruz. Bu formülde;

T_w: Dairesel kesitte su yüzü genişliğini,

r: Dairesel kesitin yarıçapını ifade eder. [20]

Örnek 5.2

Çapı 1,8(1.5) m olan dairesel kesitli bir ark için akımın derinliği ve su yüzeyi genişiliği nedir.

S = 0,015(0,01)

n = 0,016

Q = 0,4(0,5) m^3/s

Çözüm :

Dairesel kesitlerde akımın derinliğini bulmak için (5.18) denklemi kullanılır. Verilen değerleri aşağıdaki denklemde yerine koyarsak;

$$\frac{d}{1,8} = 1,179\left[\frac{(0,4)(0,016)}{1,8^{2,67}0,015^{0,5}}\right]^{0,488}$$

d = 0,23 m bulunur.

Su yüzü genişliği (5.19) formülü ile bulunur.

$T_w = 2\,[(0,9)^2 - (0,9\text{-}0,23)^2\,]^{0,5}$

T_w= 0,75 m olur.

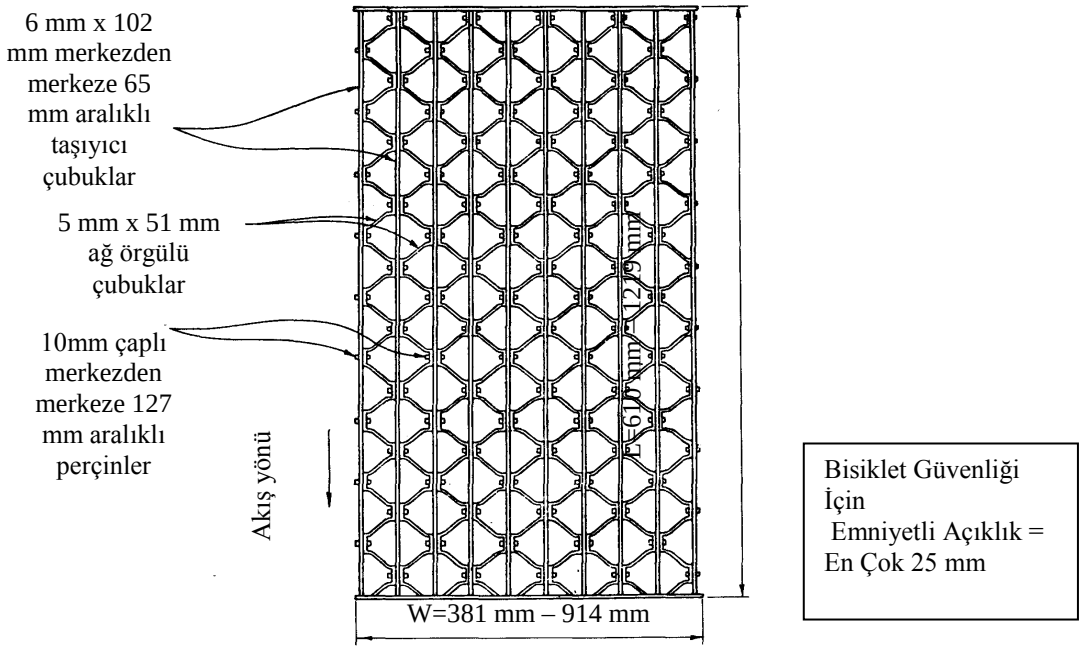
5.2 Cadde Arkında Bırakılan Izgaralı Girişlerin Hidrolik Hesabı

Izgaralı girişlerin kapasitesi ızgara tipine, arktaki suyun derinliğine ve hızına bağlıdır. Izgaralı girişlerin verimlilikleri yolun her iki tarafındaki eğimlerin eşit olması durumunda yüksektir [3].

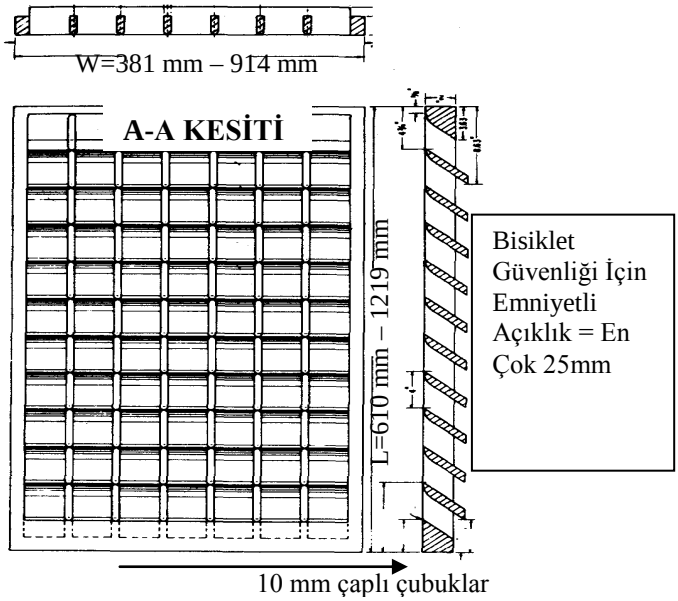
5.2.1 Sürekli Eğimli Yerlerde Izgaralı Girişlerin Hidrolik Hesabı

Sürekli eğimli yerlerde debi, arktaki ve yol tarafındaki olmak üzere iki kısımdan oluşur. Denklem **(5.11)** ve denklem **(5.13)** de bu debiler gösterilmiştir. Arktaki suyun hızı yüzeysel sıçrama hızından küçükse ızgara cephe akımının hepsini tutar. Arktaki suyun hızı yüzeysel sıçrama hızından büyükse akımın bir kısmı tutulur.[21]

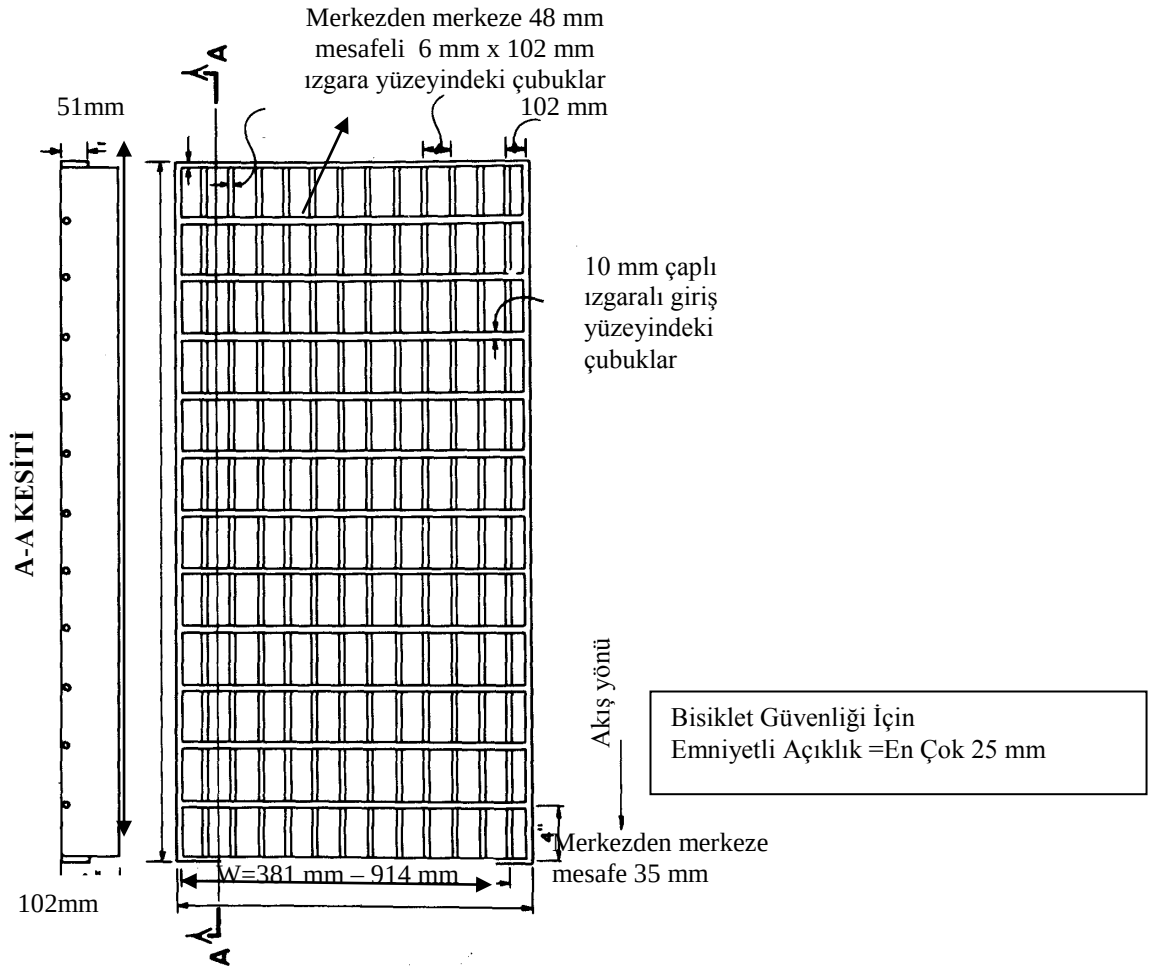
Federal Highway Administration (FHWA)` ın geliştirmiş olduğu standart ızgaralar Şekil 5.2`den Şekil 5.5`e kadar aşağıda gösterilmiştir;



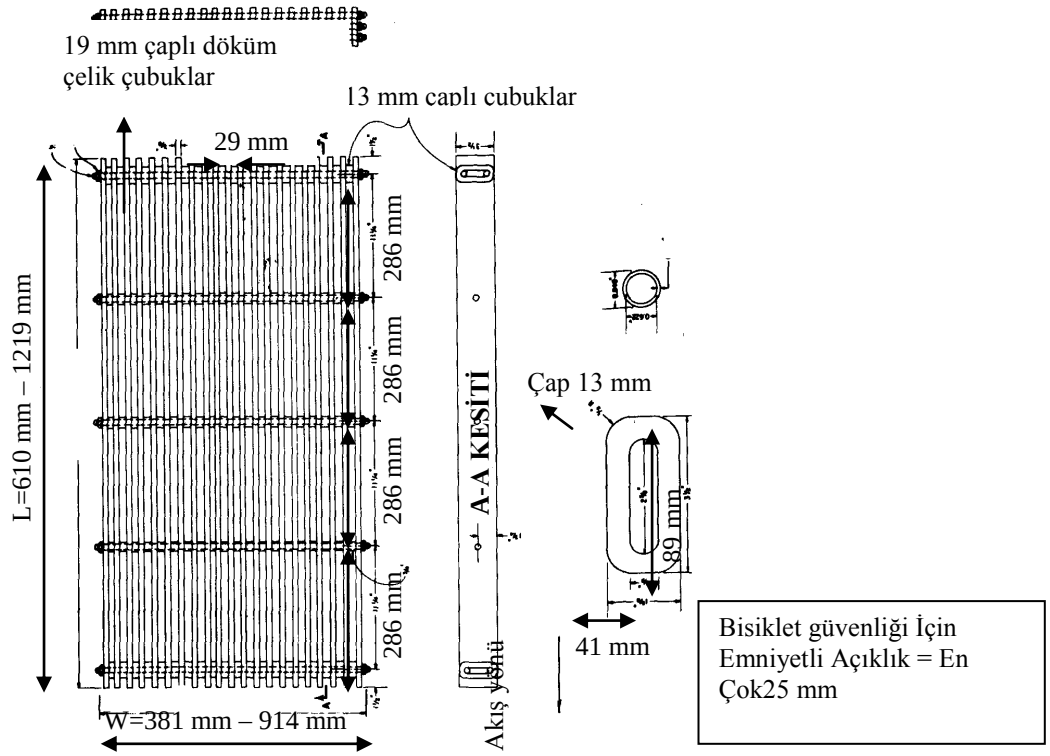
Şekil 5.2: Ağ örgülü ızgara girişi [15]



Şekil 5.3: 45^{o} eğilmiş çubuklardan oluşan ızgara girişi[15]



Şekil 5.4: Merkezden merkeze 48 mm mesafeli 13 çubuktan oluşan ızgaralı giriş[15]



Şekil 5.5: Merkezden merkeze 29 mm aralıklı paralel çubuklu ızgara girişi [15,18]

Cephe akımının (arktaki debi) ızgaralı giriş tarafından tutulan kısmı $(Q_W)_t$ ise aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$(Q_W)_t = R_f \,.\, Q_W \qquad \textbf{(5.20)}$$

Bu ifadede verilen R_f değerleri aşağıdaki gibi yorumlanabilir.

$$R_f = \begin{Bmatrix} 1\text{-}K_V.(V\text{-}V_0); V \geq V_0 \\ 1;\ V \leq V_0 \end{Bmatrix} \qquad \textbf{(5.21)}$$

Bu denklemlerde;

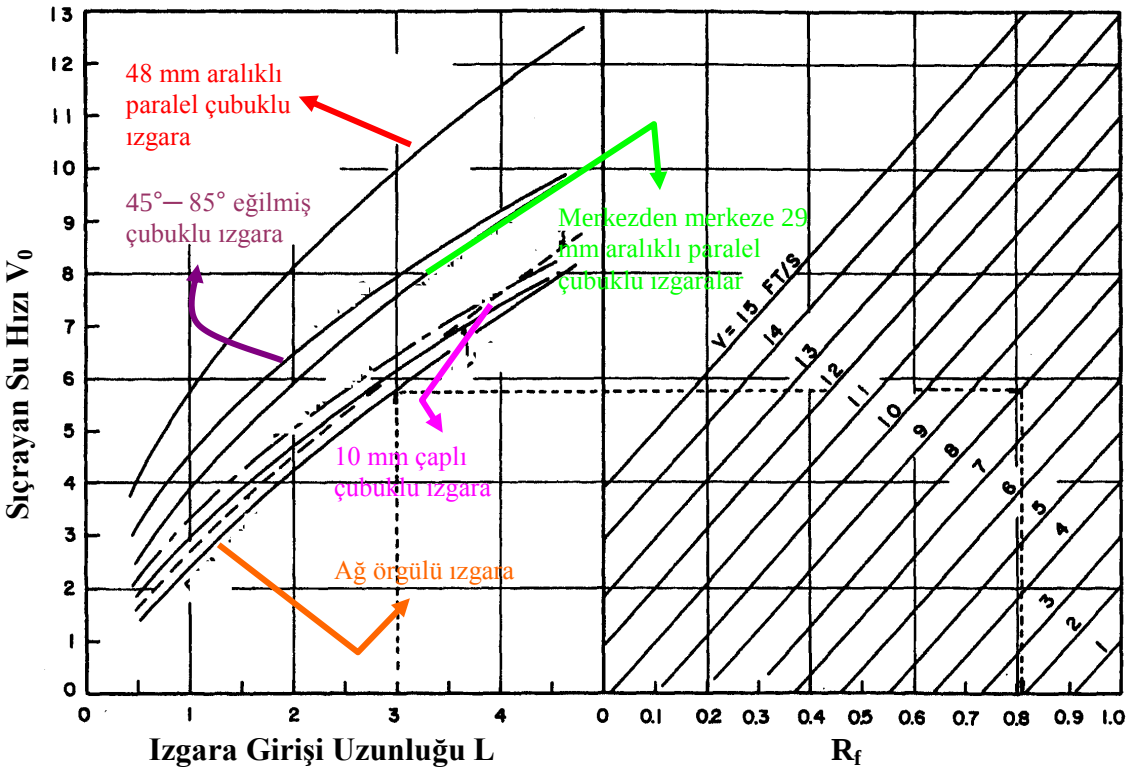
R_f : Cephe akışı katsayısını

K_V : 0,295 sabitini

V : Arktaki ortalama su hızını(m/s)

V_o : Suyun sıçrama sırasındaki hızını temsil etmektedir.

R_f ve V_o değerlerinin belirlenmesine yarayan grafik Şekil 5.6`da gösterilmiştir.



Şekil 5.6: R_f ve V_o değerlerinin başlıca ızgara tiplerinde belirlenmesinde kullanılan grafik.[20,22]

Toplam debinin yol tarafındaki kısmından tutulan debi ise;

$$(Q_S)t = R_S \cdot Q_S \qquad \textbf{(5.22)}$$

İfadesi ile hesaplanabilir. Bu ifadede;

$$R_S = \left(1 + \frac{K_S . V^{1.8}}{S_x . L_g^{2.3}}\right)^{-1} \qquad \textbf{(5.23)}$$

şeklinde belirlenebilir. Bu denklemde

L_g: Izgara uzunluğunu (m)

S_X: Caddenin enine eğimini(m/m)

K_S: 0,0828 ızgara tipine bağlı sabiti ifade etmektedir.

R_S: Yan akış oranı olup toplam tutulan debi; tutulan yan akış debisi ile tutulan cephe akış debilerinin toplamı olarak aşağıdaki eşitlikteki gibi gösterilebilir.

$$Q_t = (Q_w)_t + (Q_S) = R_f \cdot Q_w + R_S \cdot Q_S = Q \cdot [R_f \cdot E_o + R_S \cdot (1-E_o)] \qquad \textbf{(5.24)}$$

Izgaralı girişin verimi ise aşağıdaki gibidir.

$$E = R_f \cdot E_o + R_S \cdot (1-E_o) \qquad \textbf{(5.25)}$$

5.2.2 Çukur Yerlerde Cadde Arkında Bırakılan Izgaralı Girişlerin Hidrolik Hesabı

Çukur yerlerde ızgaralı girişler orifis veya savak şeklinde davranırlar. Orifis akımın başlama derinliği ızgara tipine bağlıdır. Küçük ızgaraların orifis şeklinde davrandığı derinliklerde daha büyük ızgaralar savak davranışı gösterebilir. Çukur yerlerde tıkanmalar sorun oluşturduğu için ızgaralı girişler yerine bordürde bırakılan girişler veya birleşik girişler tercih edilmelidir.[1,15]

Savak davranışı göz önüne alınarak ızgaralı girişin debi kapasitesi aşağıda belirtildiği gibi yazılabilir.

$$Q_{gw} = C_w . P_g . d^{3/2} \quad \textbf{(5.26)}$$

Bu ifadede;

Q_{gw} : savak davranışında ızgaralı girişin debi kapasitesini (m^3/s)

C_w : savak katsayısını(1.66)

P_g : Izgaralı girişin etkili katsayısını

d: Su derinliğini (m) göstermektedir.

Orifis davranışında ızgaralı girişin debi kapasitesi aşağıda verilen ifade ile hesaplanabilir.

$$Q_{gor} = 0,67.A_g . (2g.d)^{1/2} \quad \textbf{(5.27)}$$

Bu denklemde;

Q_{gor} : Orifis davranışında debi kapasitesini (m^3/s)

A_g : Temiz açıklık alanını (ızgaralı girişin) (m^2)

g: Yerçekimi ivmesini (m^2/s)

d: Su derinliğini (m)

göstermektedir.

Örnek 5.3. Çukur yerde, cadde arkında bırakılan ızgara girişi için S_L (boyuna eğim) 0,012 olarak verilmiştir. Izgaranın Q = 0,015 m^3/s 'lik debiyi tutabilmesi için minimum ızgara boyu ne olmalıdır. (ızgaralı girişin savak davranışında olduğu kabul edilerek ızgara boyu hesaplanacak)

d=0,030 m

$C_W = 1,66$

W=0,40 m (ızgara genişliği)

Çözüm.

Izgaralı girişin savak davranışında olduğu kabul edilerek ızgara boyunun hesaplanması durumunda;

(5.26) denkleminden;

$Q = C_W . P . d^{1,5}$

$0,015 = 1,66 . P .(0,03)^{1,5}$ olarak değerler yerleştirilir, ve buradan P değeri

P = 1,74 m olarak bulunur.

Islak çevre değeri olan P,

P = 2L+2W şeklinde hesaplanır.

1,74 =2L+ [2.(0,40)] eşitliği yazılır, Buradan

L= 0,47 m olarak bulunur. Bu durumda savak davranışı durumunda verilen debinin tamamının tutulabilmesi için minimum ızgara boyunun **0,47** m olması gerekir.

5.3. Bordür Taşında Bırakılan Yağmursuyu Giriş yerlerinin Hidrolik Hesabı

5.3.1. Sürekli Eğimli Yerlerde Bordür Taşında Bırakılan Yağmursuyu Giriş Yerlerinin Hidrolik Hesabı

Su derinliği ve bordür girişi uzunluğu tutulan debiyi belirleyen başlıca parametrelerdir. Eğer giriş yeri çevresinde enine eğim artırılırsa (çukurlaştırılırsa) su derinliği artacak ve bu da bordür girişinin en iyi verimle çalışmasını sağlayacaktır.

Üniform kesitli arktaki yağmursuyu bordür girişi uzunluğu aşağıdaki formülle hesaplanabilmektedir.[18]

Bu formül aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$L_T = K_C . Q^{0.42} . S_L^{0,3} \left(\frac{1}{n S_x} \right)^{0,6} \quad \textbf{(5.28)}$$

Bu ifadede;

L_T: Gerekli bordür girişi uzunluğunu (m)

Q: Toplam gelen debiyi (m^3/s)

S_L: Yolun boyuna eğimini (m/m)

S_x: Enine eğimini (m/m)

n: Manning pürüzlülük katsayısını

K_C: 0,817 sabitini göstermektedir.

Bordür girişi uzunluğu $L < L_t$ ise verim;

$$E = 1 - \left(1 - \frac{L}{L_t} \right)^{1,8} \quad \textbf{(5.29)}$$

olarak yazılabilir. Bu ifadede;

E: Bordür girişinin verimini

L: Bordür girişi uzunluğunu(m) ifade eder.

Eğer çukurlaştırılma yapılmışsa enine eğim;

$$S_e = S_x + S_{wp}\, E_o \qquad \textbf{(5.30)}$$

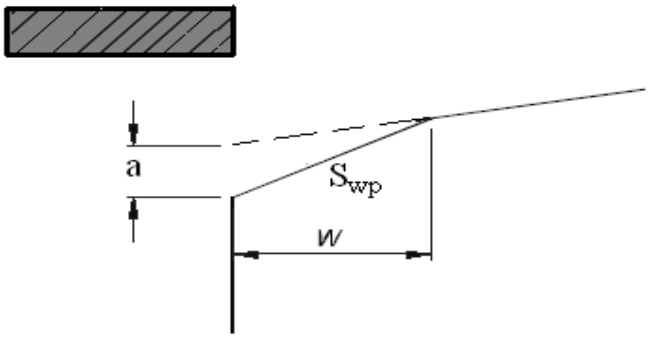
şeklinde yazılabilir. Bu ifadede;

S_e: Eşdeğer enine eğimi (m/m)

S_x: kaplama (yol) enine eğimini (m/m)

S_{wp}: a/W (Şekil 5.7) oranını

E_o: Toplam debi yüzdesini(W genişliğinde arkta) ifade etmektedir.



Şekil 5.7: Çukurlaştırılmış bordür girişi kesiti ve 'a' değeri

5.3.2. Çukur Yerlerde Bordür Taşında Bırakılan Yağmursuyu Giriş Yerlerinin Hidrolik Hesabı

Çukur yerlerde bordür girişi yüksekliği h, giriş yerinin önündeki su derinliğine eşit veya büyükse o zaman bordür girişi savak gibi davranır. Eğer su derinliği 1,4h dan büyükse orifis gibi davranır. Ani değişimlerde savak ve orifis şeklinde davranır. Güvenli bir yaklaşımla debiler hesap edilirken her iki (orifis ve savak) kabulle hesaplar yapıldıktan sonra küçük olan debi ve büyük olan uzunluk seçilir.[1,18]

Savak Davranışında debi:

$$Q_{iw} = C_w .\, L .\, d^{3/2} \qquad \textbf{(5.32)}$$

şeklinde yazılabilir. Bu ifadede;

Q_{iw}: Bordür girişinin debi kapasitesini (m^3/s)

C_w: Savak sabitini (1.6) ifade eder.

Çukurlaştırılmış girişlerde ise,

$$Q_{iw} = C_w \cdot (L + 1{,}8\ W)\ d^{3/2} \qquad \textbf{(5.33)}$$

Yazılabilir. Burada "W" arkın genişliği (m) ifade eder.

Orifis Davranışında debi değeri;[18]

$$Q_{or} = 0{,}67\ h.\ L\ (2g.\ d_o)^{1/2} \qquad \textbf{(5.34)}$$

İfadesiyle bulunur. Bu ifadede;

h: Bordür girişi yüksekliğini (m),

d_o: Etkili (bordür girişi önündeki) su derinliğini ifade eder. (m)

Örnek 5.4. Q = 0,11 m^3/s ' lik debinin geçtiği arkta gelen debinin tamamının alınabilmesi için bordür giriş uzunluğu (L) minimum ne olmalıdır. (S_L = % 2 için)

d = 0,095m

C_w = 1,6

h = 0,15m

d_o = 0,085

Çözüm

Bordür giriş uzunluğunun bulunabilmesi için savak davranışında ve orifis davranışında iki ayrı değer bulunur, daha sonra bu değerlerden büyük olan alınarak bordür giriş uzunluğu belirlenir.

Savak davranışında denklem (5.32) kullanılır.

$Q_{iw} = C_w.\ L.\ d^{3/2}$ ifadesinde değerler yerine konulursa;

$0,11 = 1,6 . L . 0,095^{3/2}$ buradan bordür giriş uzunluğu,

L = 2,3m olarak bulunur.

Orifis davranışında aşağıda verilen denklem (5.34) kullanılabilir;

$Q_{or} = 0,67\ h. L\ (2g. d_o)^{1/2}$, bu ifadede değerler yerine konulursa,

$0,11 = 0,67 . 0,15 .L . (2.g.0,85)^{1/2}$ buradan bordür giriş uzunluğu

L = 0,27m olarak bulunur.

Bu durumda en büyük değer olan 2,3 m alınır.

Bir ya da birden fazla bordür girişi yan yana konularak bu uzunluk sağlanabilir.

5.4. Ark ve Bordür Girişlerinin Birlikte Çalıştığı Birleşik Yağmursuyu Girişlerinin Hidrolik Hesabı

5.4.1. Sürekli Eğimli Yerlerde Birleşik Yağmursuyu Girişlerinin Hidrolik Hesabı

Bordür girişi uzunluğu, ızgaralı giriş uzunluğuna eşitse debi kapasitesi ızgaralı girişten büyük olmadığı kabul edilerek ızgaralı girişlerdeki hesap metodu izlenir.

Eğer bordür giriş uzunluğu ızgaralı girişten büyükse ızgaralı girişten sonraki fazla bordür girişi kapasitesi ve ızgaralı girişin kapasitesinin toplamı, tutulan toplam debi kapasitesini verir. Hesaplamalar yapılırken;

Bordür girişinin tuttuğu cephe akışı ızgaralı girişin tuttuğu cephe akışından (Q_w) çıkarılır.



Şekil 5.8: Birleşik yağmursuyu girişi, akımla birlikte oluşan tıkanma

5.4.2. Çukur Yerlerde Birleşik Yağmursuyu Girişlerinin Hidrolik Hesabı

Çukur yerlerdeki kapasite belirlenirken ızgaralı giriş uzunluğu ile bordür girişi uzunluğu dikkate alınır. Eğer bordür girişi ızgaralı girişten uzunsa, ızgaralı girişi tıkayabilecek olan sürüntü ve döküntü malzemesini bordür girişince etkili bir şekilde tutularak ızgaranın tıkanmasını engeller (Şekil 5.8).

Savak koşullarında; ızgara ve bordür giriş uzunlukları eşitse yalnız ızgaralı giriş varmış gibi hesap yapılır. Ancak bordür, ızgara girişinden uzunsa savak kapasitesi ızgaralı giriş kapasitesi ile bordür girişinin ızgaradan uzun kısmının kapasitesinin toplamı şeklinde hesabı yapılabilir. Bu hesapta ızgaralı giriş savak uzunluğu;

$$P_{wg} = L_g + W_g \qquad \textbf{(5.35)}$$

ifadesi kullanılarak bulunur. Bu ifadede;

P_{wg}: Uygulanabilir ızgaralı giriş savak uzunluğu (m)

L_g: Izgaralı giriş uzunluğunu (m)

W_g: Izgaralı giriş genişliğini (m) ifade eder.

Orifis koşullarında; Birleşik giriş kapasitesi, ızgaralı ve bordür giriş kapasitelerinin toplamı şeklinde hesaplanabilir. [18]

Örnek 5.5. Q = 0.13m^3/s 'lik debinin savak davranışında olduğu kabuledilerek tamamının tutulabilmesi için gerekli birleşik giriş uzunluğu minimum ne olmalıdır? (ızgara genişliği; 0,450m)

d = 0,065m

C_w = 1,6

Çözüm: Arkta konulan girişin ve bordürde konulan girişin eşit boylarda olduğu durumlarda verimlilikleri de yalnızken sağladıkları verimlilikler kadardır. Birleşik girişin verimliliği hesap edilirken sanki tekmişler gibi ayrı değerlendirilirler.[16]

Bordür girişinin tuttuğu debi Q_1 ve ızgaranın tek başına tuttuğu debi Q_2 olursa, birleşik girişin tuttuğu toplam debi $Q = Q_1 + Q_2$ olarak yazılabilir. İlk olarak bordür girişinin kapasitesini hesaplarsak;

Savak davranışında denklem (5.32) kullanılır.

$Q_1 = C_w . L . d^{3/2}$ ifadesinde değerler yerine konulursa;

$Q_1 = 1,6 . L.0,065^{3/2}$ eşitliği bulunur.

Izgaralı girişin savak davranışında olduğu kabul edilerek ızgara boyunun hesaplanması durumunda;

(5.26) denkleminden aşağıdaki ifade yazılabilir;

$Q_2 = C_W . P . d^{1,5}$

Denklemde verilen ıslak çevre, P = 2.L+2.W şeklinde yazılabilir. Değerler denklemde yerine konursa aşağıdaki ifade elde edilir.

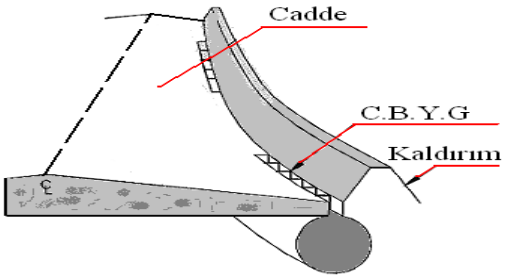
$Q_2 = 1,6 . (2.L + 2.0,45) . 0,065^{1,5}$

$0,13 = Q_1 + Q_2$ ifadesinde bulunan değerler yerine konursa

$0,13 = 1,6 . L.0,065^{3/2} + 1,6 . (2.L + 2.0,45) . 0,065^{1,5}$ eşitliği elde edilir, buradan minimum birleşik giriş uzunluğu L = 1,3 m olarak bulunur.

5.5. Cadde Boyunca Yerleştirilmiş Izgaralı Yağmursuyu Girişlerinin Hidrolik Hesabı (Şekil 5.9)

5.5.1. Eğimli Yerlerde Cadde Boyunca yerleştirilmiş Izgaralı Yağmursuyu Girişlerinin Hidrolik Hesabı



Şekil 5.9: Boyuna yerleştirilmiş ızgaralı girişlerin kesitten görünüşü

Yapılan deneyler 45 mm genişlikteki C.B.Y. girişin, bordür girişi gibi davrandığını böylece (5.28) formülünü kullanabileceğimizi gösteriyor. Ancak genişliği

45 mm'den küçükse (5.29) formülünden verimlilik hesaplanabilir. Burada (5.29)'da L yerine 45 mm'den küçük genişlik L_t yerine de 45 mm yazılmalıdır.[1]

5.5.2. Çukur Yerlerde Cadde Boyunca Yerleştirilmiş Izgaralı Yağmursuyu Girişlerin Hidrolik Hesabı

Çukur yerlerde 0,06 m'nin altındaki su derinliğinde savak şeklinde çalışır. Bu derinlik giriş genişliğine bağlıdır. Bu durumda debi

$$Q_{sw} = C_w L_s \cdot d^{3/2} \qquad \textbf{(5.36)}$$

ifadesi kullanılarak hesaplanır. Bu ifadede;

L_s : C.B.Y. Giriş yeri uzunluğunu (m)

d : Normal enine eğime bağlı kaldırımdan ölçülen su derinliğini ($d = T.S_x$)

C_w : Değeri 1.4 olan savak katsayısını

Q_{sw} : C.B.Y. Giriş yeri debi kapasitesini (m^3/s) ifade eder.

Çukur yerlerde 0,12 m'den büyük su derinliklerinde orifis şeklinde çalışır. Bu durumda debi;

$$Q_{sor} = 0{,}8\ L_s\ .\ W_s\ .\ (2gd)^{1/2} \qquad \textbf{(5.37)}$$

şeklinde yazılır. Bu ifadede;

W_s : C.B.Y. girişi genişliğini (m)

L_s : C.B.Y. girişi uzunluğunu (m)

Q_{sor} : C.B.Y. girişi debi kapasitesini (m^3/s) ifade eder.[1,18]

Örnek 5.6. Cadde boyunca yerleştirilmiş ızgaralı bir girişe $Q = 0.12 m^3/s$ 'lik debi gelmektedir. Çukur yerde teşkil edilen ızgaralı girişe gelen akımda oluşan su derinliği 0,13m 'dir. C.B.Y. için giriş uzunluğu 6 m olup gelen debinin tümünü alacak şekilde minimum ızgara genişliği istenmektedir.

Çözüm: Su derinliği 0,12m den büyük olduğu için akım orifis durumunda olacaktır.

