

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ENERJİ KIRICI HAVUZLARDA
FARKLI TİP ENERJİ KIRICI BLOKLARIN
ENERJİ SÖNÜMLEME ORANLARININ İNCELENMESİ**

734507

Nihat KAYA

T.C. YÖKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

DOKTORA TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

134801

ELAZIĞ, 2003

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ENERJİ KIRICI HAVUZLARDA
FARKLI TİP ENERJİ KIRICI BLOKLARIN
ENERJİ SÖNÜMLEME ORANLARININ İNCELENMESİ**

Nihat KAYA



DOKTORA TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu tez, 28.12.2023 tarihinde, aşağıda belirtilen jüri üyeleri tarafından oybirliği ile başarılı olarak değerlendirilmiştir.

Danışman	: Prof. Ahmet TUNA	
Üye	: Doç. Dr. Zülfü Çınar ULUCAN	
Üye	: Yrd. Doç. Dr. Reşit GERGER	
Üye	: Yrd. Doç. Dr. Mualla ÖZTÜRK	
Üye	: Yrd. Doç. Dr. M. Emin EMİROĞLU	

Bu tezin kabulü, Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunun 12.10.2023 tarih ve 10/3..... sayılı kararı ile onaylanmıştır.

ÖZET

Doktora Tezi

ENERJİ KIRICI HAVUZLARDA FARKLI TİP ENERJİ KIRICI BLOKLARIN ENERJİ SÖNÜMLEME ORANLARININ İNCELENMESİ

Nihat KAYA

Fırat Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

2003, Sayfa: 101

Hidrolik prensipleri uygulayarak enerji kırmanın en iyi yolu, hidrolik sıçramadır. Bu olayı, bir düzene sokan ve belirli bir bölge içinde oluşmasını sağlayan tesisler, enerji kırıcı (düşüm) havuzlar olarak isimlendirilmektedir. Enerji kırıcı havuzların bir elemanı olan enerji kırıcı bloklar, suyun enerjisini kırma açısından oldukça önemlidir. Enerji kırıcı bloklar, hidrolik sıçramanın oluşumunu temin etmek, türbülansı arttırmak ve var olan enerjinin kırılması amacıyla düşüm havuzlarına yerleştirilmektedirler.

Bu çalışmanın amacı, dip savaklardan geçen akım enerjisinin kırılmasını araştırmaktır. Tüm deney dizilerinde, toplam enerji kırıcı blok uzunluğu, enerji kırıcı havuz genişliğinin %40'ı olacak şekilde alınmıştır. Froude sayısı 2.5 ile 4.5 arasında ve memba su yüksekliği 0.10 ile 0.26 m arasında değiştirilmiştir. Ayrıca, kapak açıklığı 0.04 m olarak alınmıştır. Bu çalışmada, akımla temas eden yüzey uzunlukları eşit olan farklı geometrik şekilli 21 adet enerji kırıcı blok kullanılmıştır. Bloklar, tek sıra halinde yerleştirilerek enerji sönmleme oranları belirlenmiştir. Yapılan deneysel araştırmalar sonucunda T ve beşgen tipli enerji kırıcı blokların en iyi enerji sönmleme oranlarına sahip oldukları tespit edilmiştir. T tipi blok, suyun bloğa çarpmasıyla enerjiyi kırarken, beşgen tipli blok suyu ayırarak sönmlemeyi gerçekleştirmiştir. Ayrıca, T ve beşgen tipli bloklar iki sıra halinde yerleştirilip enerji sönmleme oranları belirlenmiştir. Tek sıralı enerji kırıcı blokların daha fazla enerji sönmlediği gözlenmiştir.

Sonuç olarak, tek sıralı T ve beşgen şekilli blokların daha fazla enerji sönmleme yeteneklerine sahip olduğu belirlenmiştir.

ANAHTAR KELİMELEER: Enerji kırıcı blok, Enerji kırıcılar, Enerji sönmleme, Düşüm havuzu, Hidrolik sıçrama, Dip savak .

ABSTRACT

PhD Thesis

AN INVESTIGATION OF ENERGY DAMPING RATIOS OF DIFFERENT TYPE ENERGY DISSIPATOR BLOCKS IN STILLING BASIN

Nihat Kaya

Firat University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Civil Engineering

2003, Page: 101

Hydraulic jump is the best way of the energy dissipation by using hydraulic principles. Hydraulic structures organizing this phenomenon are called stilling basin. However, baffle blocks being a member of stilling basins are quite important for breaking of flow energy. The baffle blocks are embedded in stilling basin in order to obtain hydraulic jump, increase turbulence and decrease the existence energy.

The aim of this study is to investigate the breaking of the flow energy in bottom weirs. In all experimental series, the total length of all baffle blocks are taken width of stilling basin of 40%. Froude numbers and water heights of upstream are adjusted about from 2.5 to 4.5 and from 0.10 to 0.26 m, respectively. The gate opening ratio is taken 0.04 m in the present work. Moreover, twenty-one baffle blocks with identical surface length, but of distinct geometry, are used. The energy damping ratios of these blocks are determined by embedding single row. Consequently, it is estimated that baffle blocks with T and pentagon shapes give the best results according to the energy damping ratios. The T shaped block decreases the energy by striking while the pentagon shaped by separating. In addition to this, the T and pentagon shaped blocks were arranged as double row and energy damping ratios were calculated. Finally, it is noticed that single row T and pentagon shaped baffle blocks have more ability of energy damping.

KEY WORDS: Baffle block, Energy dissipators, Energy damping, Stilling basin, Hydraulic jumping, Bottom weir.

ÖNSÖZ

Tez ve bilimsel çalışmalarım sırasında yaptığı öneriler ve yardımlarını gördüğüm tez danışmanım Prof. Ahmet TUNA 'ya saygılarımı sunarım.

Ayrıca, çalışmam süresince, ilgi ve desteklerini gördüğüm öğretim üyeleri ve teknik elemanlara teşekkür ederim.



İÇİNDEKİLER

ÖZET	I
ABSTRACT	II
ÖNSÖZ	III
İÇİNDEKİLER	IV
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	VI
TABLOLARIN LİSTESİ	XI
SİMGELERİN LİSTESİ	XIII
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ÖZETİ	3
3. ENERJİ KIRICI YAPILAR	6
3.1 Hidrolik Sıçrama	6
3.1.1. Sıçrama Derinliği	6
3.1.2. Sıçrama Uzunluğu	8
3.1.2.1. Sıçrama uzunluğunu veren ampirik formüller	8
3.1.2.2. Sıçrama uzunluğunu veren deneysel diyagramlar	9
3.1.3. Sıçrama sırasında yer alan yük kayıpları	11
3.1.4. Sıçrama Şekilleri	13
3.2. Düşüm Havuzları	14
3.3. Havaya Fırlatmalı Enerji Kırıcılar	20
3.4. Yuvarlak Uçlu Enerji Kırıcılar	22
3.5. Çarpmalı Havuz Tipi	23
3.6. Batık Göl Tipi	24
3.7. Serbest Düşümlü Akımlarda Enerji Kırıcılar	26
3.7.1. Dikdörtgen havuz tipi	26
3.7.2. Çarpma engelli tip	26
3.7.3. Dişli ızgara tipi	26
3.8. Basıncılı Çıkışlar İçin Enerji Kırıcılar	27
3.8.1. Serbest jet tipi	27
3.8.2. Sakinleştirme kuyuları	27
3.9. SAF (St. Antony Falls) Tipi Düşü Havuzu	27
4. MATERYAL VE METOT	30
4.1. Materyal	30
4.2. Deneyde Kullanılan Enerji Kırıcı Blok Tipleri	31

4.3. Hızların Ölçülmesi	43
4.4. Debilerin Hesaplanması	44
4.5. Deneyin Yapılışı	44
4.6. Deney Düzenegi	46
5. DENEY SONUÇLARI VE TARTIŞMA	47
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	96
KAYNAKLAR	98
ÖZGEÇMİŞ	102



ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil 3.1. Sıçramanın şeması	6
Şekil 3.2. Sıçramanın memba ve mansap derinliklerini veren eğri	7
Şekil 3.3. Memba derinliğinin fonksiyonu olarak sıçrama uzunluğu	10
Şekil 3.4. Mansap derinliğinin fonksiyonu olarak sıçrama uzunluğu	10
Şekil 3.5. Sıçramada yer alan yük kaybı	11
Şekil 3.6. Sıçrama karakteristikleri	12
Şekil 3.7. Froude sayısına bağlı olarak özgül enerjinin değişimi	12
Şekil 3.8. Değişik sıçrama şekilleri	13
Şekil 3.9. USBR IV. Tip düşüm havuzu	15
Şekil 3.10. USBR IV. Tip düşüm havuzunun minimum mansap su derinliği	15
Şekil 3.11. USBR IV. Tip düşüm havuzunun sıçrama uzunluğu	16
Şekil 3.12. USBR III. Tip düşüm havuzu	17
Şekil 3.13. USBR III. Tip düşüm havuzunun minimum mansap su derinliği	18
Şekil 3.14. USBR III. Tip düşüm havuzunda blok ve mansap eşiği yüksekliği	18
Şekil 3.15. USBR III. Tip düşüm havuzunda sıçrama yüksekliği	18
Şekil 3.16. USBR II. Tip düşüm havuzu	19
Şekil 3.17. USBR II. Tip düşüm havuzunun minimum mansap su derinliği	19
Şekil 3.18. USBR II. Tip düşüm havuzunun sıçrama uzunluğu	20
Şekil 3.19. Havaya fırlatmalı enerji kırıcının şematik olarak gösterilişi	20
Şekil 3.20. Havaya fırlatmalı enerji kırıcılarında: a) Formülasyon için notasyonlar, b) L_1/L_0 oranı ile V_0 arasındaki bağıntı	21
Şekil 3.21. Yuvarlak uçlu enerji kırıcılar: a) Tek parçalı, b) Dişli tip	22
Şekil 3.22. Çarpmalı havuz tipi ve boyutlandırma kriterleri	25
Şekil 3.23. SAF (St. Antony Falls) tipi düşüm havuzu	28
Şekil 4.1. Deneyde kullanılan 1. tip enerji kırıcı blok	31
Şekil 4.2. Deneyde kullanılan 2. tip enerji kırıcı blok	31
Şekil 4.3. Deneyde kullanılan 3. tip enerji kırıcı blok	31
Şekil 4.4. Deneyde kullanılan 4. tip enerji kırıcı blok	32
Şekil 4.5. Deneyde kullanılan 5. tip enerji kırıcı blok	32
Şekil 4.6. Deneyde kullanılan 6. tip enerji kırıcı blok	32
Şekil 4.7. Deneyde kullanılan 7. tip enerji kırıcı blok	33
Şekil 4.8. Deneyde kullanılan 8. tip enerji kırıcı blok	33

Şekil 4.9. Deneyde kullanılan 9. tip enerji kırıcı blok	33
Şekil 4.10. Deneyde kullanılan 10. tip enerji kırıcı blok	34
Şekil 4.11. Deneyde kullanılan 11. tip enerji kırıcı blok	34
Şekil 4.12. Deneyde kullanılan 12. tip enerji kırıcı blok	34
Şekil 4.13. Deneyde kullanılan 13. tip enerji kırıcı blok	35
Şekil 4.14. Deneyde kullanılan 14. tip enerji kırıcı blok	35
Şekil 4.15. Deneyde kullanılan 15. tip enerji kırıcı blok	35
Şekil 4.16. Deneyde kullanılan 16. tip enerji kırıcı blok	36
Şekil 4.17. Deneyde kullanılan 17. tip enerji kırıcı blok	36
Şekil 4.18. Deneyde kullanılan 18. tip enerji kırıcı blok	36
Şekil 4.19. Deneyde kullanılan 19. tip enerji kırıcı blok	37
Şekil 4.20. Deneyde kullanılan 20. tip enerji kırıcı blok	37
Şekil 4.21. Deneyde kullanılan 21. tip enerji kırıcı blok	37
Şekil 4.22. Deneyde kullanılan 22. tip enerji kırıcı blok	38
Şekil 4.23. Deneyde kullanılan 23. tip enerji kırıcı blok	38
Şekil 4.24. Deneyde kullanılan 24. tip enerji kırıcı blok	38
Şekil 4.25. Deneyde kullanılan 25. tip enerji kırıcı blok	39
Şekil 4.26. Deneyde kullanılan 26. tip enerji kırıcı blok	39
Şekil 4.27. Deneyde kullanılan 27. tip enerji kırıcı blok	39
Şekil 4.28. Deneyde kullanılan 28. tip enerji kırıcı blok	40
Şekil 4.29. Deneyde kullanılan 29. tip enerji kırıcı blok	40
Şekil 4.30. Deneyde kullanılan 30. tip enerji kırıcı blok	41
Şekil 4.31. Deneyde kullanılan 31. tip enerji kırıcı blok	41
Şekil 4.32. Deneyde kullanılan 32. tip enerji kırıcı blok	41
Şekil 4.33. Deneyde kullanılan 33. tip enerji kırıcı blok	42
Şekil 4.34. Deneyde kullanılan 34. tip enerji kırıcı blok	42
Şekil 4.35. Deneyde kullanılan 35. tip enerji kırıcı blok	42
Şekil 4.36. Deneyde kullanılan 36. tip enerji kırıcı blok	43
Şekil 4.37. Hızların ölçülmesinin tipik gösterimi	43
Şekil 4.38. Enerji kırıcı blokların tek sıra halinde kanal içinde yerleştirilme biçimi	45
Şekil 4.39. Enerji kırıcı blokların iki sıralı halinde kanal içinde yerleştirilme biçimi	45
Şekil 4.40. İki sıralı enerji kırıcı bloklarda sıçramanın şekli	45
Şekil 4.41. Deney düzeneği	46
Şekil 5.1. Akımı çarptırarak enerjisini kıran en uygun enerji kırıcı blok (24. Deneyde Kullanılan T şeklindeki enerji kırıcı blok)	48

Şekil 5.2. Suyu ayırarak enerjisini kıran en uygun enerji kırıcı blok (21. Deneyde kullanılan beşgen şeklinde ki enerji kırıcı blok)	49
Şekil 5.3. 21. deney, 24. deney ve bloksuz haldeki deney sonuçlarının enerji Sönümleme oranı ile F_1 arasındaki değişiminin gösterilmesi	49
Şekil 5.4. Bloksuz haldeki akımda F_1 ile enerji sönümleme oranı arasındaki değişim	51
Şekil 5.5. Birinci deneyde kullanılan 1. tip enerji kırıcı blok deney sonucunda F_1 ile enerji sönümleme oranı arasındaki değişim	52
Şekil 5.6. İkinci deneyde kullanılan 2. tip enerji kırıcı blok deney sonucunda F_1 ile enerji sönümleme oranı arasındaki değişim	53
Şekil 5.7. Üçüncü deneyde kullanılan 3. tip enerji kırıcı blok deney sonucunda F_1 ile enerji sönümleme oranı arasındaki değişim	54
Şekil 5.8. Dördüncü deneyde kullanılan 4. tip enerji kırıcı blok deney sonucunda F_1 ile enerji sönümleme oranı arasındaki değişim	55
Şekil 5.9. Beşinci deneyde kullanılan 5. tip enerji kırıcı blok deney sonucunda F_1 ile enerji sönümleme oranı arasındaki değişim	56
Şekil 5.10. Altıncı deneyde kullanılan 6. tip enerji kırıcı blok deney sonucunda F_1 ile enerji sönümleme oranı arasındaki değişim	57
Şekil 5.11. Yedinci deneyde kullanılan 7. tip enerji kırıcı blok deney sonucunda F_1 ile enerji sönümleme oranı arasındaki değişim	58
Şekil 5.12. Sekizinci deneyde kullanılan 8. tip enerji kırıcı blok deney sonucunda F_1 ile enerji sönümleme oranı arasındaki değişim	59
Şekil 5.13. Dokuzuncu deneyde kullanılan 9. tip enerji kırıcı blok deney sonucunda F_1 ile enerji sönümleme oranı arasındaki değişim	60
Şekil 5.14. 10. deneyde kullanılan 10. tip enerji kırıcı blok deney sonucunda F_1 ile enerji sönümleme oranı arasındaki değişim	61
Şekil 5.15. 11. deneyde kullanılan 11. tip enerji kırıcı blok deney sonucunda F_1 ile enerji sönümleme oranı arasındaki değişim	62
Şekil 5.16. 12. deneyde kullanılan 12. tip enerji kırıcı blok deney sonucunda F_1 ile enerji sönümleme oranı arasındaki değişim	63
Şekil 5.17. 13. deneyde kullanılan 13. tip enerji kırıcı blok deney sonucunda F_1 ile enerji sönümleme oranı arasındaki değişim	64
Şekil 5.18. 14. deneyde kullanılan 14. tip enerji kırıcı blok deney sonucunda F_1 ile enerji sönümleme oranı arasındaki değişim	65
Şekil 5.19. 15. deneyde kullanılan 15. tip enerji kırıcı blok deney sonucunda F_1 ile enerji sönümleme oranı arasındaki değişim	66