Çukur yerlerde orifis durumundaki akımın hidrolik hesabı için denklem (5.37) kullanılır;

$Q_{sor} = 0{,}8\ L_s\ .\ W_s\ .\ (2gd)^{1/2}$ denkleminde değerler yerine konulursa;

$0.12 = 0{,}8.\ 6.\ W_s.\ (2.g.\ 0{,}13)^{1/2}$ eşitliği elde edilir, buradan minimum ızgara genişliği

$W_s = 0{,}015$m olarak bulunur.

6. KONUYLA İLGİLİ YAPILMIŞ DENEYSEL ÇALIŞMA

Meskûn bölge yollarında yağmur suyunun uzaklaştırılması için kullanılan ızgaralar üzerine Amerika' da FHWA (Federal Highway Administration) tarafından bir çalışma yapılmıştır. Farklı türde ızgaraların kullanıldığı bu çalışmada, değişik akım türlerinde, enine eğim sabit kalmak şartıyla, değişen boyuna eğimlerde ızgaraların hidrolik performansları incelenmiştir. Yapılan çalışmayla ızgaraların hidrolik verimliliklerinin değişik akım değerlerinden ve yol durumundan nasıl etkilendiği deneyler yardımıyla gözlenmiştir.

6.1. Deney Düzeneği

Çalışmada 885 cm uzunluğunda 89 cm genişliğinde bir model kullanılmıştır.(Şekil 6.1) Şekil 6.2' de ızgaralara ait fotoğraflar görülmektedir. Bisiklet ve yaya güvenliği sağlayan ızgaraların hidrolik performanslarını ölçebilecek yeterlilikte bir deney düzeneği oluşturulmuştur. Sekiz farklı ızgaranın kullanıldığı deneyin temel verileri aşağıda sıralanmıştır. Izgara detaylarının olduğu şekiller ekler kısmında verilmiştir;

Modelden 0,08 m^3/s ve 0,091 m^3/s arasında değişen debiler geçirilmiştir. [9]

Deneylerde kullanılan ızgaralar ve boyutları aşağıda verilmektedir;

ORE-L; deneylerde gerçek boyutlarında kullanılmıştır, genişliği 0,508 m olup uzunluğu 0,780 m' dir. Izgara detayları Şekil B.41' de verilmiştir.

ORE-T; deneylerde gerçek boyutlarında kullanılmıştır, genişliği 0,495 m olup uzunluğu 0,812 m' dir. Izgara detayları Şekil B.42' de verilmiştir.

TB45–1; deneylerde gerçek boyutlarında kullanılmıştır, genişliği 0,508 m olup uzunluğu 0,800 m' dir. Izgara detayları Şekil B.43' de verilmiştir.

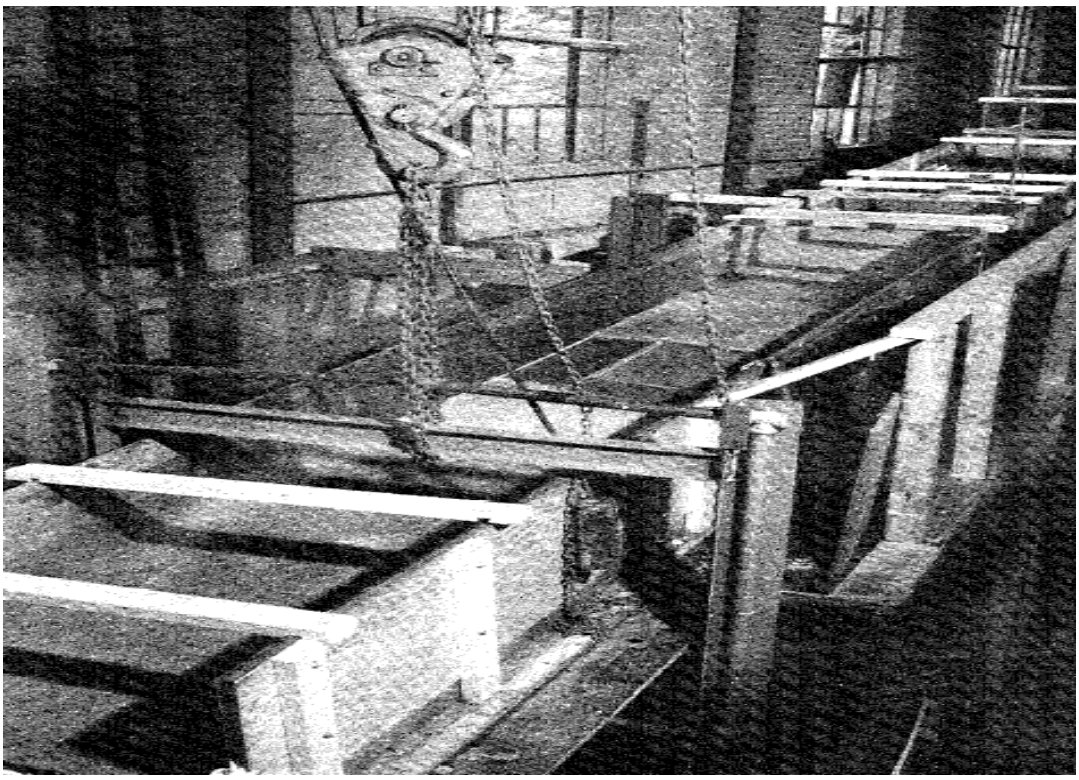
MASS; deneylerde gerçek boyutlarında kullanılmıştır, genişliği 0,574 m olup uzunluğu 0,597 m' dir. Izgara detayları Şekil B.44' de verilmiştir.

TB45–3; TB45–5’ in 1/1,27 oranında küçültülmüş bir modelidir. Modelde elde edilen deney verileri daha sonra modelleme yapılarak TB45–5’ e yansıtılmıştır. Izgara detayları Şekil B.45 ve Şekil B.46’ da verilmiştir.

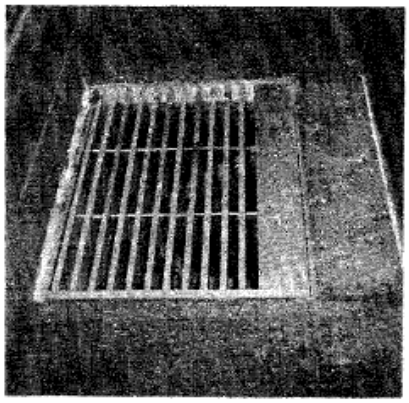
TBV–3; TBV–5’ in 1/1,27 oranında küçültülmüş bir modelidir. Modelde elde edilen deney verileri daha sonra modelleme yapılarak TBV–5’ e yansıtılmıştır. Izgara detayları Şekil B.47 ve Şekil B.48’ de verilmiştir. [9]

Tüm deneylerde enine eğim 1/25 olarak alınmıştır.
Boyuna Eğim bütün deneylerde 0,005; 0,010; 0,028; 0,054; 0,075 ve 0,130 eğimlerinde alınmıştır.
Yüzey Pürüzlülüğü; Manning pürüzlülük katsayısı 0,013 kabul edilmiştir.

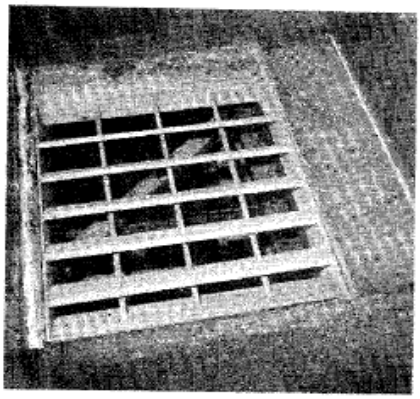
Ark Enkesiti; deneylerde üniform enkesitli ark şeklinde kullanılmıştır. [9]



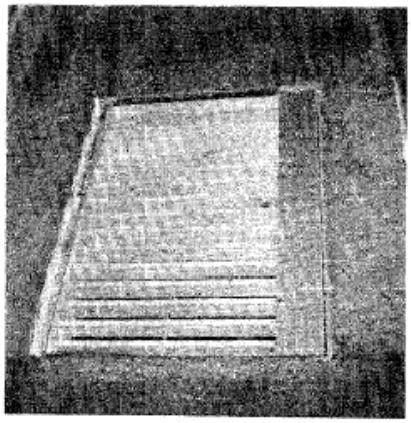
Şekil 6.1: Deney düzeneği



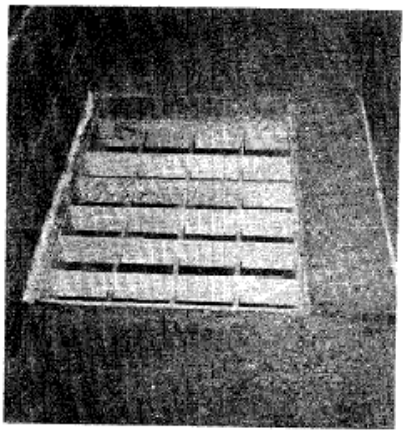
ORE-L



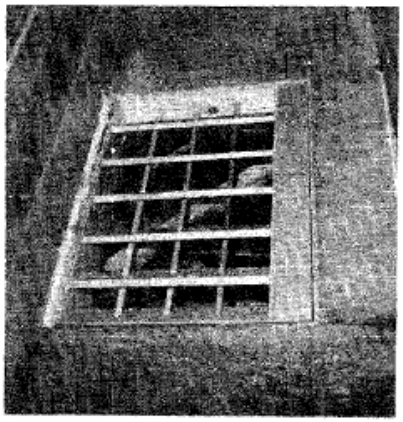
TB45-3



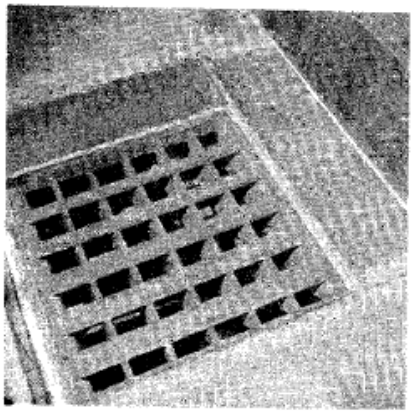
ORE-T



TBV–3



TB45–1



MASS

Şekil 6.2: Deneyde kullanılan ızgara modelleri (ORE-L, TB45–3, ORE-T, TBV–3, TB45–1, MASS)

6.2. Deney Verilerinin Değerlendirilmesi

Yağmursuyu girişleri tarafından tutulan (savaklanan) Debi (Q_t) – Toplam Caddeye verilen Debi (Q) değerleri tüm ızgaralar için beş farklı boyuna eğim değerinde sırasıyla Tablo 3, Tablo 4, Tablo 5, Tablo 6, Tablo 7, Tablo 8, Tablo 9 ve Tablo 10‘ da verilmiştir.[9]

Tablo 6.1: ORE-L tipi ızgara (0,780mX0,508m), 1/25 enine eğim ve (SL= % 0,5 , 1, 2,8 , 5,4 , 7,5) boyuna eğimlerde Tutulan debi (Qt) ve caddedeki Toplam debi (Q) Değerleri

S_L=%0.5		**S_L=%1**		**S_L=%2,8**		**S_L=%5,4**		**S_L=%7.5**	
Qt	Q	Qt	Q	Qt	Q	Qt	Q	Qt	Q
0,049	0,063	0,021	0,021	0,02	0,021	0,02	0,021	0,019	0,021
0,054	0,072	0,028	0,03	0,028	0,029	0,027	0,03	0,025	0,029
0,059	0,084	0,041	0,045	0,04	0,044	0,039	0,043	0,037	0,042
0,063	0,095	0,053	0,064	0,051	0,063	0,05	0,06	0,05	0,059
0,068	0,108	0,062	0,082	0,06	0,079	0,06	0,075	0,059	0,073
0,073	0,12	0,073	0,107	0,071	0,101	0,069	0,095	0,069	0,092

Tablo 6.2: ORE-T tipi ızgara (0,812mX0,495m) 1/25 enine eğim ve (S_L= % 0,5 , 1, 2,8 , 5,4 , 7,5) boyuna eğimlerde Tutulan debi (Q_t) ve caddedeki Toplam debi (Q) Değerleri

S_L=%0.5		**S_L=%1**		**S_L=%2,8**		**S_L=%5,4**		**S_L=%7.5**	
Qt	Q	Qt	Q	Qt	Q	Qt	Q	Qt	Q
0,029	0,037	0,014	0,014	0,007	0,008	0,006	0,008	0,006	0,008
0,04	0,049	0,019	0,021	0,018	0,021	0,016	0,021	0,015	0,021
0,047	0,063	0,025	0,03	0,024	0,029	0,022	0,03	0,019	0,029
0,05	0,072	0,036	0,046	0,034	0,044	0,03	0,043	0,025	0,042
0,058	0,096	0,046	0,064	0,043	0,063	0,037	0,06	0,033	0,059
0,066	0,121	0,061	0,109	0,055	0,102	0,047	0,095	0,044	0,093

Tablo 6.3: TB45–1 tipi ızgara (0,800mX0,508m) 1/25 enine eğim ve (S_L= % 0,5 , 1, 2,8 , 5,4 , 7,5) boyuna eğimlerde Tutulan debi (Q_t) ve caddedeki Toplam debi (Q) Değerleri

S_L=%0.5		**S_L=%1**		**S_L=%2,8**		**S_L=%5,4**		**S_L=%7.5**	
Qt	Q	Qt	Q	Qt	Q	Qt	Q	Qt	Q
0,05	0,063	0,05	0,056	0,049	0,055	0,028	0,03	0,02	0,021
0,055	0,072	0,055	0,064	0,054	0,063	0,039	0,043	0,036	0,042
0,06	0,084	0,06	0,073	0,058	0,071	0,05	0,059	0,049	0,058
0,065	0,095	0,065	0,082	0,063	0,079	0,06	0,075	0,058	0,073
0,07	0,108	0,071	0,096	0,068	0,09	0,065	0,084	0,063	0,082
0,076	0,12	0,076	0,109	0,073	0,101	0,07	0,095	0,067	0,092

Tablo 6.4: TB45–3 tipi ızgara (0,682mX0,590m) 1/25 enine eğim ve (S_L= % 0,5 , 1, 2,8 , 5,4 , 7,5) boyuna eğimlerde Tutulan debi (Q_t) ve caddedeki Toplam debi (Q) Değerleri

S_L=%0.5		S_L=%1		S_L=%2,8		S_L=%5,4		S_L=%7.5	
Qt	Q	Qt	Q	Qt	Q	Qt	Q	Qt	Q
0,05	0,063	0,035	0,037	0,028	0,029	0,027	0,03	0,024	0,029
0,055	0,072	0,049	0,056	0,034	0,037	0,037	0,043	0,029	0,035
0,06	0,083	0,054	0,064	0,04	0,045	0,044	0,053	0,034	0,042
0,066	0,094	0,065	0,082	0,048	0,055	0,049	0,06	0,045	0,058
0,072	0,107	0,071	0,094	0,052	0,063	0,058	0,075	0,054	0,073
0,078	0,12	0,077	0,107	0,061	0,079	0,067	0,095	0,062	0,092

Tablo 6.5: TB45–5 tipi ızgara (0,863Mx0,749m) 1/25 enine eğim ve (S_L= % 0,5 , 1, 2,8 , 5,4 , 7,5) boyuna eğimlerde Tutulan debi (Q_t) ve caddedeki Toplam debi (Q) Değerleri

S_L=%0.5		S_L=%1		S_L=%2,8		S_L=%5,4		S_L=%7.5	
Qt	Q	Qt	Q	Qt	Q	Qt	Q	Qt	Q
0,078	0,115	0,058	0,068	0,048	0,053	0,046	0,055	0,041	0,053
0,085	0,131	0,079	0,103	0,057	0,067	0,061	0,078	0,049	0,064
0,09	0,152	0,086	0,117	0,067	0,081	0,071	0,096	0,056	0,077
0,096	0,172	0,098	0,149	0,077	0,1	0,077	0,109	0,071	0,106
0,101	0,195	0,103	0,171	0,083	0,115	0,089	0,137	0,083	0,133
0,106	0,219	0,108	0,195	0,093	0,144	0,098	0,173	0,091	0,167

Tablo 6.6: MASS tipi ızgara (0,574mX0,597m) 1/25 enine eğim ve (S_L= % 0,5 , 1, 2,8, 5,4 , 7,5) boyuna eğimlerde Tutulan debi (Q_t) ve caddedeki Toplam debi (Q) Değerleri

S_L=%0.5		S_L=%1		S_L=%2,8		S_L=%5,4		S_L=%7.5	
Qt	Q	Qt	Q	Qt	Q	Qt	Q	Qt	Q
0,035	0,041	0,034	0,037	0,02	0,021	0,02	0,021	0,019	0,021
0,041	0,049	0,039	0,045	0,028	0,029	0,027	0,03	0,025	0,029
0,049	0,063	0,046	0,056	0,04	0,044	0,039	0,043	0,037	0,042
0,054	0,072	0,05	0,064	0,051	0,063	0,05	0,06	0,05	0,059
0,059	0,083	0,06	0,082	0,06	0,079	0,06	0,075	0,059	0,073
0,064	0,095	0,072	0,105	0,071	0,101	0,069	0,095	0,069	0,092

Tablo 6.7: TBV-3 tipi ızgara (0,682mX0,590m) 1/25 enine eğim ve (S_L= % 0,5, 1, 2,8, 5,4 , 7,5) boyuna eğimlerde Tutulan debi (Q_t) ve caddedeki Toplam debi (Q) Değerleri

S_L=%0.5		S_L=%1		S_L=%2,8		S_L=%5,4		S_L=%7.5	
Qt	Q	Qt	Q	Qt	Q	Qt	Q	Qt	Q
0,041	0,049	0,014	0,014	0,013	0,014	0,013	0,015	0,016	0,021
0,049	0,063	0,028	0,03	0,025	0,029	0,021	0,03	0,019	0,029
0,054	0,072	0,038	0,045	0,035	0,044	0,031	0,043	0,025	0,042
0,063	0,094	0,049	0,065	0,045	0,063	0,036	0,054	0,034	0,058
0,073	0,122	0,057	0,082	0,053	0,08	0,039	0,061	0,04	0,073
		0,066	0,106	0,06	0,101	0,044	0,076	0,045	0,092

Tablo 6.8: TBV-5 tipi ızgara (0,863mX0,749m) 1/25 enine eğim ve (S_L= % 0,5 , 1 , 2,8 , 5,4 , 7,5) boyuna eğimlerde Tutulan debi (Q_t) ve caddedeki Toplam debi (Q) Değerleri

S_L=%0.5		**S_L=%1**		**S_L=%2,8**		**S_L=%5,4**		**S_L=%7.5**	
Qt	Q	Qt	Q	Qt	Q	Qt	Q	Qt	Q
0,067	0,09	0,025	0,026	0,024	0,026	0,023	0,027	0,028	0,038
0,077	0,114	0,047	0,054	0,043	0,053	0,037	0,054	0,033	0,053
0,083	0,13	0,062	0,083	0,058	0,08	0,052	0,078	0,041	0,077
0,091	0,171	0,078	0,117	0,072	0,114	0,058	0,097	0,054	0,106
0,098	0,221	0,086	0,149	0,079	0,145	0,062	0,11	0,062	0,133
		0,093	0,193	0,086	0,183	0,067	0,139	0,066	0,166

Manning Formülü kullanılarak yukarıdaki tablolarda okunan debi değerlerinden derinlikler [d(m)] elde edilmiştir.

Su Derinliği [d(m)] ;

$$d=T.S_x \qquad \textbf{(5.38)}$$

ifadesinden,

Arktaki Suyun Alanı [A(m^2)] [Islak Alan] ;

$$A = \frac{T.d}{2} = \frac{T^2 S_x}{2} \qquad \textbf{(5.39)}$$

denkleminden,

Islak Çevre [Ç(m)] ;

$$Ç = d + \sqrt{T^2 + d^2} \qquad \textbf{(5.40)}$$

ifadesinden,

Suyun caddeye yayılma miktarı [T(m)] ;

$$T = \frac{d}{S_x} \qquad \textbf{(5.41)}$$

denkleminden bulunabilir.

Manning Formülünden,

$$V = \frac{1}{n}.R^{2/3}.S_L^{1/2} \qquad \textbf{(5.42)}$$

hesaplanır;

Hidrolik Yarıçap [R(m)];

$$R = \frac{\text{Islak Alan}}{\text{Islak Çevre}} = \left[\frac{T^2 Sx / 2}{d + \sqrt{T^2 + d^2}} \right] \qquad \textbf{(5.43)}$$

Bu değerler denklem (5.27) de yerine konursa

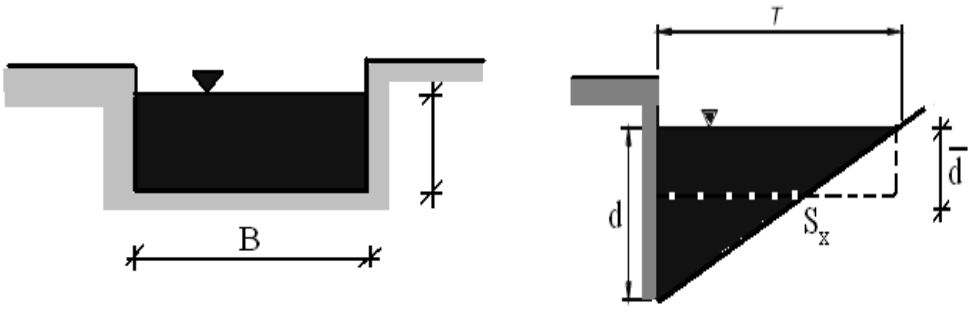
$$V = \frac{1}{n}.\left[\frac{T^2 S_x / 2}{d + \sqrt{d^2 + T^2}}\right]^{2/3} .S_L^{1/2} \qquad \textbf{(5.44)}$$

ifadesi elde edilir.

Boyuna değişen eğim değerleri denklem (5.4.) de yerine konularak, S_x yerine enine yol eğimi 1/25 ve "n" Manning pürüzlülük sabiti değeri 0,013 kabul edilerek su derinlikleri hesaplanabilir. Bu işlem tüm ızgara modelleri için uygulanmıştır. Sonra elde edilen bu [d(m)] (su derinliği) değerlerinden etkili derinlik denilen [$\bar{d}$ (m)] değerleri bulunmuştur. [$\bar{d}$ (m)] değerleri üniform (üçgen) kesitli arkın dikdörtgen kesitli kanala benzetilmesiyle bulunur.(Şekil 20) Akış hızı(V(m/s)) ve [$\bar{d}$ (m)] kullanılarak Froude sayısı bulunur. Froude sayısına bakarak akımın rejimi belirlenir [10,11]. Bu hesaplamalarda

B: Dikdörtgen kanal taban genişliğini

d: Su derinliğini göstermektedir.



Şekil 6.3: Üçgen kesitli arkın dikdörtgen kesitli kanala benzetilmesi ve etkili derinlik. [$\bar{d}$ (m)]

Etkili derinlik;

$$\bar{d} = \frac{A}{T} \qquad \textbf{(5.45)}$$

İfadesi ile hesaplanabilir.

Froude Sayısı;

Froude Sayısı akımın rejimini belirleyen boyutsuz bir sayı olup 1'den küçük olması

halinde nehir rejimi olduğunu belirtir. Froude sayısı aşağıdaki gibi hesaplanır.[23]

$$F = \frac{V}{\sqrt{gd}} \qquad \textbf{(5.46)}$$

Bu ifadede;

V: ortalama akım hızını (m/s)

g: yerçekimi ivmesini (m/s^2)

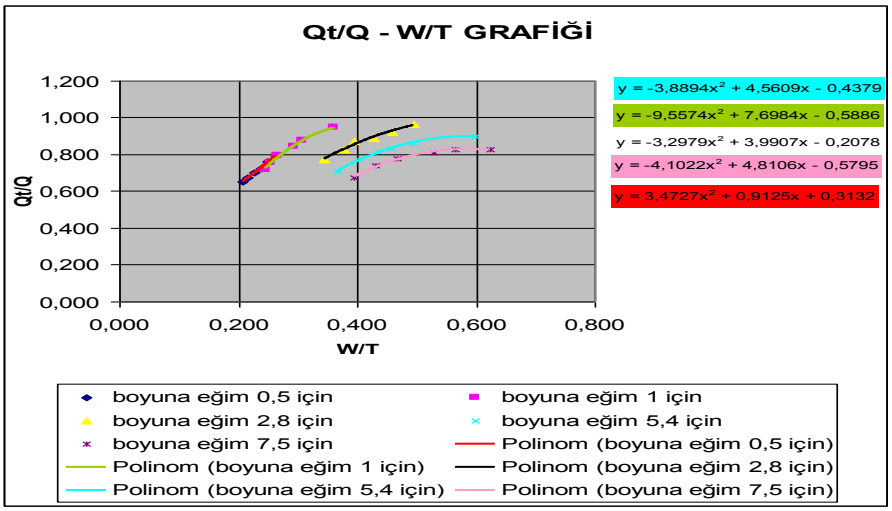
d: su derinliğini (m) göstermektedir.

Etkili su derinliği [$\bar{d}$ (m)], (5.46)'da yerine konarak;

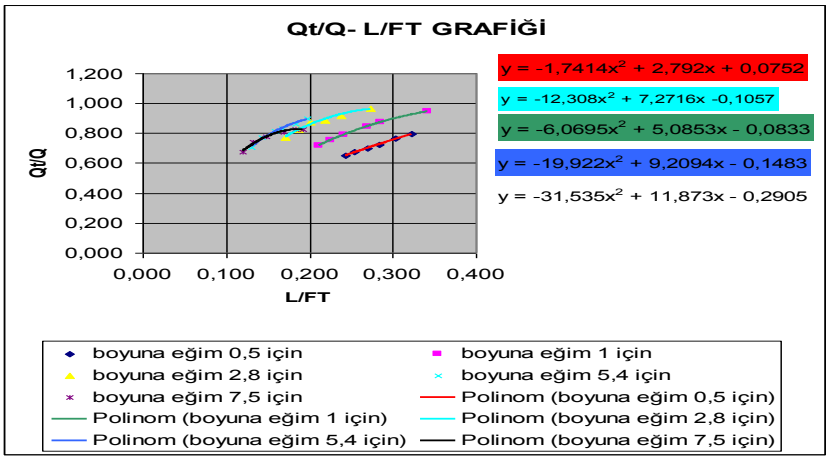
$$F = \frac{V}{\sqrt{g.\bar{d}}} \qquad \textbf{(5.47)}$$

İfadesi elde edilir.

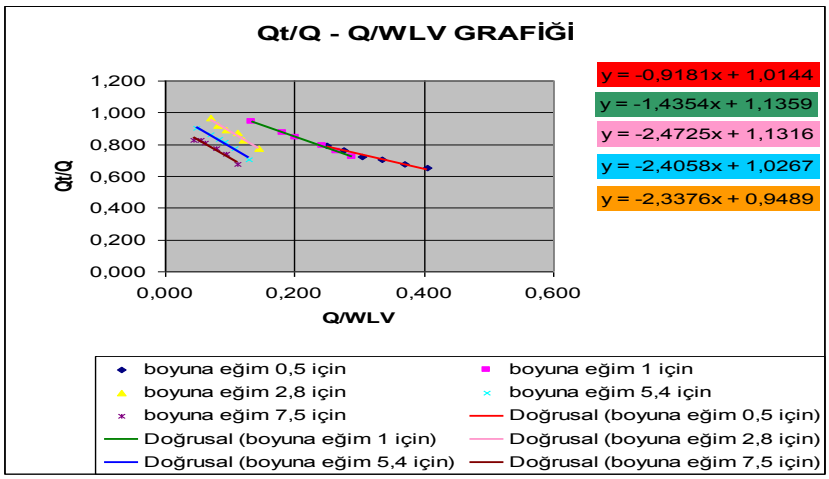
Bulunan $\bar{d}$ (m), T(m), V(m/s), Q_T (m^3/s), Froude sayısı değerleri her bir boyuna eğim değeri için Ekler bölümünde Tablo A.1'de verilmiştir. Bu değerler esas alınarak çalışmanın temelini oluşturan boyutsuz değerler elde edilmiştir(Qt/Q, F, L/FT, W/T, WL/Td, Q/WLV). Bu değerlerde Tablo A.1'de tüm ızgaralar için, değişen boyuna eğim değerlerinde verilmiştir. W/T L/FT boyutsuz ifadeleri daha önce yapılmış çalışmalarda bulunarak kullanılan değerlerdir. Bu ifadelere bu çalışmada çalışmanın derinliğini arttırması açısından yer verilmiştir. Q_t/Q verimi ifade ettiği için en temel ifadedir; zaten tüm elde edilen grafiklerde de bu boyutsuz ifadenin değişimi gözlenmiştir. (Şekil 6.4, 6.5, 6.6, 6.7, 6.8)



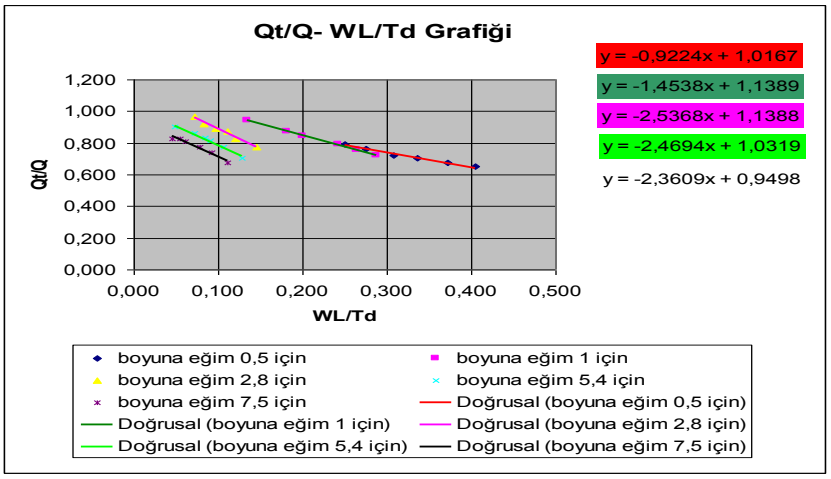
Şekil 6.4: Değişen boyuna eğim değerlerinde Qt/Q - W/T grafiği



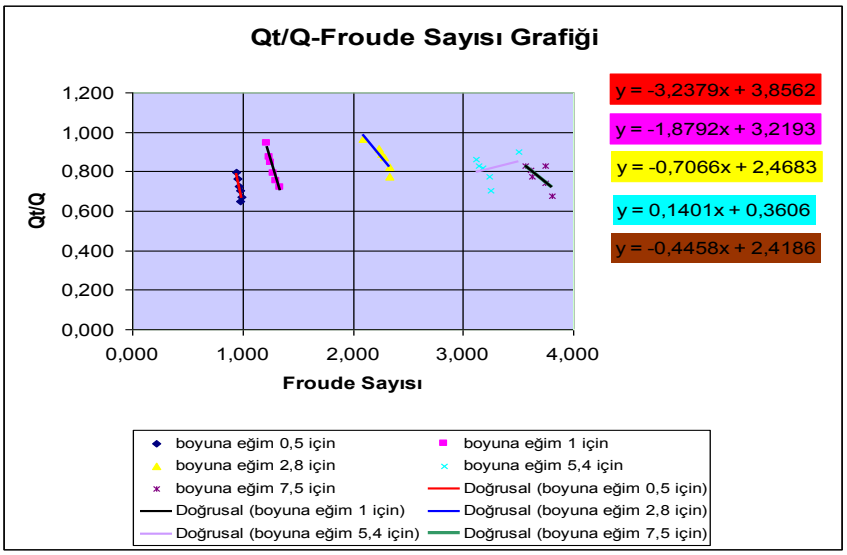
Şekil 6.5: Değişen boyuna eğim değerlerinde Qt/Q - L/FT grafiği



Şekil 6.6: Değişen boyuna eğim değerlerinde Qt/Q - Q/WLV grafiği



Şekil 6.7: Değişen boyuna eğim değerlerinde Qt/Q - WL/Td grafiği



Şekil 6.8: Değişen boyuna eğim değerlerinde Qt/Q - F grafiği

Izgaralarda tutulan debinin toplam debiye oranının (Q_t/Q) Tablo A.1` de verilen Froude sayısı, Qt /Q, L/FT, W/T, WL/TD, Q/WLV boyutsuz değerleriyle değişimini gösteren grafikler tüm ızgara modelleri için değişen boyuna eğim değerlerinde sırasıyla Şekil B.1` den Şekil B.40`a kadar Eklerde verilmiştir.

7. SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ VE ÖNERİLER

Bulunan $\bar{d}$ (m), T(m), V(m/s), Q_T (m^3/s), Froude sayısı değerleri her bir boyuna eğim değeri için Tablo A.1'den alınarak Qt/Q, F, L/FT, W/T, WL/Td, Q/WLV boyutsuz değerleri elde edilmiştir. Elde edilen bu boyutsuz ifadelerin Qt/Q ile değişimi Ekler kısmında sırasıyla Şekil B.1` den Şekil B.40`a kadar verilmiştir. Grafikler Qt/Q boyutsuz ifadesinin beş farklı boyuna eğim değerinde bahsedilen boyutsuz ifadelerle değişimini vermektedir. (Şekil 6.4, 6.5, 6.6, 6.7, 6.8)

Daha önceki çalışmalardan farklı olarak bu çalışmada ilk defa WL/Td, Q/WLV boyutsuz ifadeleri bulunarak değerlendirmelerde kullanılmıştır. Qt/Q, F, L/FT, W/T boyutsuz ifadeleri yanında WL/Td, Q/WLV boyutsuz ifadeleri bulunarak daha kapsamlı sonuçlara ulaşılmıştır.