Şekil 5.20. 16. deneyde kullanılan 16. tip enerji kırıcı blok deney sonucunda F_1 ile enerji sönmleme oranı arasındaki değişim	67
Şekil 5.21. 17. deneyde kullanılan 17. tip enerji kırıcı blok deney sonucunda F_1 ile enerji sönmleme oranı arasındaki değişim	68
Şekil 5.22. 18. deneyde kullanılan 18. tip enerji kırıcı blok deney sonucunda F_1 ile enerji sönmleme oranı arasındaki değişim	69
Şekil 5.23. 19. deneyde kullanılan 19. tip enerji kırıcı blok deney sonucunda F_1 ile enerji sönmleme oranı arasındaki değişim	70
Şekil 5.24. 20. deneyde kullanılan 20. tip enerji kırıcı blok deney sonucunda F_1 ile enerji sönmleme oranı arasındaki değişim	71
Şekil 5.25. 21. deneyde kullanılan 21. tip enerji kırıcı blok deney sonucunda F_1 ile enerji sönmleme oranı arasındaki değişim	72
Şekil 5.26. 22. deneyde kullanılan 22. tip enerji kırıcı blok deney sonucunda F_1 ile enerji sönmleme oranı arasındaki değişim	73
Şekil 5.27. 23. deneyde kullanılan 23. tip enerji kırıcı blok deney sonucunda F_1 ile enerji sönmleme oranı arasındaki değişim	74
Şekil 5.28. 24. deneyde kullanılan 24. tip enerji kırıcı blok deney sonucunda F_1 ile enerji sönmleme oranı arasındaki değişim	75
Şekil 5.29. 25. deneyde kullanılan 25. tip enerji kırıcı blok deney sonucunda F_1 ile enerji sönmleme oranı arasındaki değişim	76
Şekil 5.30. 26. deneyde kullanılan 26. tip enerji kırıcı blok deney sonucunda F_1 ile enerji sönmleme oranı arasındaki değişim	77
Şekil 5.31. 27. deneyde kullanılan 27. tip enerji kırıcı blok deney sonucunda F_1 ile enerji sönmleme oranı arasındaki değişim	78
Şekil 5.32. 28. deneyde kullanılan 28. tip enerji kırıcı blok deney sonucunda F_1 ile enerji sönmleme oranı arasındaki değişim	79
Şekil 5.33. 29. deneyde kullanılan 29. tip enerji kırıcı blok deney sonucunda F_1 ile enerji sönmleme oranı arasındaki değişim	80
Şekil 5.34. 30. deneyde kullanılan 30. tip enerji kırıcı blok deney sonucunda F_1 ile enerji sönmleme oranı arasındaki değişim	81
Şekil 5.35. 31. deneyde kullanılan 31. tip enerji kırıcı blok deney sonucunda F_1 ile enerji sönmleme oranı arasındaki değişim	82
Şekil 5.36. 32. deneyde kullanılan 32. tip enerji kırıcı blok deney sonucunda F_1 ile enerji sönmleme oranı arasındaki değişim	83

Şekil 5.37. 33. deneyde kullanılan 33. tip enerji kırıcı blok deney sonucunda F_1 ile enerji sönümleme oranı arasındaki değişim	84
Şekil 5.38. 34. deneyde kullanılan 34. tip enerji kırıcı blok deney sonucunda F_1 ile enerji sönümleme oranı arasındaki değişim	85
Şekil 5.39. 35. deneyde kullanılan 35. tip enerji kırıcı blok deney sonucunda F_1 ile enerji sönümleme oranı arasındaki değişim	86
Şekil 5.40. 36. deneyde kullanılan 36. tip enerji kırıcı blok deney sonucunda F_1 ile enerji sönümleme oranı arasındaki değişim	87
Şekil 5.41. 37. deney sonucunda F_1 ile enerji sönümleme oranı arasındaki değişim	88
Şekil 5.42. 38. deney sonucunda F_1 ile enerji sönümleme oranı arasındaki değişim	89
Şekil 5.43. 39. deney sonucunda F_1 ile enerji sönümleme oranı arasındaki değişim	90
Şekil 5.44. 40. deney sonucunda F_1 ile enerji sönümleme oranı arasındaki değişim	91
Şekil 5.45. 41. deney sonucunda F_1 ile enerji sönümleme oranı arasındaki değişim	92
Şekil 5.46. 42. deney sonucunda F_1 ile enerji sönümleme oranı arasındaki değişim	93
Şekil 5.47. 43. deney sonucunda F_1 ile enerji sönümleme oranı arasındaki değişim	94
Şekil 5.48. 44. deney sonucunda F_1 ile enerji sönümleme oranı arasındaki değişim	95

TABLULARIN LİSTESİ

Tablo 5.1. Deney sonuçlarından elde edilen eğrilerin eğimi	47
Tablo 5.2. Uygun boyut araştırılması sırasındaki deneylerden elde edilen eğrilerin Eğimi	48
Tablo 5.3. İki sıralı enerji kırıcı blokların birinci ve ikinci sıra arasındaki mesafenin araştırılması sırasındaki deneylerden elde edilen eğrilerin eğimi	50
Tablo 5.4. Bloksuz haldeki deney sonuçları	51
Tablo 5.5. Birinci deneyde kullanılan 1. tip enerji kırıcı blok deney sonucu	52
Tablo 5.6. İkinci deneyde kullanılan 2. tip enerji kırıcı blok deney sonucu	53
Tablo 5.7. Üçüncü deneyde kullanılan 3. tip enerji kırıcı blok deney sonucu	54
Tablo 5.8. Dördüncü deneyde kullanılan 4. tip enerji kırıcı blok deney sonucu	55
Tablo 5.9. Beşinci deneyde kullanılan 5. tip enerji kırıcı blok deney sonucu	56
Tablo 5.10. Altıncı deneyde kullanılan 6. tip enerji kırıcı blok deney sonucu	57
Tablo 5.11. Yedinci deneyde kullanılan 7. tip enerji kırıcı blok deney sonucu	58
Tablo 5.12. Sekizinci deneyde kullanılan 8. tip enerji kırıcı blok deney sonucu	59
Tablo 5.13. Dokuzuncu deneyde kullanılan 9. tip enerji kırıcı blok deney sonucu	60
Tablo 5.14. 10. deneyde kullanılan 10. tip enerji kırıcı blok deney sonucu	61
Tablo 5.15. 11. deneyde kullanılan 11. tip enerji kırıcı blok deney sonucu	62
Tablo 5.16. 12. deneyde kullanılan 12. tip enerji kırıcı blok deney sonucu	63
Tablo 5.17. 13. deneyde kullanılan 13. tip enerji kırıcı blok deney sonucu	64
Tablo 5.18. 14. deneyde kullanılan 14. tip enerji kırıcı blok deney sonucu	65
Tablo 5.19. 15. deneyde kullanılan 15. tip enerji kırıcı blok deney sonucu	66
Tablo 5.20. 16. deneyde kullanılan 16. tip enerji kırıcı blok deney sonucu	67
Tablo 5.21. 17. deneyde kullanılan 17. tip enerji kırıcı blok deney sonucu	68
Tablo 5.22. 18. deneyde kullanılan 18. tip enerji kırıcı blok deney sonucu	69
Tablo 5.23. 19. deneyde kullanılan 19. tip enerji kırıcı blok deney sonucu	70
Tablo 5.24. 20. deneyde kullanılan 20. tip enerji kırıcı blok deney sonucu	71
Tablo 5.25. 21. deneyde kullanılan 21. tip enerji kırıcı blok deney sonucu	72
Tablo 5.26. 22. deneyde kullanılan 22. tip enerji kırıcı blok deney sonucu	73
Tablo 5.27. 23. deneyde kullanılan 23. tip enerji kırıcı blok deney sonucu	74
Tablo 5.28. 24. deneyde kullanılan 24. tip enerji kırıcı blok deney sonucu	75
Tablo 5.29. 25. deneyde kullanılan 25. tip enerji kırıcı blok deney sonucu	76
Tablo 5.30. 26. deneyde kullanılan 26. tip enerji kırıcı blok deney sonucu	77
Tablo 5.31. 27. deneyde kullanılan 27. tip enerji kırıcı blok deney sonucu	78

Tablo 5.32. 28. deneyde kullanılan 28. tip enerji kırıcı blok deney sonucu	79
Tablo 5.33. 29. deneyde kullanılan 29. tip enerji kırıcı blok deney sonucu	80
Tablo 5.34. 30. deneyde kullanılan 30. tip enerji kırıcı blok deney sonucu	81
Tablo 5.35. 31. deneyde kullanılan 31. tip enerji kırıcı blok deney sonucu	82
Tablo 5.36. 32. deneyde kullanılan 32. tip enerji kırıcı blok deney sonucu	83
Tablo 5.37. 33. deneyde kullanılan 33. tip enerji kırıcı blok deney sonucu	84
Tablo 5.38. 34. deneyde kullanılan 34. tip enerji kırıcı blok deney sonucu	85
Tablo 5.39. 35. deneyde kullanılan 35. tip enerji kırıcı blok deney sonucu	86
Tablo 5.40. 36. deneyde kullanılan 36. tip enerji kırıcı blok deney sonucu	87
Tablo 5.41. 37. deney sonucu (24. tip enerji kırıcı blok iki sıralı dizilim hali, ara mesafe= 0.5 bw)	88
Tablo 5.42. 38. deney sonucu (24. tip enerji kırıcı blok iki sıralı dizilim hali, ara mesafe= bw)	89
Tablo 5.43. 39. deney sonucu (24. tip enerji kırıcı blok iki sıralı dizilim hali, ara mesafe= 2 bw)	90
Tablo 5.44. 40. deney sonucu (24. tip enerji kırıcı blok iki sıralı dizilim hali, ara mesafe= 3 bw)	91
Tablo 5.45. 41. deney sonucu (21. tip enerji kırıcı blok iki sıralı dizilim hali, ara mesafe= 0.5 bw)	92
Tablo 5.46. 42. deney sonucu (21. tip enerji kırıcı blok iki sıralı dizilim hali, ara mesafe= bw)	93
Tablo 5.47. 43. deney sonucu (21. tip enerji kırıcı blok iki sıralı dizilim hali, ara mesafe= 2 bw)	94
Tablo 5.48. 44. deney sonucu (21. tip enerji kırıcı blok iki sıralı dizilim hali, ara mesafe= 3 bw)	95

SİMGELERİN LİSTESİ

H	: Kapak arkasındaki su yüksekliği (m).
h_1	: Kapaktan sonraki akım yüksekliği (m).
v_1	: Kapaktan sonraki akımın hızı (m/sn).
h_s	: Enerji kırıcı bloktan sonraki akımın yüksekliği (m).
v_s	: Enerji kırıcı bloktan sonraki akımın hızı (m/sn).
E_1	: Kapaktan sonraki akımın enerji yüksekliği (m).
E_s	: Enerji kırıcı bloktan sonraki akımın enerji yüksekliği (m).
F_1	: Kapaktan sonraki akımın Froude sayısı
F	: Kuvvet (t/m^2).
γ	: Suyun özgül ağırlığı (t/m^3).
A	: Blokların mansap tarafındaki yüzeylerin alanı (m^2).
$h_1 + h_{v1}$	: Havuza giren suyun sipesifik enerjisi (m).
J_t	: Kanalın taban eğimi.
θ	: Dolu savak ve kanalın birleşme açısı.
g	: Yerçekimi ivmesi (m/sn^2).
h_{kr}	: Kritik akım derinliği (m).
q	: Birim en debi (m^3/sn).
L	: Hidrolik sıçrama uzunluğu (m).
L	: Düşüm havuzu uzunluğu (m).
w	: Şut bloklarında max. dış genişliği
V_0	: Fırlatmalı enerji kırıcılarda su jetinin ilk çıkış hızı (m/sn).
θ	: Fırlatmalı enerji kırıcılarda çıkıştaki su jetinin yatayla yaptığı açı.
L_1	: Fırlatmalı enerji kırıcılarda hava dirençli suyun fırlatma uzaklığı (m).
L_0	: Fırlatmalı enerji kırıcılarda suyun teorik fırlatma uzaklığı (m).
K	: Fırlatmalı enerji kırıcılarda bir katsayı.
h_v	: Fırlatmalı enerji kırıcılarda fırlatma ucundaki su derinliği (m).
h	: Fırlatmalı enerji kırıcılarda saptırıcı ucun çıkışındaki su derinliği (m).
R	: Fırlatmalı enerji kırıcılarda fırlatma yüzeyinin eğrilik yarıçapı (m).
P	: Fırlatmalı enerji kırıcılarda tabanda oluşan dinamik basınç.
c	: SAF düşüm havuzunun uzunluğu (m).
h_2'	: SAF düşüm havuzundan sonraki akım yüksekliği (m).
h_2	: Hidrolik sıçrama yüksekliği (m).
Q	: Debi (m^3/sn).

- Δh : Çarpmalı havuz tipinde kırılması gereken enerji yüksekliği (m).
V : Çarpmalı havuz tipinde havuz girişindeki suyun hızı (m/sn).
h : Çarpmalı havuz tipinde havuz girişindeki su yüksekliği (m).
F : Froude sayısı.
B : Çarpmalı havuz tipinde havuz genişliği (m).
bw : Deney düzeneğinde kullanılan enerji kırıcı blok genişliği (m).



1. GİRİŞ

Akarsu yapılarının çoğunda yapıdan sonra akarsuya bırakılan ve yüksekten düşen suyun önemli bir miktarda hidrolik enerjisi vardır. Bu enerji akımda yüksek hızlar meydana getirir. Bu yüksek hızlar ise büyük basınç ve sürtünme kuvvetleri meydana getirerek akış yatağında oyulma, aşınma ve kavitasyona yol açar. Bunun sonucu olarak yapılar yıkılabilir. Bir akarsu yapısında yüksek hızla çıkan suyun enerjisini kırarak yapıya ve çevredeki yapılara zarar vermeden suyu mansaba aktaran tesislere enerji kırıcı yapılar denir. Söz konusu yapılara bazı kaynaklarda düşüm yatakları, düşüm havuzları ya da sakinleştirme havuzları da denmektedir.

Baraj yerinin çok sağlam kayalardan meydana gelmiş olması veya topoğrafyasının uygun olması halleri dışında baraj mansabına, yüksek enerjili bir deşarjın, tesiri olmayan hızlarda akmasını temin eden yapılara ihtiyaç vardır. Bu maksadı temin eden yapıların tamamına enerji kırıcı tesisler adı verilir. Bu tesislerde su-kanal ve su-hava arasındaki sürtünme çok küçük ve bilhassa sağlam olmayan şut kanallarında, bir kaplama da yapılıyorsa ihmal edilecek mertebededir. Enerjinin kırılmasında esas faktör türbülansdır. Şut kanalı sonunda veya dip savak vanası arkasında hızlar ekseriya kritik üstündedir. Eğer bu gibi yerlerde bir sıçrama meydana getirilir de hızlar kritik altına düşürülürse, hidrolik sıçramadaki enerji kaybı özelliğinden istifade edilmiş olur ve hızın yüksekliğine bağlı olarak mevcut enerjinin %85'ine kadar olan kısmını elimine etmek imkan dahiline girer. Hidrolik sıçramada da enerji kaybı türbülans dolayısı ile meydana gelir. Sonuçta kinetik enerji ısı enerjisi haline dönüşür [1].

Enerji kırıcı yapılar, bir sulama kanalında şuttan düşen, bir hareketli bağlamanın kapak altından geçen, bir baraj dip savağından boşalan, bir bağlama ya da baraj dolu savağından dökülen ve benzeri durumlarda suyun enerjisini kırmak için kullanılırlar. Büyük düşmelerde, özellikle yüksek barajların sularını akıtan dolu savaklarda çok büyük enerjilerin kırılması gerekir. Örneğin; Atatürk barajında, taşkın sırasında boşalan debinin gücü yaklaşık 27 milyon kilovattır. Bu değer de oldukça büyüktür. Bu tip yüksek düşümelerde suyun hızı 30 ile 40 m/sn'ye ulaşabilmektedir. Böyle büyük hızların oyma ve aşındırma gücü çok fazla olacaktır [2].

Şut bloklar, enerji kırıcı bloklar ve eşikler gibi eklentiler bir düşüm havuzunun (enerji kırıcı havuzun) performansını arttırmak amacıyla yaygın olarak kullanılmaktadır. Ayrıca bunlar, düşüm havuzu boyunca akımın dengelenmesinde, türbülansın arttırılmasında ve hızların eşit bir şekilde dağıtılmasında etkili olmaktadır. Bazı durumlarda ihtiyaç duyulan mansap su derinliği ve düşüm havuz uzunluğunun azaltılması düşüm havuzlarına bu ilave yapıların eklenmesiyle mümkün olmaktadır.