Grafikler sekiz farklı ızgara modeli için ifade edilmiştir ve ızgaraların verimlilikleri boyutsuz olarak değerlendirilmiştir. Grafiklerde ilk olarak her ızgara modeli için değişen boyuna eğim değerlerinde Şekil B.1`den Şekil B.8`e kadar sırasıyla Qt/Q boyutsuz ifadesinin W/T boyutsuz ifadesiyle değişimi verilmektedir. Grafiklerde görüleceği üzere W/T ifadesi sabit enine ve boyuna eğim değerinde arttıkça verim(Qt/Q) artmakta; fakat bu artış azalarak devam etmektedir. Yalnız Mass ızgarasında verim çok daha sert bir şekilde artmaktadır. Boyuna eğim %1 değerindeyken bu artış diğer ızgaralara kıyasla çok daha yüksektir.

Grafiklerde ikinci olarak sırasıyla Şekil B.9`dan Şekil B.16`ya kadar Qt/Q ifadesinin L/FT boyutsuz iadesiyle değişimi verilmektedir.(Şekil 43; Şekil 50) Tüm modellerde görüleceği üzere L/FT ifadesinin artması verimin artmasıyla doğru orantılıdır. Yalnız Mass ızgarasında bu artış oranı çok daha serttir.

Qt/Q boyutsuz ifadesinin Q/WLV boyutsuz ifadesi ile değişimini gösteren grafikler sırasıyla Şekil B.17`den Şekil B.24`e kadar Eklerde verilmiştir; bu garfiklerden görüleceği üzere verim Q/WLV boyutsuz ifadesinin artmasıyla azalmaktadır. Tüm boyuna eğim değerlerinde her bir ızgara modeli için bu şekilde gözlenmiştir. Aynı

şekilde WL/Td boyutsuz ifadesinin artmasıyla da verimin azaldığı sırasıyla Şekil B.25`den Şekil B.32`ye kadar grafiklerde gözlemlenmiştir. Yalnız Mass ızgarasında bu düşüş daha serttir.

Verimin Froude sayısıyla değişimi tüm boyuna eğim değerlerinde Şekil B.33`den Şekil B.40`a kadar grafiklerde görüldüğü gibidir. Grafikler değerlendirildiğinde Froude sayısının artmasıyla verimin azaldığı açıkça görülmektedir. Bu sonuç tüm ızgara modellerinde aynıdır. Ayrıca boyuna eğim arttıkça akımın hızı ve Froude sayısı artmaktadır. Deneylerin tamamına yakını sel rejiminde yapılmıştır.

Izgaraların tamamında ızgara boyunun ve genişliğinin artması ızgara verimini arttırmıştır. Izgara boyları ile ilgili ekonomik optimizasyon çalışmaları ızgaraların boyunu ve genişliğini sınırlamaktadır. Yaya ve bisiklet güvenliği de aynı şekilde ızgaralardaki ızgara genişliğini sınırlayıcı bir etkendir. Akımın derinliğinin artmasıyla verim arasında da doğru bir orantı olduğu gözlenmiştir.

Genel olarak bakıldığında oluşacak zararlar düşünülünce ve bunun ekonomiye ve kentsel yaşam kalitesine etkisi değerlendirildiğinde ekonomik sınarların biraz daha yukarı çekilmesi uygun görünmektedir. Izgaraların sayısı arttırılabilir ya da boylarında bir değişime gidilebilir. Bu çalışmanın dışında önceki yapılan değerlendirilmeler göz önüne alındığında birleşik girişlerinin ızgara girişlerinden daha verimli olduğu görülmüştür. Yapılan incelemelerde çok ihtiyaç duyulan yerlerde ekonomik optimizasyon yapılmaksızın birleşik girişleri kullanmak daha sağlıklı görünmektedir.

Tüm ızgaralar verimlilikleri açısından kıyaslandıklarında, beş farklı boyuna eğim değerinde ORE-L ızgarasının en verimli ızgara çeşidi olduğu gözlemlenmiştir. Diğer ızgaralar en verimliden en az verimliye sıralandığında TB45–3, TB45–1, MASS, ORE-T, TBV–3, TB45–5, TBV–5 şeklindedir.

KAYNAKLAR

[1] **Vanessa Hatcer, P.E., Jim Noll, P.E.** 2007. Designing Surface Water Runoff Controls for Paved Surfaces, USA.

[2] **Uyumaz, A.,** 1991. Yağmursuyu Drenajı, İstanbul Teknik Üniversitesi Matbaası, İstanbul.

[3] **S.A. Brown, S.M. Stein, J.C. Warner.** 2001. Federal Highway Administration (FHWA). Urban Draniage 4.2. Surface Drainage. Colorado, USA.

[4] **Gibb Anglian, Nippon Koei.** 1999. Nihai Rapor Cilt 4, Kısım A. İSKİ, İstanbul, Türkiye.

[5] **Muslu, Y.,** 1993. Hidroloji ve Meskun Bölge Drenajı, İstanbul Teknik Üniversitesi Matbaası, İstanbul.

[6] **Vojinovic, Z., Solomatine, D.P.** 2005. Multi-Criteria Global Evolutionary Optimisation Approach to Rehabilitation of Urban Drainage Systems, UNESCO-IHE, Institute for Water Education, DA Delft, The Netherlands.

[7] **Schall, J.D., Richardson, E.V.**, 2001. Introduction to highway hydraulic design series number 4 (HDS 4), Colorado, USA.

[8] **Ağaççıoğlu, H., Coşar, A.**, 2000. Drenaj Tekniği ve Uygulamaları. YTÜ. İstanbul.

[9] **Woo, D.C., and Jones, J.Sterling,** 1974. Hydraulic Characteristics of Two Bicyclesafe Grate Inlet Designs, U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration , Washington, D.C., USA.

[10] **Uyumaz, A.** 1994. Highway Storm Drainage with Kerb-Opening Inlets, The Science of The Total Environment, pp.471-478. Istanbul Technical University, Istanbul, Turkey.

[11] **Uyumaz, A.** 1992. Discharge Capacity for Curb-Opening Inlets, ASCE, Journel of Hydraulic Engineering, pp.1048-1051. Istanbul Technical University, Istanbul, Turkey.

[12] State of Wisconsin Department of Transportation, Bureau of Highway Devolopment, Hydraulic Design of Inlets, 1997. USA.

[13] **Uyumaz, A.** 2003. Urban Storm Drainage with Kurb-Opening Inlets, 9. Technical Conference for Civil Engineering Society of Turkey, Istanbul Technical University, Istanbul, Turkey.

[14] **Theodore A Endreny**, 1993. Proğram in Hydrological Systems Science & Enginering, State University of New York College of Environmental Science and Forestry, Syracuse, NY, USA.

[15] **S.A. Brown, S.M. Stein, J.C. Warner**, 2001. Urban Drainage Design Manual Hydraulic Engineering Circular 22, Second Edition, Washington, D.C.

[16] Federal Highway Administration (**FHWA**). 1996. *Urban Drainage Design Manual.* Hydraulic Engineering Circular 22. Washington, D.C.

[17] Stormsewer Appurtenances, 2002. Haestad Methods Inc., Waterbury CT.

[18] **Tezel, G.**, 2005. Meskun Bölge Yollarındaki Yağmursuyu Drenaj Sistemlerinin Hidroliği ve Tasarımı, Y.L. Tezi, İTÜ, İstanbul.

[19] **Izzard, C. F.**, Hydraulics of Runoff from developed Surfaces, Proc. Highway Research Board, vol. 26. Highway Research Board, Washington DC, 1946.

[20] **Jens, S.W.,** 1979. Design of Urban Highway Drainage, U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration, Washington D.C. 20590, USA.

[21] **Şahin, H.İ.**, 2006. Izgara Tipi Giriş Yerlerinin İncelenmesi ve Meskun Bölge Drenajı, Y.L. Tezi, İTÜ, İstanbul.

[22] Hydraulic Design of The Stormwater System, September 2004, International Stormwater Management Manual for Development/Redevelopment.

[23] **Aytek, A., Ağıralioğlu, N.** 2006. Akarsu Deltaları Oluşumunun Matematik Modellenmesi**,** İTÜ Dergisi, Cilt:5, Sayı:5, Ayazağa, İstanbul.

ÖZGEÇMİŞ

M. Bahattin AVCUOĞLU, 20 Ocak 1982'de Zonguldak'ta doğdu. Lise öğrenimini 1999 yılında Kayseri Sümer Lisesi'nde tamamlayarak aynı yıl İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi İnşaat Müh. Bölümüne başladı. 2004 yılında Lisans öğrenimini bitirerek aynı yıl İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi Hidrolik Anabilim Dalında Lisansüstü eğitimine başladı. Lisansüstü eğitimine devam ettiği sırada İSKİ'de Atıksu İnşaat Daire Başkanlığında kontrol müh. olarak işe başladı. 2007 yılında İSKİ' deki görevinden istifa ederek DSİ Genel Müdürlükte Barajlar ve HES Daire Başkanlığında Baraj Temel Müh. Şubesi'nde göreve başladı. Halen DSİ'de proje kontrolörü olarak çalışmaktadır.

EKLER

Tablo A.1 Deneylerde kullanılan tüm ızgara modelleri için $\bar{d}$ (m), T(m), V(m/s), Q_t (m^3/s), Q(m^3/s), Froude sayısı, Q_t /Q, L/FT, W/T, WL/TD, Q/WLV değerleri.

ORE-L TİPİ IZGARA (0,780mX0,508m) S_L=%0,5												
TUTULAN DEBİ Qt (m3/s)	TOPLAM DEBİ Q (m3/s)	ETKİLİ DERİNLİK (d)	IZGARA GENİŞLİĞİ (W)	IZGARA BOYU (L)	T YAYILMA MİKTARI	V m/s	Qt/Q	F Froude sayısı	L/FT	W/T	WL/Td	Q/WLV
0,049	0,063	0,045	0,508	0,780	2,236	0,63	0,778	0,947	0,368	0,227	0,254	0,252
0,054	0,072	0,047	0,508	0,780	2,357	0,648	0,750	0,953	0,347	0,216	0,280	0,280
0,059	0,084	0,050	0,508	0,780	2,489	0,678	0,702	0,970	0,323	0,204	0,314	0,313
0,063	0,095	0,052	0,508	0,780	2,603	0,701	0,663	0,981	0,305	0,195	0,342	0,342
0,068	0,108	0,055	0,508	0,780	2,725	0,727	0,630	0,994	0,288	0,186	0,378	0,375
0,073	0,12	0,057	0,508	0,780	2,857	0,735	0,608	0,982	0,278	0,178	0,411	0,412
ORE-L TİPİ IZGARA (0,780mX0,508m) S_L=%1												
TUTULAN DEBİ Qt (m3/s)	TOPLAM DEBİ Q (m3/s)	ETKİLİ DERİNLİK (d)	IZGARA GENİŞLİĞİ (W)	IZGARA BOYU (L)	T YAYILMA MİKTARI	V m/s	Qt/Q	F Froude sayısı	L/FT	W/T	WL/Td	Q/WLV
0,021	0,021	0,027	0,508	0,780	1,355	0,572	1,000	1,105	0,521	0,375	0,092	0,093
0,028	0,03	0,031	0,508	0,780	1,532	0,639	0,933	1,166	0,437	0,332	0,120	0,118
0,041	0,045	0,035	0,508	0,780	1,756	0,73	0,911	1,245	0,357	0,289	0,155	0,156
0,053	0,064	0,040	0,508	0,780	2,010	0,792	0,828	1,262	0,307	0,253	0,203	0,204
0,062	0,082	0,044	0,508	0,780	2,205	0,843	0,756	1,282	0,276	0,230	0,245	0,245
0,073	0,107	0,048	0,508	0,780	2,419	0,914	0,682	1,327	0,243	0,210	0,293	0,295
ORE-L TİPİ IZGARA (0,780mX0,508m) S_L=%2,8												
TUTULAN DEBİ Qt (m3/s)	TOPLAM DEBİ Q (m3/s)	ETKİLİ DERİNLİK (d)	IZGARA GENİŞLİĞİ (W)	IZGARA BOYU (L)	T YAYILMA MİKTARI	V m/s	Qt/Q	F Froude sayısı	L/FT	W/T	WL/Td	Q/WLV
0,02	0,021	0,021	0,508	0,780	1,067	0,923	0,952	2,010	0,364	0,476	0,057	0,057
0,028	0,029	0,024	0,508	0,780	1,199	1,009	0,966	2,081	0,313	0,424	0,073	0,073
0,04	0,044	0,027	0,508	0,780	1,374	1,166	0,909	2,247	0,253	0,370	0,094	0,095
0,051	0,063	0,031	0,508	0,780	1,568	1,281	0,810	2,309	0,215	0,324	0,123	0,124
0,06	0,079	0,034	0,508	0,780	1,713	1,346	0,759	2,323	0,196	0,297	0,147	0,148
0,071	0,101	0,037	0,508	0,780	1,874	1,438	0,703	2,372	0,175	0,271	0,175	0,177
ORE-L TİPİ IZGARA (0,780mX0,508m) S_L=%5,4												
TUTULAN DEBİ Qt (m3/s)	TOPLAM DEBİ Q (m3/s)	ETKİLİ DERİNLİK (d)	IZGARA GENİŞLİĞİ (W)	IZGARA BOYU (L)	T YAYILMA MİKTARI	V m/s	Qt/Q	F Froude sayısı	L/FT	W/T	WL/Td	Q/WLV
0,02	0,021	0,018	0,508	0,780	0,905	1,281	0,952	3,028	0,285	0,561	0,041	0,041
0,027	0,03	0,020	0,508	0,780	0,987	1,54	0,900	3,500	0,226	0,515	0,050	0,049
0,039	0,043	0,024	0,508	0,780	1,191	1,515	0,907	3,134	0,209	0,427	0,072	0,072
0,05	0,06	0,027	0,508	0,780	1,351	1,643	0,833	3,192	0,181	0,376	0,092	0,092
0,06	0,075	0,030	0,508	0,780	1,479	1,715	0,800	3,185	0,166	0,343	0,112	0,110
0,069	0,095	0,032	0,508	0,780	1,611	1,83	0,726	3,255	0,149	0,315	0,130	0,131
ORE-L TİPİ IZGARA (0,780mX0,508m) S_L=%7,5												
TUTULAN DEBİ Qt (m3/s)	TOPLAM DEBİ Q (m3/s)	ETKİLİ DERİNLİK (d)	IZGARA GENİŞLİĞİ (W)	IZGARA BOYU (L)	T YAYILMA MİKTARI	V m/s	Qt/Q	F Froude sayısı	L/FT	W/T	WL/Td	Q/WLV
0,019	0,021	0,018	0,508	0,780	0,892	1,32	0,905	3,143	0,278	0,570	0,041	0,040
0,025	0,029	0,019	0,508	0,780	0,942	1,635	0,862	3,804	0,218	0,539	0,045	0,045
0,037	0,042	0,022	0,508	0,780	1,123	1,666	0,881	3,550	0,196	0,452	0,062	0,064
0,05	0,059	0,025	0,508	0,780	1,265	1,844	0,847	3,702	0,167	0,402	0,080	0,081
0,059	0,073	0,027	0,508	0,780	1,368	1,951	0,808	3,767	0,151	0,371	0,093	0,094
0,069	0,092	0,030	0,508	0,780	1,501	2,041	0,750	3,761	0,138	0,338	0,114	0,114

ORE-T TİPİ IZGARA (0,812mX0,495m) S_L=%0,5												
TUTULAN DEBİ Qt (m3/s)	TOPLAM DEBİ Q (m3/s)	ETKİLİ DERİNLİK (d)	IZGARA GENİŞLİĞİ (W)	IZGARA BOYU (L)	T YAYILMA MİKTARI	V m/s	Qt/Q	F Froude sayısı	L/FT	W/T	WL/Td	Q/WLV
0,029	0,037	0,034	0,495	0,812	1,704	0,637	0,784	1,098	0,434	0,290	0,144	0,145
0,04	0,049	0,041	0,495	0,812	2,043	0,587	0,816	0,928	0,428	0,242	0,208	0,208
0,047	0,063	0,045	0,495	0,812	2,236	0,63	0,746	0,951	0,382	0,221	0,250	0,249
0,05	0,072	0,047	0,495	0,812	2,359	0,647	0,694	0,951	0,362	0,210	0,276	0,277
0,058	0,096	0,052	0,495	0,812	2,604	0,708	0,604	0,991	0,315	0,190	0,337	0,337
0,066	0,121	0,057	0,495	0,812	2,867	0,736	0,545	0,981	0,289	0,173	0,407	0,409
ORE-T TİPİ IZGARA (0,812mX0,495m) S_L=%1												
TUTULAN DEBİ Qt (m3/s)	TOPLAM DEBİ Q (m3/s)	ETKİLİ DERİNLİK (d)	IZGARA GENİŞLİĞİ (W)	IZGARA BOYU (L)	T YAYILMA MİKTARI	V m/s	Qt/Q	F Froude sayısı	L/FT	W/T	WL/Td	Q/WLV
0,014	0,014	0,022	0,495	0,812	1,112	0,566	1,000	1,207	0,605	0,445	0,061	0,062
0,019	0,021	0,027	0,495	0,812	1,373	0,557	0,905	1,073	0,551	0,361	0,092	0,094
0,025	0,03	0,031	0,495	0,812	1,532	0,639	0,833	1,166	0,455	0,323	0,118	0,117
0,036	0,046	0,035	0,495	0,812	1,771	0,733	0,783	1,244	0,369	0,280	0,154	0,156
0,046	0,064	0,04	0,495	0,812	2,013	0,79	0,719	1,258	0,321	0,246	0,200	0,202
0,061	0,109	0,048	0,495	0,812	2,414	0,935	0,560	1,359	0,248	0,205	0,288	0,290
ORE-T TİPİ IZGARA (0,812mX0,495m) S_L=%2,8												
TUTULAN DEBİ Qt (m3/s)	TOPLAM DEBİ Q (m3/s)	ETKİLİ DERİNLİK (d)	IZGARA GENİŞLİĞİ (W)	IZGARA BOYU (L)	T YAYILMA MİKTARI	V m/s	Qt/Q	F Froude sayısı	L/FT	W/T	WL/Td	Q/WLV
0,007	0,008	0,015	0,495	0,812	0,745	0,721	0,875	1,879	0,580	0,664	0,028	0,028
0,018	0,021	0,021	0,495	0,812	1,064	0,928	0,857	2,032	0,376	0,465	0,056	0,056
0,024	0,029	0,024	0,495	0,812	1,199	1,009	0,828	2,081	0,325	0,413	0,072	0,072
0,034	0,044	0,028	0,495	0,812	1,379	1,157	0,773	2,225	0,265	0,359	0,096	0,095
0,043	0,063	0,031	0,495	0,812	1,568	1,281	0,683	2,309	0,224	0,316	0,121	0,122
0,055	0,102	0,038	0,495	0,812	1,879	1,445	0,539	2,380	0,182	0,263	0,178	0,176
ORE-T TİPİ IZGARA (0,812mX0,495m) S_L=%5,4												
TUTULAN DEBİ Qt (m3/s)	TOPLAM DEBİ Q (m3/s)	ETKİLİ DERİNLİK (d)	IZGARA GENİŞLİĞİ (W)	IZGARA BOYU (L)	T YAYILMA MİKTARI	V m/s	Qt/Q	F Froude sayısı	L/FT	W/T	WL/Td	Q/WLV
0,006	0,008	0,013	0,495	0,812	0,661	0,915	0,750	2,970	0,414	0,749	0,021	0,022
0,016	0,021	0,018	0,495	0,812	0,891	1,322	0,762	3,234	0,282	0,556	0,040	0,040
0,022	0,03	0,02	0,495	0,812	0,987	1,54	0,733	3,851	0,214	0,502	0,049	0,048
0,03	0,043	0,024	0,495	0,812	1,199	1,496	0,698	3,529	0,192	0,413	0,072	0,072
0,037	0,06	0,027	0,495	0,812	1,349	1,649	0,617	3,758	0,160	0,367	0,091	0,091
0,047	0,095	0,032	0,495	0,812	1,614	1,824	0,495	3,830	0,131	0,307	0,128	0,130
ORE-T TİPİ IZGARA (0,812mX0,495m) S_L=%7,5												
TUTULAN DEBİ Qt (m3/s)	TOPLAM DEBİ Q (m3/s)	ETKİLİ DERİNLİK (d)	IZGARA GENİŞLİĞİ (W)	IZGARA BOYU (L)	T YAYILMA MİKTARI	V m/s	Qt/Q	F Froude sayısı	L/FT	W/T	WL/Td	Q/WLV
0,006	0,008	0,012	0,495	0,812	0,620	1,04	0,750	2,530	0,518	0,798	0,019	0,019
0,015	0,021	0,018	0,495	0,812	0,883	1,346	0,714	3,162	0,291	0,561	0,040	0,039
0,019	0,029	0,019	0,495	0,812	0,937	1,651	0,655	3,500	0,248	0,528	0,044	0,044
0,025	0,042	0,023	0,495	0,812	1,125	1,658	0,595	3,086	0,234	0,440	0,064	0,063
0,033	0,059	0,025	0,495	0,812	1,257	1,866	0,559	3,206	0,201	0,394	0,078	0,079
0,044	0,093	0,03	0,495	0,812	1,497	2,075	0,473	3,242	0,167	0,331	0,112	0,112

TB45-1 TİPİ IZGARA(0,800mX0,508m) S_L=%0,5												
TUTULAN DEBİ Qt (m3/s)	TOPLAM DEBİ Q (m3/s)	ETKİLİ DERİNLİK (d)	IZGARA GENİŞLİĞİ (W)	IZGARA BOYU (L)	T YAYILMA MİKTARI	V m/s	Qt/Q	F Froude sayısı	L/FT	W/T	WL/Td	Q/WLV
0,05	0,063	0,045	0,508	0,800	2,238	0,629	0,794	0,946	0,378	0,227	0,248	0,246
0,055	0,072	0,047	0,508	0,800	2,353	0,65	0,764	0,957	0,355	0,216	0,272	0,273
0,06	0,084	0,05	0,508	0,800	2,485	0,68	0,714	0,974	0,331	0,204	0,306	0,304
0,065	0,095	0,052	0,508	0,800	2,596	0,705	0,684	0,988	0,312	0,196	0,332	0,332
0,07	0,108	0,055	0,508	0,800	2,733	0,723	0,648	0,987	0,297	0,186	0,370	0,368
0,076	0,12	0,057	0,508	0,800	2,857	0,735	0,633	0,982	0,285	0,178	0,401	0,402
TB45-1 TİPİ IZGARA(0,800mX0,508m) S_L=%1												
TUTULAN DEBİ Qt (m3/s)	TOPLAM DEBİ Q (m3/s)	ETKİLİ DERİNLİK (d)	IZGARA GENİŞLİĞİ (W)	IZGARA BOYU (L)	T YAYILMA MİKTARI	V m/s	Qt/Q	F Froude sayısı	L/FT	W/T	WL/Td	Q/WLV
0,05	0,056	0,038	0,508	0,800	1,913	0,765	0,893	1,244	0,336	0,266	0,179	0,180
0,055	0,064	0,04	0,508	0,800	2,010	0,792	0,859	1,262	0,315	0,253	0,198	0,199
0,06	0,073	0,042	0,508	0,800	2,111	0,819	0,822	1,273	0,298	0,241	0,218	0,219
0,065	0,082	0,044	0,508	0,800	2,196	0,85	0,793	1,295	0,281	0,231	0,238	0,237
0,071	0,096	0,046	0,508	0,800	2,320	0,892	0,740	1,322	0,261	0,219	0,263	0,265
0,076	0,109	0,048	0,508	0,800	2,414	0,935	0,697	1,359	0,244	0,210	0,285	0,287
TB45-1 TİPİ IZGARA(0,800mX0,508m) S_L=%2,8												
TUTULAN DEBİ Qt (m3/s)	TOPLAM DEBİ Q (m3/s)	ETKİLİ DERİNLİK (d)	IZGARA GENİŞLİĞİ (W)	IZGARA BOYU (L)	T YAYILMA MİKTARI	V m/s	Qt/Q	F Froude sayısı	L/FT	W/T	WL/Td	Q/WLV
0,049	0,055	0,03	0,508	0,800	1,495	1,23	0,891	2,262	0,237	0,340	0,110	0,110
0,054	0,063	0,031	0,508	0,800	1,571	1,276	0,857	2,298	0,222	0,323	0,120	0,121
0,058	0,071	0,033	0,508	0,800	1,647	1,309	0,817	2,303	0,211	0,308	0,134	0,133
0,063	0,079	0,034	0,508	0,800	1,713	1,346	0,797	2,323	0,201	0,297	0,143	0,144
0,068	0,09	0,036	0,508	0,800	1,802	1,386	0,756	2,332	0,190	0,282	0,160	0,160
0,073	0,101	0,037	0,508	0,800	1,874	1,438	0,723	2,372	0,180	0,271	0,171	0,173
TB45-1 TİPİ IZGARA(0,800mX0,508m) S_L=%5,4												
TUTULAN DEBİ Qt (m3/s)	TOPLAM DEBİ Q (m3/s)	ETKİLİ DERİNLİK (d)	IZGARA GENİŞLİĞİ (W)	IZGARA BOYU (L)	T YAYILMA MİKTARI	V m/s	Qt/Q	F Froude sayısı	L/FT	W/T	WL/Td	Q/WLV
0,028	0,03	0,018	0,508	0,800	0,991	1,528	0,933	3,452	0,234	0,513	0,044	0,048
0,039	0,043	0,022	0,508	0,800	1,199	1,496	0,907	3,086	0,216	0,424	0,065	0,071
0,05	0,059	0,025	0,508	0,800	1,342	1,637	0,847	3,191	0,187	0,379	0,083	0,089
0,06	0,075	0,027	0,508	0,800	1,479	1,715	0,800	3,185	0,170	0,343	0,098	0,108
0,065	0,084	0,029	0,508	0,800	1,544	1,761	0,774	3,200	0,162	0,329	0,110	0,117
0,07	0,095	0,03	0,508	0,800	1,611	1,83	0,737	3,255	0,153	0,315	0,119	0,128
TB45-1 TİPİ IZGARA(0,800mX0,508m) S_L=%7,5												
TUTULAN DEBİ Qt (m3/s)	TOPLAM DEBİ Q (m3/s)	ETKİLİ DERİNLİK (d)	IZGARA GENİŞLİĞİ (W)	IZGARA BOYU (L)	T YAYILMA MİKTARI	V m/s	Qt/Q	F Froude sayısı	L/FT	W/T	WL/Td	Q/WLV
0,02	0,021	0,02	0,508	0,800	0,878	1,363	0,952	3,272	0,278	0,579	0,043	0,038
0,036	0,042	0,024	0,508	0,800	1,115	1,689	0,857	3,611	0,199	0,456	0,066	0,061
0,049	0,058	0,027	0,508	0,800	1,266	1,808	0,845	3,628	0,174	0,401	0,084	0,079
0,058	0,073	0,03	0,508	0,800	1,370	1,944	0,795	3,750	0,156	0,371	0,101	0,092
0,063	0,082	0,031	0,508	0,800	1,434	1,993	0,768	3,758	0,148	0,354	0,109	0,101
0,067	0,092	0,032	0,508	0,800	1,494	2,062	0,728	3,809	0,141	0,340	0,118	0,110

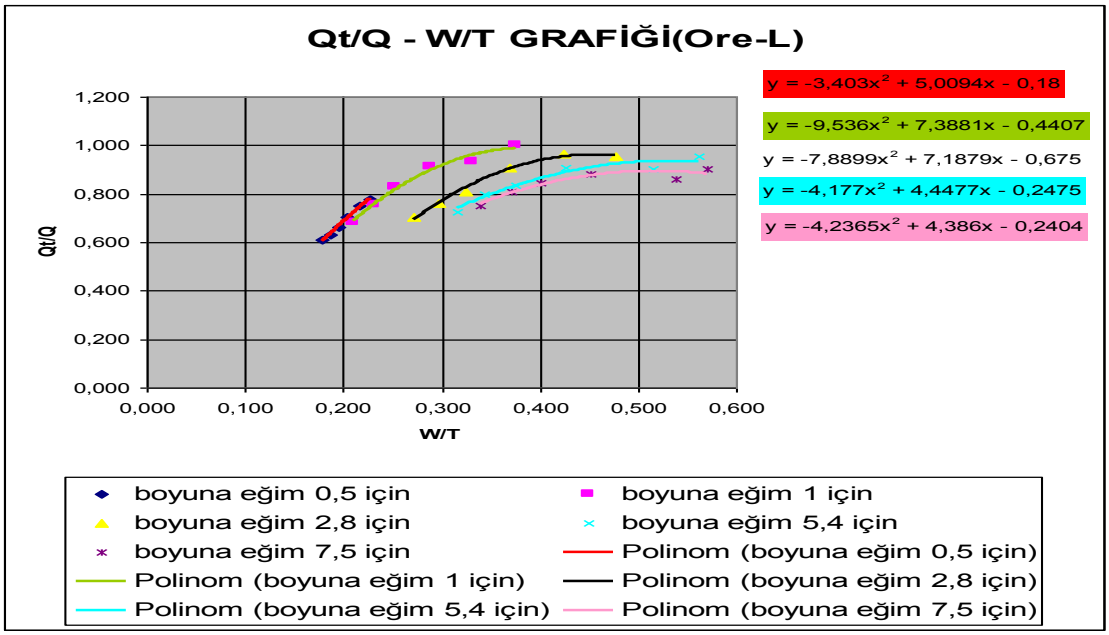
TB45-3 TİPİ IZGARA İÇİN(0,682mX0,590m) S_L=%0,5												
TUTULAN DEBİ Qt (m3/s)	TOPLAM DEBİ Q (m3/s)	ETKİLİ DERİNLİK (d)	IZGARA GENİŞLİĞİ (W)	IZGARA BOYU (L)	T YAYILMA MİKTARI	V m/s	Qt/Q	F Froude sayısı	L/FT	W/T	WL/Td	Q/WLV
0,05	0,063	0,045	0,590	0,682	2,238	0,629	0,794	0,946	0,322	0,264	0,250	0,249
0,055	0,072	0,047	0,590	0,682	2,357	0,648	0,764	0,953	0,304	0,250	0,275	0,276
0,06	0,083	0,05	0,590	0,682	2,476	0,677	0,723	0,972	0,283	0,238	0,308	0,305
0,066	0,094	0,052	0,590	0,682	2,595	0,698	0,702	0,978	0,269	0,227	0,335	0,335
0,072	0,107	0,055	0,590	0,682	2,726	0,72	0,673	0,985	0,254	0,216	0,373	0,369
0,078	0,12	0,057	0,590	0,682	2,857	0,735	0,650	0,982	0,243	0,207	0,405	0,406
TB45-3 TİPİ IZGARA İÇİN(0,682mX0,590m) S_L=%1												
TUTULAN DEBİ Qt (m3/s)	TOPLAM DEBİ Q (m3/s)	ETKİLİ DERİNLİK (d)	IZGARA GENİŞLİĞİ (W)	IZGARA BOYU (L)	T YAYILMA MİKTARI	V m/s	Qt/Q	F Froude sayısı	L/FT	W/T	WL/Td	Q/WLV
0,035	0,037	0,033	0,590	0,682	1,633	0,694	0,946	1,221	0,342	0,361	0,134	0,132
0,049	0,056	0,038	0,590	0,682	1,913	0,765	0,875	1,249	0,285	0,308	0,181	0,182
0,054	0,064	0,04	0,590	0,682	2,013	0,79	0,844	1,258	0,269	0,293	0,200	0,201
0,065	0,082	0,044	0,590	0,682	2,209	0,84	0,793	1,276	0,242	0,267	0,242	0,243
0,071	0,094	0,046	0,590	0,682	2,308	0,882	0,755	1,311	0,225	0,256	0,264	0,265
0,077	0,107	0,048	0,590	0,682	2,410	0,921	0,720	1,339	0,211	0,245	0,287	0,289
TB45-3 TİPİ IZGARA İÇİN(0,682mX0,590m) S_L=%2,8												
TUTULAN DEBİ Qt (m3/s)	TOPLAM DEBİ Q (m3/s)	ETKİLİ DERİNLİK (d)	IZGARA GENİŞLİĞİ (W)	IZGARA BOYU (L)	T YAYILMA MİKTARI	V m/s	Qt/Q	F Froude sayısı	L/FT	W/T	WL/Td	Q/WLV
0,028	0,029	0,024	0,590	0,682	1,193	1,018	0,966	2,096	0,273	0,495	0,071	0,071
0,034	0,037	0,026	0,590	0,682	1,284	1,122	0,919	2,236	0,238	0,460	0,083	0,082
0,04	0,045	0,028	0,590	0,682	1,381	1,179	0,889	2,265	0,218	0,427	0,096	0,095
0,048	0,055	0,03	0,590	0,682	1,492	1,235	0,873	2,283	0,200	0,395	0,111	0,111
0,052	0,063	0,031	0,590	0,682	1,563	1,289	0,825	2,328	0,187	0,377	0,120	0,121
0,061	0,079	0,034	0,590	0,682	1,711	1,35	0,772	2,331	0,171	0,345	0,145	0,145
TB45-3 TİPİ IZGARA İÇİN(0,682mX0,590m) S_L=%5,4												
TUTULAN DEBİ Qt (m3/s)	TOPLAM DEBİ Q (m3/s)	ETKİLİ DERİNLİK (d)	IZGARA GENİŞLİĞİ (W)	IZGARA BOYU (L)	T YAYILMA MİKTARI	V m/s	Qt/Q	F Froude sayısı	L/FT	W/T	WL/Td	Q/WLV
0,027	0,03	0,02	0,590	0,682	0,985	1,546	0,900	3,503	0,198	0,599	0,049	0,048
0,037	0,043	0,024	0,590	0,682	1,194	1,509	0,860	3,119	0,183	0,494	0,071	0,071
0,044	0,053	0,026	0,590	0,682	1,294	1,583	0,830	3,142	0,168	0,456	0,084	0,083
0,049	0,06	0,027	0,590	0,682	1,354	1,637	0,817	3,176	0,159	0,436	0,091	0,091
0,058	0,075	0,029	0,590	0,682	1,469	1,738	0,773	3,238	0,143	0,402	0,106	0,107
0,067	0,095	0,032	0,590	0,682	1,611	1,83	0,705	3,255	0,130	0,366	0,128	0,129
TB45-3 TİPİ IZGARA İÇİN(0,682mX0,590m) S_L=%7,5												
TUTULAN DEBİ Qt (m3/s)	TOPLAM DEBİ Q (m3/s)	ETKİLİ DERİNLİK (d)	IZGARA GENİŞLİĞİ (W)	IZGARA BOYU (L)	T YAYILMA MİKTARI	V m/s	Qt/Q	F Froude sayısı	L/FT	W/T	WL/Td	Q/WLV
0,024	0,029	0,019	0,590	0,682	0,946	1,62	0,828	3,746	0,192	0,624	0,045	0,044
0,029	0,035	0,021	0,590	0,682	1,042	1,612	0,829	3,566	0,184	0,566	0,054	0,054
0,034	0,042	0,022	0,590	0,682	1,115	1,689	0,810	3,611	0,169	0,529	0,061	0,062
0,045	0,058	0,025	0,590	0,682	1,266	1,808	0,776	3,628	0,148	0,466	0,079	0,080
0,054	0,073	0,027	0,590	0,682	1,370	1,944	0,740	3,750	0,133	0,431	0,092	0,093
0,062	0,092	0,03	0,590	0,682	1,494	2,062	0,674	3,809	0,120	0,395	0,111	0,111