Enerji kırıcı bloklar, hidrolik sıçramanın oluşumunu stabilize etmek için, türbülansı arttırmak ve oluşan enerjinin kırılması amacıyla düşüm havuzuna yerleştirilirler. Enerji kırıcı bloklar, küçük akım yüksekliğinde mansap su seviyesini az bir eksiklikle karşılamaya yardımcı olurlar ve yüksek akımlarda özellikle kavisli eşiklerde nehir yatağından akımın yönünü saptırarak uzaklaşmasına yardımcı olurlar. Enerji kırıcı bloklar ihtiyaç duyulan mansap su derinliğini azaltmada ve düşüm havuzunun uzunluğunu kısaltmada etkili olacaktır.

Enerji kırıcı bloklar çıkış bölgesindeki aşırı erozyonu önlerler. Aynı zamanda enerji kırıcı bloklar dengesiz dolu savak kapağının açılması durumunda veya düşüm havuzunun planlama aşamasında göz önünde bulundurulmuş şartlardan daha büyük bir debi olması durumunda iyi bir sıçrama oluşumuna yardımcı olurlar.

Enerji kırıcı bloklar gereğinden fazla teşkil edilirse yeteri derecede su enerji kırıcı bloklar arasından geçemeyeceğinden, bireysel bloklardan ziyade daha çok bir eşik gibi rol oynarlar. Blasidell tarafından yapılan deneyler sonucunda, enerji kırıcı blokların enerji kırıcı havuz genişliğinin %40-55 arasında teşkil edilmesi gerektiği ispatlanmıştır [3]. Enerji kırıcı blokların genişliğinde azaltma gerekli olsa bile, toplam enerji kırıcı blokların genişliğinin bu sınırlar içinde tutulması gereklidir. Enerji kırıcı bloklar gelen, akıma dikey olarak yerleştirildiği zaman, en uygun sonuç elde edilir.

Enerji kırıcı bloklar, tek sıra veya birden fazla sıra halinde kullanılabilirler. Birden fazla sıra halinde kullanıldığı zaman, ikinci ve daha sonraki blokların bir önceki sıradaki blokların arasındaki boşluklara gelecek şekilde şaşırtmalı olarak yerleştirilmesi gerekmektedir.

Enerji kırıcı blokların yapım ve bakımı kolaydır. Bazı durumlarda akımda aşırı sediment, rusubat, kütükler ve buz mevcut olduğundan veya yüksek hızdan dolayı enerji kırıcı bloklar kaviteasyon ve aşınmaya maruz kalırlar. Bu gibi durumlarda enerji kırıcı bloklar çelikten yapılan kaplamalar ile korunabilirler. Pit River barajındaki enerji kırıcı blokları korumak için çelik paletler kullanılmaktadır [4].

Enerji kırıcı yapılarda enerjiyi etkileyen parametreler; kapak arkasındaki su yüksekliği, kapaktan sonraki akımın derinliği ve hızı, enerji kırıcı blok tipi ve mansap tarafındaki su yüksekliği olarak sıralanabilir. Bu çalışmada, bu parametreler dikkate alınarak laboratuarda 21 tane farklı geometrik şekilli enerji kırıcı blok tipleri üzerinde deneyler yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, akımı çarpıtarak ve akımı ayırarak enerjisini kıran iki tane enerji kırıcı blok tip tespit edilmiştir ve bu iki enerji kırıcı blok tipinin iki sıralı olarak kullanılması durumu da incelenmiştir. Ayrıca enerji kırıcı düşüm havuzları hakkında bilgi verilmiştir.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

Aşağıda hidrolik yapılarda ki enerji kırıcılar hakkında yapılmış olan çalışmalarla ilgili bilgiler verilmektedir.

Rajaratnam ve Hurting [5], “Hidrolik Yapılar için Elek Tipi (Gözenekli) Enerji Kırıcılar” hakkında bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada, farklı gözenek tipleri üzerinde durulmuştur. Yapılan çalışmada Froude sayısı dikkate alınmış, elekler tek sıra ve iki sıra halinde kullanılarak en uygun biçim bulunmuştur.

Mohamed Ali [6], “Pürüzlü Düşüm Havuzlarının Hidrolik Sıçrama Uzunluğuna Etkisi” hakkında bir çalışma yapmıştır. Bu çalışmada, kapaktan sonra yüzeyi pürüzlü yapmak için tabana dişler yerleştirilmiştir. Çalışmada farklı kapak açılma miktarları ve Froude sayısı dikkate alınarak en uygun hidrolik sıçrama uzunluğu elde eden ve yapım ekonomikliği de dikkate alınarak uygun yüzey pürüzlülüğü bulunmuştur.

Verma ve Goel [7], “Boru Çıkışları için Düşüm Havuzlarında Kama Şekilli Yayma Blokların Kullanılması” hakkında bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada, farklı tipteki kama şeklindeki bloklar üzerinde durulmuştur. Bunların şekil, boyut ve yerleri için Froude sayısı dikkate alınarak en uygun şeklini tespit etmişlerdir.

Peyras, Royet ve Degoutte [8], “Basamaklı Gabion Dolu Savaklar Üzerindeki Akım ve Enerji Kırıcılar ”, hakkında bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada, farklı akım tipleri altında gabionları (tel kafesler) basamak üzerindeki yerleşim şekline göre test etmişlerdir. Yapılan çalışma sonunda, düşüm havuzunun %10-30 oranında küçüldüğü ve yapım maliyetinin de düştüğü gözlenmiştir.

Yang [9], “Dağıtılmış Akımda Enerji Kırıcılar”, hakkında bir çalışma yapmıştır. Bu çalışmada akımı fırlatarak dağıtan bir dolu savaktan sonra yeni bir tip enerji kırıcı üzerinde durmuştur. Burada Froude sayısını da dikkate almıştır.

Christodoulou [10], “Basamaklı Dolu Savaklarda Enerji Kırıcılar”, hakkında bir çalışma yapmıştır. Bu çalışmada, basamak ebatları değiştirilerek en uygun şekli bulunmaya çalışılmıştır.

Nakato [4], Pit 6 Barajının Düşüm Havuzunda Modellerin Hidrolik Performans Testleri”, hakkında çalışma yapmıştır. Bu çalışma, Kuzey Kaliforniya’da ki Pit nehri üzerinde ki Pit 6 barajında yapılmıştır. Dolu savaktan fazla miktarda su akıtıldığı için en uygun enerji kırıcı blok tespit edilmeye çalışılmıştır. Ayrıca, dolu savak üzerindeki akıma hava verme kanalının şekli de incelenmiştir.

Chamani ve Rajaratnam [11], “Basamaklı Dolu Savaklar Üzerinde Fırlatmalı Akım”, hakkında bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada, fırlatmalı akımlar için basamaklı dolu

savaklarda, enerji kaybının kritik akımla basamak yüksekliği arasındaki değişim miktarı incelenmiştir.

Sorensen [12], Holingworth ve Druyts [13], Bouyge ve diğ. [14] ve Rajaratnam [15] basamaklı dolu savaklar hakkında yapmış oldukları çalışmalarda kritik akım ve basamak yüksekliği, basamak genişliği ve yüksekliği arasındaki oranlara göre enerji kırma miktarlarını incelemişlerdir.

Al Naib ve Vasanthakumaran [16], “Derin Kuyularda Jetlerin Enerji Kırılmasının Model İncelenmesi”, hakkında bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada debi, düşey olarak kuyunun tam ortasına ve kuyunun memba kısmına gelecek şekilde daldırmalı bir jet olarak kullanılmıştır. Kare ve dikdörtgen şekilli kuyular kullanılmış ve boruların değişik yüksekliklerdeki durumuna göre enerji kırma miktarlarını incelemişlerdir.

Tung ve Mays [17], “Dolu Savaklardan Akan Debi için Düşüm Havuzlarının Optimum Tasarımı”, hakkında bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışma, iki aşamalı olarak yapılmıştır. İlkinde düşüm havuzunun hidrolik performansı optimize edilmiş, ikincisinde ise maliyet optimizasyonu yapılmıştır. Optimizasyon model uygulaması için Teksastaki üç barajın, dolu savak ve düşüm havuzu verileri kullanılmıştır.

Pillai, Goel ve Dubey [18], “Düşük Froude Sayıları için Hidrolik Sıçramada Düşüm Havuz Tipi”, hakkında bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada, mevcut düşüm havuzlarına karşı yeni bir tip düşüm havuzu önerilmiştir. Bu düşüm havuzunun orta kısmına beşgen şeklindeki enerji kırıcı bloklar yerleştirilerek elde ettikleri tipin daha iyi sonuç verdiği belirtilmiştir.

Bradley ve Peterka [19], “Düşüm Havuzlarının Hidrolik Tasarımı”, başlıklı çalışmalarında düşük Froude sayılarında ($F_1 < 4.5$) USBR IV. Tip düşüm havuzunun kullanılmasını önermişlerdir.

U. S. Dep. Of Interior [20], “Küçük Barajların Tasarımı”, başlıklı çalışmalarında düşük Froude sayılarında düşüm havuzunun uzunluğunun hidrolik sıçrama uzunluğuna eşit yapılmasının yeterli olacağı belirtilmiştir.

Indian Standard Institution [21], “Düşüm Havuzlarında Yatay ve Eğimli Taban ile Hidrolik Sıçrama Tasarımı için Kriterler”, başlıklı çalışmalarında, düşüm havuzlarında enerji kırıcı blokların, şut blokların ve mansap eşiğinin kullanılması durumunda düşüm havuzu uzunluğunun yaklaşık olarak $4h_2$ kadar olmasının yeterli olacağı belirtilmiştir.

Nani [22], “Düşük Froude Sayıları için Düşüm Havuzlarının Tasarımı”, başlıklı çalışmasında düşüm havuzları içinde gelen akıma karşı farklı eğimlerde enerji kırıcı blokların kullanılmasını incelemiştir.

Ohtsu ve Yasuda [23], “Eğimli Kanallarda Hidrolik Sıçrama”, başlıklı çalışmalarında, kanal taban eğimini değiştirerek B-tipi ve D-tipi hidrolik sıçrama yaptırarak akımın enerjisini kırmaya çalışmışlardır.

DSI [24], “Aslantaş Barajı Derivasyon Tüneli Çıkış Yapıları Model Deneyleri Raporu”, başlıklı çalışmalarında derivasyon tüneli çıkışındaki akımın enerjisini kırmak için en uygun enerji kırıcıyı elde etmek amacıyla bir seri deneysel çalışma yapılmıştır.



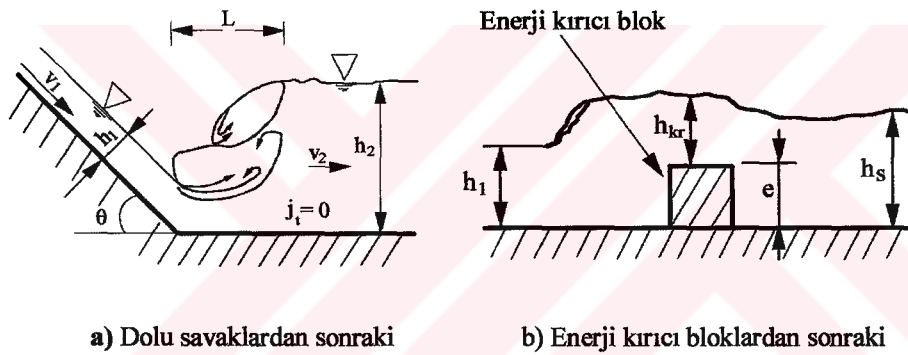
3. ENERJİ KIRICI YAPILAR

3.1. Hidrolik Sıçrama

Hidrolik prensiplerini uygulayarak enerji kaybetmenin en iyi yolu hidrolik sıçramadır. Bu olayı bir düzene sokan ve sınırlı bir yapıım içinde oluşmasını sağlayan tertibe düşü havuzu ismi verilir. Düşü havuzlarının boyut incelemelerinin yapılması için boyutları belirleyen hidrolik sıçramanın ayrıntılı incelenmesinde yarar vardır [25].

3.1.1. Sıçrama Derinliği

Sonsuz genişlikteki eğimli bir kanalda yer alan bir akımı inceleyelim (Şekil 3.1.a).



Şekil 3.1. Sıçramanın şeması

Suyun derinliği h_1 , kanalın taban eğimi j_b , bu eğime tekabül eden açı θ olsun. v_1 hızıyla hareket eden akım yatay tabanlı bir kanala intikal ediyorsa burada çok eskiden beri bilinen bir olay yer alır; su aniden derinliğini arttırır, enerjisini büyük ölçüde kaybeder ve daha yavaş bir akıma geçer. Bu olaya sıçrama olayı denilmektedir. v_1 hızı arttıkça sıçrama mansap yönünde yer değiştirir. Hızın değeri değiştiği kesite kadar gelir (Şekil 3.1.a). Bu çeşit basit bir sıçramada v_1 hızı biliniyorsa h_1 ve h_2 derinlikleri arasındaki orantıyı hesap etmek mümkündür, momentum prensibi uygulanarak

$$\frac{h_2}{h_1} = \frac{1}{2} \left(\sqrt{1 + 8F^2} - 1 \right) \quad (3.1)$$

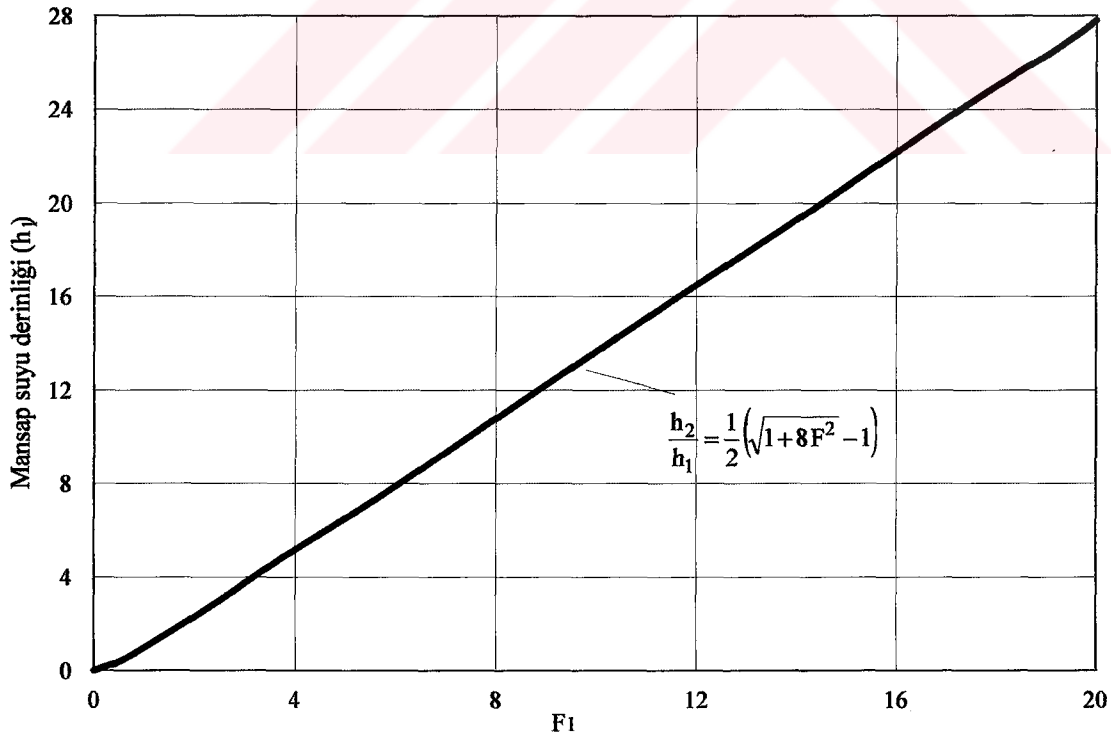
denklemi elde edilir. Bu sonuç bütün klasikleşmiş hidrolik kitaplarında bulunduğundan burada ayrıca matematiksel yönü üzerinde durulmayacaktır. Şekil 3.1 'den görüldüğü gibi h_2 mansap

suyu derinliği, h_1 memba suyu derinliği, $F_1 = \frac{v_1}{\sqrt{gh_1}}$ Froude sayısı ve v_1 memba kanalındaki suyun hızıdır. Genellikle mansap suyu derinliği bilindiğinden yukarıdaki bağıntıdan h_1 derinliğine geçmek mümkün olur. $h_1 < h_{kr}$ 'dir ($h_{kr} = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}}$).

(3.1) bağıntısı pek çok deney yapılarak irdelenmiştir. Şekil 3.2'de gerek bunlardan bir kısmının sonuçları gerekse (3.1) formülü beraberce gösterilmiştir. Froude sayısının çok küçük değerleri müstesna geri kalan için tatmin edici bir mutabakat vardır. Dolayısıyla $F_1 > 2$ için sıçrama olayını bu yönden incelemek mümkündür. $F_1 < 2$ için temsilci doğru bir eğri parçasına döndürür.

Görülüyor ki yatay tabanlı bir kanalda sıçramayı oluşturmak suretiyle enerji kaybetmek olanağı vardır. (3.1) numaralı bağıntı sıçramanın derinlikleri hakkında bilgi vermektedir. Bunun yanında bilinmesi gerekli olan hususlar da vardır. Bunlar sırasıyla, sıçramanın uzunluğu ve sıçramada yer alan yük kayıplarıdır.

Şekil 3.1.b'de sıçrama olması için bloktan önceki özgül enerjinin, blok üstündeki min. özgül enerji ve blok yüksekliğinin toplamından küçük olması gerekmektedir.



Şekil 3.2. Sıçramanın memba ve mansap derinliklerini veren eğri

3.1.2. Sıçramanın Uzunluğu

Teorik yollardan sıçramanın uzunluğuna erişmek mümkün değildir. Tavsiye edilen yollar denendiğinde her zaman tatmin edici sonuçlar alınmamaktadır. Gerçekte gerek laboratuarda, gerekse tabiatta sıçramanın boyunu ölçmek imkansız denilecek kadar güçtür. Bu bakımdan konu günümüze kadar karanlık kalmakta devam etmiştir. Son senelerde değişik ülkelerde çalışan araştırmacılar bir çok ampirik denklemler yayınlamışlar veya grafikler vermişlerdir.

3.1.2.1. Sıçrama uzunluğunu veren ampirik formüller

Sıçramanın uzunluğunu hesaplamakta kullanılan pek çok formül vardır. Bunlardan bir kısmı örnek teşkil etmesi bakımından aşağıda gösterilecektir.

Pawlowsky formülü;
$$\frac{L}{h_2 - h_1} = \frac{2.375 \left(-1 + \sqrt{1 + 8F_1^2} \right) - 2.5}{0.5 \left(-3 + \sqrt{1 + 8F_1^2} \right)} \quad (3.2)$$

Certussov formülü;
$$\frac{L}{h_2 - h_1} = \frac{20.6 (F_1 - 1)^{0.81}}{-3 + \sqrt{1 + F_1^2}} \quad (3.3)$$

Ludin Formülü;
$$\frac{h_2 - h_1}{L} = \frac{1}{4.5} - \frac{1}{6F_1} \quad (3.4)$$

Pietrowski formülü;
$$L = 5.9 h_1 F_1 = 4.33 h_2 \quad (3.5)$$

Basitleştirilmiş Einwachter formülü;

$$L = \left(15.2 - 0.241 \frac{h_2}{h_1} \right) (A h_1 - B v_1^2) \quad (3.6)$$
$$A = \left(\frac{h_2}{h_1} - h_1 \right)$$
$$B = \frac{\frac{h_2}{h_1} - 1}{\left(\frac{h_2}{h_1} \right)^2 g}$$

Basitleştirilmiş Woycicki formülü;

$$L = \left(8 - 0.05 \frac{h_2}{h_1} \right) (h_2 - h_1) \quad (3.7)$$

Mazmann Formülü; $L = \frac{(h_2 + h_1)(h_2 - h_1)}{2h_1} \quad (3.8)$

Bachmeteff formülü; $L = \left(\frac{5.4 h_1}{h_2} - 0.06 \right) \left[\left(\frac{h_2}{h_1} \right)^2 - 1 \right] \quad (3.9)$

Safronetz formülü; $\frac{L}{h_2 - h_1} = \frac{12}{-3 + \sqrt{1 + 8F_1^2}} \quad (3.10)$

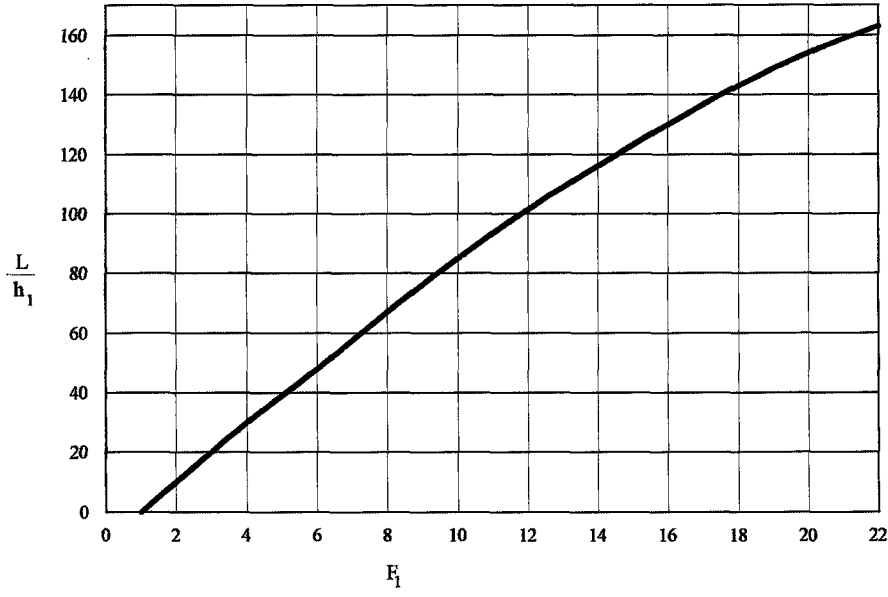
Smetana formülü; $\frac{L}{h_2 - h_1} = 6 \quad \text{veya} \quad L = 4.5 h_2 \quad (3.11)$

Yukarıda yazılan bu bağıntılar daha da arttırılabilir, burada örnek teşkil etmeleri için yazılmıştır. Düşü havuzunun boyunun tespitinde esas sıçrama boyu olacaktır.

3.1.2.2. Sıçrama uzunluğunu veren deneysel diyagramlar

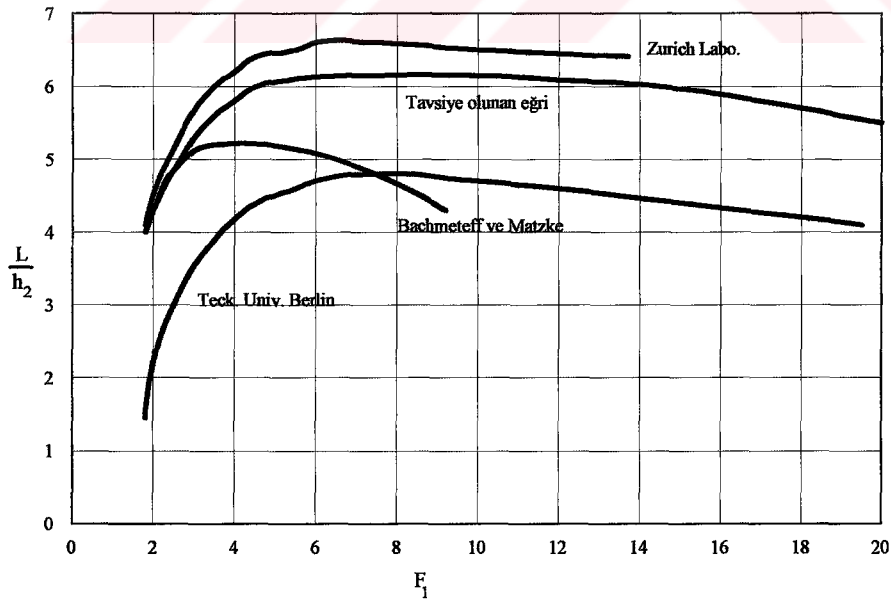
Bu tip diyagramlar daha ziyade Amerikan yayınlarında bulunmaktadır. Şekil 3.3 'de

$F_1 = \frac{v_1}{\sqrt{gh_1}}$ Froude sayısının fonksiyonu olarak $\frac{L}{h_1}$ gösterilmiştir.



Şekil 3.3. Memba derinliğinin fonksiyonu olarak sıçrama uzunluğu

Şekil 3.4'te Bachmeteff'in, Berlin Teknik Üniversitesinin ve Zürih ETH laboratuvarlarının verdikleri sonuçlar beraberce gösterilmiştir. Amerika Birleşik Devletleri Bureau of Reclamation'nın sonuçları ise ortalama bir değer olarak görülmektedir.



Şekil 3.4. Mansap derinliğinin fonksiyonu olarak sıçrama uzunluğu

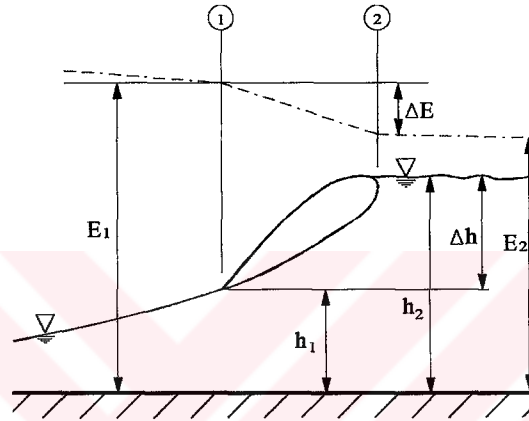
3.1.3. Sıçrama sırasında yer alan yük kayıpları

Sıçrama sırasında yer alan yük kayıplarının hesabı, kaybedilecek enerjinin saptanması bakımından önemlidir.

Yatay bir kanalda enerji kaybı bilindiği gibi,

$$\Delta E = E_1 - E_2 = \frac{(h_2 - h_1)^3}{4 h_1 h_2} \quad (3.12)$$

bağıntısıyla verilmektedir (Şekil 3.5).



Şekil 3.5. Sıçramada yer alan yük kaybı

Şekil 3.6'da ise yatay bir kanalda yer alan sıçramanın karakteristikleri gösterilmiştir. $\frac{\Delta E}{E_1}$ oranısının değişimi buradan izlenilebilmektedir.

$$\frac{E_2}{E_1} = \frac{(8F_1^2 + 1)^{3/2} - 4F_1^2 + 1}{8F_1^2(2 + F_1^2)} \quad (3.13)$$

orantısına sıçramanın randımanı ismi verilmiştir.

$$\frac{(\Delta h)}{E_1} = \frac{h_2}{E_1} - \frac{h_1}{E_1} \quad (3.14)$$

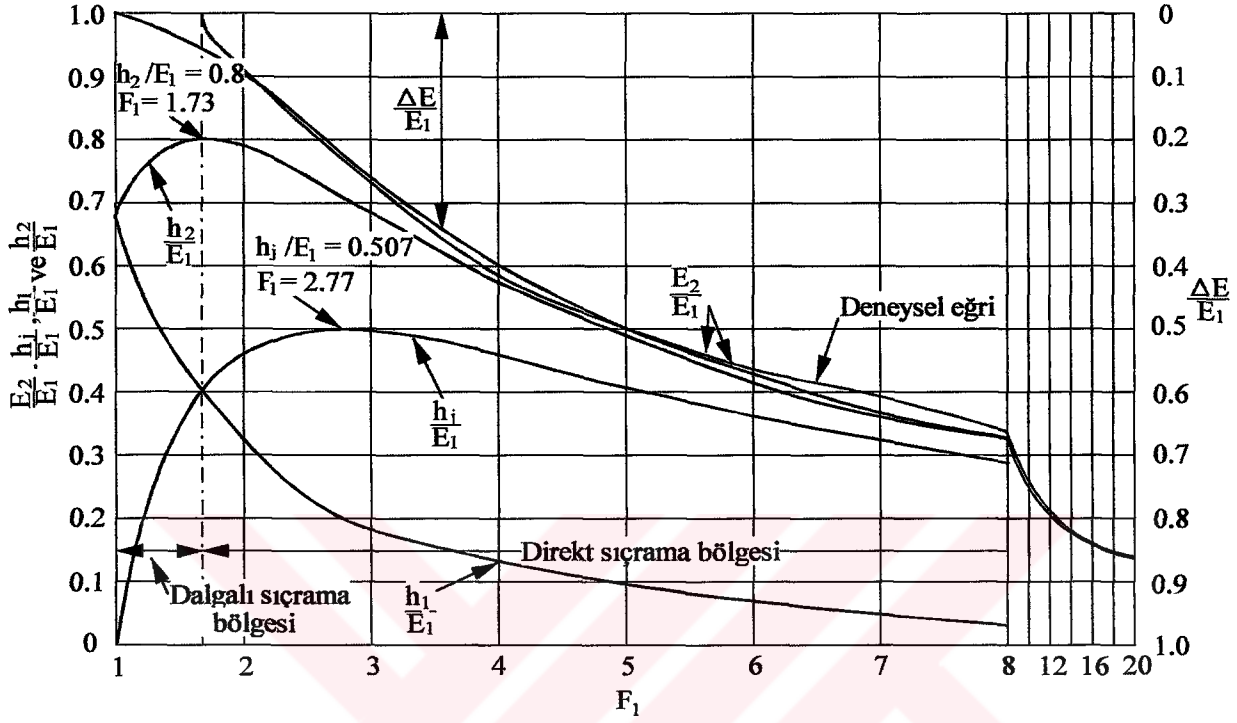
bağıntısı ise sıçramanın yüksekliğinin sıçramaya giriş enerjisinin oranıdır.

$$\frac{(\Delta h)}{E_1} = \frac{\sqrt{1 + 8F_1^2} - 3}{F_1^2 + 2} \quad (3.15)$$

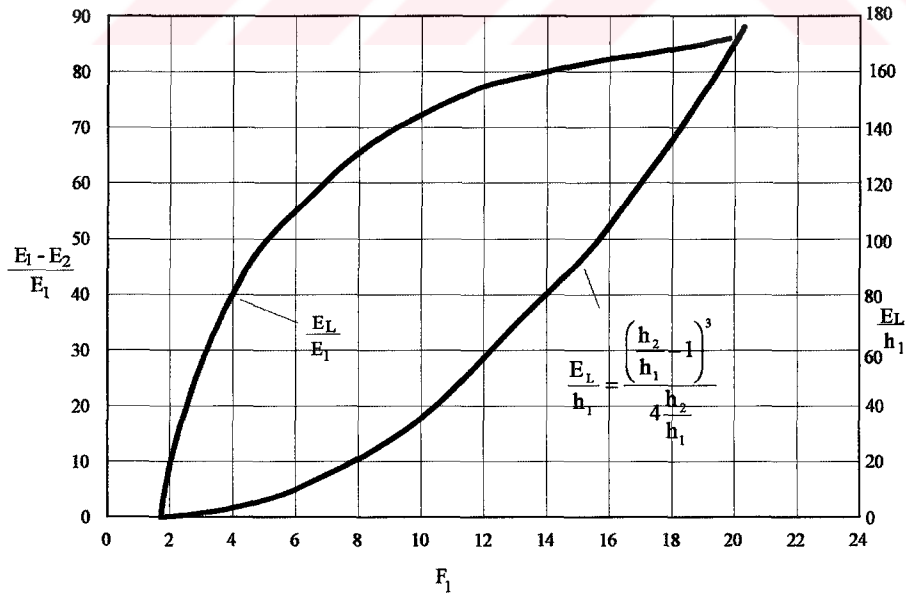
şekli altında boyutsuz hale getirilebilir.

Bu değişik karakteristikler Şekil 3.6'da gösterilmiştir. Şekil 3.7'de ise $\frac{E_1 - E_2}{E_1}$

orantısının F_1 , Froude sayısına bağlı olarak değişimi gösterilmektedir.