TB45-5 TİPİ IZGARA İÇİN(0,863Mx0,749m) S_L=%0,5												
TUTULAN DEBİ Qt (m3/s)	TOPLAM DEBİ Q (m3/s)	ETKİLİ DERİNLİK (d)	IZGARA GENİŞLİĞİ (W)	IZGARA BOYU (L)	T YAYILMA MİKTARI	V m/s	Qt/Q	F Froude sayısı	L/FT	W/T	WL/Td	Q/WLV
0,078	0,115	0,056	0,749	0,863	2,791	0,738	0,678	0,993	0,311	0,268	0,242	0,241
0,085	0,131	0,059	0,749	0,863	2,938	0,759	0,649	1,000	0,294	0,255	0,268	0,267
0,09	0,152	0,062	0,749	0,863	3,094	0,794	0,592	1,019	0,274	0,242	0,297	0,296
0,096	0,172	0,065	0,749	0,863	3,238	0,82	0,558	1,029	0,259	0,231	0,326	0,325
0,101	0,195	0,068	0,749	0,863	3,399	0,844	0,518	1,034	0,246	0,220	0,358	0,357
0,106	0,219	0,071	0,749	0,863	3,564	0,862	0,484	1,031	0,235	0,210	0,391	0,393
TB45-5 TİPİ IZGARA İÇİN(0,863Mx0,749m) S_L=%1												
TUTULAN DEBİ Qt (m3/s)	TOPLAM DEBİ Q (m3/s)	ETKİLİ DERİNLİK (d)	IZGARA GENİŞLİĞİ (W)	IZGARA BOYU (L)	T YAYILMA MİKTARI	V m/s	Qt/Q	F Froude sayısı	L/FT	W/T	WL/Td	Q/WLV
0,058	0,068	0,041	0,749	0,863	2,044	0,814	0,853	1,281	0,330	0,366	0,130	0,129
0,079	0,103	0,048	0,749	0,863	2,397	0,896	0,767	1,307	0,275	0,312	0,178	0,178
0,086	0,117	0,05	0,749	0,863	2,513	0,926	0,735	1,319	0,260	0,298	0,194	0,195
0,098	0,149	0,055	0,749	0,863	2,750	0,985	0,658	1,341	0,234	0,272	0,234	0,234
0,103	0,171	0,057	0,749	0,863	2,874	1,035	0,602	1,379	0,218	0,261	0,253	0,256
0,108	0,195	0,06	0,749	0,863	3,006	1,079	0,554	1,405	0,204	0,249	0,279	0,280
TB45-5 TİPİ IZGARA İÇİN(0,863Mx0,749m) S_L=%2,8												
TUTULAN DEBİ Qt (m3/s)	TOPLAM DEBİ Q (m3/s)	ETKİLİ DERİNLİK (d)	IZGARA GENİŞLİĞİ (W)	IZGARA BOYU (L)	T YAYILMA MİKTARI	V m/s	Qt/Q	F Froude sayısı	L/FT	W/T	WL/Td	Q/WLV
0,048	0,053	0,03	0,749	0,863	1,491	1,192	0,906	2,195	0,264	0,502	0,069	0,069
0,057	0,067	0,032	0,749	0,863	1,597	1,314	0,851	2,348	0,230	0,469	0,079	0,079
0,067	0,081	0,034	0,749	0,863	1,712	1,382	0,827	2,385	0,211	0,438	0,090	0,091
0,077	0,1	0,037	0,749	0,863	1,858	1,449	0,770	2,400	0,194	0,403	0,106	0,107
0,083	0,115	0,039	0,749	0,863	1,951	1,511	0,722	2,443	0,181	0,384	0,118	0,118
0,093	0,144	0,043	0,749	0,863	2,131	1,586	0,646	2,454	0,165	0,351	0,142	0,140
TB45-5 TİPİ IZGARA İÇİN(0,863Mx0,749m) S_L=%5,4												
TUTULAN DEBİ Qt (m3/s)	TOPLAM DEBİ Q (m3/s)	ETKİLİ DERİNLİK (d)	IZGARA GENİŞLİĞİ (W)	IZGARA BOYU (L)	T YAYILMA MİKTARI	V m/s	Qt/Q	F Froude sayısı	L/FT	W/T	WL/Td	Q/WLV
0,046	0,055	0,025	0,749	0,863	1,232	1,813	0,836	3,674	0,191	0,608	0,048	0,047
0,061	0,078	0,03	0,749	0,863	1,483	1,773	0,782	3,287	0,177	0,505	0,069	0,068
0,071	0,096	0,032	0,749	0,863	1,610	1,852	0,740	3,296	0,163	0,465	0,080	0,080
0,077	0,109	0,034	0,749	0,863	1,683	1,925	0,706	3,351	0,153	0,445	0,089	0,088
0,089	0,137	0,037	0,749	0,863	1,832	2,04	0,650	3,403	0,138	0,409	0,105	0,104
0,098	0,173	0,04	0,749	0,863	2,008	2,146	0,566	3,420	0,126	0,373	0,124	0,125
TB45-5 TİPİ IZGARA İÇİN(0,863Mx0,749m) S_L=%7,5												
TUTULAN DEBİ Qt (m3/s)	TOPLAM DEBİ Q (m3/s)	ETKİLİ DERİNLİK (d)	IZGARA GENİŞLİĞİ (W)	IZGARA BOYU (L)	T YAYILMA MİKTARI	V m/s	Qt/Q	F Froude sayısı	L/FT	W/T	WL/Td	Q/WLV
0,041	0,053	0,024	0,749	0,863	1,181	1,901	0,774	3,935	0,186	0,634	0,044	0,043
0,049	0,064	0,026	0,749	0,863	1,300	1,894	0,766	3,751	0,177	0,576	0,052	0,052
0,056	0,077	0,028	0,749	0,863	1,395	1,979	0,727	3,784	0,163	0,537	0,060	0,060
0,071	0,106	0,032	0,749	0,863	1,580	2,123	0,670	3,813	0,143	0,474	0,078	0,077
0,083	0,133	0,034	0,749	0,863	1,710	2,275	0,624	3,928	0,128	0,438	0,090	0,090
0,091	0,167	0,037	0,749	0,863	1,856	2,423	0,545	4,015	0,116	0,404	0,106	0,107

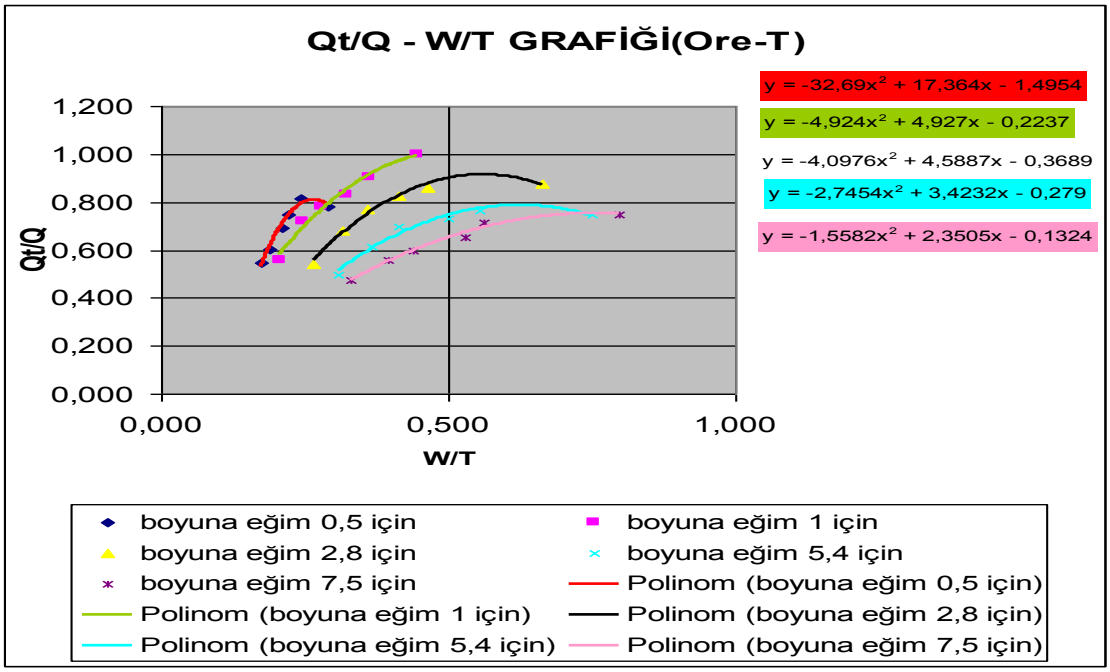
MASS TİPİ IZGARA İÇİN(0,574mX0,597m) S_L=%0,5												
TUTULAN DEBİ Qt (m3/s)	TOPLAM DEBİ Q (m3/s)	ETKİLİ DERİNLİK (d)	IZGARA GENİŞLİĞİ (W)	IZGARA BOYU (L)	T YAYILMA MİKTARI	V m/s	Qt/Q	F Froude sayısı	L/FT	W/T	WL/Td	Q/WLV
0,035	0,041	0,038	0,574	0,597	1,893	0,572	0,854	0,940	0,336	0,303	0,210	0,209
0,041	0,049	0,041	0,574	0,597	2,045	0,586	0,837	0,935	0,312	0,281	0,245	0,244
0,049	0,063	0,045	0,574	0,597	2,250	0,622	0,778	0,946	0,280	0,255	0,295	0,296
0,054	0,072	0,047	0,574	0,597	2,357	0,648	0,750	0,962	0,263	0,244	0,323	0,324
0,059	0,083	0,05	0,574	0,597	2,480	0,675	0,711	0,977	0,246	0,231	0,362	0,359
0,064	0,095	0,052	0,574	0,597	2,609	0,698	0,674	0,985	0,232	0,220	0,396	0,397
MASS TİPİ IZGARA İÇİN(0,574mX0,597m) S_L=%1												
TUTULAN DEBİ Qt (m3/s)	TOPLAM DEBİ Q (m3/s)	ETKİLİ DERİNLİK (d)	IZGARA GENİŞLİĞİ (W)	IZGARA BOYU (L)	T YAYILMA MİKTARI	V m/s	Qt/Q	F Froude sayısı	L/FT	W/T	WL/Td	Q/WLV
0,034	0,037	0,033	0,574	0,597	1,642	0,686	0,919	1,204	0,302	0,350	0,158	0,157
0,039	0,045	0,035	0,574	0,597	1,756	0,73	0,867	1,245	0,273	0,327	0,179	0,180
0,046	0,056	0,038	0,574	0,597	1,919	0,76	0,821	1,238	0,251	0,299	0,213	0,215
0,05	0,064	0,04	0,574	0,597	2,016	0,787	0,781	1,252	0,237	0,285	0,235	0,237
0,06	0,082	0,044	0,574	0,597	2,209	0,84	0,732	1,276	0,212	0,260	0,284	0,285
0,072	0,105	0,048	0,574	0,597	2,421	0,896	0,686	1,300	0,190	0,237	0,339	0,342
MASS TİPİ IZGARA İÇİN(0,574mX0,597m) S_L=%2,8												
TUTULAN DEBİ Qt (m3/s)	TOPLAM DEBİ Q (m3/s)	ETKİLİ DERİNLİK (d)	IZGARA GENİŞLİĞİ (W)	IZGARA BOYU (L)	T YAYILMA MİKTARI	V m/s	Qt/Q	F Froude sayısı	L/FT	W/T	WL/Td	Q/WLV
0,027	0,029	0,147	0,574	0,597	7,328	1,009	0,931	0,022	3,703	0,078	3,144	0,084
0,033	0,036	0,148	0,574	0,597	7,385	1,096	0,917	0,027	2,994	0,078	3,190	0,096
0,039	0,044	0,15	0,574	0,597	7,511	1,166	0,886	0,032	2,484	0,076	3,288	0,110
0,051	0,063	0,157	0,574	0,597	7,859	1,272	0,810	0,041	1,853	0,073	3,601	0,145
0,06	0,08	0,163	0,574	0,597	8,165	1,362	0,750	0,047	1,556	0,070	3,884	0,171
0,071	0,1	0,168	0,574	0,597	8,392	1,422	0,710	0,056	1,270	0,068	4,114	0,205
MASS TİPİ IZGARA İÇİN(0,574mX0,597m) S_L=%5,4												
TUTULAN DEBİ Qt (m3/s)	TOPLAM DEBİ Q (m3/s)	ETKİLİ DERİNLİK (d)	IZGARA GENİŞLİĞİ (W)	IZGARA BOYU (L)	T YAYILMA MİKTARI	V m/s	Qt/Q	F Froude sayısı	L/FT	W/T	WL/Td	Q/WLV
0,012	0,014	0,016	0,574	0,597	0,791	1,12	0,857	2,833	0,266	0,726	0,037	0,036
0,024	0,03	0,02	0,574	0,597	0,989	1,534	0,800	3,483	0,173	0,580	0,058	0,057
0,029	0,038	0,022	0,574	0,597	1,083	1,619	0,763	3,513	0,157	0,530	0,070	0,068
0,034	0,046	0,023	0,574	0,597	1,168	1,685	0,739	3,520	0,145	0,491	0,078	0,080
0,044	0,06	0,027	0,574	0,597	1,346	1,655	0,733	3,221	0,138	0,426	0,106	0,106
0,05	0,076	0,029	0,574	0,597	1,471	1,755	0,658	3,267	0,124	0,390	0,124	0,126
MASS TİPİ IZGARA İÇİN(0,574mX0,597m) S_L=%7,5												
TUTULAN DEBİ Qt (m3/s)	TOPLAM DEBİ Q (m3/s)	ETKİLİ DERİNLİK (d)	IZGARA GENİŞLİĞİ (W)	IZGARA BOYU (L)	T YAYILMA MİKTARI	V m/s	Qt/Q	F Froude sayısı	L/FT	W/T	WL/Td	Q/WLV
0,012	0,014	0,015	0,574	0,597	0,753	1,233	0,857	3,195	0,248	0,762	0,033	0,033
0,021	0,029	0,019	0,574	0,597	0,948	1,612	0,724	3,738	0,168	0,605	0,053	0,052
0,03	0,042	0,022	0,574	0,597	1,115	1,689	0,714	3,611	0,148	0,515	0,072	0,073
0,04	0,058	0,025	0,574	0,597	1,264	1,815	0,690	3,645	0,130	0,454	0,092	0,093
0,047	0,073	0,027	0,574	0,597	1,370	1,944	0,644	3,750	0,116	0,419	0,108	0,110
0,052	0,091	0,03	0,574	0,597	1,496	2,034	0,571	3,756	0,106	0,384	0,131	0,131

TBV-3 TİPİ IZGARA İÇİN(0,682mX0,590m) S_L=%0,5												
TUTULAN DEBİ Qt (m3/s)	TOPLAM DEBİ Q (m3/s)	ETKİLİ DERİNLİK (d)	IZGARA GENİŞLİĞİ (W)	IZGARA BOYU (L)	T YAYILMA MİKTARI	V m/s	Qt/Q	F Froude sayısı	L/FT	W/T	WL/Td	Q/WLV
0,041	0,049	0,041	0,590	0,682	2,048	0,584	0,837	0,918	0,363	0,288	0,209	0,209
0,049	0,063	0,045	0,590	0,682	2,243	0,626	0,778	0,944	0,322	0,263	0,251	0,250
0,054	0,072	0,047	0,590	0,682	2,368	0,642	0,750	0,942	0,306	0,249	0,277	0,279
0,063	0,094	0,052	0,590	0,682	2,595	0,698	0,670	0,978	0,269	0,227	0,335	0,335
0,073	0,122	0,057	0,590	0,682	2,867	0,742	0,598	0,989	0,241	0,206	0,406	0,409
TBV-3 TİPİ IZGARA İÇİN(0,682mX0,590m) S_L=%1												
TUTULAN DEBİ Qt (m3/s)	TOPLAM DEBİ Q (m3/s)	ETKİLİ DERİNLİK (d)	IZGARA GENİŞLİĞİ (W)	IZGARA BOYU (L)	T YAYILMA MİKTARI	V m/s	Qt/Q	F Froude sayısı	L/FT	W/T	WL/Td	Q/WLV
0,014	0,014	0,023	0,590	0,682	1,155	0,525	1,000	1,099	0,537	0,511	0,066	0,066
0,028	0,03	0,031	0,590	0,682	1,530	0,641	0,933	1,170	0,381	0,386	0,118	0,116
0,038	0,045	0,035	0,590	0,682	1,752	0,733	0,844	1,251	0,311	0,337	0,152	0,153
0,049	0,065	0,041	0,590	0,682	2,028	0,79	0,754	1,253	0,268	0,291	0,207	0,204
0,057	0,082	0,044	0,590	0,682	2,203	0,845	0,695	1,286	0,241	0,268	0,241	0,241
0,066	0,106	0,048	0,590	0,682	2,413	0,91	0,623	1,322	0,214	0,245	0,288	0,289
TBV-3 TİPİ IZGARA İÇİN(0,682mX0,590m) S_L=%2,8												
TUTULAN DEBİ Qt (m3/s)	TOPLAM DEBİ Q (m3/s)	ETKİLİ DERİNLİK (d)	IZGARA GENİŞLİĞİ (W)	IZGARA BOYU (L)	T YAYILMA MİKTARI	V m/s	Qt/Q	F Froude sayısı	L/FT	W/T	WL/Td	Q/WLV
0,013	0,014	0,018	0,590	0,682	0,909	0,848	0,929	2,000	0,375	0,649	0,041	0,041
0,025	0,029	0,024	0,590	0,682	1,199	1,009	0,862	2,081	0,273	0,492	0,072	0,071
0,035	0,044	0,028	0,590	0,682	1,376	1,162	0,795	2,237	0,222	0,429	0,096	0,094
0,045	0,063	0,031	0,590	0,682	1,574	1,272	0,714	2,289	0,189	0,375	0,121	0,123
0,053	0,08	0,034	0,590	0,682	1,716	1,358	0,663	2,341	0,170	0,344	0,145	0,146
0,06	0,101	0,038	0,590	0,682	1,882	1,426	0,594	2,347	0,154	0,313	0,178	0,176
TBV-3 TİPİ IZGARA İÇİN(0,682mX0,590m) S_L=%5,4												
TUTULAN DEBİ Qt (m3/s)	TOPLAM DEBİ Q (m3/s)	ETKİLİ DERİNLİK (d)	IZGARA GENİŞLİĞİ (W)	IZGARA BOYU (L)	T YAYILMA MİKTARI	V m/s	Qt/Q	F Froude sayısı	L/FT	W/T	WL/Td	Q/WLV
0,013	0,015	0,016	0,590	0,682	0,813	1,135	0,867	2,831	0,296	0,726	0,032	0,033
0,021	0,03	0,02	0,590	0,682	0,993	1,521	0,700	3,446	0,199	0,594	0,049	0,049
0,031	0,043	0,024	0,590	0,682	1,196	1,503	0,721	3,103	0,184	0,493	0,071	0,071
0,036	0,054	0,026	0,590	0,682	1,291	1,619	0,667	3,217	0,164	0,457	0,083	0,083
0,039	0,061	0,027	0,590	0,682	1,353	1,667	0,639	3,236	0,156	0,436	0,091	0,091
0,044	0,076	0,029	0,590	0,682	1,464	1,773	0,579	3,309	0,141	0,403	0,106	0,107
TBV-3 TİPİ IZGARA İÇİN(0,682mX0,590m) S_L=%7,5												
TUTULAN DEBİ Qt (m3/s)	TOPLAM DEBİ Q (m3/s)	ETKİLİ DERİNLİK (d)	IZGARA GENİŞLİĞİ (W)	IZGARA BOYU (L)	T YAYILMA MİKTARI	V m/s	Qt/Q	F Froude sayısı	L/FT	W/T	WL/Td	Q/WLV
0,016	0,021	0,018	0,590	0,682	0,875	1,371	0,762	3,296	0,236	0,674	0,039	0,038
0,019	0,029	0,019	0,590	0,682	0,939	1,643	0,655	3,827	0,190	0,628	0,044	0,044
0,025	0,042	0,022	0,590	0,682	1,115	1,689	0,595	3,611	0,169	0,529	0,061	0,062
0,034	0,058	0,025	0,590	0,682	1,262	1,822	0,586	3,663	0,148	0,468	0,078	0,079
0,04	0,073	0,027	0,590	0,682	1,370	1,944	0,548	3,750	0,133	0,431	0,092	0,093
0,045	0,092	0,03	0,590	0,682	1,501	2,041	0,489	3,761	0,121	0,393	0,112	0,112

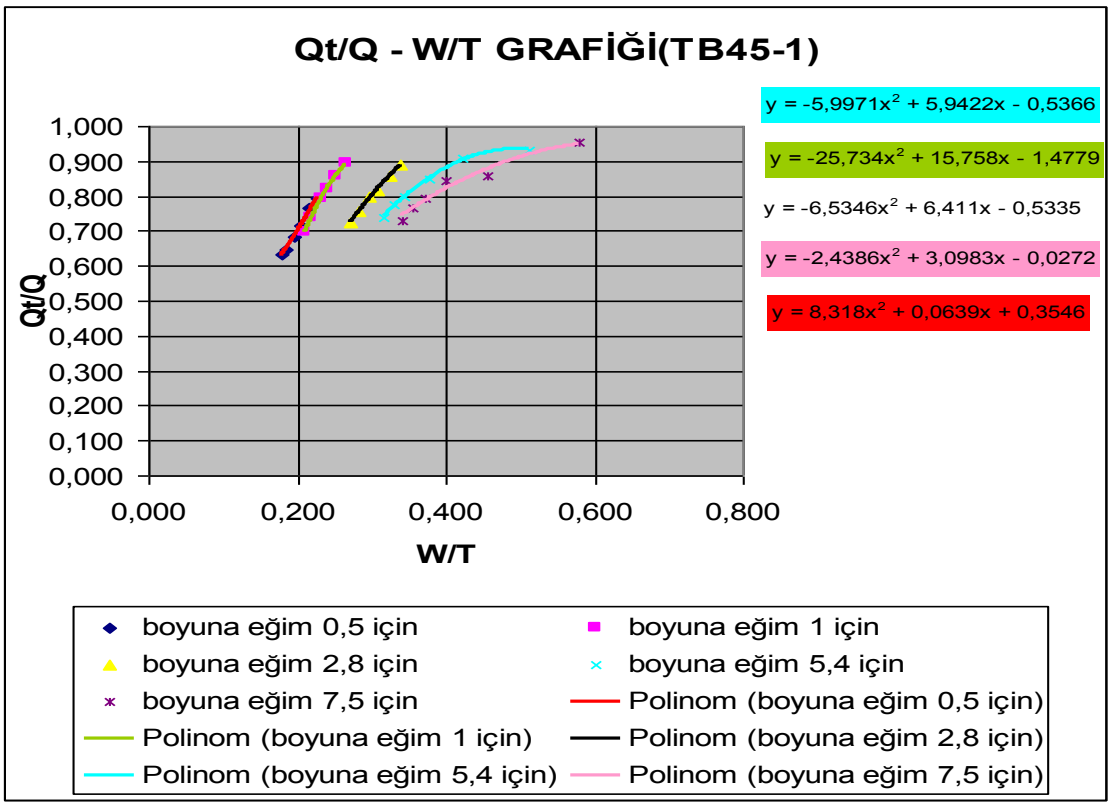
TBV-5 TİPİ IZGARA İÇİN(0,863Mx0,749m) S_L=%0,5												
TUTULAN DEBİ Qt (m3/s)	TOPLAM DEBİ Q (m3/s)	ETKİLİ DERİNLİK (d)	IZGARA GENİŞLİĞİ (W)	IZGARA BOYU (L)	T YAYILMA MİKTARI	V m/s	Qt/Q	F Froude sayısı	L/FT	W/T	WL/Td	Q/WLV
0,067	0,09	0,051	0,749	0,863	2,565	0,684	0,744	0,96	0,350	0,292	0,202	0,204
0,077	0,114	0,056	0,749	0,863	2,789	0,733	0,675	0,991	0,312	0,269	0,242	0,241
0,083	0,13	0,059	0,749	0,863	2,938	0,753	0,638	0,992	0,296	0,255	0,268	0,267
0,091	0,171	0,065	0,749	0,863	3,233	0,818	0,532	1,028	0,260	0,232	0,325	0,323
0,098	0,221	0,071	0,749	0,863	3,562	0,871	0,443	1,042	0,233	0,210	0,391	0,393
TBV-5 TİPİ IZGARA İÇİN(0,863Mx0,749m) S_L=%1												
TUTULAN DEBİ Qt (m3/s)	TOPLAM DEBİ Q (m3/s)	ETKİLİ DERİNLİK (d)	IZGARA GENİŞLİĞİ (W)	IZGARA BOYU (L)	T YAYILMA MİKTARI	V m/s	Qt/Q	F Froude sayısı	L/FT	W/T	WL/Td	Q/WLV
0,025	0,026	0,029	0,749	0,863	1,455	0,614	0,962	1,145	0,518	0,515	0,065	0,066
0,047	0,054	0,038	0,749	0,863	1,897	0,75	0,870	1,229	0,370	0,395	0,112	0,111
0,062	0,083	0,044	0,749	0,863	2,198	0,859	0,747	1,308	0,300	0,341	0,150	0,149
0,078	0,117	0,05	0,749	0,863	2,511	0,928	0,667	1,322	0,260	0,298	0,194	0,195
0,086	0,149	0,055	0,749	0,863	2,743	0,99	0,577	1,35	0,233	0,273	0,233	0,233
0,093	0,193	0,06	0,749	0,863	3,007	1,067	0,482	1,389	0,207	0,249	0,279	0,280
TBV-5 TİPİ IZGARA İÇİN(0,863Mx0,749m) S_L=%2,8												
TUTULAN DEBİ Qt (m3/s)	TOPLAM DEBİ Q (m3/s)	ETKİLİ DERİNLİK (d)	IZGARA GENİŞLİĞİ (W)	IZGARA BOYU (L)	T YAYILMA MİKTARI	V m/s	Qt/Q	F Froude sayısı	L/FT	W/T	WL/Td	Q/WLV
0,024	0,026	0,023	0,749	0,863	1,143	0,995	0,923	2,093	0,361	0,655	0,041	0,040
0,043	0,053	0,03	0,749	0,863	1,497	1,183	0,811	2,183	0,264	0,500	0,069	0,069
0,058	0,08	0,034	0,749	0,863	1,714	1,362	0,725	2,349	0,214	0,437	0,090	0,091
0,072	0,114	0,039	0,749	0,863	1,955	1,492	0,632	2,409	0,183	0,383	0,118	0,118
0,079	0,145	0,043	0,749	0,863	2,133	1,594	0,545	2,465	0,164	0,351	0,142	0,141
0,086	0,183	0,047	0,749	0,863	2,34	1,671	0,470	2,467	0,149	0,320	0,170	0,169
TBV-5 TİPİ IZGARA İÇİN(0,863Mx0,749m) S_L=%5,4												
TUTULAN DEBİ Qt (m3/s)	TOPLAM DEBİ Q (m3/s)	ETKİLİ DERİNLİK (d)	IZGARA GENİŞLİĞİ (W)	IZGARA BOYU (L)	T YAYILMA MİKTARI	V m/s	Qt/Q	F Froude sayısı	L/FT	W/T	WL/Td	Q/WLV
0,023	0,027	0,022	0,749	0,863	1,091	1,335	0,852	2,444	0,324	0,687	0,037	0,031
0,037	0,054	0,027	0,749	0,863	1,332	1,784	0,685	2,976	0,218	0,562	0,056	0,047
0,052	0,078	0,032	0,749	0,863	1,611	1,767	0,667	2,674	0,200	0,465	0,080	0,068
0,058	0,097	0,035	0,749	0,863	1,731	1,897	0,598	2,779	0,179	0,433	0,094	0,079
0,062	0,11	0,036	0,749	0,863	1,816	1,953	0,564	2,793	0,170	0,412	0,101	0,087
0,067	0,139	0,04	0,749	0,863	1,98	2,082	0,482	2,845	0,153	0,378	0,123	0,103
TBV-5 TİPİ IZGARA İÇİN(0,863Mx0,749m) S_L=%7,5												
TUTULAN DEBİ Qt (m3/s)	TOPLAM DEBİ Q (m3/s)	ETKİLİ DERİNLİK (d)	IZGARA GENİŞLİĞİ (W)	IZGARA BOYU (L)	T YAYILMA MİKTARI	V m/s	Qt/Q	F Froude sayısı	L/FT	W/T	WL/Td	Q/WLV
0,028	0,038	0,022	0,749	0,863	1,088	1,605	0,737	3,46	0,229	0,688	0,037	0,037
0,033	0,053	0,023	0,749	0,863	1,172	1,93	0,623	4,026	0,183	0,639	0,042	0,042
0,041	0,077	0,028	0,749	0,863	1,395	1,979	0,532	3,784	0,163	0,537	0,060	0,060
0,054	0,106	0,032	0,749	0,863	1,575	2,136	0,509	3,843	0,143	0,476	0,078	0,077
0,062	0,133	0,034	0,749	0,863	1,707	2,282	0,466	3,944	0,128	0,439	0,090	0,090
0,066	0,166	0,037	0,749	0,863	1,861	2,397	0,398	3,968	0,117	0,402	0,107	0,107



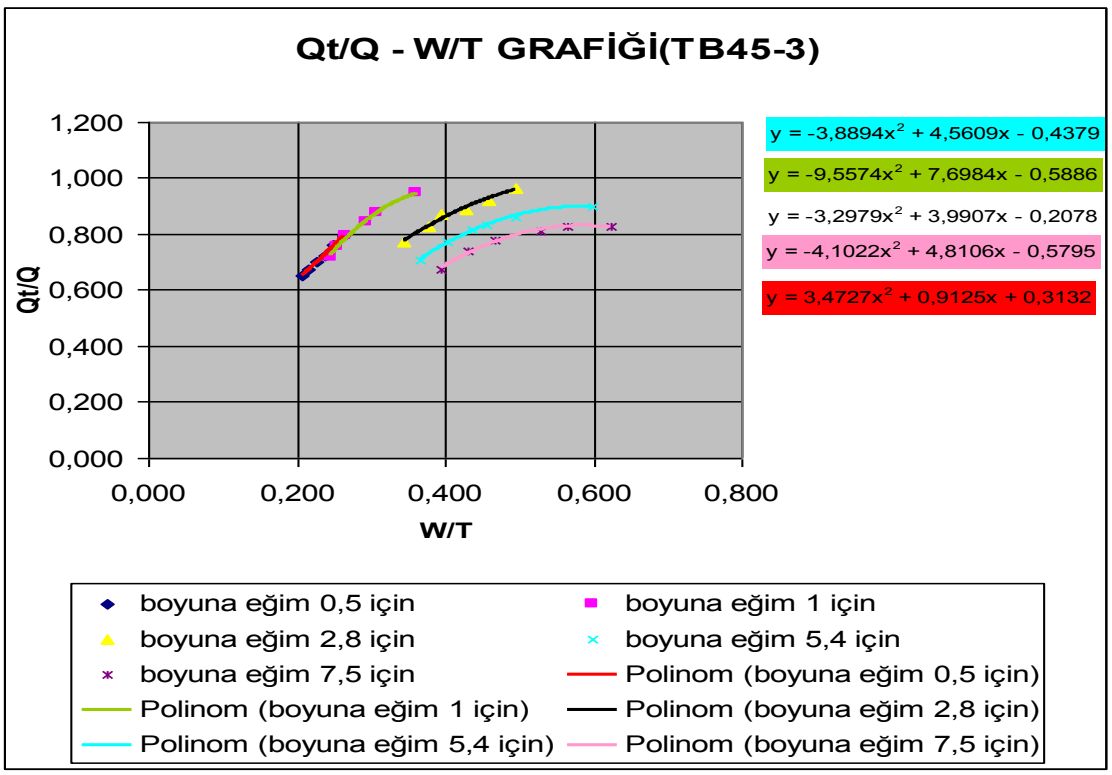
Şekil B.1: ORE-L ızgarası için değişen boyuna eğim değerlerinde Qt/Q - W/T grafiği



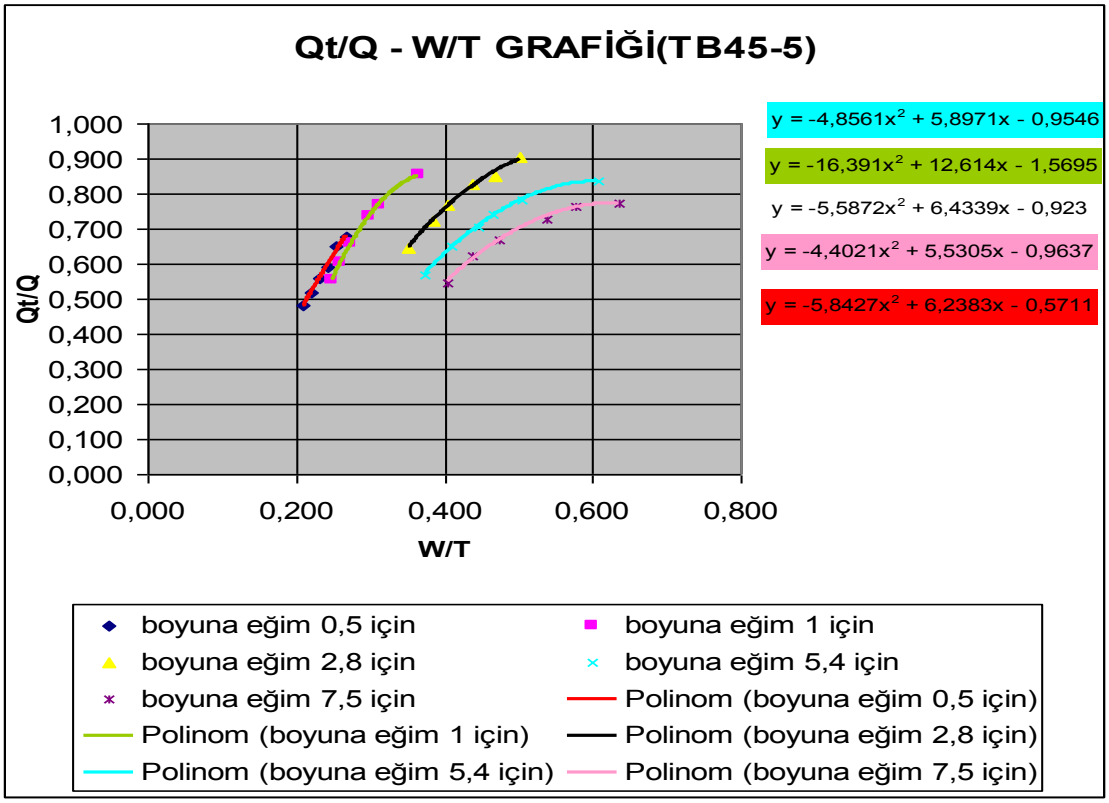
Şekil B.2: ORE-T ızgarası için değişen boyuna eğim değerlerinde Qt/Q - W/T grafiği



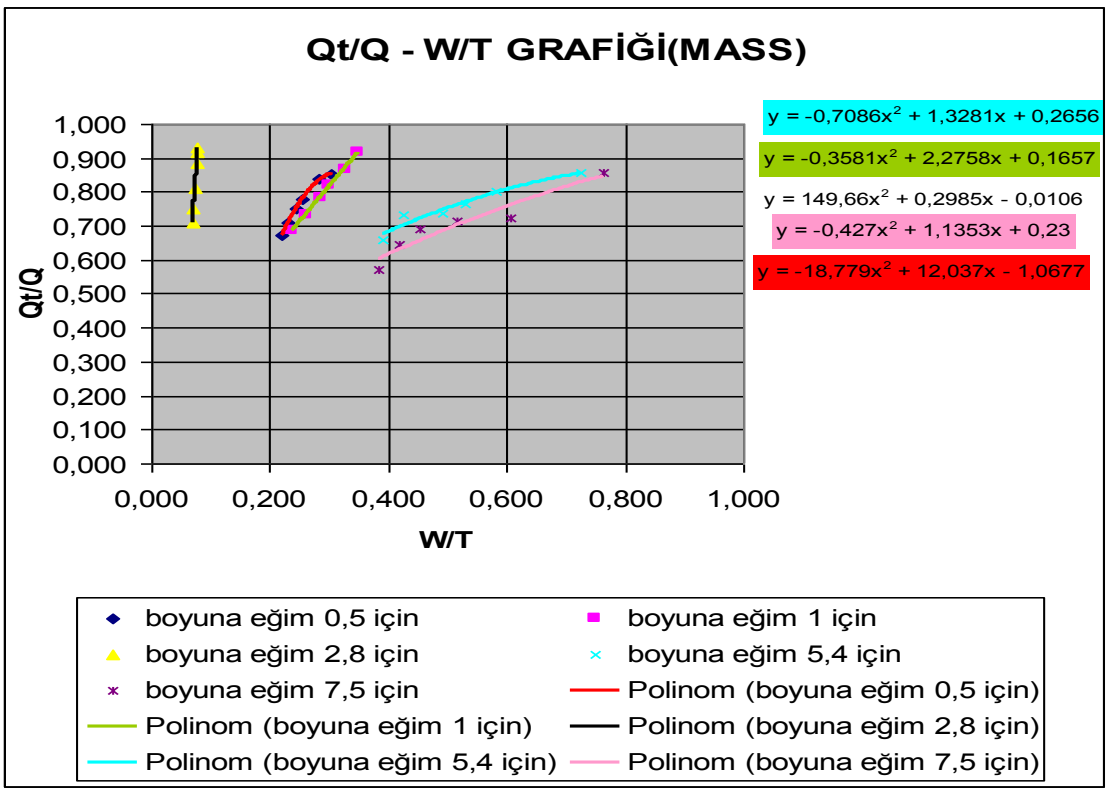
Şekil B.3: TB45–1 ızgarası için değişen boyuna eğim değerlerinde Qt/Q - W/T grafiği



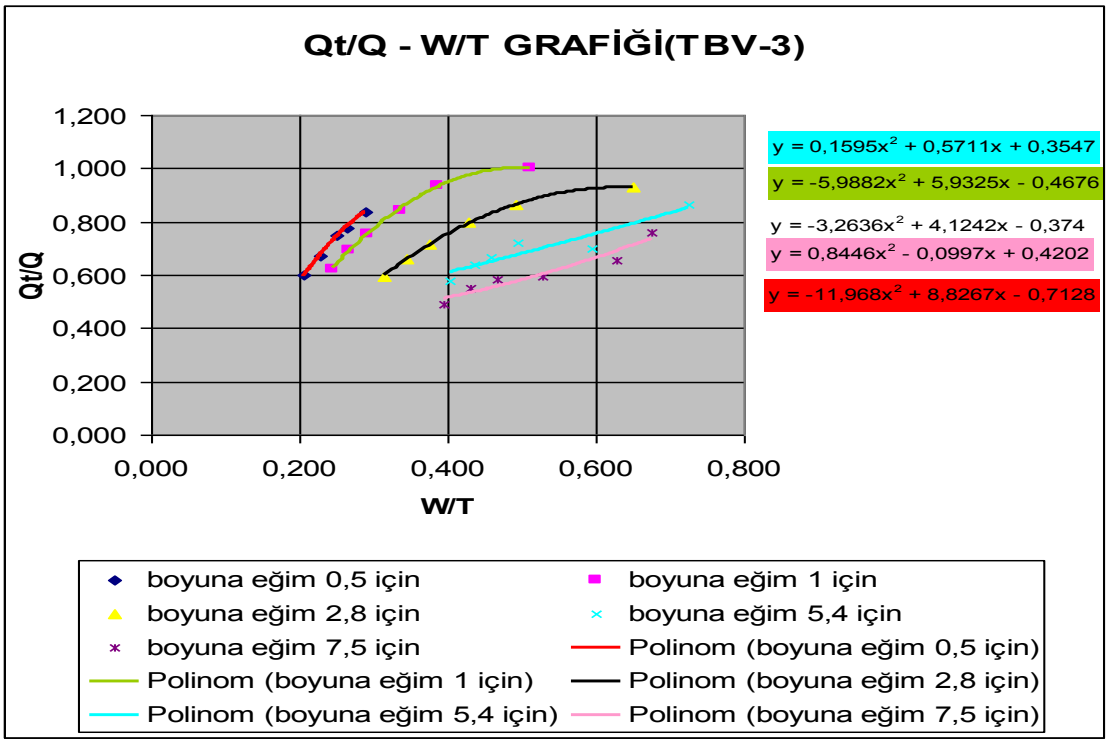
Şekil B.4 TB45–3 ızgarası için değişen boyuna eğim değerlerinde Qt/Q - W/T grafiği



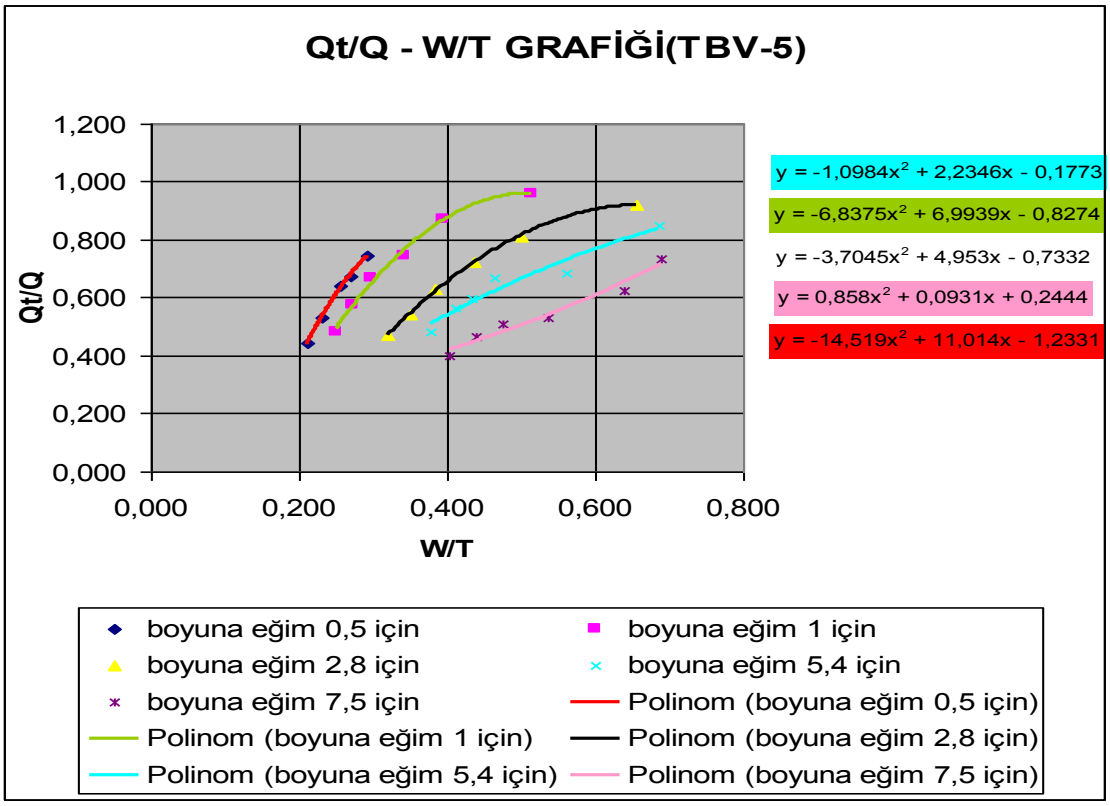
Şekil B.5: TB45–5 ızgarası için değişen boyuna eğim değerlerinde Qt/Q - W/T grafiği



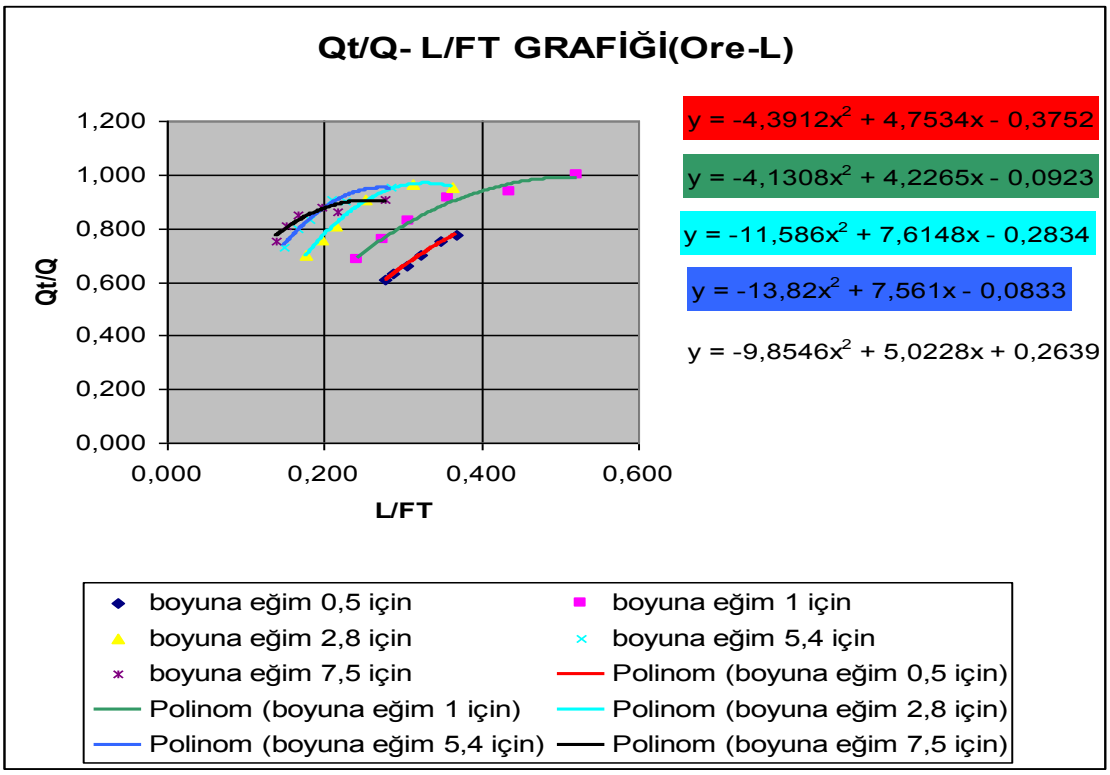
Şekil B.6: MASS ızgarası için değişen boyuna eğim değerlerinde Qt/Q - W/T grafiği



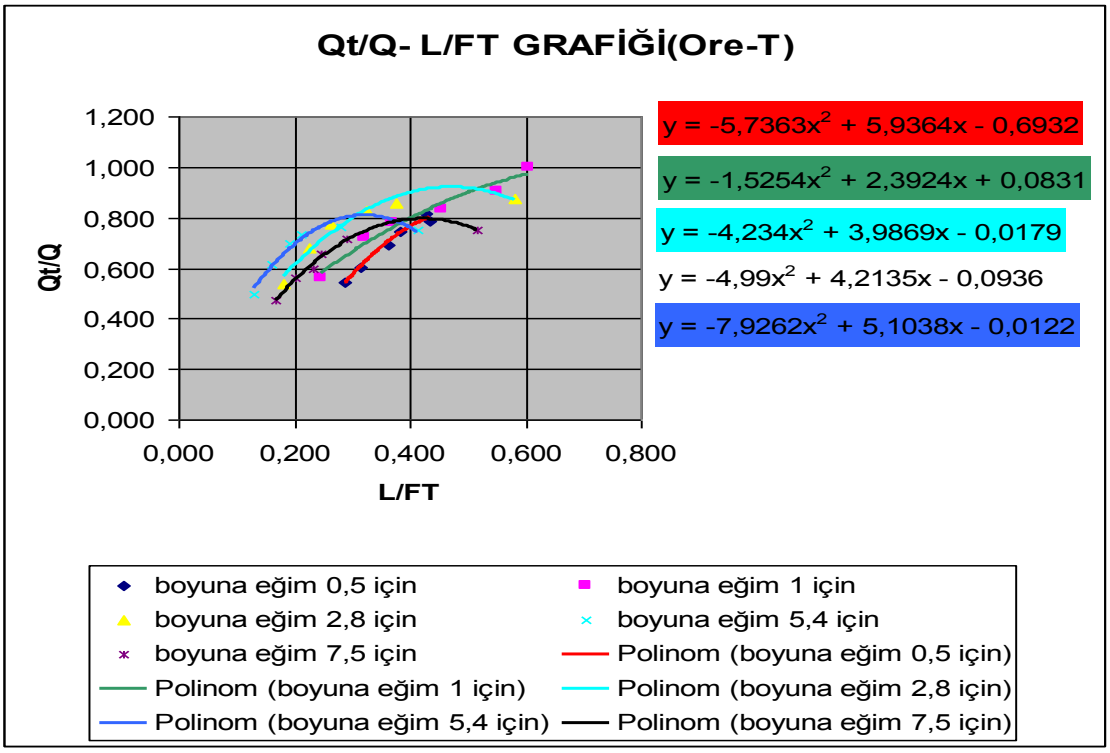
Şekil B.7: TBV–3 ızgarası için değişen boyuna eğim değerlerinde Qt/Q - W/T grafiği



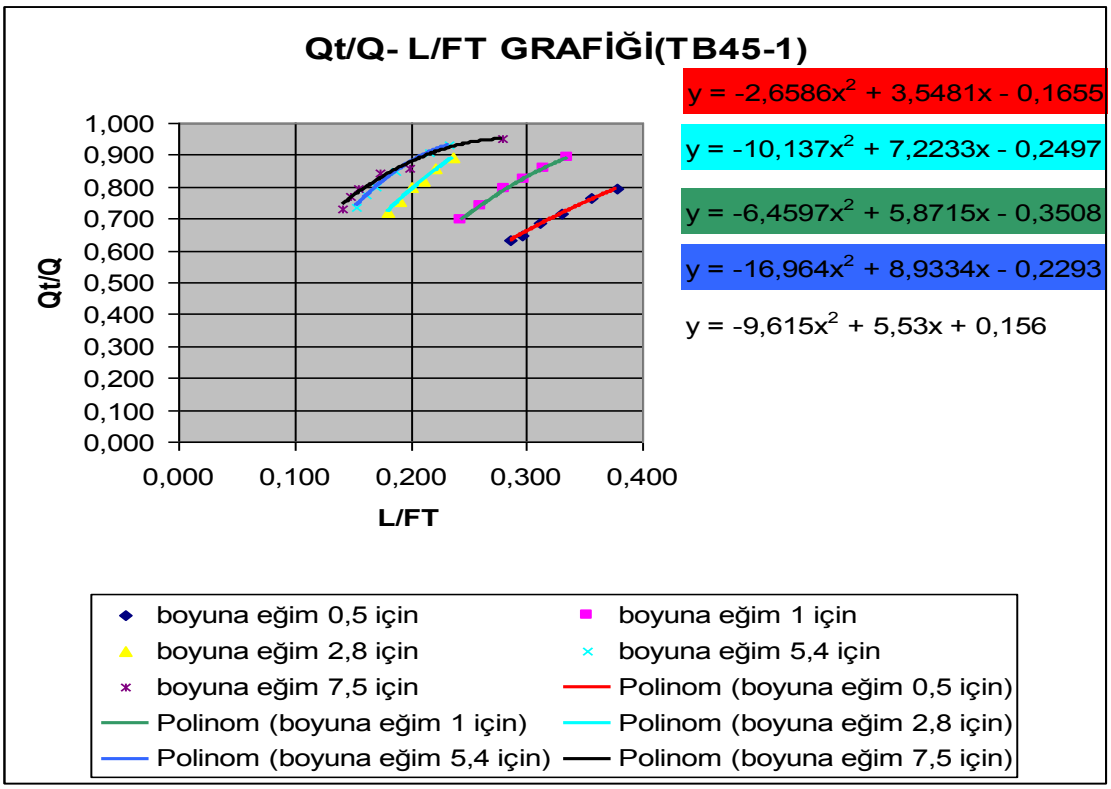
Şekil B.8: TBV–5 ızgarası için değişen boyuna eğim değerlerinde Qt/Q - W/T grafiği



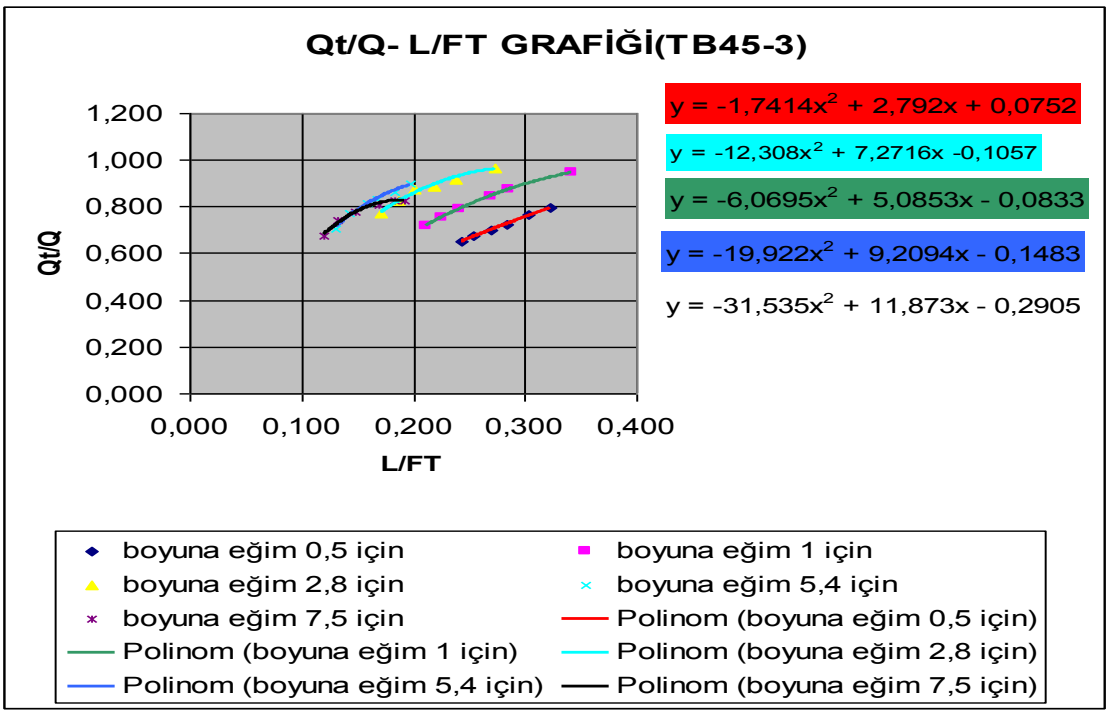
Şekil B.9: ORE-L ızgarası için değişen boyuna eğim değerlerinde Qt/Q - L/FT grafiği



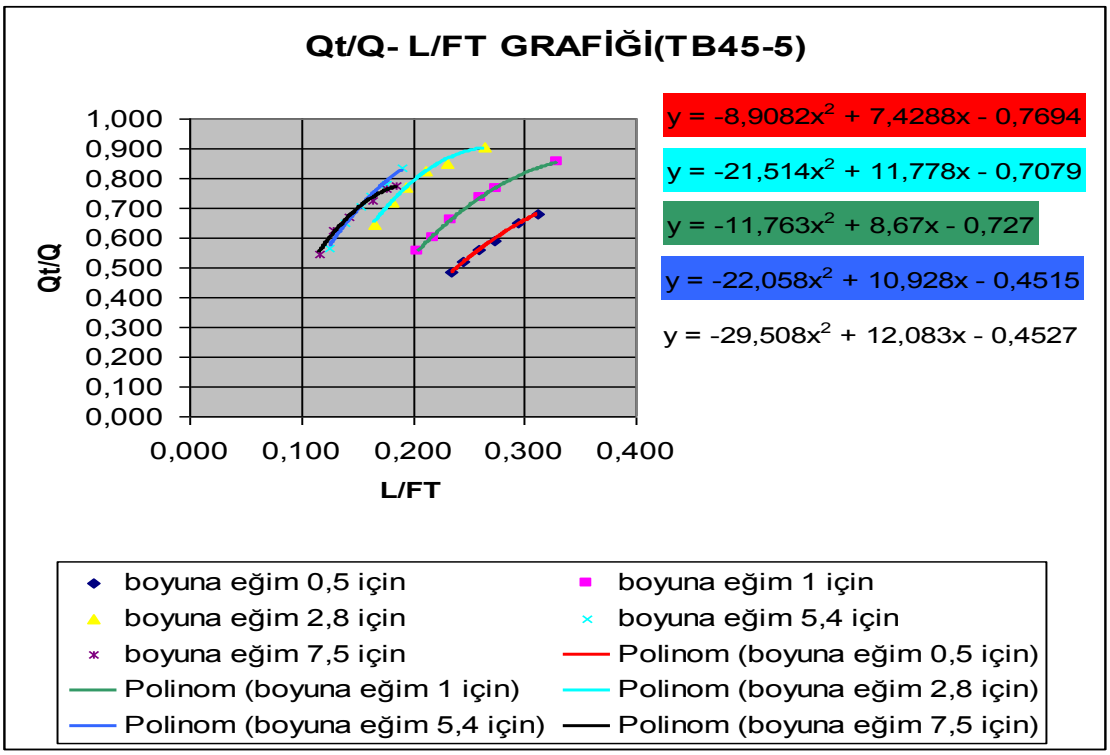
Şekil B.10: ORE-T ızgarası için değişen boyuna eğim değerlerinde Qt/Q - L/FT grafiği



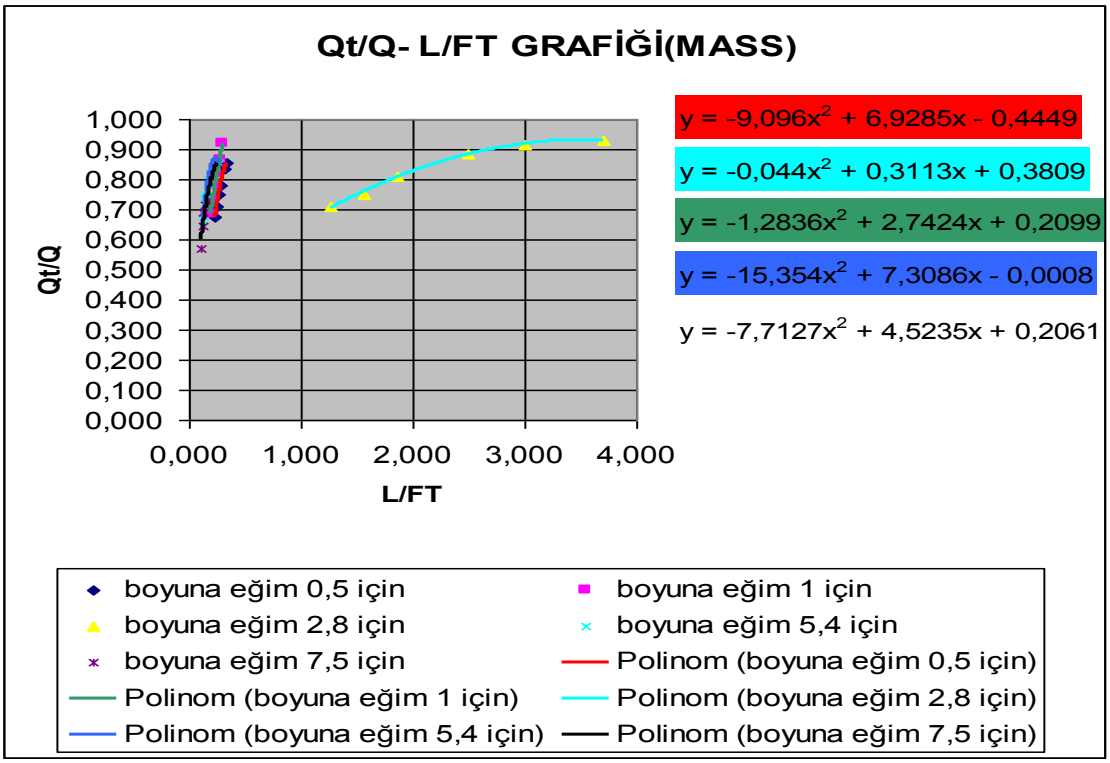
Şekil B.11: TB45–1 ızgarası için değişen boyuna eğim değerlerinde Qt/Q - L/FT grafiği



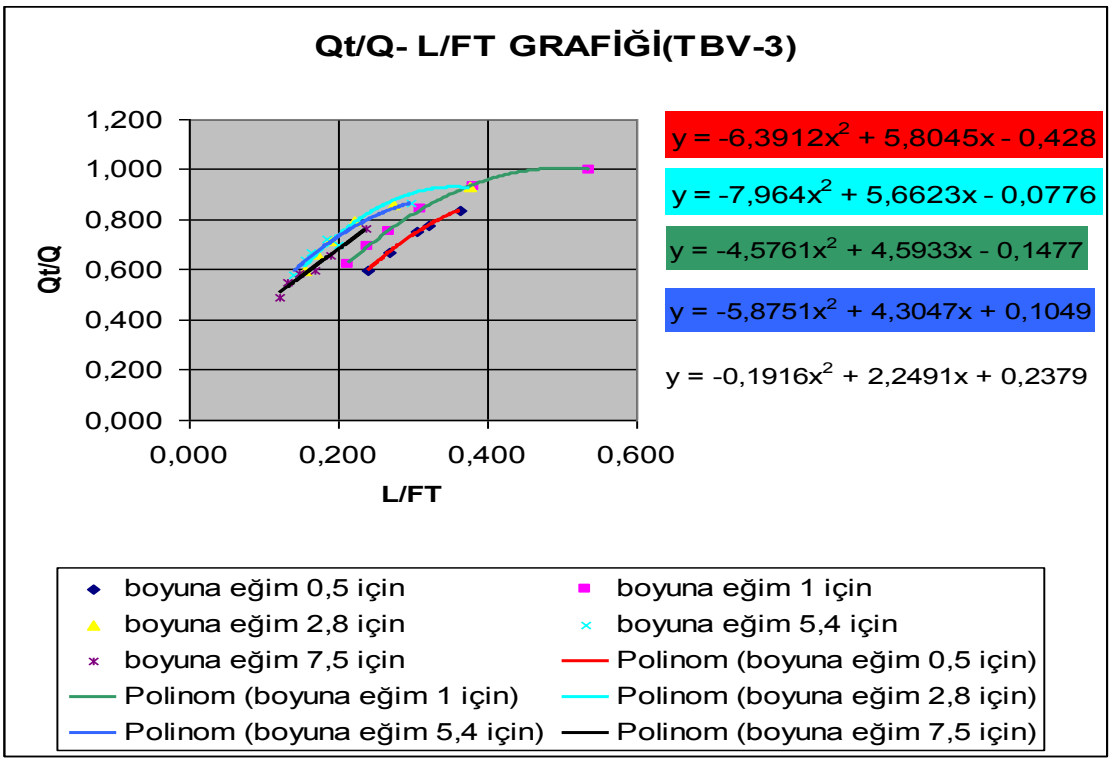
Şekil B.12: TB45–3 ızgarası için değişen boyuna eğim değerlerinde Qt/Q - L/FT grafiği



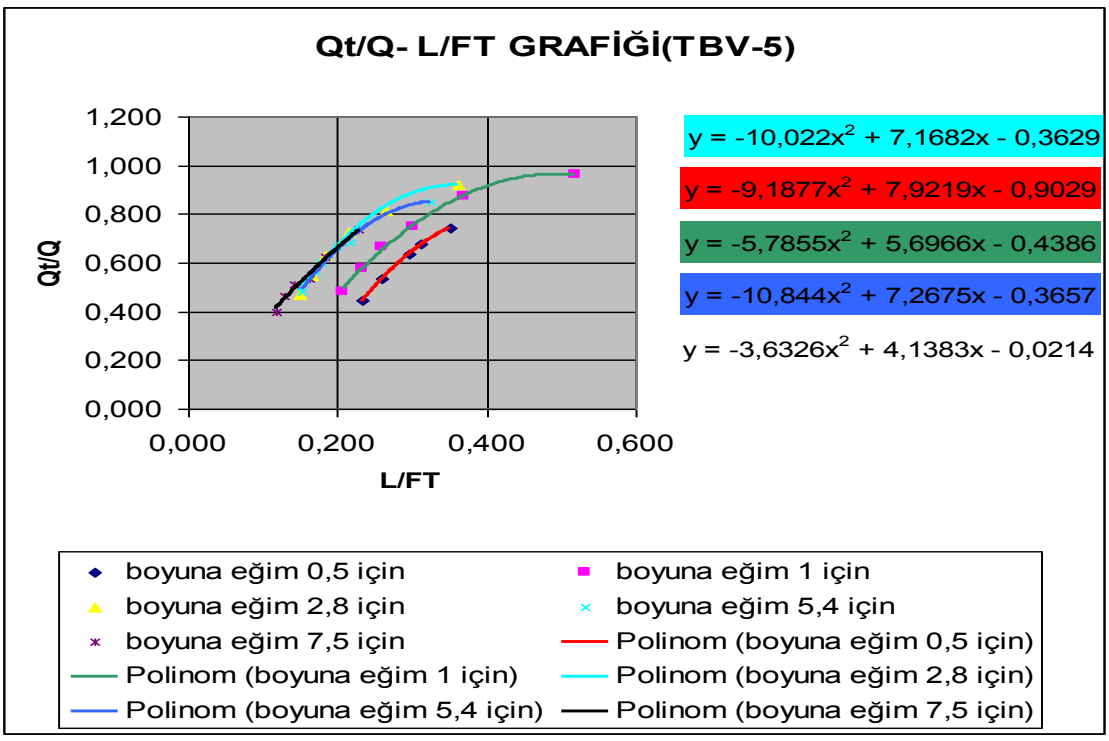
Şekil B.13: TB45–5 ızgarası için değişen boyuna eğim değerlerinde Qt/Q - L/FT grafiği