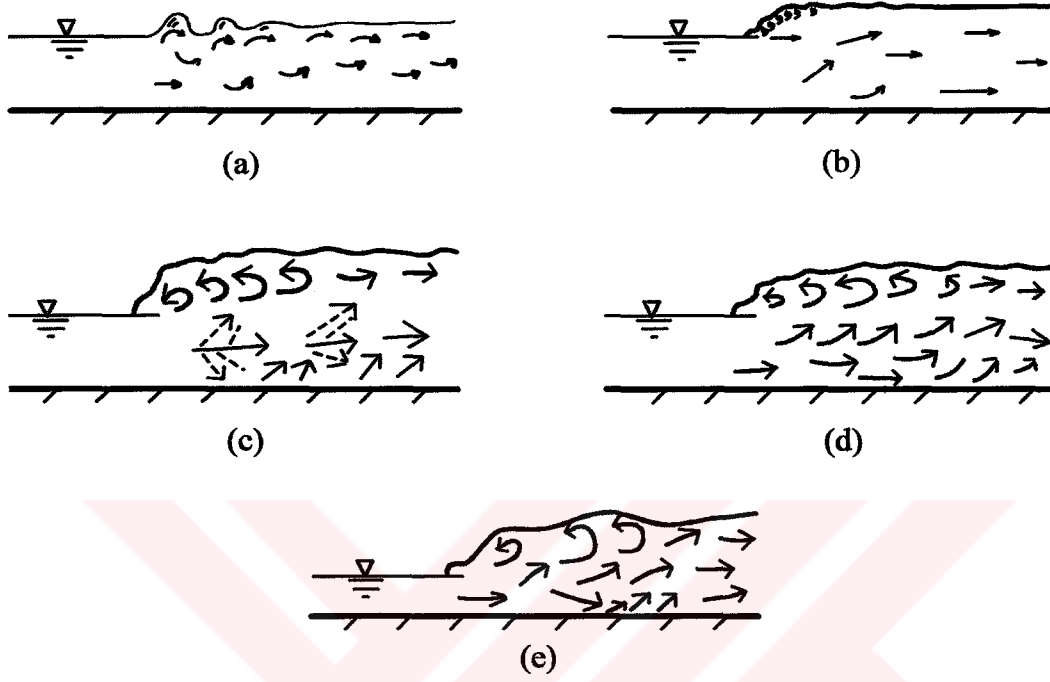
Şekil 3.6. Sıçramanın karakteristikleri



Şekil 3.7. Froude sayısına bağlı olarak özgül enerjinin değişimi

3.1.4. Sıçrama Şekilleri

Sıçrama, Froude sayısına göre tarif edilmiştir. Şekil 3.8’de değişik sıçrama şekilleri gösterilmiştir.



Şekil 3.8. Değişik sıçrama şekilleri

$F_1 = 1$ ise akım kritik rejimdedir sıçrama olmaz.

Şekil 3.8.a’daki sıçramada $1 < F_1 < 1.7$ ’dir. Bu durumda su yüzünde hafif sallantılar vardır ve basit havuzlar ile kontrol altına alınabilen dalgalı sıçramalardır.

Şekil 3.8.b’deki sıçramaya sıçrama öncesi hal ismi verilir. $1.7 < F_1 < 2.5$, zayıf sıçramanın şarttır ve enerji kaybı az olur. Bu tip sıçramada sıçrama havuzu özellik göstermez.

Şekil 3.8.c’deki sıçramada $2.5 < F_1 < 4.5$ ’dir. Mühendislik alanına giren ilk sıçramadır. Enerji kaybı orta derecededir. Bazı hallerde bir çeşit rezonans doğurduğundan tehlikeli olabilir. Kontrol altına alınması için muntazam mühendislik yapılarına ihtiyaç gösterir.

Şekil 3.8.d’deki sıçramada $4.5 < F_1 < 9.0$ ’dır. Barajların düşü havuzlarında karşılaşılan kuvvetli sıçramaların şarttır. Mühendislik yapıları yardımıyla kolaylıkla kontrol altına alınabilir.

Şekil 3.8.e’deki sıçramada $F_1 > 9.0$ ’dur. Çok kuvvetli sıçramanın şarttır. Dikkatle incelenmesi gereken sıçramadır. Bu taktirde sıçratma uçları düşünülebilir [26].

3.2. Düşüm Havuzları

Düşüm havuzları suyun hızını azaltarak enerjiyi kırarlar. Bölüm 3.1’de Froude sayısına göre sıçrama özellikleri verilmişti. Aşağıda sıçramadan önceki akımın Froude sayısına göre düşüm havuzlarının sınıflandırılması yapılmıştır [27, 2, 28, 29, 30,31,32].

1) Froude sayısı 1.7’den küçük ise

Froude sayısı 1.7’den küçük olduğu zaman eşlenik sıçrama derinliği h_2 , yaklaşım derinliğinin hemen hemen iki katına eşit veya kritik derinlikten %40 kadar büyüktür. Çıkış hızı v_2 yaklaşım hızının aşağı yukarı yarısına eşit veya kritik hızdan %30 kadar daha azdır. Kanal kaplaması uzunluğu, derinliğinin değişmeye başladığı noktadan itibaren $4h_2$ ’den küçük değilse ve gelen akımın Froude sayısı 1.7’den küçükse akımı sakinleştirecek düşü havuzuna ve enerji kırıcı bloklara gerek yoktur. Bu tip US Bureau of Reclamation tarafından USBR I. Tip olarak standartlaştırılmıştır.

2) Froude sayısı 1.7 ile 2.5 arasında ise

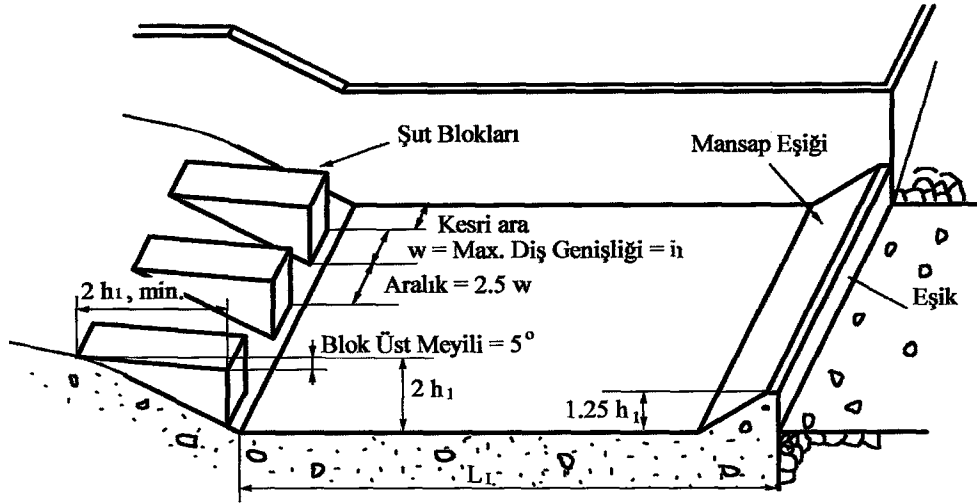
Froude sayısı 1.7 ile 2.5 arasında iken akım şekil 3.8.b’de görüldüğü gibi sıçrama öncesi hal şeklinde olur. Bu tip akımlarda etkin türbülans olmadığı için eşik ve enerji kırıcı bloklara gerek yoktur. Burada sıçrama yüksekliği, enerji kayıpları ve sıçrama uzunluğu bölüm 3.1’deki kurallar yardımıyla elde edilebilir. Burada da havuz tipi USBR I. Tip şeklinde düzenlenir.

3) Froude sayısı 2.5 ile 4.5 arasında ise

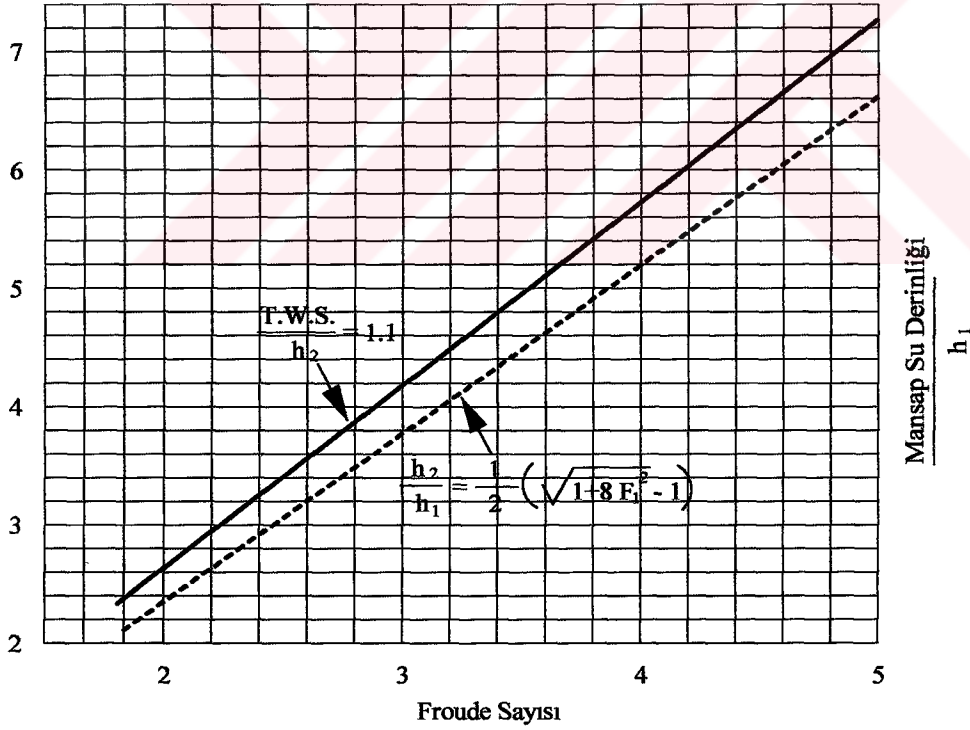
Froude sayısı 2.5 ile 4.5 arasında iken tam bir hidrolik sıçrama gelmediği için geçiş akım safhasına tekabül eder, mevcut dalga hareketi düz döşemeli dinlenme havuz tertibatı ile kontrol edilemediği için enerji kırılmasında en az etkili olanıdır. Dalgalar havuz sonunun ötesinde de etkisini gösterdiği için havuzdan ayrı tertiplerle dalgaların enerjisini kırmak gerekmektedir.

Froude sayısı 2.5 ile 4.5 arasında iken akımı sakinleştirici bir tertip gerekli olduğu zaman şekil 3.9. da gösterilen USBR IV. Tip kullanılmaktadır. Bu tipin, akım enerjisinin büyük bir kısmını kırmada, düz döşemeli havuza nazaran daha tesirli olduğu görülmüştür. Bununla birlikte salınan akımın meydana getirdiği dalga hareketi tamamıyla sönmelenemez.

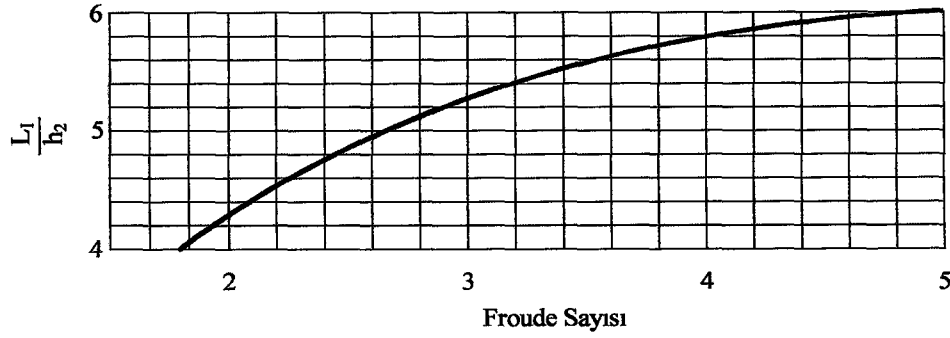
Mansap su seviyesini düzleştirmek için, bazen yardımcı enerji kırıcı bloklara ihtiyaç vardır.



Şekil 3.9. USBR IV. Tip düşüm havuzu



Şekil 3.10. USBR IV. Tip düşüm havuzunun minimum mansap su derinliği



Şekil 3.11. USBR IV. Tip düşüm havuzunun sıçrama uzunluğu

Havuzdaki mansap su derinliği, hesaplanan eşlenik sıçrama derinliğinden %10 fazla olmalıdır. Böylece sıçramanın havuz sınırları içinde olması ve dalga hareketinin kısmen sönümlenmesi sağlanmış olur. IV. Tip havuz kullanılmasından kaçınılmak istenirse havuz genişliği öyle seçilmelidir ki, akım şartları, geçiş akımı alt ve üst sınırlarının dışına çıkmasın.

Fakat havuz genişliğinin seçimi bir hidrolik performans kadar ekonomi meselesidir de.

4) Froude sayısı 4.5’den fazla ise

Froude sayısı 4.5’den büyük olduğu zaman gerçek bir sıçrama meydana gelir. Froude sayısına göre bu sıçramanın elemanları bölüm 3.1’den bulunabilir. Şut blokların, enerji kırıcılar ve eşiklerin havuz tabanı boyunca yapılması, sıçrama uzunluğunu kısalttığı gibi mansap su seviyesinin düşük olduğu durumlarda da sıçramanın mansaba doğru kaymasına karşı bir emniyet katsayısını da temin eder.

Şekil 3.12’de verilen USBR III. Tip havuz yaklaşım hızının 15 m/sn’den az olduğu durumlarda kullanılabilir. Bu tip havuz sıçrama boyunu kısaltmak ve yüksek hızlı akımın enerjisini kırmak için şut bloklarına, enerji kırıcı bloklara ve mansap eşiğine sahiptir. Enerjini kırılması, enerji kırıcı bloklara ve sıçrama ile meydana gelen türbülansın tesirliğine bağlıdır. III. Tip havuzun kullanılması, hızla gelen akımın enerji kırıcı bloklar üzerinde meydana getireceği çarpma kuvvetinin büyüklüğü ve havuz tabanı ve blok yüzeyleri üzerinde kavitasyon (oyulmanın) meydana gelme ihtimali dolayısıyla yaklaşım hızının 15 m/sn’den az olduğu durumlarla sınırlandırılmıştır.

Enerji kırıcı blokların memba tarafındaki yüzlerinde, suyun çarpmasından meydana gelen dinamik kuvvetlerin, havuz tabanında ilave kuvvetler meydana getireceği bilinmelidir. Bu F dinamik kuvveti, yaklaşık olarak, akıma dik bir yüzey üzerine su jetinin çarpmasından doğan kuvvete eşittir.

$$F = 2 \gamma A (h_1 + h_{v1}) \quad (3.16)$$

F : Kuvvet (t/m^2)

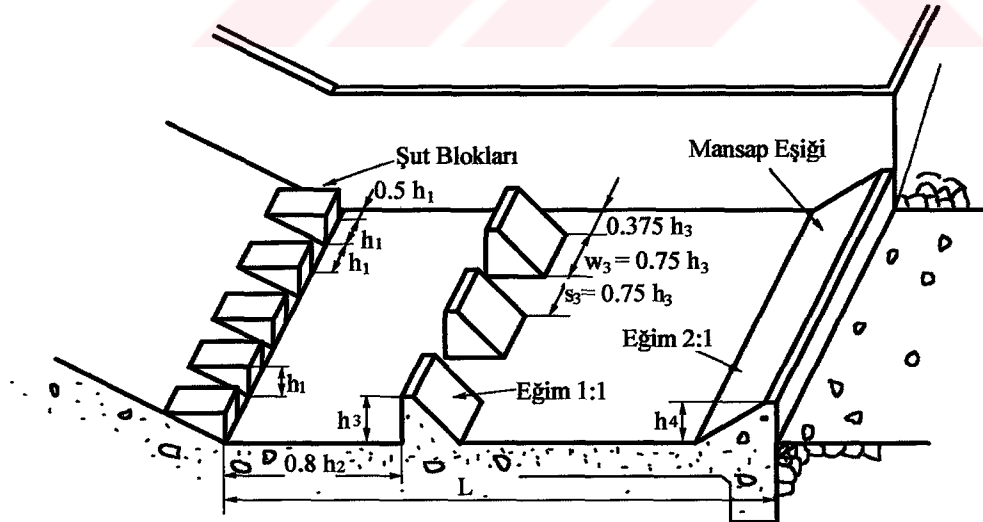
γ : Suyun özgül ağırlığı (t/m^3)

A : Blokların mansap tarafındaki yüzeylerin alanı (m^2)

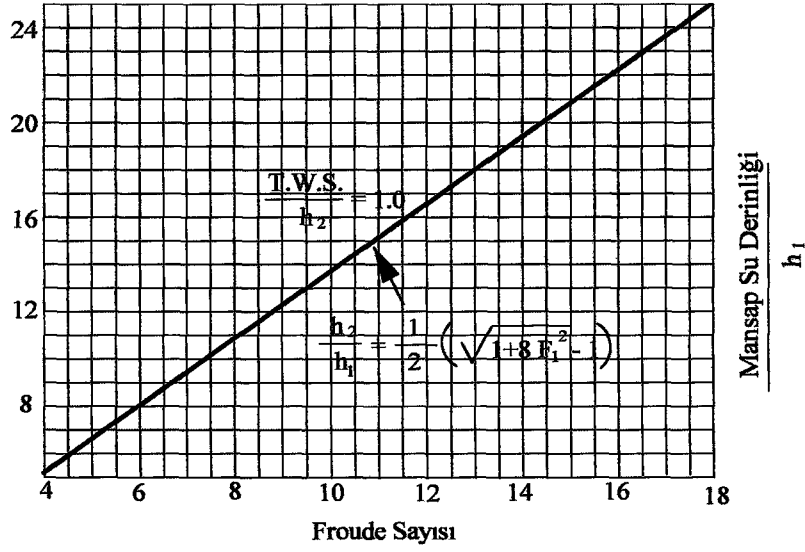
$(h_1 + h_{v1})$: Havuza giren suyun spesifik enerjisi (m)'dir.