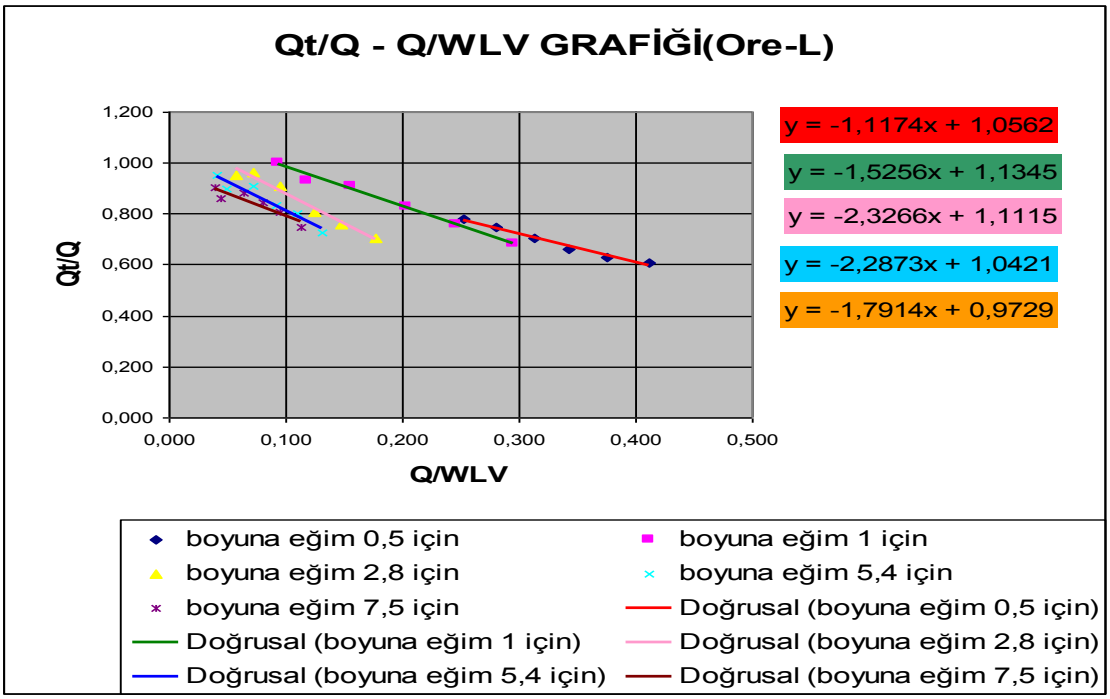
Şekil B.14: MASS ızgarası için değişen boyuna eğim değerlerinde Qt/Q - L/FT grafiği



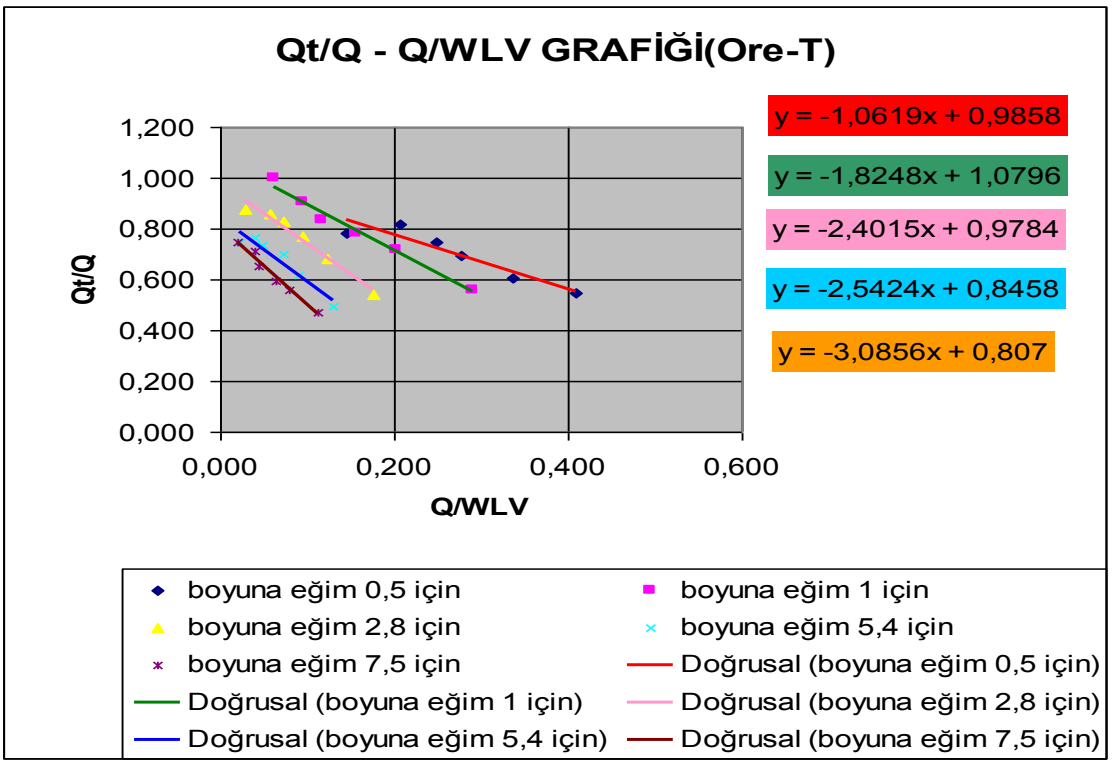
Şekil B.15: TBV–3 ızgarası için değişen boyuna eğim değerlerinde Qt/Q - L/FT grafiği



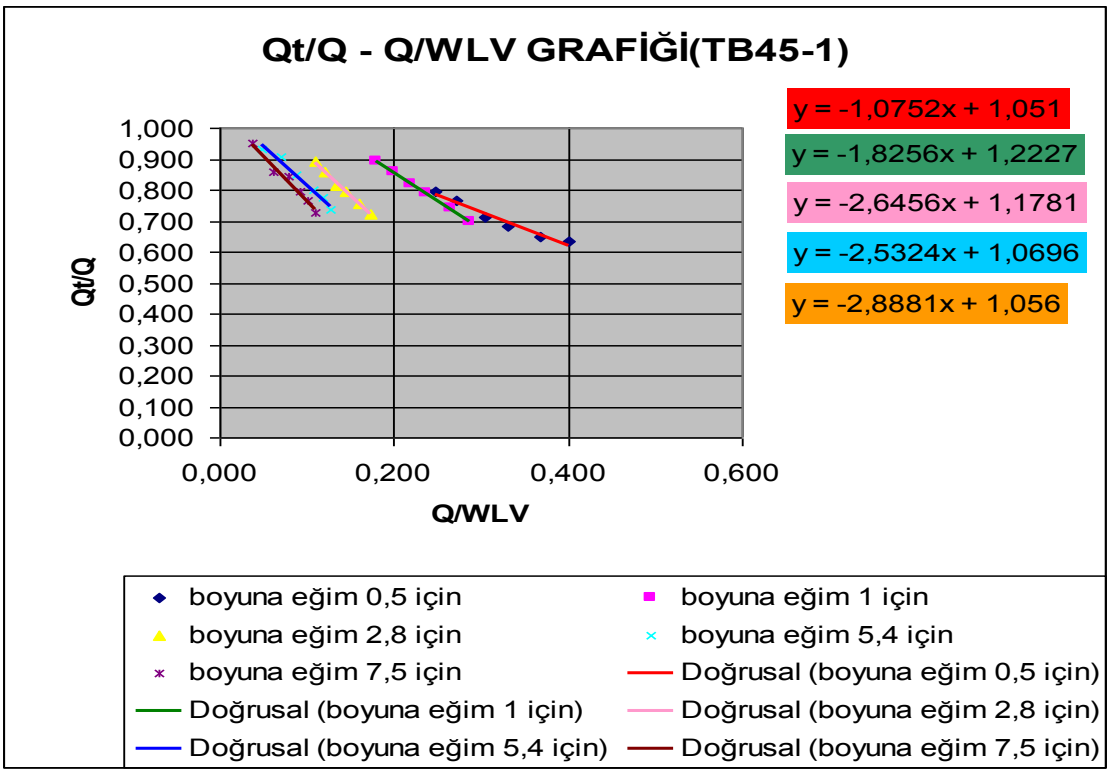
Şekil B.16: TBV–5 ızgarası için değişen boyuna eğim değerlerinde Qt/Q - L/FT grafiği



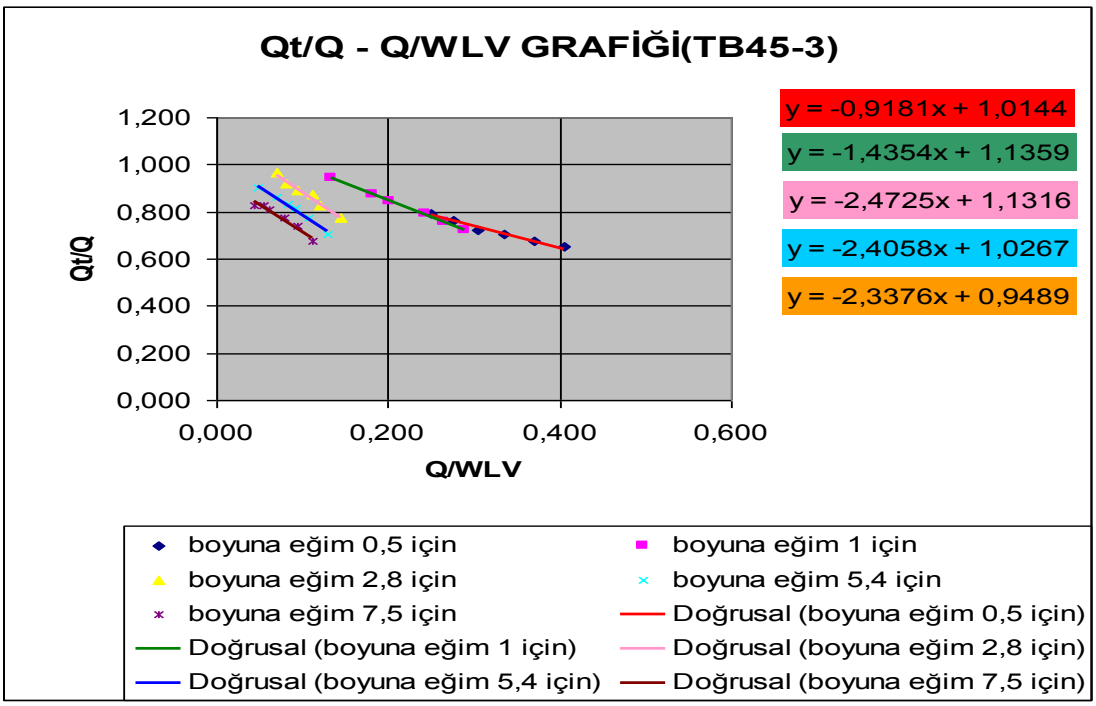
Şekil B.17: ORE–L ızgarası için değişen boyuna eğim değerlerinde Qt/Q - Q/WLV grafiği



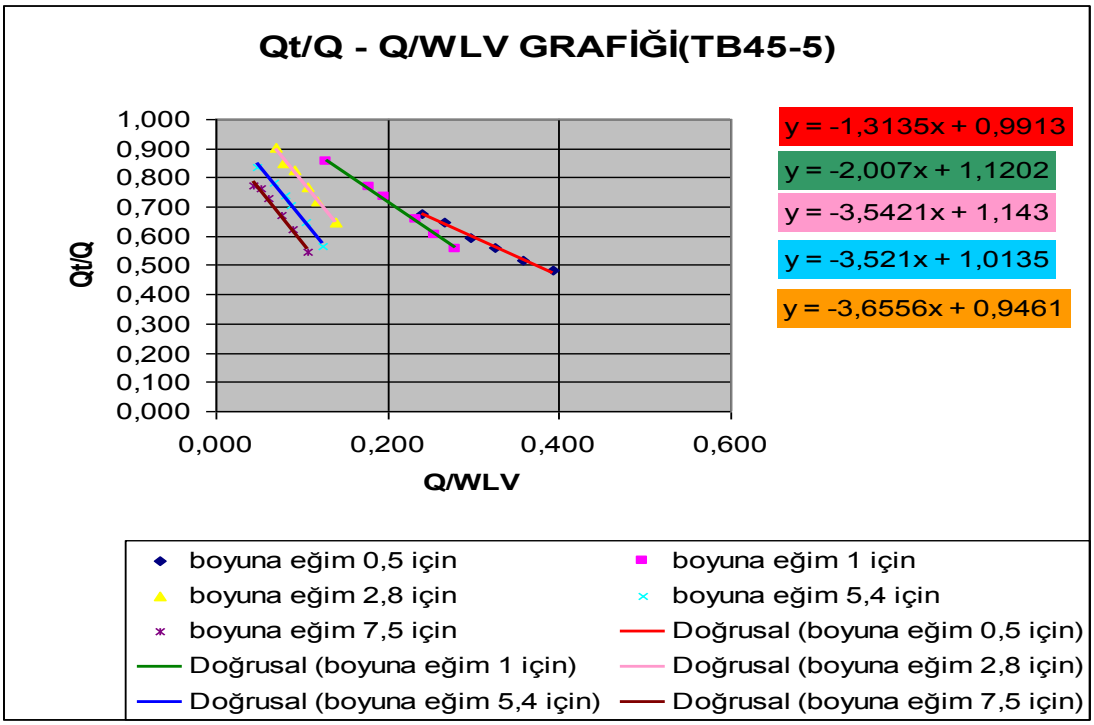
Şekil B.18: ORE–T ızgarası için değişen boyuna eğim değerlerinde Qt/Q - Q/WLV grafiği



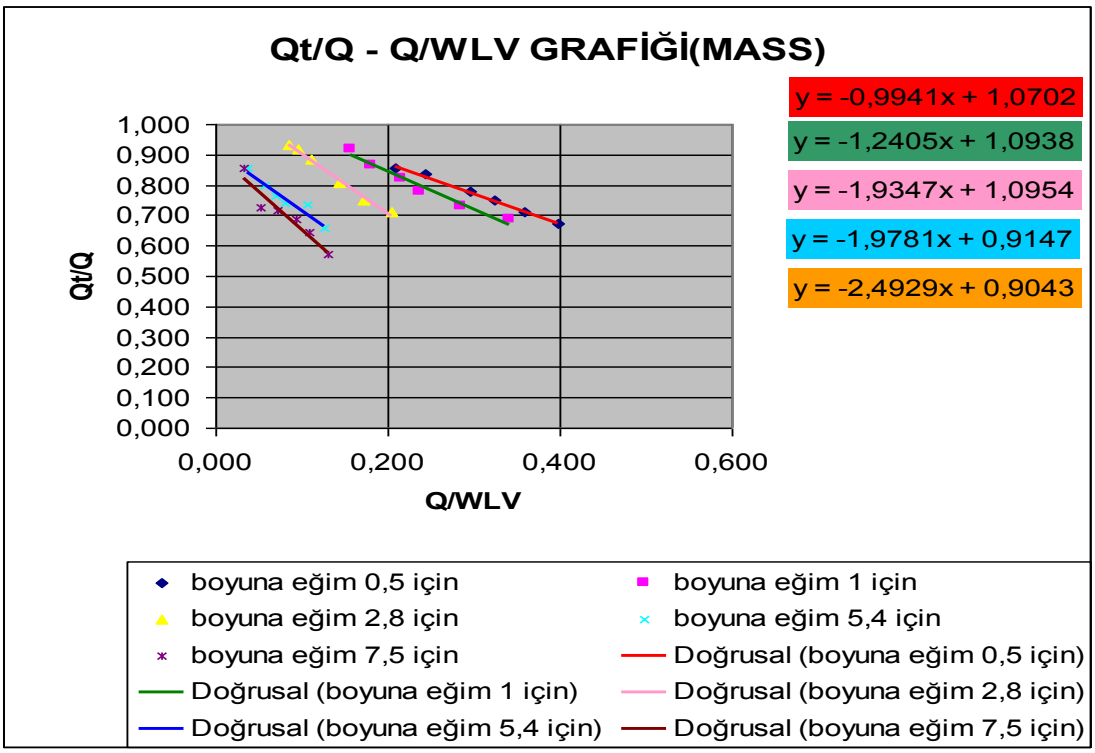
Şekil B.19: TB45–1 ızgarası için değişen boyuna eğim değerlerinde Qt/Q - Q/WLV grafiği



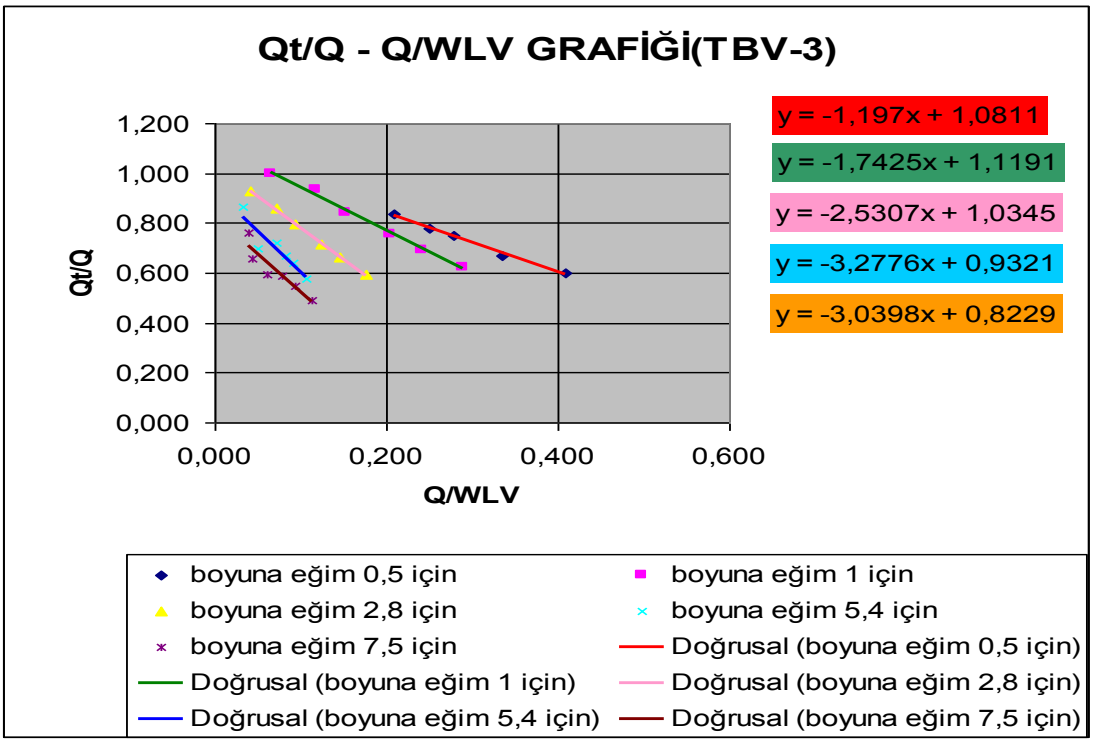
Şekil B.20: TB45–3 ızgarası için değişen boyuna eğim değerlerinde Qt/Q - Q/WLV grafiği



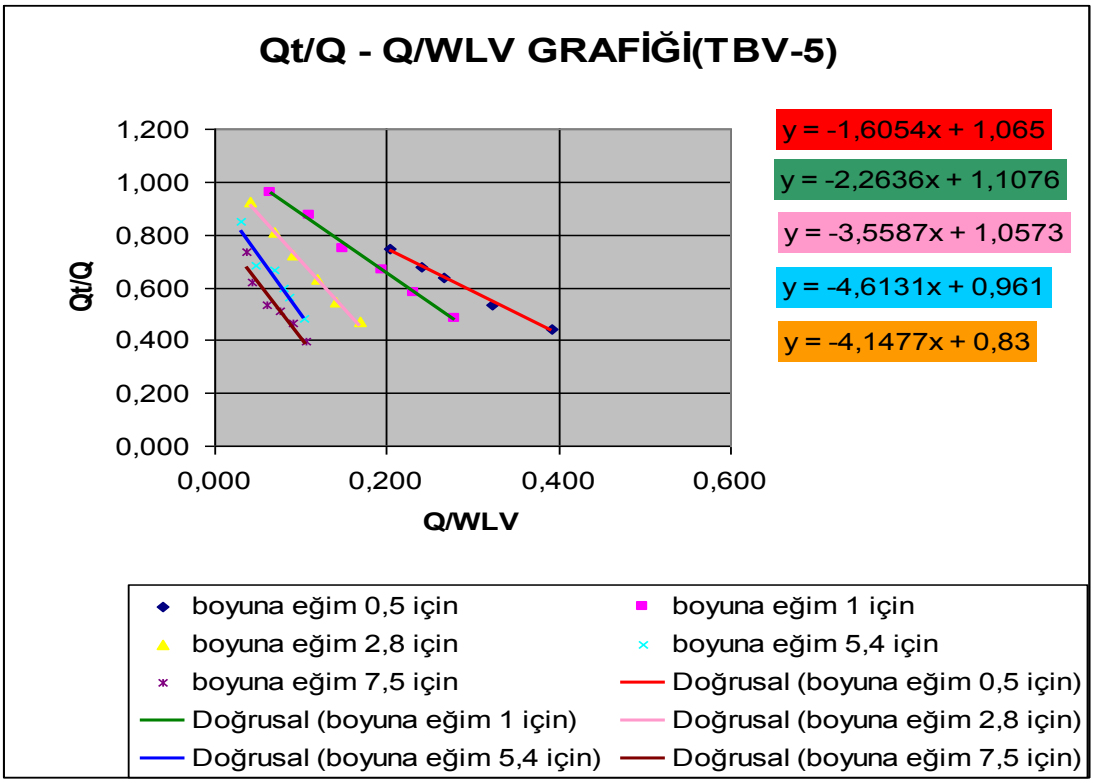
Şekil B.21: TB45–5 ızgarası için değişen boyuna eğim değerlerinde Qt/Q - Q/WLV grafiği



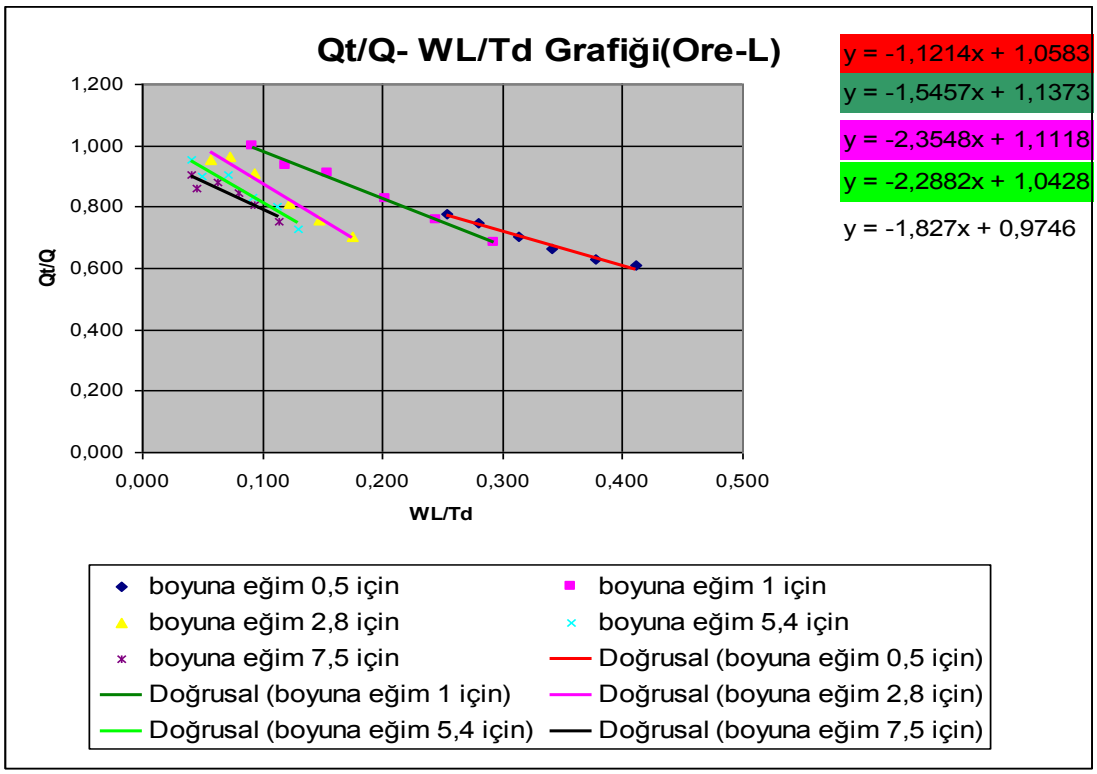
Şekil B.22: MASS ızgarası için değişen boyuna eğim değerlerinde Qt/Q - Q/WLV grafiği



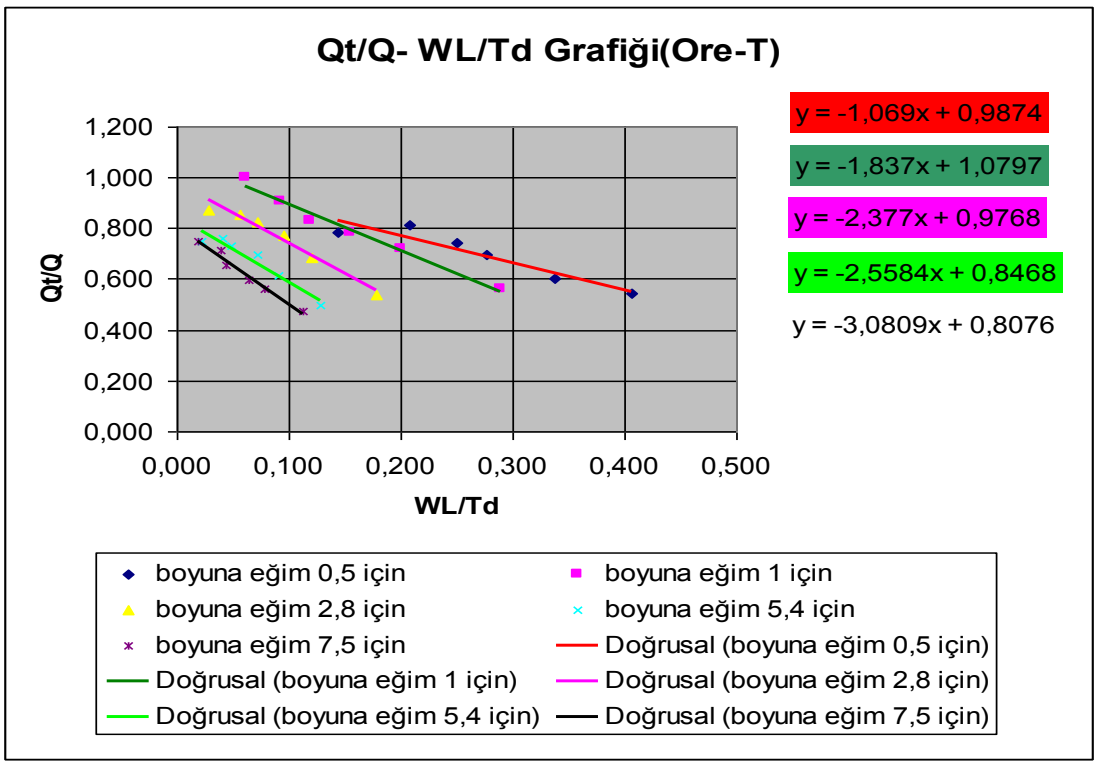
Şekil B.23: TBV–3 ızgarası için değişen boyuna eğim değerlerinde Qt/Q - Q/WLV grafiği



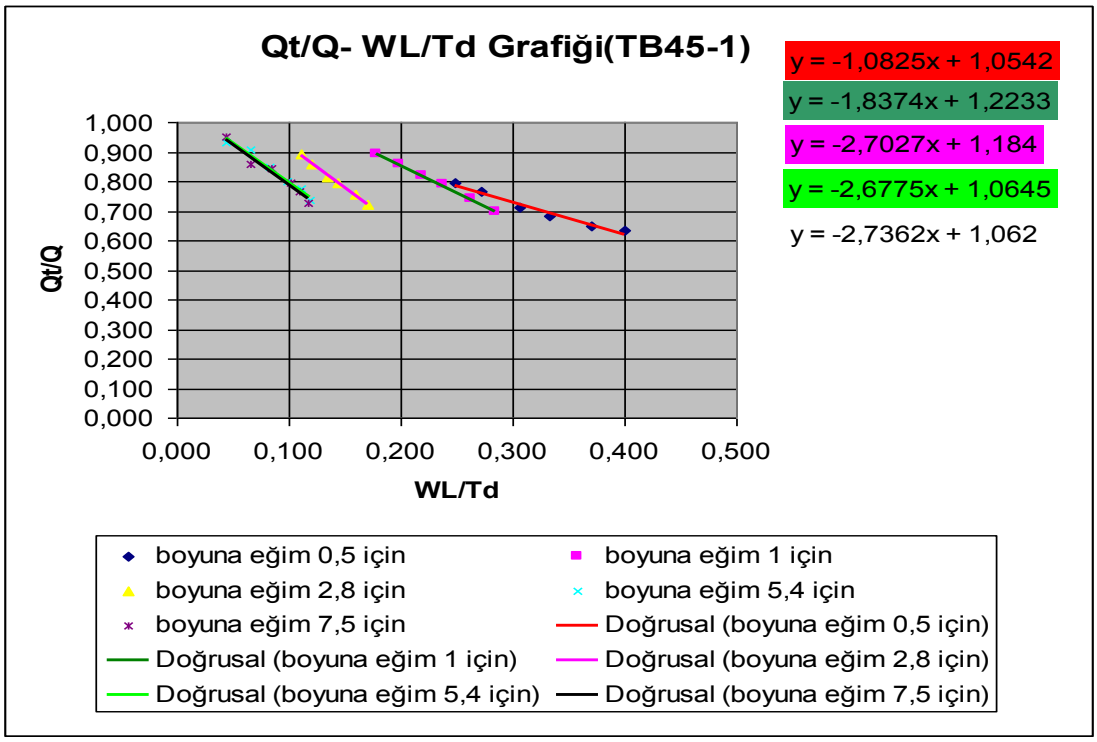
Şekil B.24: TBV–5 ızgarası için değişen boyuna eğim değerlerinde Qt/Q - Q/WLV grafiği



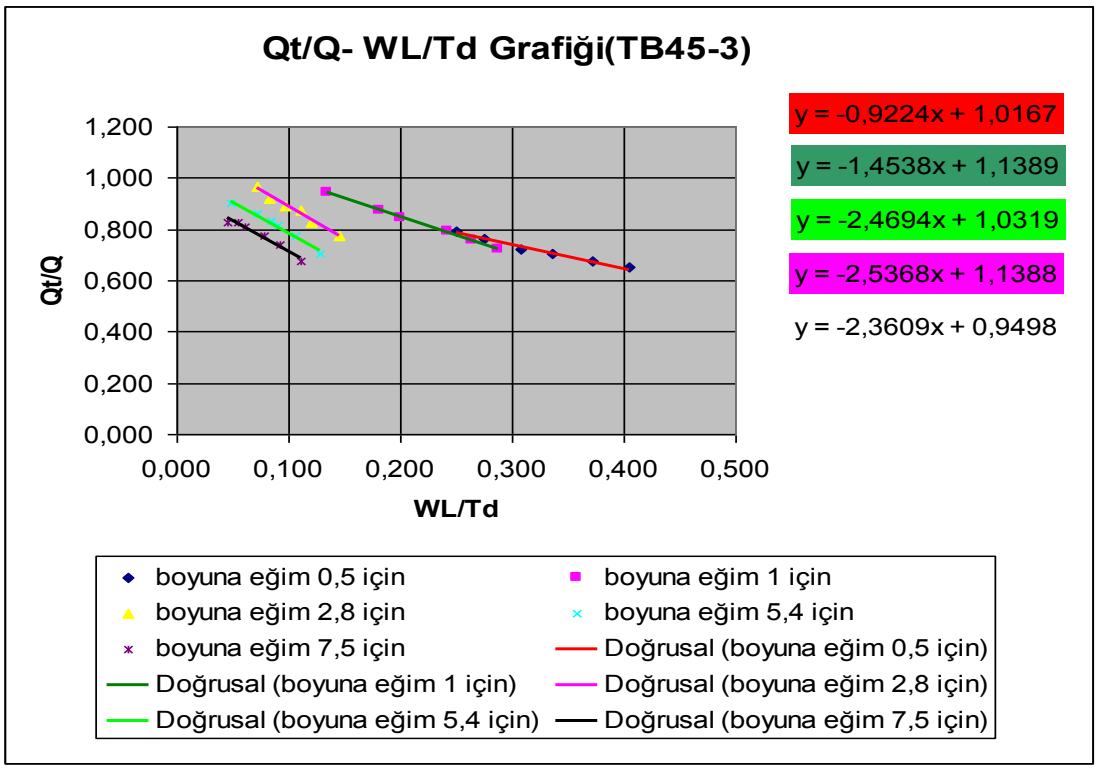
Şekil B.25: ORE-L ızgarası için değişen boyuna eğim değerlerinde Qt/Q - WL/Td grafiği