Blokların mansap tarafındaki yüzlerinde meydana gelen eksi basınç (çekme), toplam kuvveti daha da artırır. Bununla birlikte bloklar sıçramanın başladığı yerden $0.8 h_2$ mesafesinde yapıldığı için gelen su jeti bloklara gelinceye kadar tesirinin bir kısmını kaybeder ve yukarıda (3.16)'da verilen bağıntı değerinden daha az bir kuvvetle bloklara çarpar. F değerini bulmak için (3.16) bağıntısı kullanıldığı zaman eksi basınç değeri ihmal edilebilir.

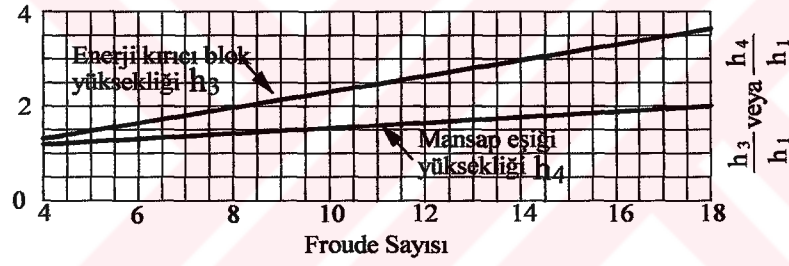
Yaklaşım hızının 15 m/sn'yi aştığı veya enerji kırıcı blokların yapılmadığı durumlarda şekil 3.16'de verilen USBR II. Tip havuz kullanılabilir. Enerji kırılması daha ziyade hidrolik sıçrama ile temin edildiğinden II. Tip havuz uzunluğu, III. Tip havuz uzunluğundan büyük olacaktır. Bununla birlikte şut blokları ve dişli mansap eşiğinin bulunması durumunda havuz boyu, şut blokları ve dişli mansap eşiği olmadığı zaman gerekli havuz boyuna nazaran oldukça kısalmaktadır. Bu taktirde sıçramanın havuz dışında meydana gelmesi ihtimalini azaltmak için havuzdaki su derinliği, hesaplanan eşlenik sıçramadan %5 kadar büyük alınmalıdır.



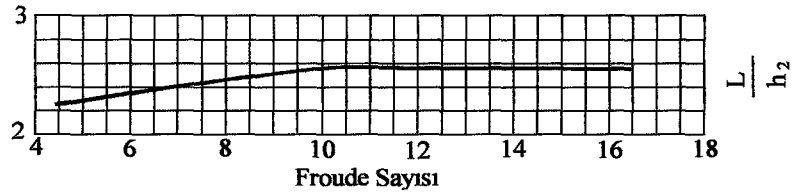
Şekil 3.12. USBR III. Tip Düşüm Havuzu



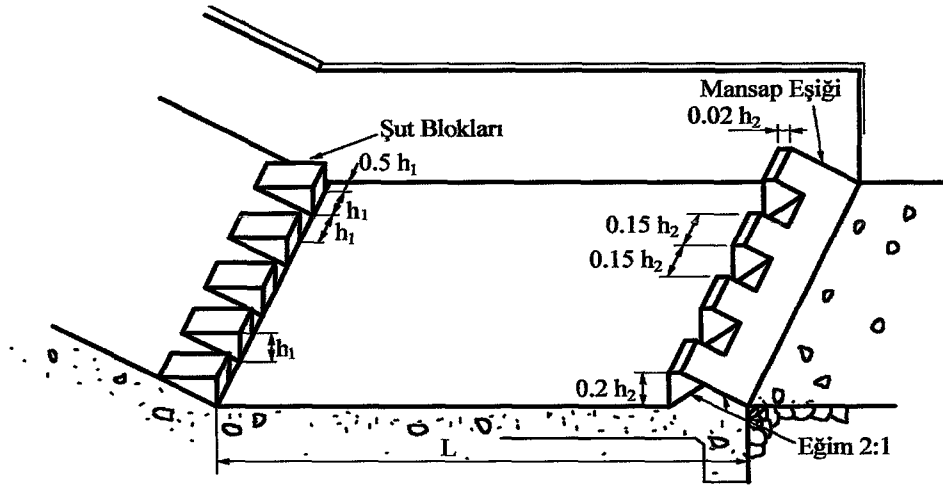
Şekil 3.13. USBR III. Tip düşüm havuzunun minimum mansap su derinliği



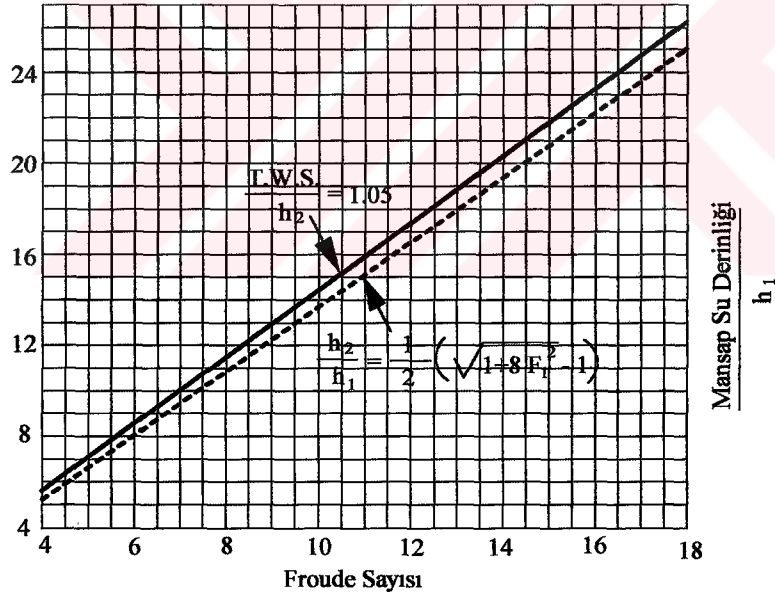
Şekil 3.14. USBR III. Tip düşüm havuzunda blok ve mansap eşiği yüksekliği



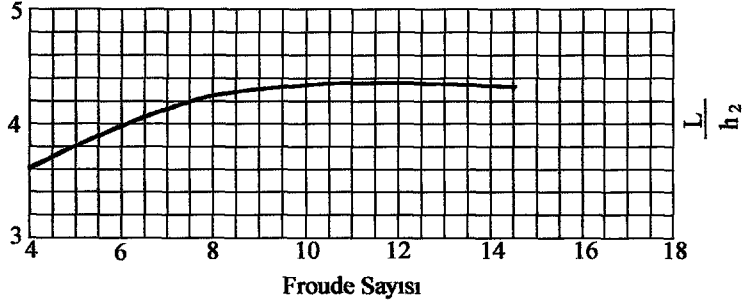
Şekil 3.15. USBR III. Tip düşüm havuzunda sıçrama yüksekliği



Şekil 3.16. USBR II. Tip Düşüm Havuzu



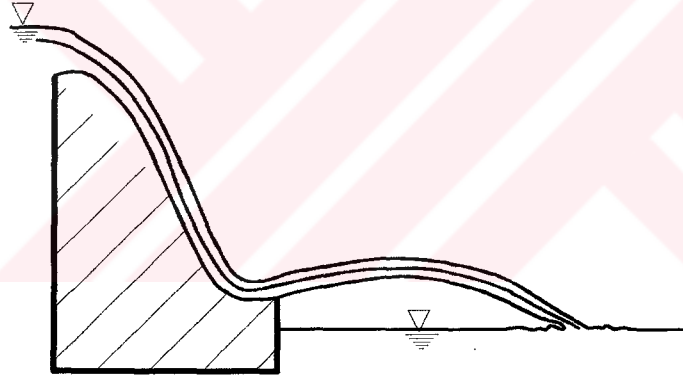
Şekil 3.17. USBR II. Tip düşüm havuzunun minimum mansap su derinliği



Şekil 3.18. USBR II. Tip düşüm havuzunda sıçrama uzunluğu

3.3. Havaya Fırlatmalı Enerji Kırıcılar

Yapıdan çıkan su, akarsu yatağına ulaşmadan bir saptırıcı eşik vasıtası ile fırlatılarak yapıdan yeterice uzağa fırlatılır. Suyun fırlatıldığı yerde ayrı bir düşüm havuzu bulunmamaktadır. Şekil 3.19’da şematik olarak havaya fırlatmalı bir enerji kırıcı gösterilmiştir.



Şekil 3.19. Havaya fırlatmalı enerji kırıcının şematik olarak gösterilişi

Fırlatılan jetin yörüngesi, eğik atış prensibine göre hesaplanabilir. Havanın direnci ihmal edilerek çıkış hızı ve çıkış açısına bağlı olarak teorik fırlatma uzaklığı

$$L_0 = \frac{V_0^2}{g} \sin 2\theta \quad (3.17)$$

şeklinde yazılabilir. Burada V_0 jetin ilk çıkış hızı, θ ise çıkıştaki suyun yatayla yaptığı açıdır.

Hava direncinden dolayı gerçek fırlatma uzaklığı (L_1) biraz daha küçüktür. Fırlatma hızı 20 m/sn ‘ye kadar olan hızlarda $L_1/L_0 \cong 1$ alınabilir. Hıza bağlı olarak gerçek uzaklaşma uzunluğunun bulunuşu Şekil 3.20’de gösterilmiştir.

Tam çıkış noktası koordinat eksenini başlangıcı olarak gerçek yörünge denklemi

$$y = x \tan \theta - \frac{x^2}{K[4(h+h_v)\cos^2 \theta]} \quad (3.18)$$

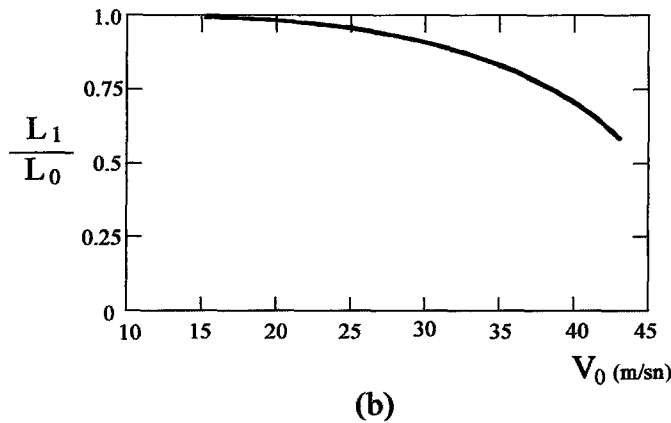
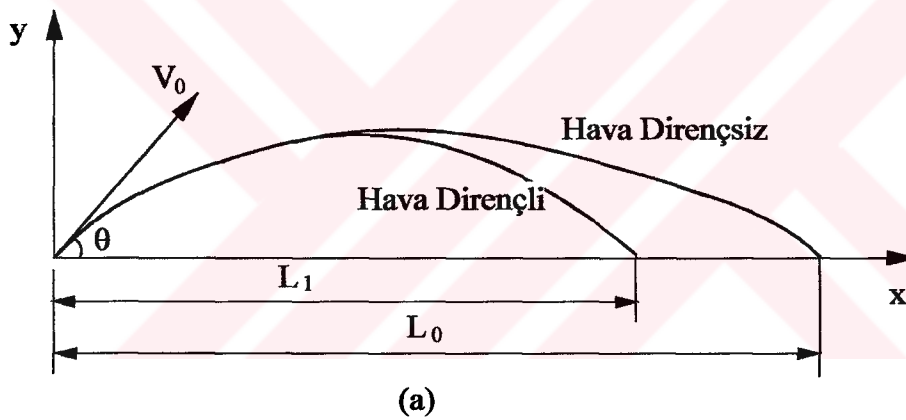
şeklinde yazılır. Burada K bir katsayıdır. Teorik jette bu katsayı 1 olarak alınır. Hava direnci ve iç türbülans kayıplarını karşılamak için $K=0.9$ alınmaktadır. h sapırtıcı uçtan çıkıştaki su derinliği, h_v ise aynı noktadaki hız yüksekliğidir.

Çıkış hızında jetin uzaklaşma mesafesi $y = 0$ için $x = L_1$ yazılarak ve $2\theta \cos^2 \theta$ yerine $\sin 2\theta$ yazılarak

$$L_1 = 2K(h + h_v) \sin 2\theta \quad (3.19)$$

şeklinde yukarıdaki (3.17) bağıntısından biraz farklı bir bağıntı elde edilir. (3.19) bağıntısından h ihmal edilirse (3.17) bağıntısı elde edilir.

45° için L_1 en büyük değerini alır. Bu değer $2K(h+h_v)$ olur. Bununla birlikte çıkış açısı, fırlatma yüzeyinin eğrilik yarıçapına ve onun en alt noktasına göre ucun yüksekliğine de bağlıdır. Genellikle bu açı 30° ile sınırlıdır.



Şekil 3.20. Havaya fırlatmalı enerji kırıcılarında: a) Formülasyon için notasyonlar, b) L_1/L_0 oranı ile V_0 arasındaki bağıntı.

Fırlatma yüzeyinin eğrilik yarıçapı $R > 5h$ şartını sağlayacak şekilde belirlenir. Aynı zamanda suyun akışına uyması için minimum eğrilik yarıçapı

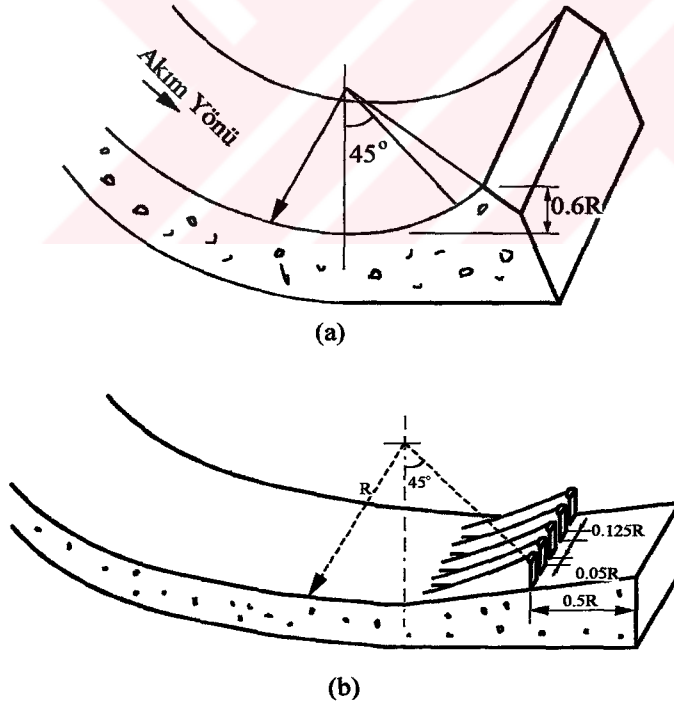
$$R = \frac{2hV^2}{P} \quad (3.20)$$

bağıntısından belirlenebilir. Burada P tabandaki dinamik basınçtır.

Konsol şeklinde yapılan fırlatma yüzeyinin dinamik yükler altında dengesinin kontrol edilmesi gerekir.

3.4. Yuvarlak Uçlu Enerji Kırıcılar

Mansap su derinliği, bir hidrolik sıçrama oluşmayacak kadar çok büyük olan durumlarda batmış halde çalışan yuvarlak uçlu enerji kırıcılar etkili bir şekilde kullanılabilir. Bu enerji kırıcılarda esas olarak iki türlü çevri oluşur. Bunlardan biri yüzeydedir ve saat ibresinin tersine döner. Ötekisi ise tabandadır ve saat ibresi yönünde döner. Bu çevrilerden dolayı bu yapılara bazen çevri yapan enerji kırıcılar denir.



Şekil 3.21. Yuvarlak uçlu enerji kırıcılar: a) Tek parçalı, b) Dişli tip

Şekil 3.21’de görüldüğü gibi iki tip yuvarlak uçlu enerji kırıcı geliştirilmiştir. Bu iki tip arasında bir takım küçük akış farkları vardır.

Tek parçalıda yüksek hızla yuvarlak uçtan çıkan su yukarı yönelir. Bu ise su yüzünde çalkantı meydana getirir. Ayrıca akım tabanda şiddetli çevrilere sebep olur. Bu çevriler tabanda gevşek halde bulunan malzemeyi yapıya doğru yani yukarı sürükler. Tek parçalı tip genellikle tercih edilmez. Çünkü tabandaki çevriler yuvarlak uç üstüne malzeme sürükler. Bu ise beton yüzeylerinin aşınmasına sebep olur. Ayrıca yüzeyde oluşan çalkantılar daha aşağılara sürüklenerek akarsuyun kenarlarına zarar verebilir.

Dişli tipte ise yüksek hızlı su, yapının ucunu daha yatık olarak terk eder ve bunun yalnız bir kısmı su yüzüne doğru ilerler. Bunun için hem yüzeyde daha az çalkantılar meydana gelir hem de tabanda yavaş bir akım oluşur. Dişli tipte mansap su seviyesi az ise, atılan su yatağı daha kolay aşıp geçebilir. Ayrıca büyük mansap su seviyelerinde bir takım batmış durumlar ve oyulmalar oluşur. Oysa bu durumlar tek parçalıda yoktur. Sonuç olarak mansap anahtar eğrisinin sınırlamalarının karşılanabildiği durumlarda tek parçalı tip kullanılmamalıdır. Bu bakımdan dişli tip daha yaygın olarak kullanılmaktadır. Dişli tipin minimum ve maksimum eğrilik yarıçapları Froude sayısına bağlı olarak verilebilir.

3.5. Çarpmalı Havuz Tipi

Bu tip, mansap su derinliğine bağlı olmayan etkili bir enerji kırıcıdır. Böyle bir yapının kapasitesini sadece yapının fizibilitesi veya akımın geliş hızının 18 m/sn’yi geçmiş olması sınırlar. Aslında bu tip bir enerji kırıcı hem açık hem de basınçlı sistemlerde kullanılabilir. Şekil 3.22’de gösterilen tip yaklaşık 11 m³/sn’lik debiler için yeterlidir. Daha büyük debilerde bunlardan birkaç tane yan yana kullanılabilir. Bu sistemde, jetin düşey olarak asılı olan bir engele çarpması ile ve engele çarpan suyun yön değiştirmesi sonucu ortaya çıkan çevrilerle enerji kırılır.

En iyi hidrolik çalışma, mansap su seviyesinin, engel yüksekliğinin yarısında olduğu, fakat bu seviyeyi aşmadığı durumda sağlanır. Ayrıca iyi bir çalışma, engelin tabanı, memba kanal veya borusuyla aynı seviyede tutmasıyla gerçekleşir.

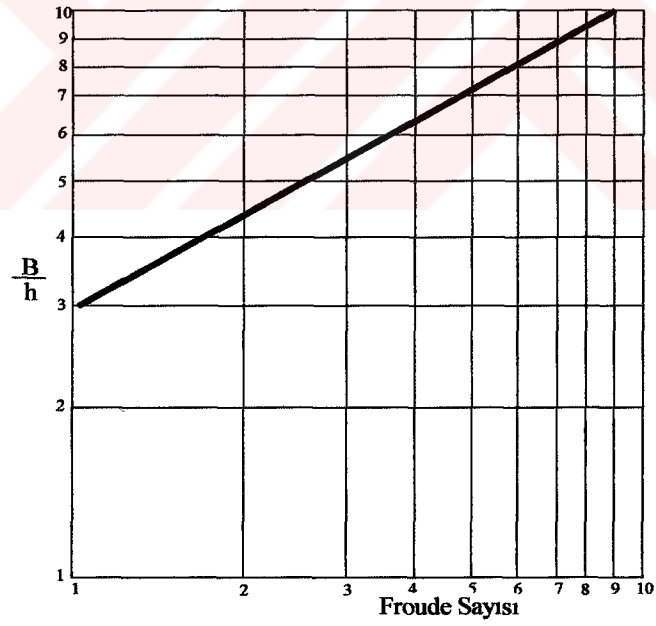
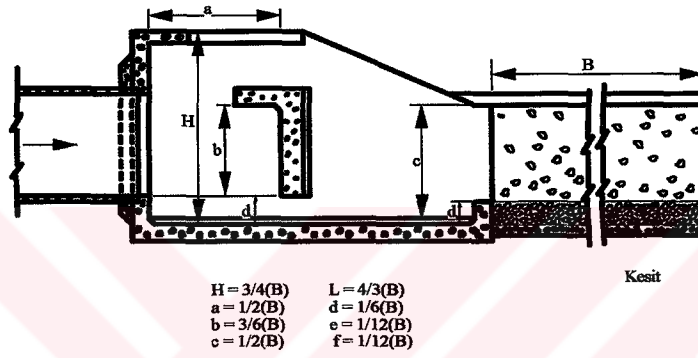
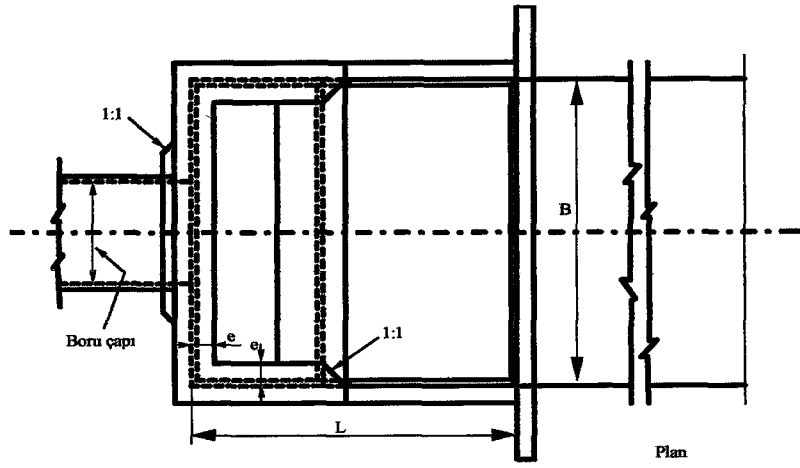
Şekil 3.22’de çarpmalı havuz tipinin boyutlandırma kriterleri verilmiştir. Bu tipte büyük dinamik yükler ve türbülanslar olduğundan konacak engeller kaymaya karşı dayanıklı olmalıdır. Ayrıca bütün yapı titreşimlere dayanmalıdır. Tesisin sonuna oyulmalara engel olmak için taş dolgu koymak gerekir.

Çarpmalı havuz tipinde boyutlar havuz genişliğine göre belirlenir. B havuz genişliği ise akımın Froude sayısına göre Şekil 3.22'den bulunur. Bu şekildeki h havuz girişindeki su derinliğidir. $F = V/\sqrt{gh}$ bağıntısından hesaplanır. V havuza girişteki suyun hızıdır ve teorik olarak $V = \sqrt{2g\Delta h}$ bağıntısından bulunur. Burada Δh kırılması gereken enerji yüksekliğidir. h ise, boru çıkışında su jeti kare kabul edilerek $h = (Q/V)^{0.5}$ 'den hesaplanabilir. Şekil 3.22'den görüldüğü gibi $B/h=3$ için Froude sayısı 1 olduğundan, B/h'nin 3'den küçük değerlerinin pratikte bir anlamı yoktur. Kavitasyon olmaması için düşümdeki V hız değeri 15 m/sn'yi geçmemelidir. Boru çapı, boru içinde hız 3.5 m/sn alınarak belirlenir.

Bu şekilde belirlenen B en az olması gereken değerdir. Genellikle bu değerden biraz daha büyük değer seçilir. B belirlendikten sonra H, L, A, b, c, d, e ve f değerleri B'ye bağlı olarak bulunur. Taş kaplama en az B kadar olmalıdır [33].

3.6. Batık Göl Tipi

Serbest düşümlü bir su napı, akarsu yatağında bulunan bir göle düşey olarak düşerse, göl tabanı oyulabilir. Bu oyulmanın derinliği, düşme yüksekliği ve akımın büyüklüğüne bağlıdır. Oyulma derinliği başlangıçta, taban malzemesinin çapı ve oyulabilirliği ile de ilgilidir. Fakat uzun bir süre sonra bu oyulmalar kararlı bir değere ulaşır. Bu son oyulma derinliği başlangıçta göz önüne alınarak batık göl tipinde bir enerji kırıcı tesis planlanır.



Şekil 3.22. Çarpmalı havuz tipi ve boyutlandırma kriterleri

3.7. Serbest Düşümlü Akımlarda Enerji Kırıcılar

Serbest düşümlü havuzlarda, su belli bir yerden açık havaya düşürülür ve tabanda bir enerji kırıcı yapılarak enerjisi kırılır. Bu tip kırıcılar;

- a) Dikdörtgen havuz tipi
- b) Çarpma engelli havuz tipi
- c) Dişli ızgara tipli

olarak yapılabilirler. Bunların akım kontrolü keskin kenarlı, kalın kenarlı veya standart olarak düzeltilmiş bir savak vasıtasıyla yapılabilir. Kontrol biçimi enerji kırma açısından önemli değildir.

3.7.1. Dikdörtgen havuz tipi

Bu tip daha önce incelenmiş olan hidrolik sıçrama havuzlarına çok benzer. Burada sıçramanın başladığı nokta kolaylıkla bulunamaz. Bu nokta düşme derinliğine ve napın altında bulunan su derinliğine göre belirlenir. Sıçramanın başladığı noktadan sonra USBR'nin II, III veya IV. Tipindeki hidrolik sıçrama havuzları ve biçimleri kullanılabilir. En uygunu III. Tiptir.

3.7.2. Çarpma engelli tip

Bu tip ancak alçak düşümlü savaklarda kullanılır. Burada enerji, ilke olarak türbülans yardımıyla kırılır. Gelen su çarpma engellerine vurur. Burada mansap su derinliği ile düşme yüksekliği hemen hemen birbirinden bağımsızdır.

3.7.3. Dişli ızgara tipi

Bu tip de bir önceki gibi alçak düşülerde kullanılır. Bu tipler tabanda Froude sayısının 2.5 ile 4.5 arasında olması durumlarında kullanılırlar. Burada üstte bir levha dişli bir biçimde ve ince, uzun kısımlara ayrılmıştır. Hidrolik çalışmayı iyileştirmek için sonuna bir eşik konur.

3.8. Basınçlı Çıkışlar İçin Enerji Kırıcılar

Serbest yüzeyli akımlar için uygun olan havaya fırlatmalı, hidrolik sıçrama havuzları, çarpmalı havuz tipi enerji kırıcılar, basınçlı çıkışlar için de kullanılabilir. Sözü geçen bu tiplere daha önce değinilmişti. Burada basınçlı çıkışlarda kullanılmakta olan serbest jet tipi ve sakinleştirme kuyuları görülecektir.

3.8.1. Serbest jet tipi

Bunlara bazı kaynaklarda batmış havuz tipi de denmektedir. Bu tipler ancak jetin önce havaya sonra aşağı doğru yönelebildiği durumlarda kullanılır. Bu tipte, jetin yere çarpma açısı çok yatık olursa jet ileriye doğru gider ve su yüzünde hızlı bir akım oluşur. Bu durum bir takım dalgalanmalar ve çevriler meydana getirerek kenarlarda aşınmalara sebep olur. Ayrıca çıkışta yüksek bir hız oluşur. Havuz derinliği, memba su seviyesi ile mansap su seviyesi arasındaki farkın 1/10'u alınabilir. Minimum taban genişliği, gelen jetin genişliği kadar olmalıdır, veya havuz çıkışında suyun hızı 1 m/sn'yi geçecek şekilde seçilir.

3.8.2. Sakinleştirme kuyuları

Bunların boyutları model testleri ile belirlenir. En kesit alanı içindeki akımın hızı 0.3 ile 1 m/sn arasında kalacak şekilde seçilir. Burada enerji kırılması türbülans ve dağılma ile sağlanır. Tesisin düşey bir kuyusu vardır. Suyun girişi yatay veya düşey olabilir. Çıkış genellikle yataydır.

3.9. SAF (St. Antony Falls) Tipi Düşü Havuzu

Bu tip havuzlar $1.7 < F_1 < 17$ limitleri arasında denenmiştir. Froude sayısının 17'den büyük değerleri için de kullanılmışlardır. Enerji kırıcı dişler havuzun başında, ortasında ve çıkışında mevcuttur. Bu tertip, kuyruk suyu derinliğinden iktisat etmek için düşünülmüştür. Laboratuar sonuçlarına göre %15'e varan bir indirim de vardır. Fakat tabiatta yapım limit değerler için çalıştırılmamalıdır. Ayrıca enerji kırıcı dişler civarında vakum ve kavitasyon olayları da iyice incelendikten sonra gerekli karar alınmalıdır.

Şekil 3.23’de SAF tipi düşüm havuzunun şekli gösterilmektedir [26]. Düşüm havuzu düzenlenirken göz önüne alınması gereken noktalar burada şöyle sıralanmıştır:

1- $F_1 > 3$ için havuz uzunluğu

$$L_H = 4.5 \frac{h_2}{F_1^{0.38}} \quad (3.21)$$

’dır.

2- Havuz girişi ve havuz ortası dişlerin yükseklikleri h_1 ’eşittir ve aralarındaki açıklıklar yaklaşık olarak $3/4h_1$ olarak alınabilir. Dişlerin şaşırtmacalı olması şart değildir.

3- Havuz ortası dişlerini projelendirmek için kullanılacak olan kriterler şunlardır;

- Dişlerin havuz girişine mesafesi $L_H/3$
- Dişlerin havuz yan duvarından olan açıklığı en az $3/8 h_1$ ’dir.
- Dişlerin havuz genişliğinin %40 - %55’ini kaplaması gereklidir.
- Havuz trapez şekilli ise yani mansaba doğru genişliyorsa bu taktirde yukarıda verilen boyutlar orantılı olarak artırılmalıdır.
- Dişler dikdörtgen kesitli olabileceği gibi memba mansap yönünde kesilmiştir olabilir.

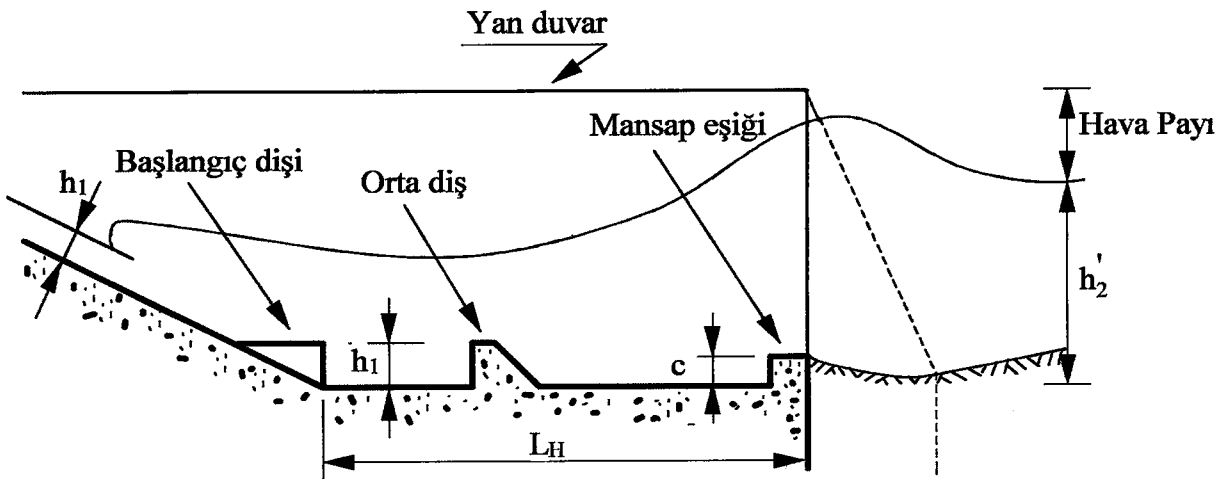
4- Mansap dişi yüksekliği

$$c = 0.7 h_2 \quad (3.22)$$

’dır.

5- Düşü havuzu mansabında su derinliği en az;

$$h'_2 = 1.4 F_1^{0.45} h_1 \quad (3.23)$$



Şekil 3.23. SAF (St. Antony Falls) tipi düşüm havuzu

6- Hava payı

$$\text{Hava Payı} = \frac{1}{3} h_2 \quad (3.24)$$

dır.

7- Kanat duvarları havuz nihayetinde başlamalı, 1/1'lik şevle tabii zemine saplanmalı ve akım doğrultusu ile 45°'lik bir açı yapmalıdır.



4. MATERYAL VE METOT

4.1. Materyal

Enerji kırıcı yapılarda enerjiyi etkileyen parametreler; kapak arkasındaki su yüksekliği, kapaktan sonraki akımın derinliği ve hızı, enerji kırıcı blok tipi ve mansap tarafındaki su yüksekliği olarak sıralanabilir. Bu çalışmada bu parametreler dikkate alınarak laboratuarda farklı geometrik şekilli enerji kırıcı blok tipleri üzerinde deneyler yapılmıştır. Deney verileri kullanılarak enerji kırılma oranları belirlenmiş ve karşılaştırmalar yapılmıştır.

Enerji kırıcı blokların toplam uzunluğunun, kanal genişliğinin %40-55 arasında seçilmesi gerektiği daha önceki bilimsel araştırmalarda tespit edilmişti. [3]. Bu değerler baz alınarak, enerji kırıcı blokların toplam genişliği kanal genişliğinin %40 kadar seçildi.