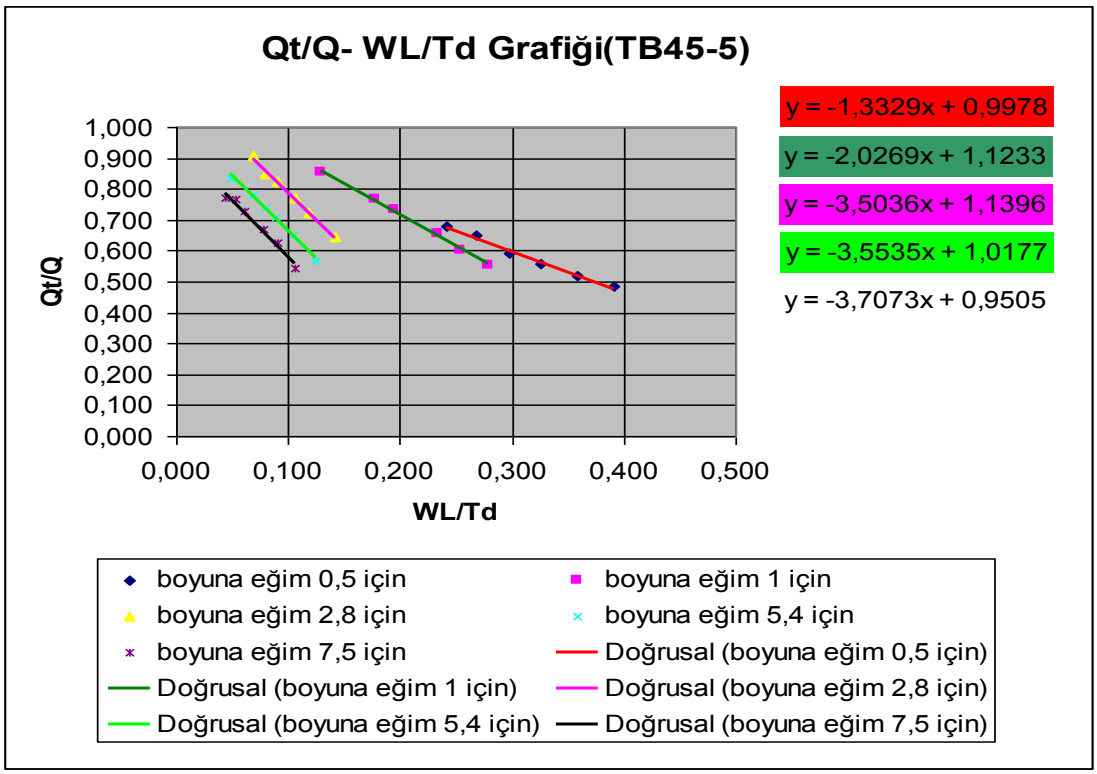
Şekil B.26: ORE-T ızgarası için değişen boyuna eğim değerlerinde Qt/Q - WL/Td grafiği



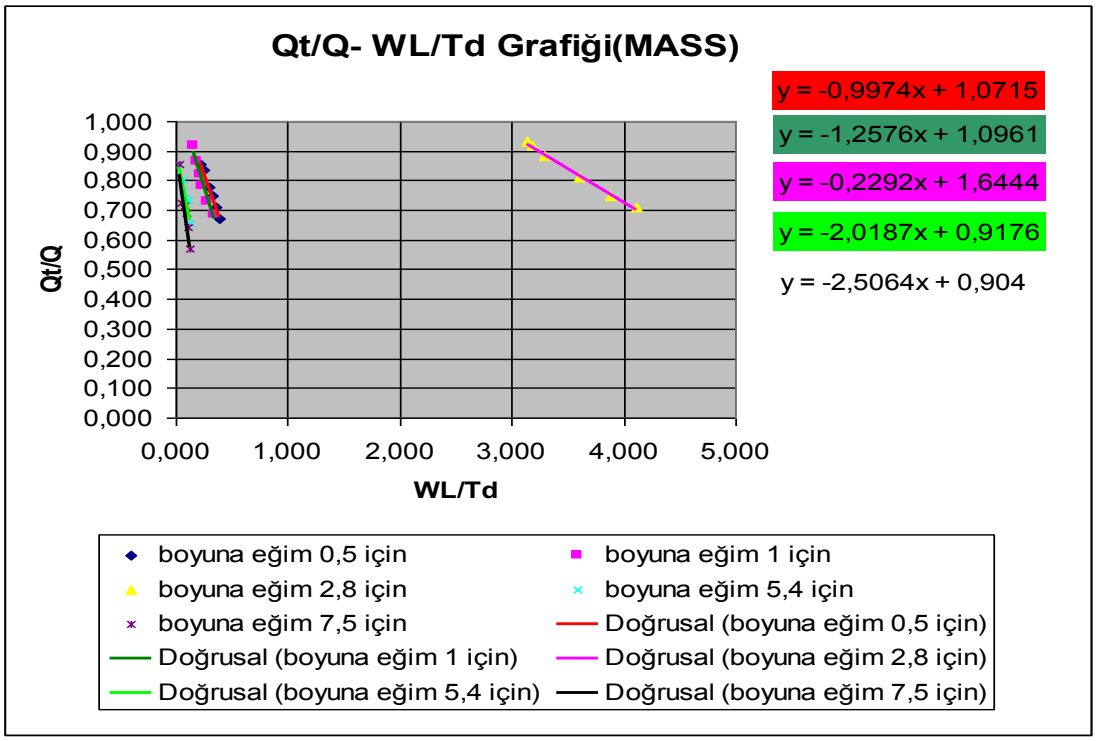
Şekil B.27: TB45–1 ızgarası için değişen boyuna eğim değerlerinde Qt/Q - WL/Td grafiği



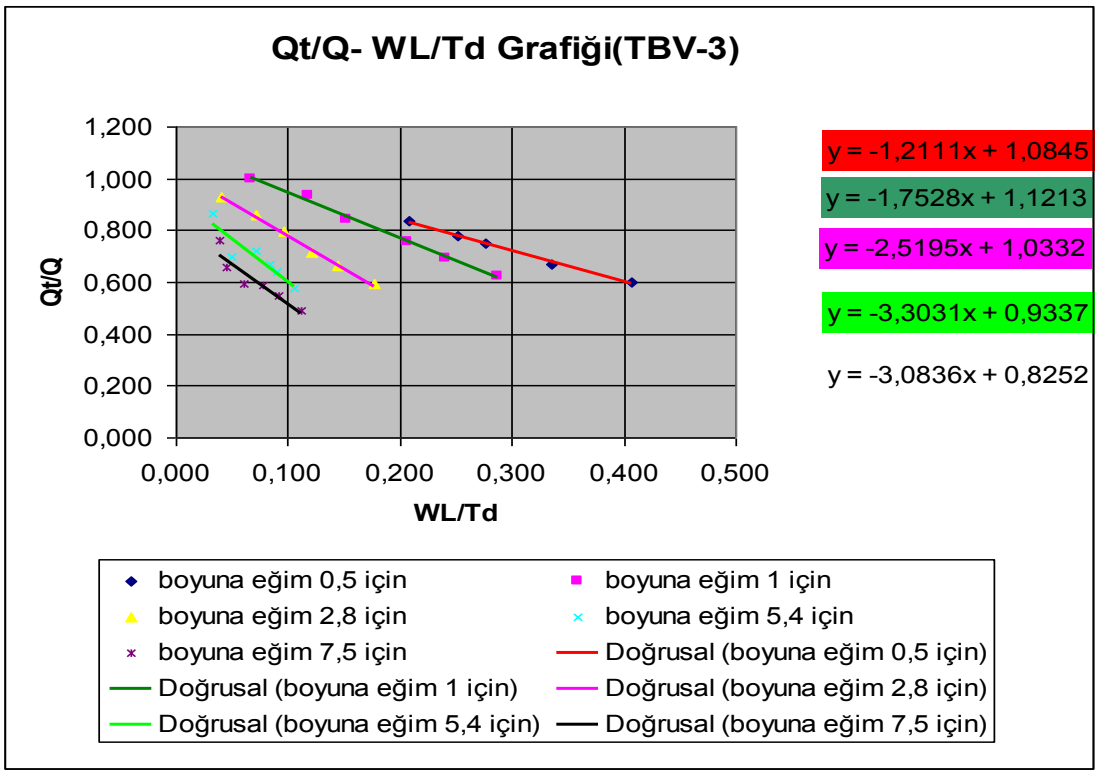
Şekil B.28: TB45–3 ızgarası için değişen boyuna eğim değerlerinde Qt/Q - WL/Td grafiği



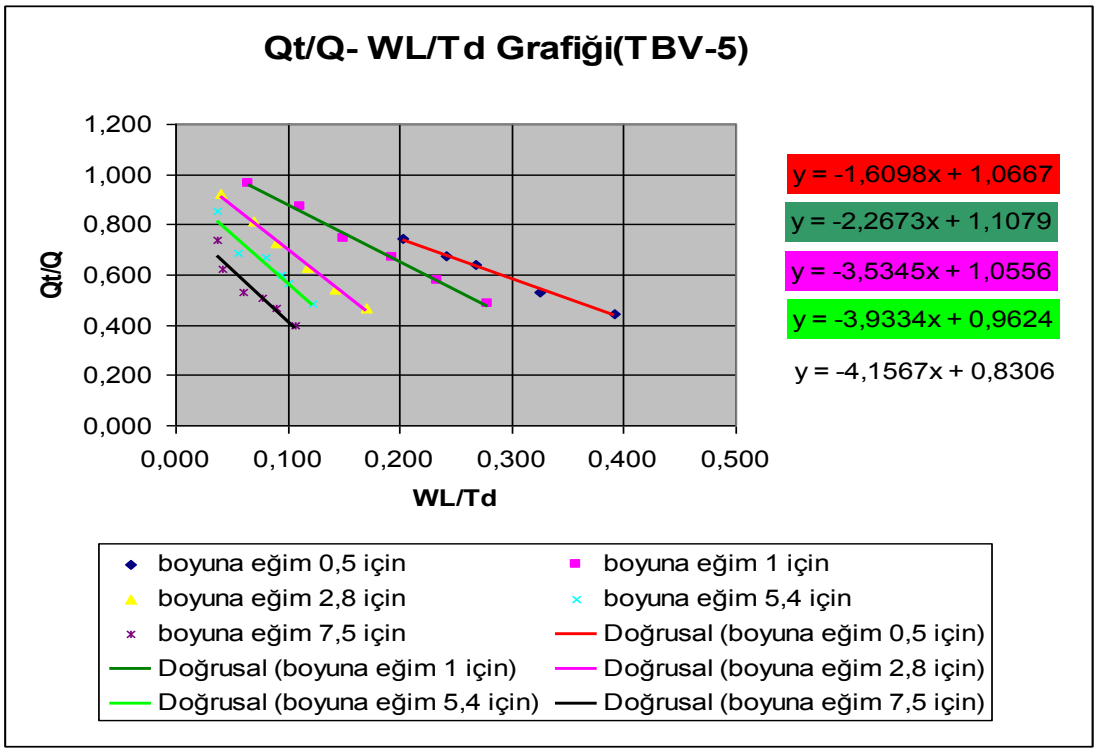
Şekil B.29: TB45–5 ızgarası için değişen boyuna eğim değerlerinde Qt/Q - WL/Td grafiği



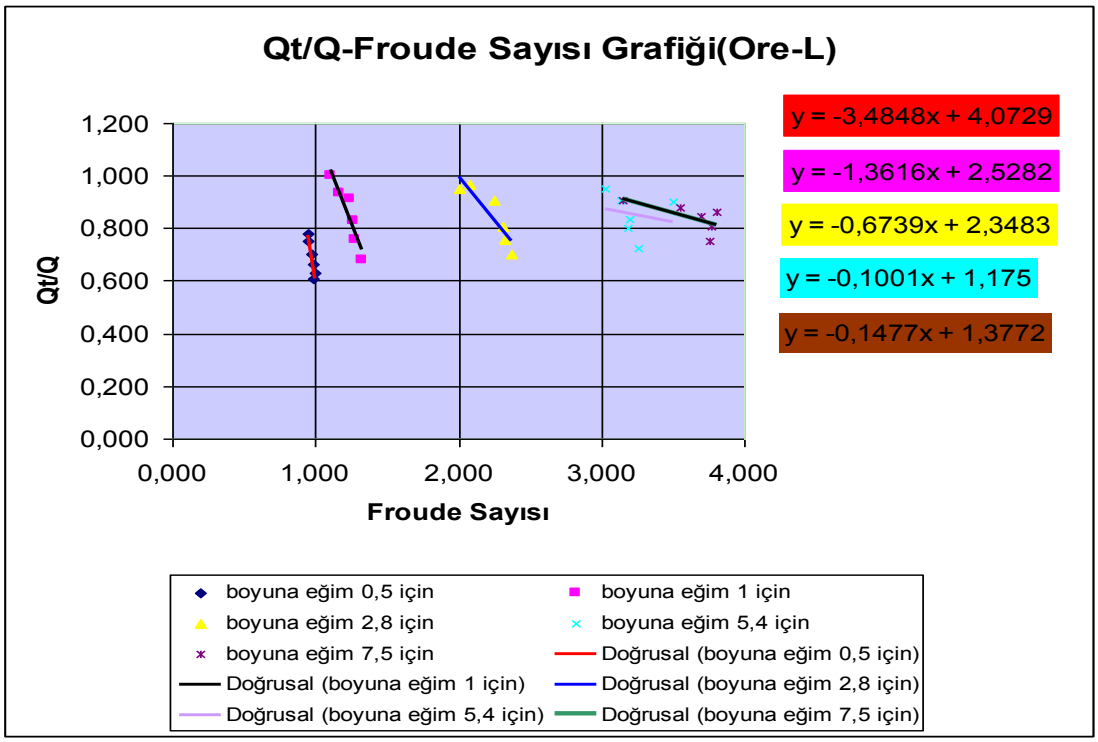
Şekil B.30: MASS ızgarası için değişen boyuna eğim değerlerinde Qt/Q - WL/Td grafiği



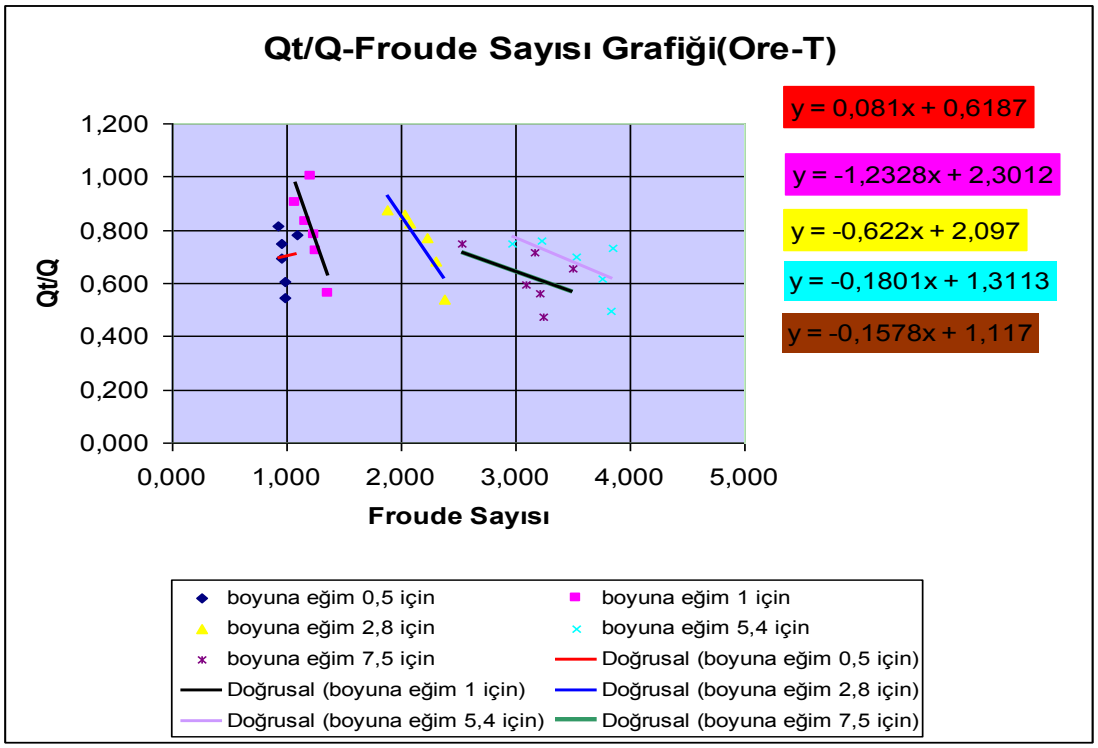
Şekil B.31: TBV–3 ızgarası için değişen boyuna eğim değerlerinde Qt/Q - WL/Td grafiği



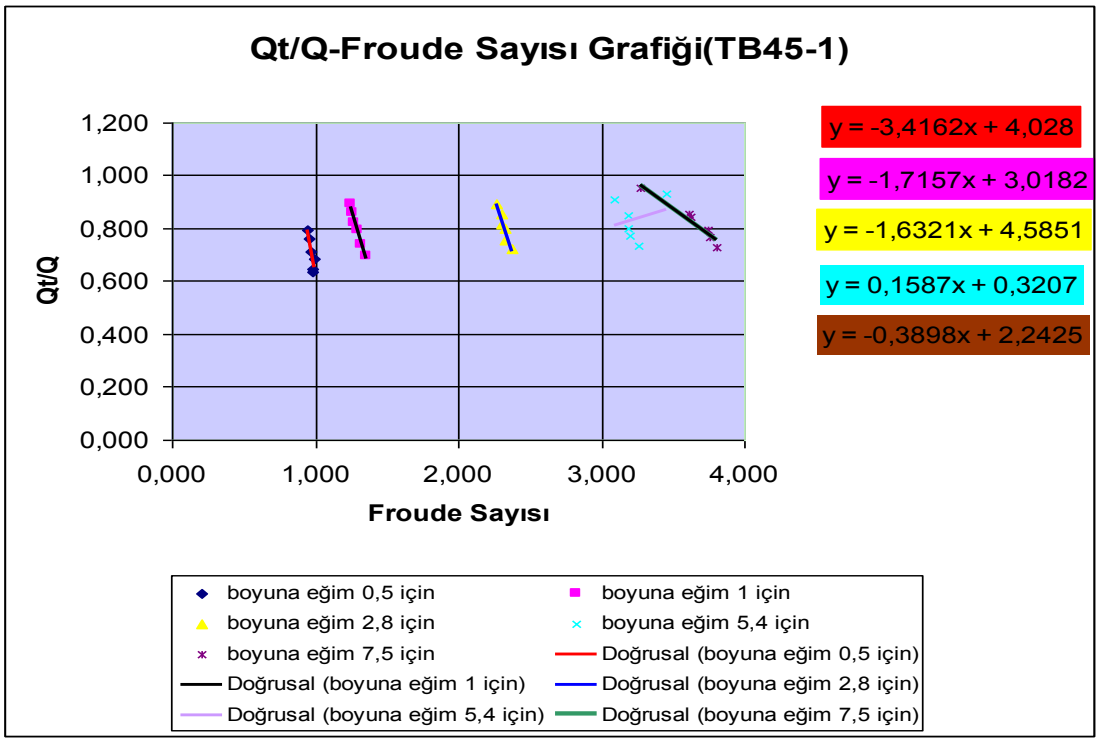
Şekil B.32: TBV–5 ızgarası için değişen boyuna eğim değerlerinde Qt/Q - WL/Td grafiği



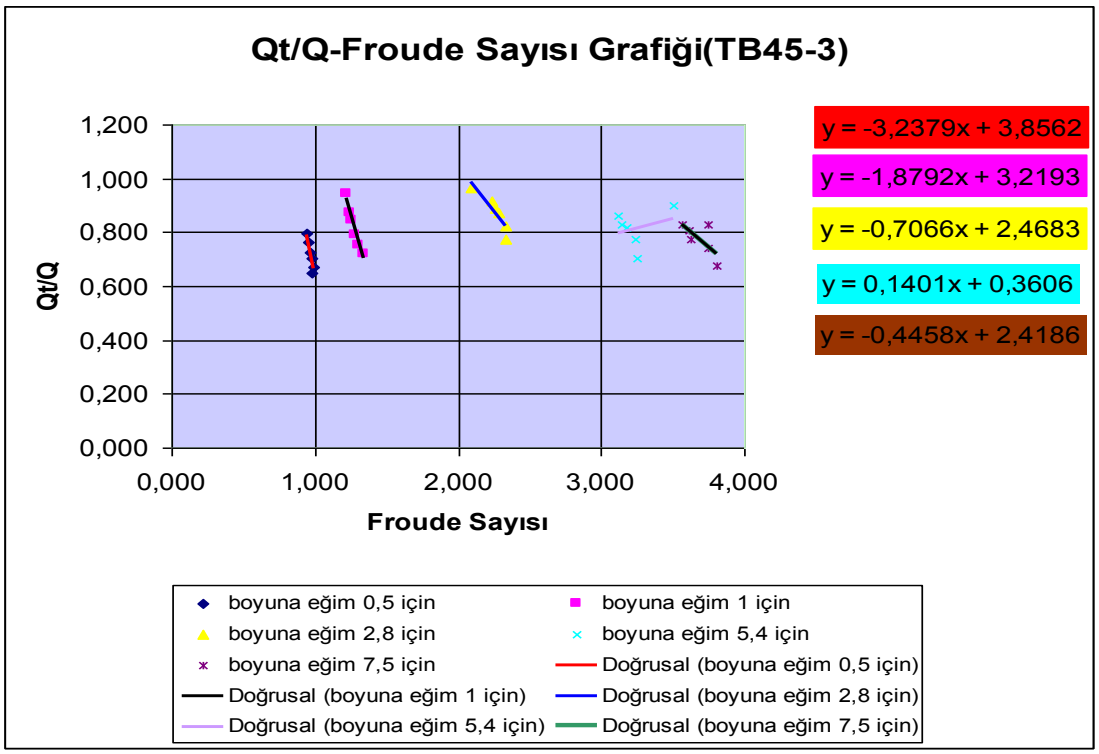
Şekil B.33: ORE-L ızgarası için değişen boyuna eğim değerlerinde Qt/Q – Froude Sayısı grafiği



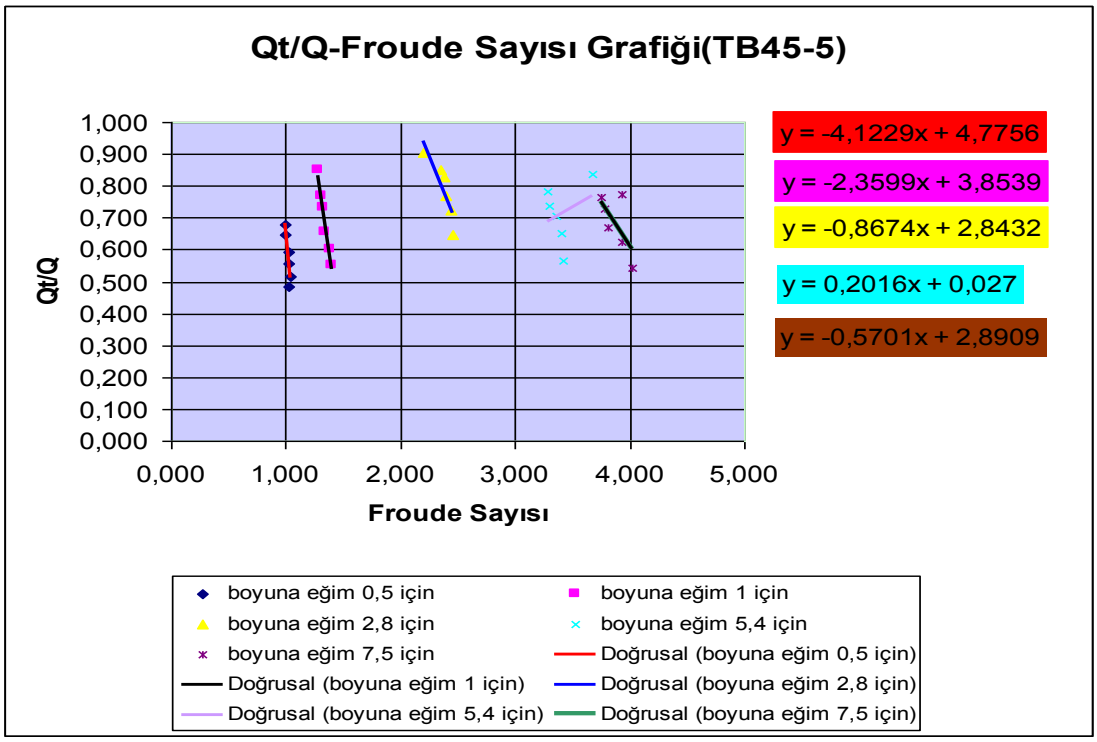
Şekil B.34: ORE-T ızgarası için değişen boyuna eğim değerlerinde Qt/Q – Froude Sayısı grafiği



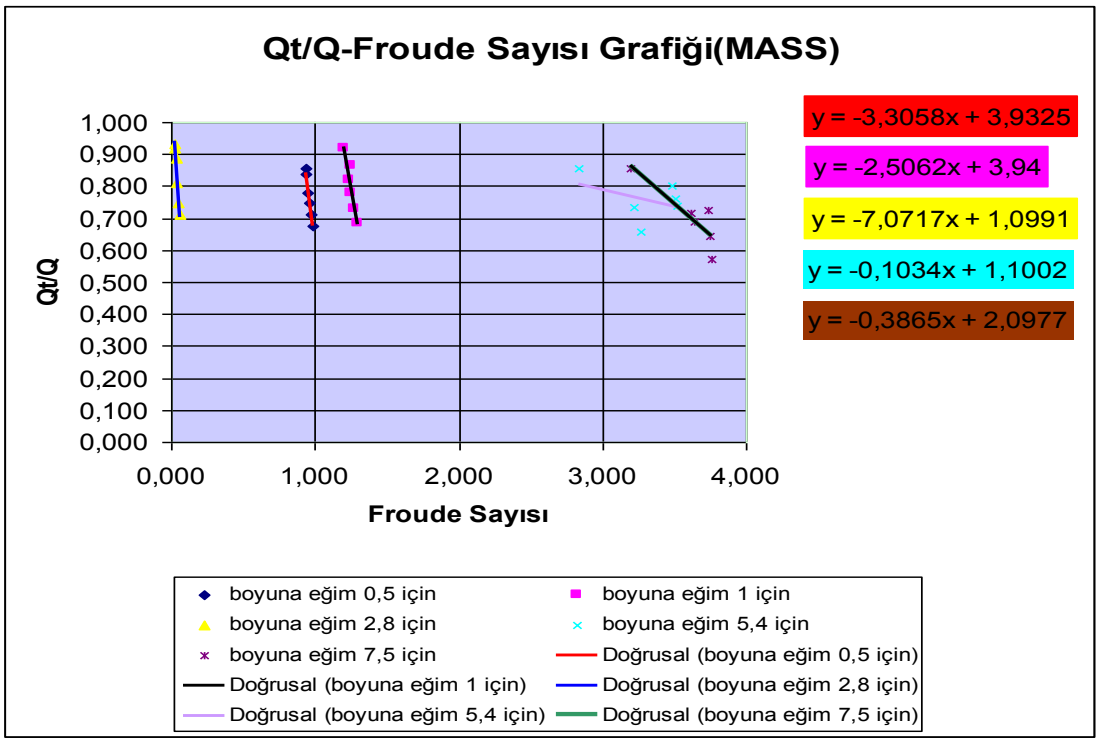
Şekil B.35: TB45-1 ızgarası için değişen boyuna eğim değerlerinde Qt/Q – Froude Sayısı grafiği



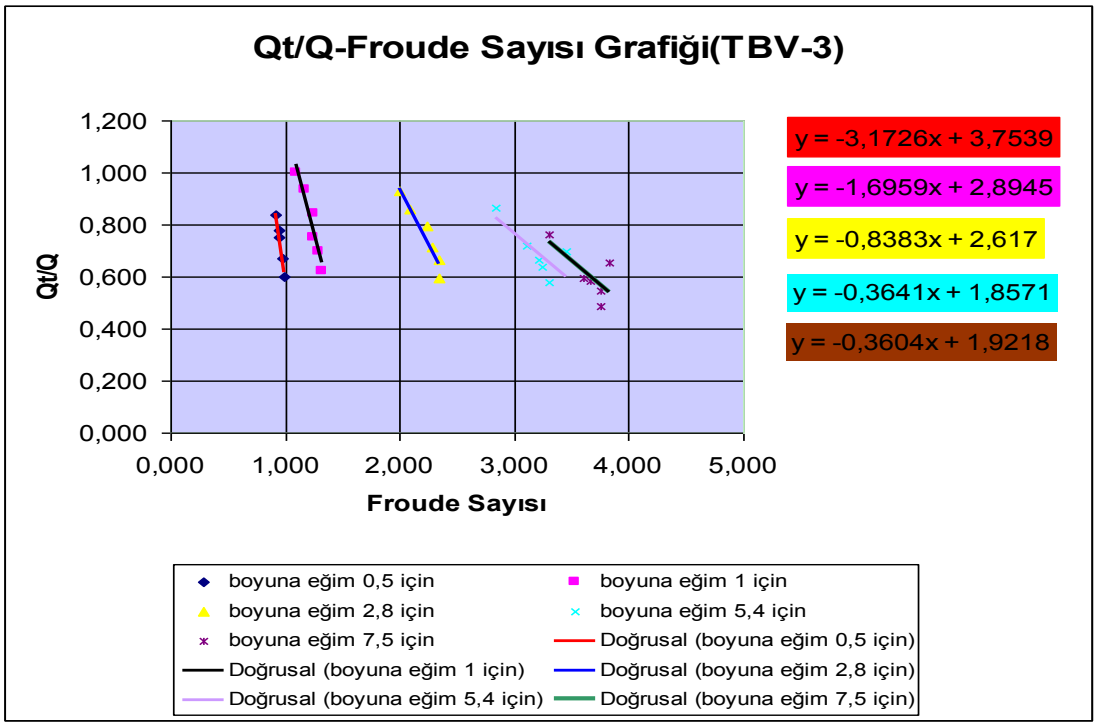
Şekil B.36: TB45-3 ızgarası için değişen boyuna eğim değerlerinde Qt/Q – Froude Sayısı grafiği



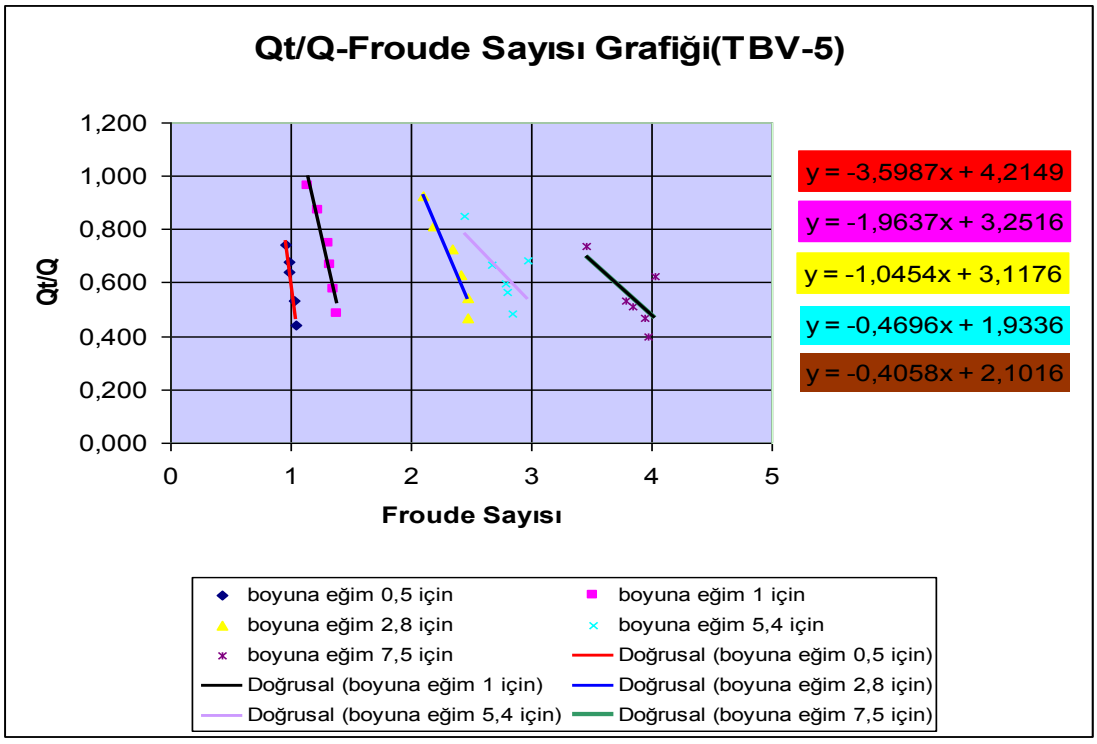
Şekil B.37: TB45–5 ızgarası için değişen boyuna eğim değerlerinde Qt/Q – Froude Sayısı grafiği



Şekil B.38: MASS ızgarası için değişen boyuna eğim değerlerinde Qt/Q – Froude Sayısı grafiği

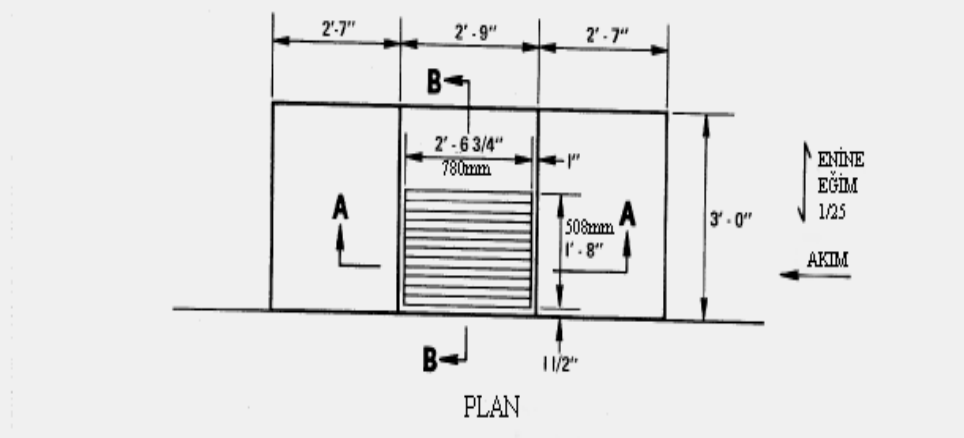


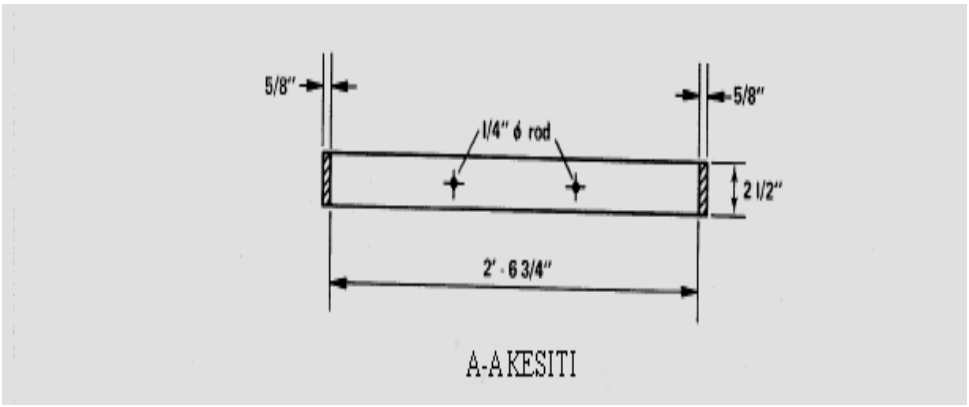
Şekil B.39: TBV–3 ızgarası için değişen boyuna eğim değerlerinde Qt/Q – Froude Sayısı grafiği

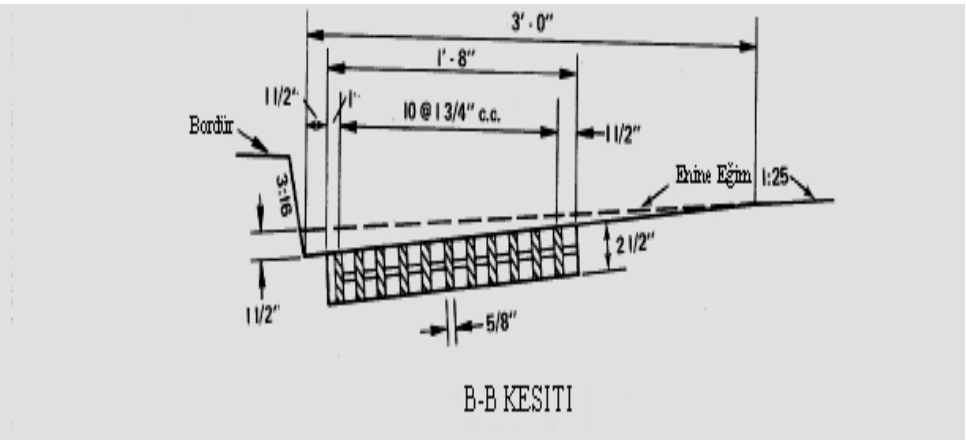


Şekil B.40: TBV–5 ızgarası için değişen boyuna eğim değerlerinde Qt/Q – Froude Sayısı grafiği

1. ORE-L Izgarası

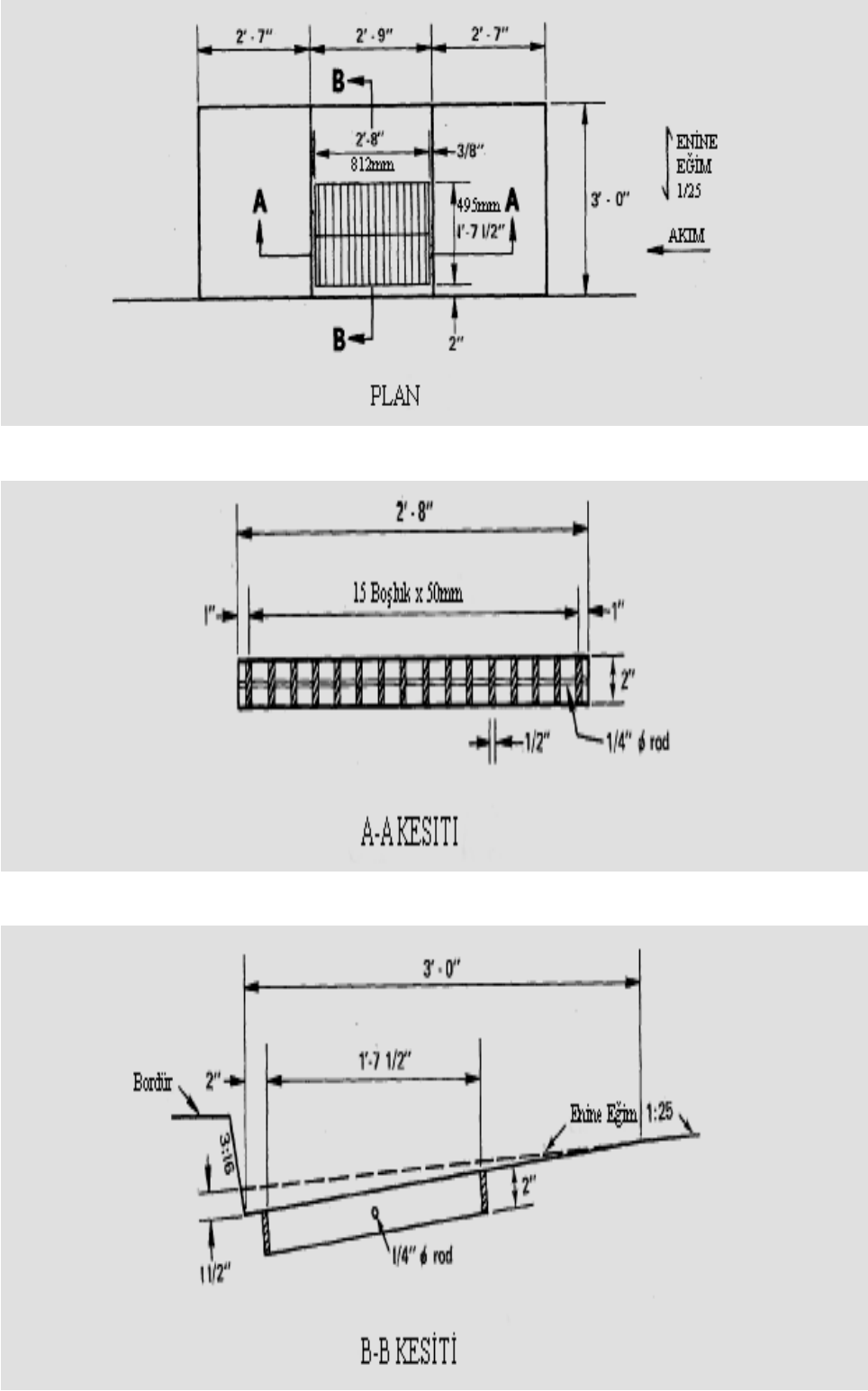






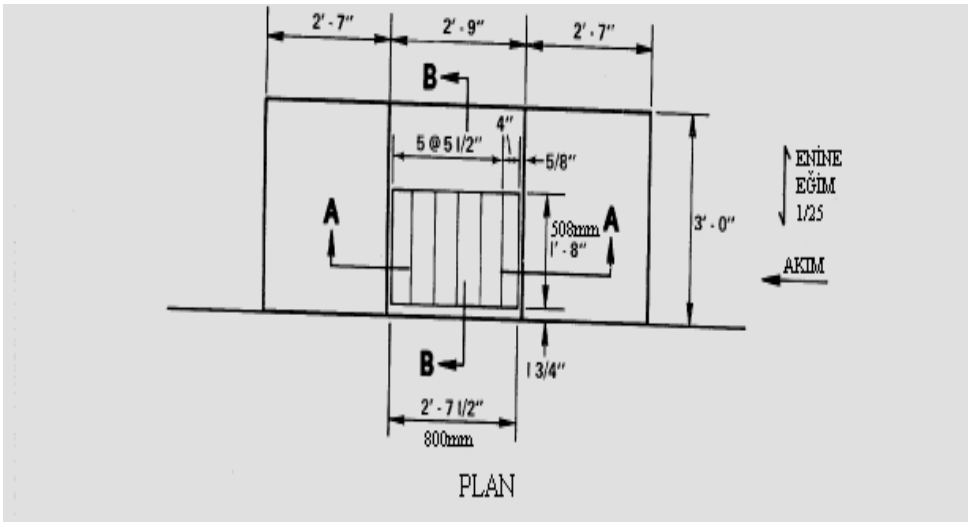
Şekil B.41: ORE-L Izgarası

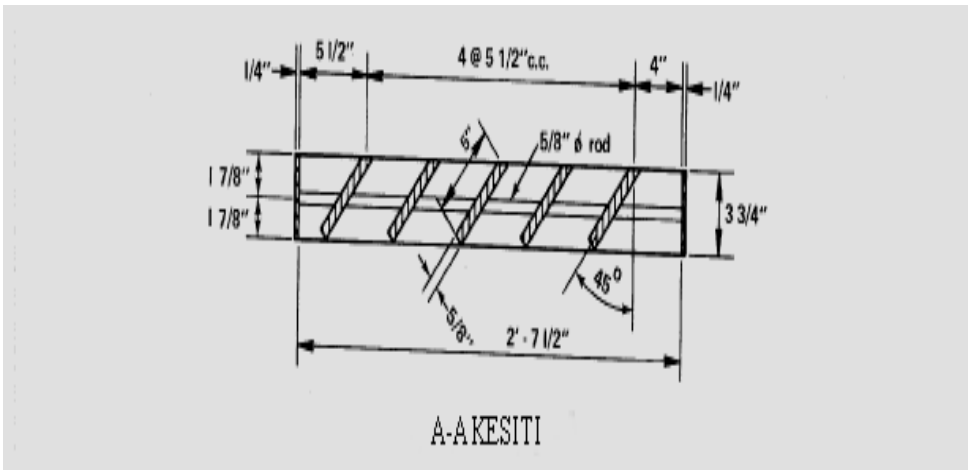
2. ORE-T Izgarası

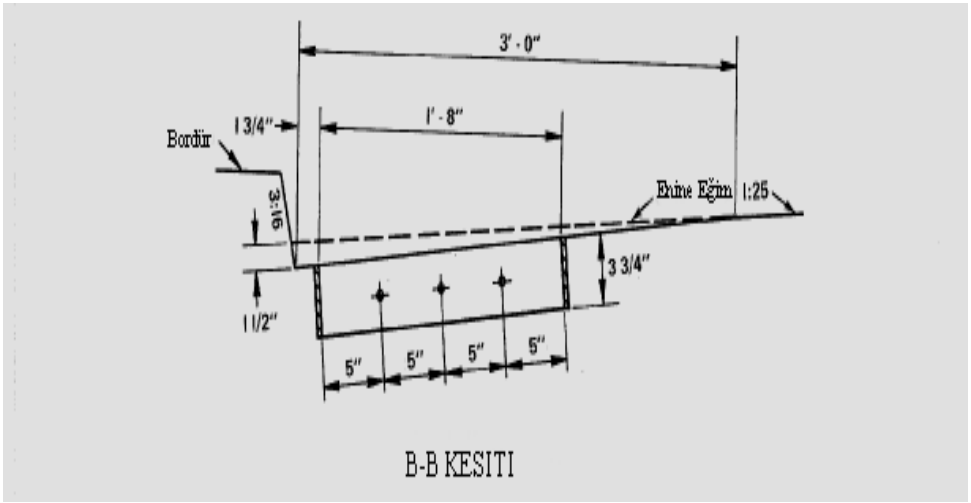


Şekil B.42: ORE-T Izgarası

3. TB45–1 Izgarası

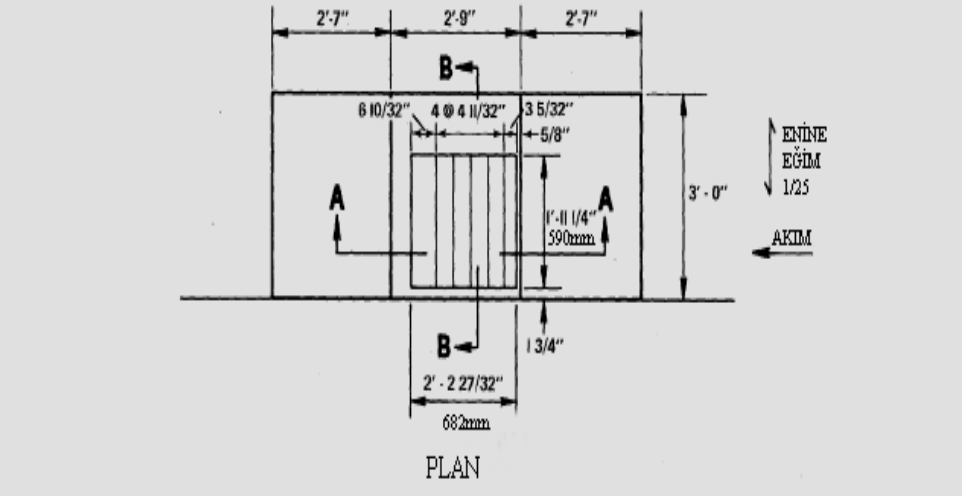


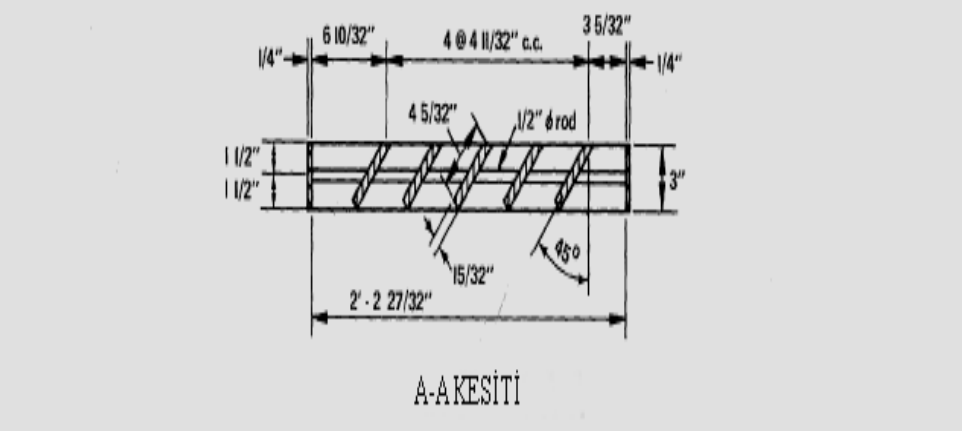


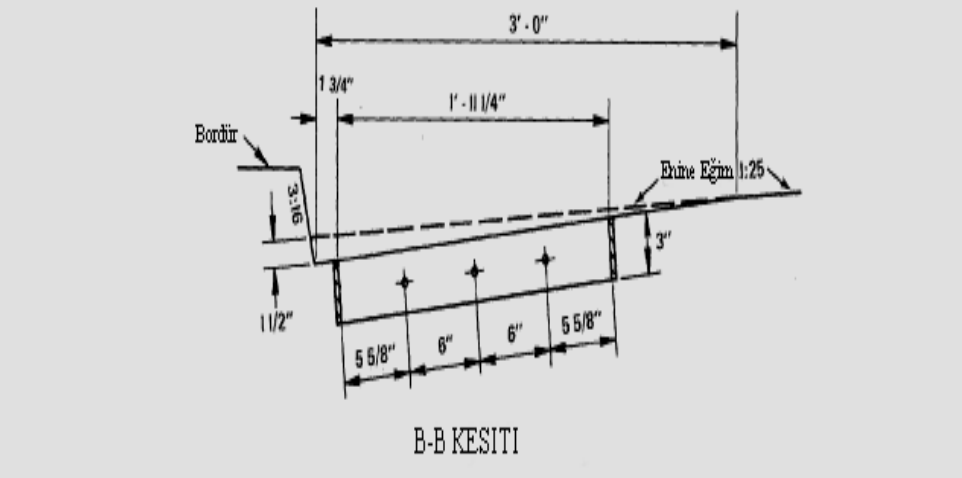


Şekil B.43: TB45–1 Izgarası

4. TB45–3 Izgarası

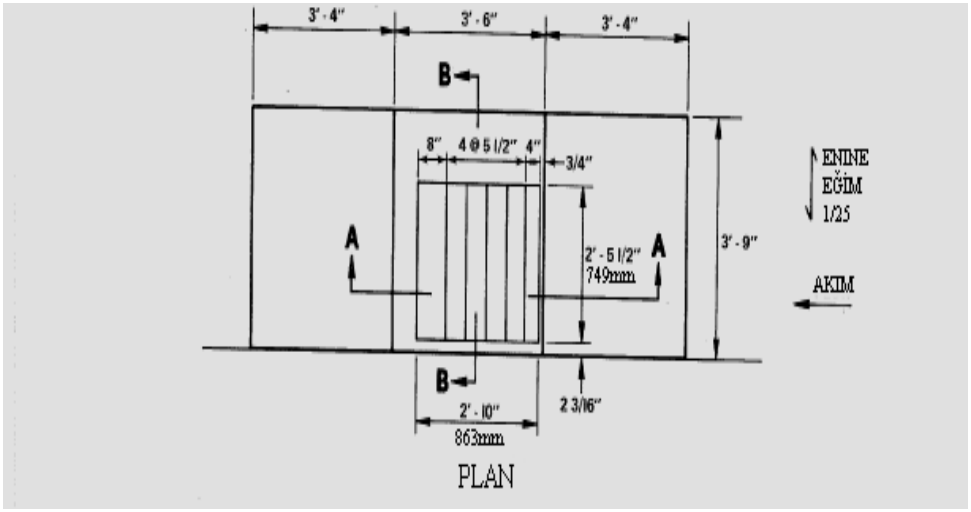


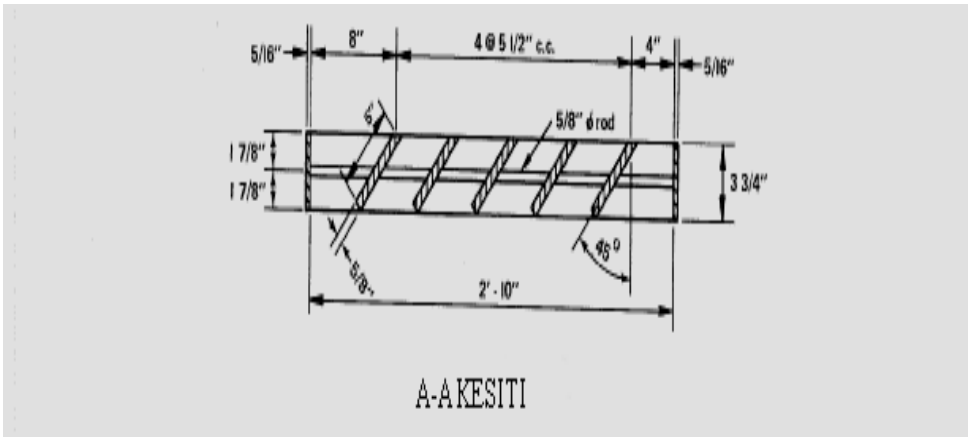


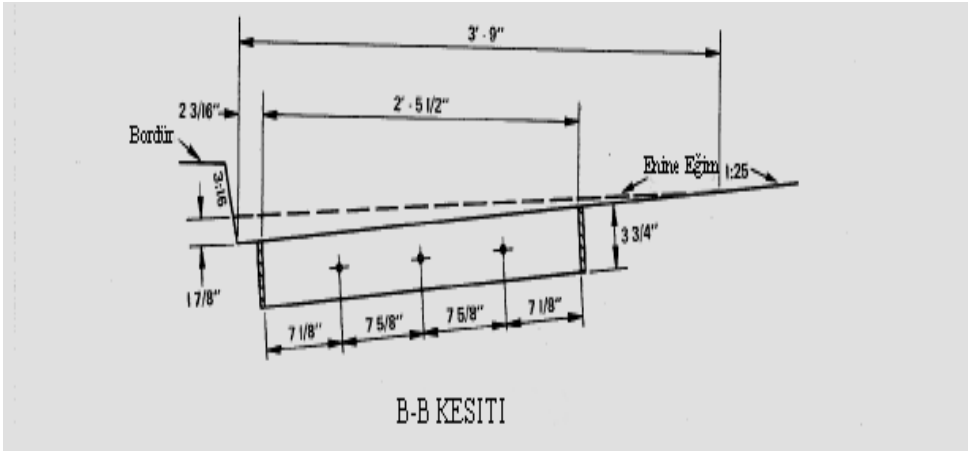


Şekil B.44: TB45–3 Izgarası

5. TB45–5 Izgarası

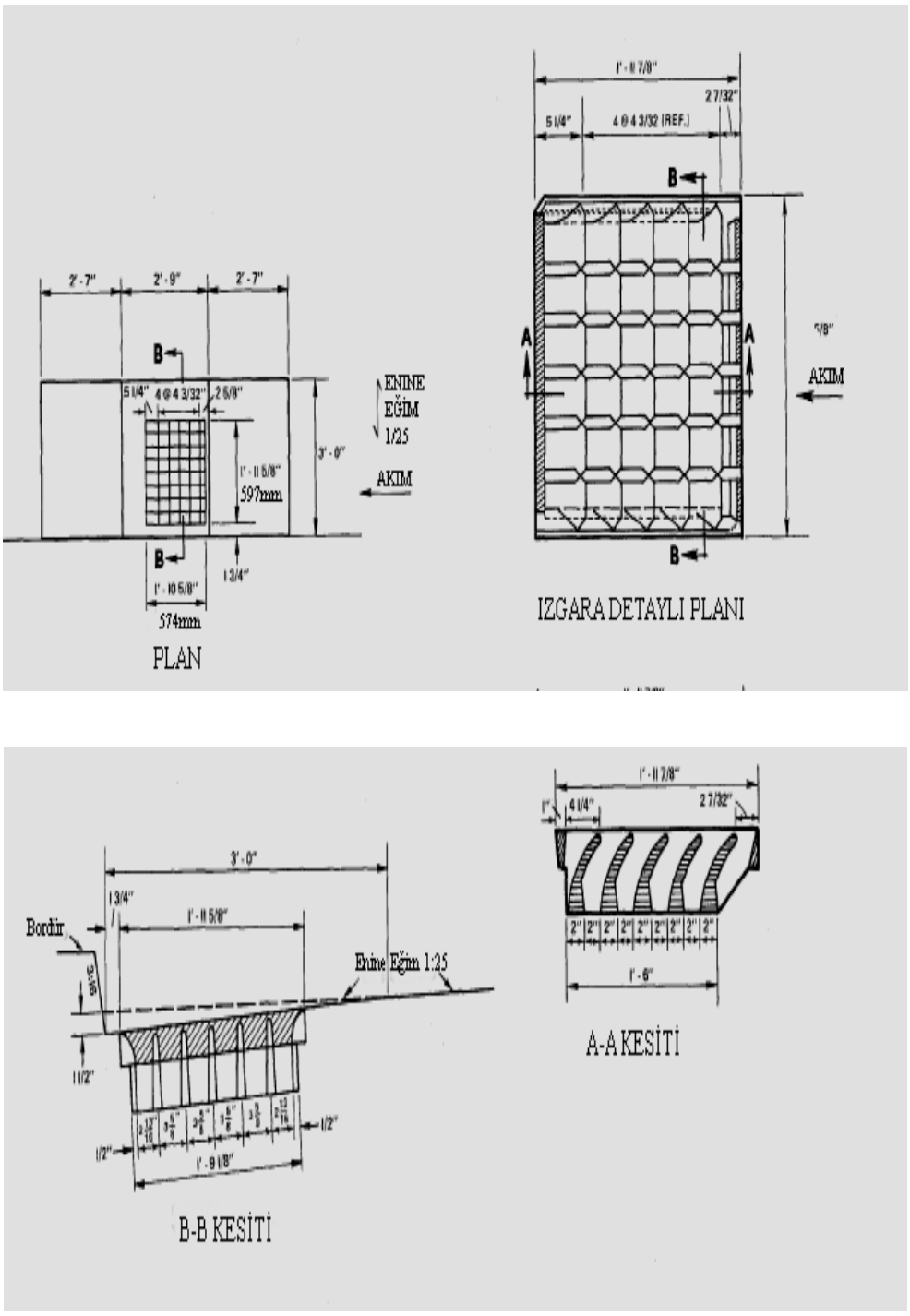






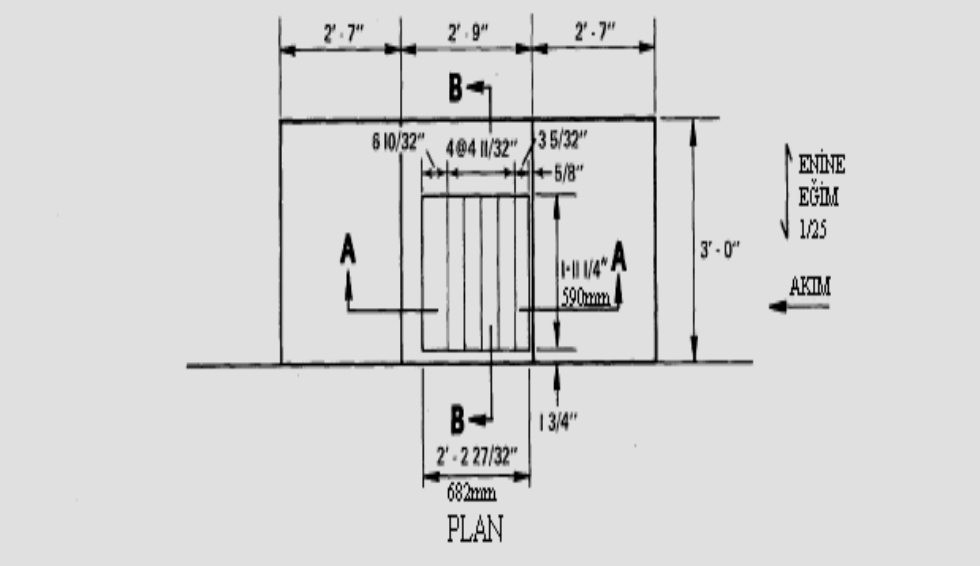
Şekil B.45: TB45-5 Izgarası

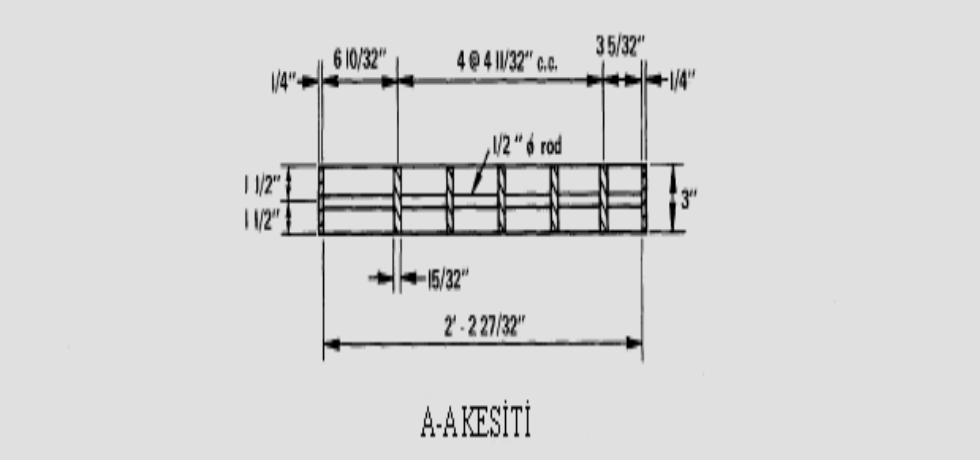
6. MASS Izgarası

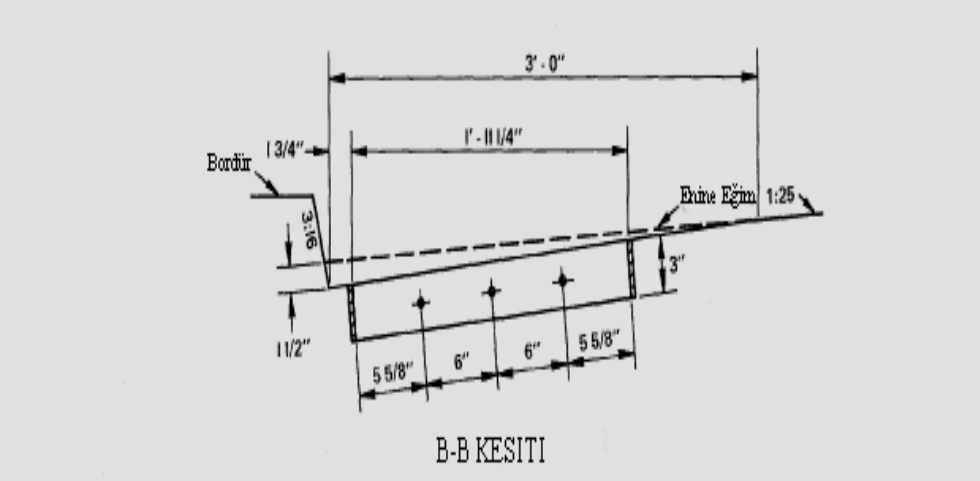


Şekil B.46: MASS Izgarası

7. TBV–3 Izgarası

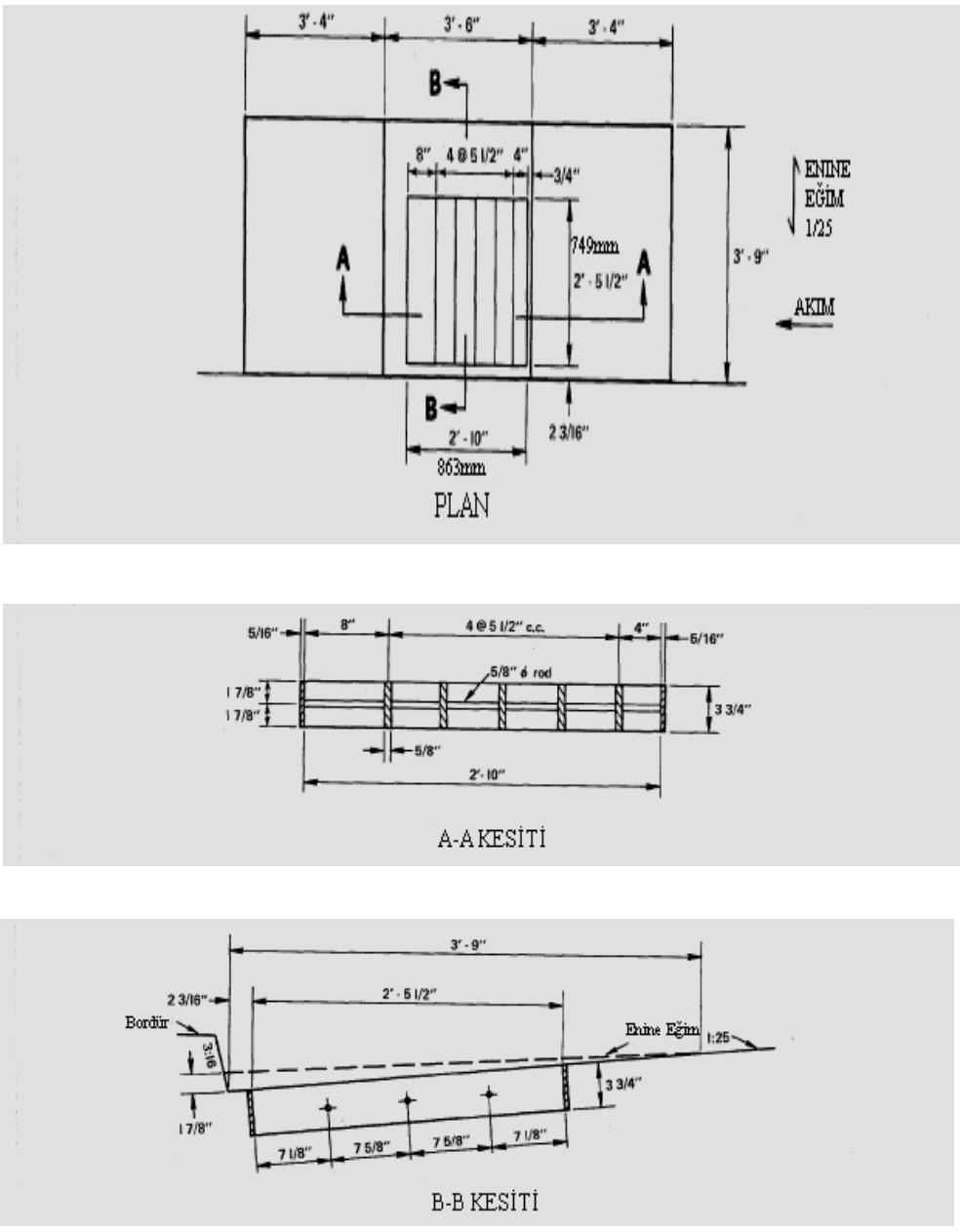






Şekil B.47: TBV–3 Izgarası

8. TBV–5 Izgarası



Şekil B.48: TBV–5 Izgarası