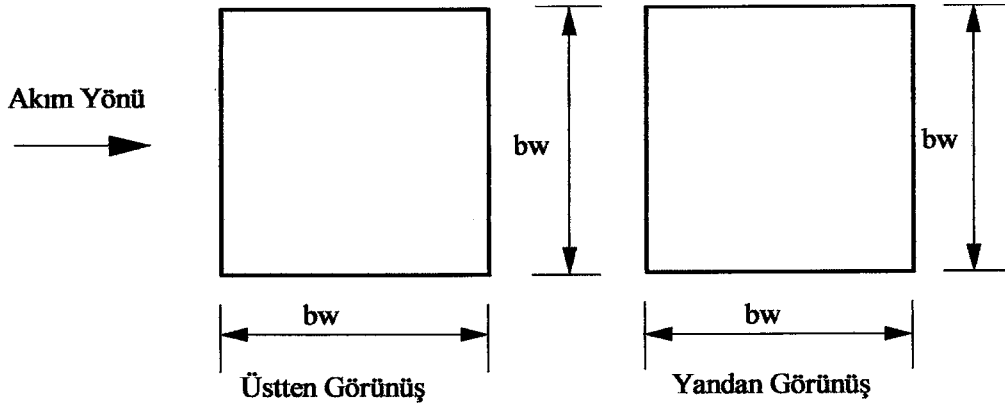
Enerji kırıcı blokların yüksekliği ise maksimum ($2.72 h_1$) ve minimum ($0.81 h_1$) değerleri arasında kalacak şekilde seçildi [34].

Enerji kırıcı bloklar tek sıra veya birden fazla sıra halinde de kullanılabilirler. Bu çalışmada tek sıra olarak deneysel çalışmalar yapıldı. Daha sonra çıkan sonuca göre iki sıra halinde de deneyler yapıldı. İki sıra halinde yapılan deneylerde enerji kırıcı bloklar, ilk sıradaki enerji kırıcı blokların arasındaki boşluklara denk gelecek şekilde şaşırtmalı olarak düşüm havuzu içine yerleştirildiler.

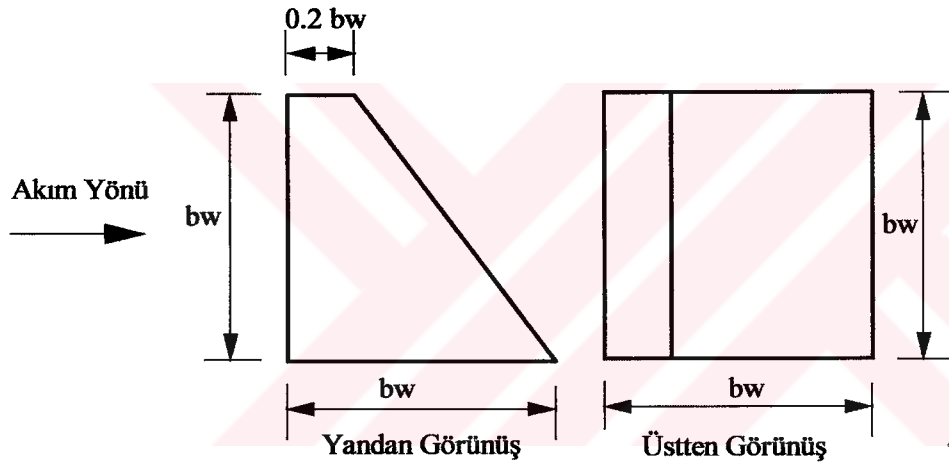
Deneylerden elde edilen sonuçlara göre çizilen eğrilere, birinci dereceden eğri uydurma işlemi MATLAB bilgisayar programı ile yapılmıştır.

Tüm deney dizilerinde $F_1 > 1$ alındığı için enerji kırıcı bloklardan önceki akım, sel rejiminde olmaktaydı.

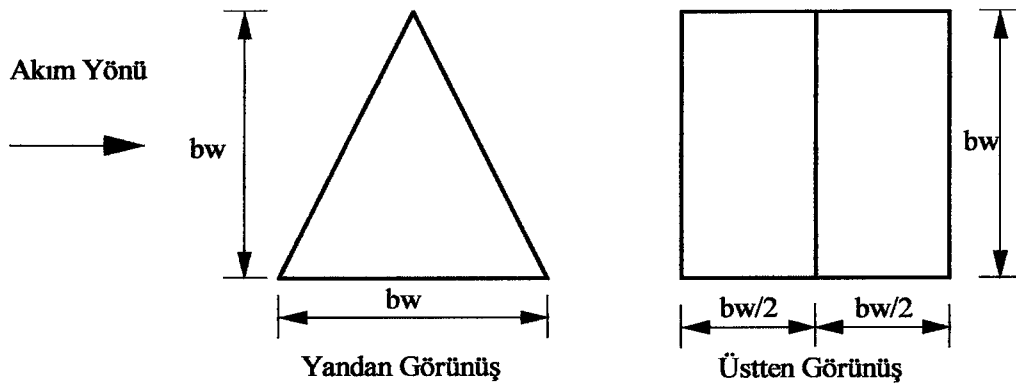
4.2. Deneyde Kullanılan Enerji Kırıcı Blok Tipleri



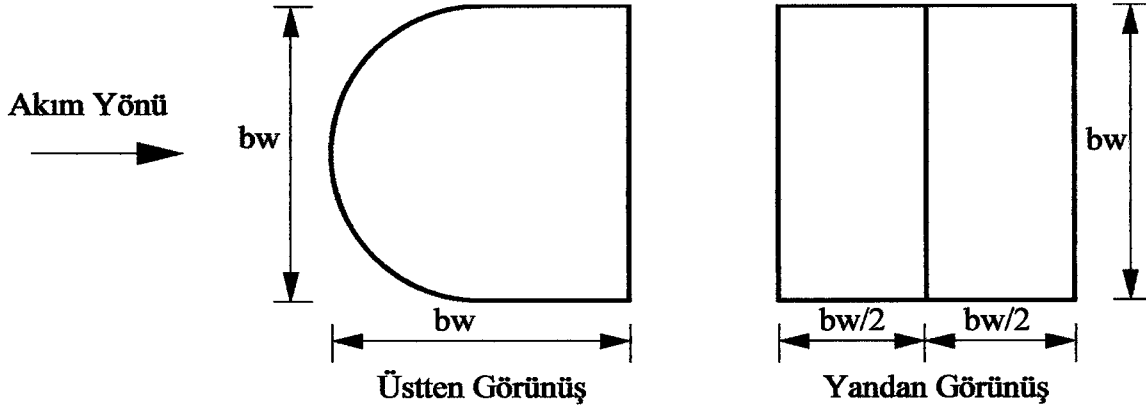
Şekil 4.1. Deneyde kullanılan 1. tip enerji kırıcı blok



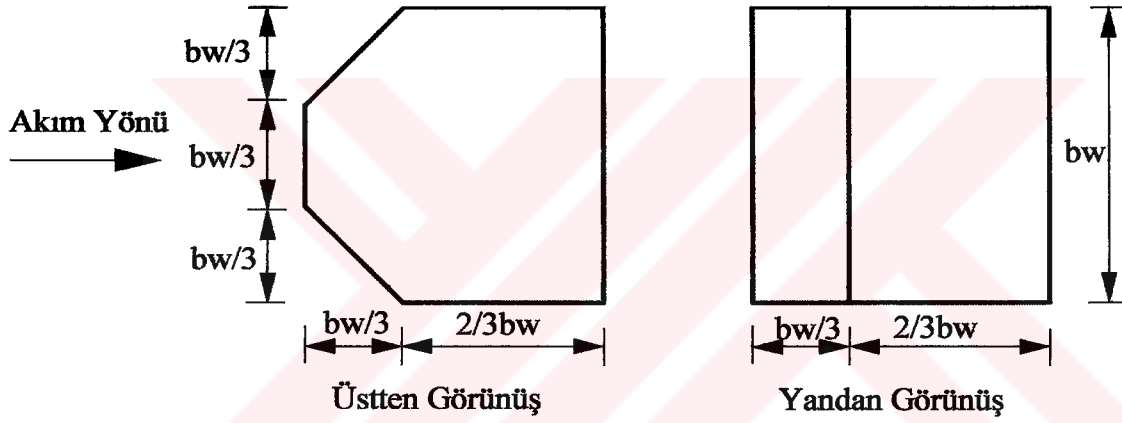
Şekil 4.2. Deneyde kullanılan 2. tip enerji kırıcı blok



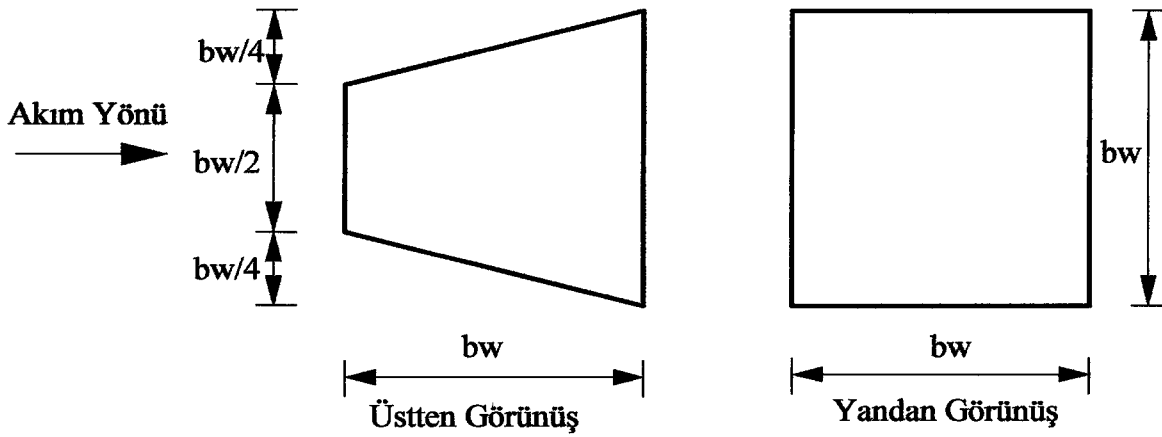
Şekil 4.3. Deneyde kullanılan 3. tip enerji kırıcı blok



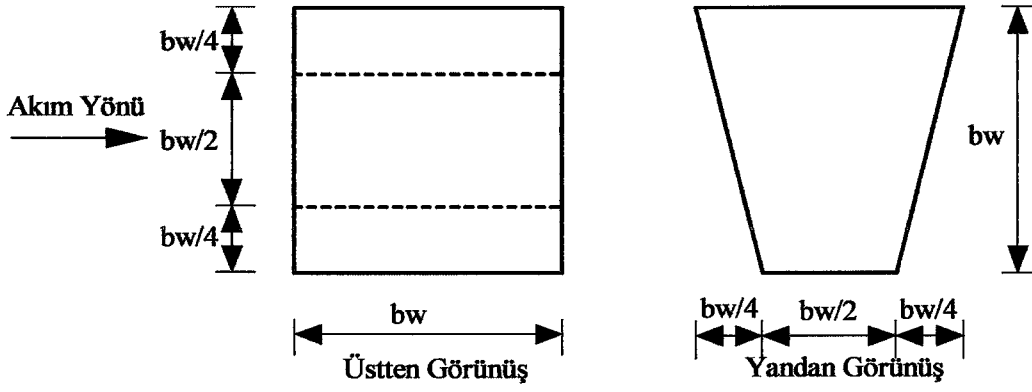
Şekil 4.7. Deneyde kullanılan 7. tip enerji kırıcı blok



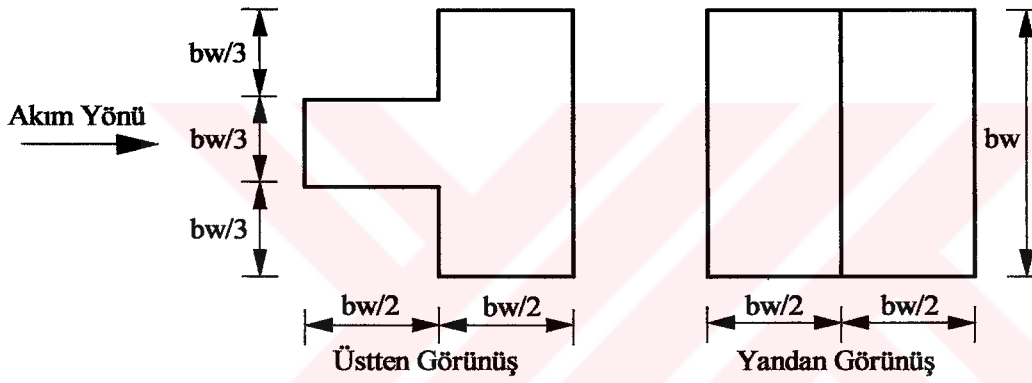
Şekil 4.8. Deneyde kullanılan 8. tip enerji kırıcı blok



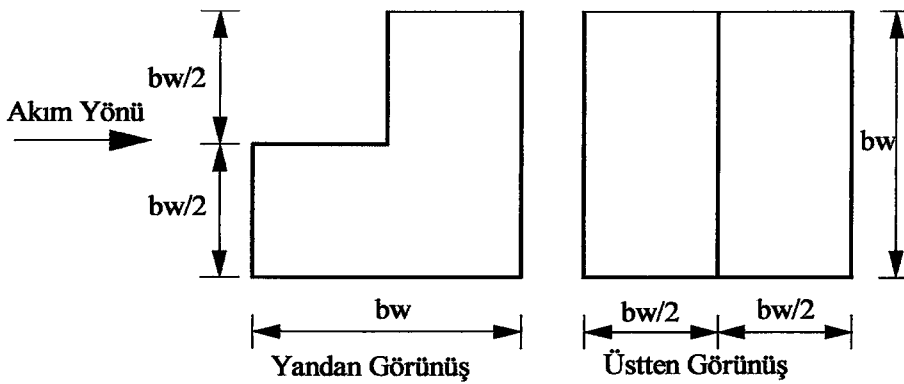
Şekil 4.9. Deneyde kullanılan 9. tip enerji kırıcı blok



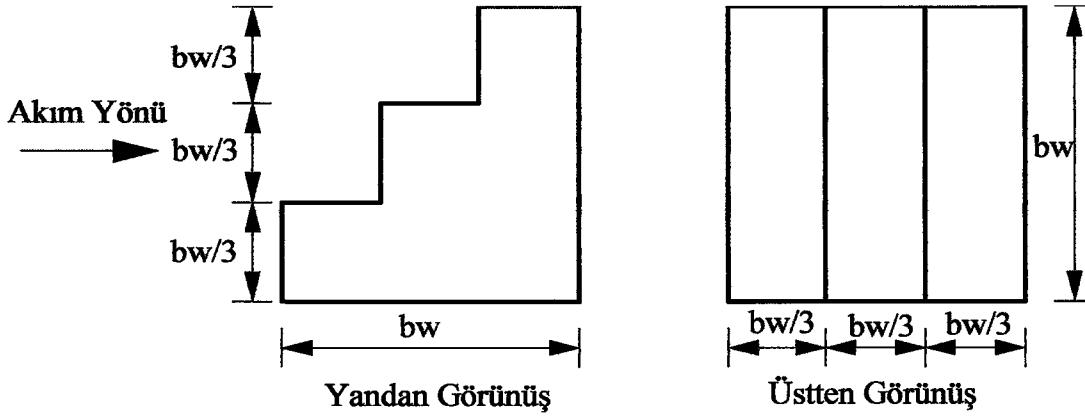
Şekil 4.10. Deneyde kullanılan 10. tip enerji kırıcı blok



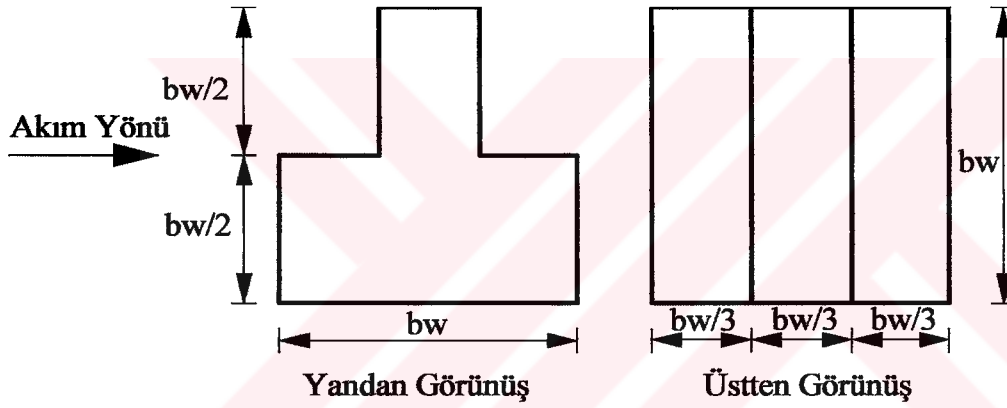
Şekil 4.11. Deneyde kullanılan 11. tip enerji kırıcı blok



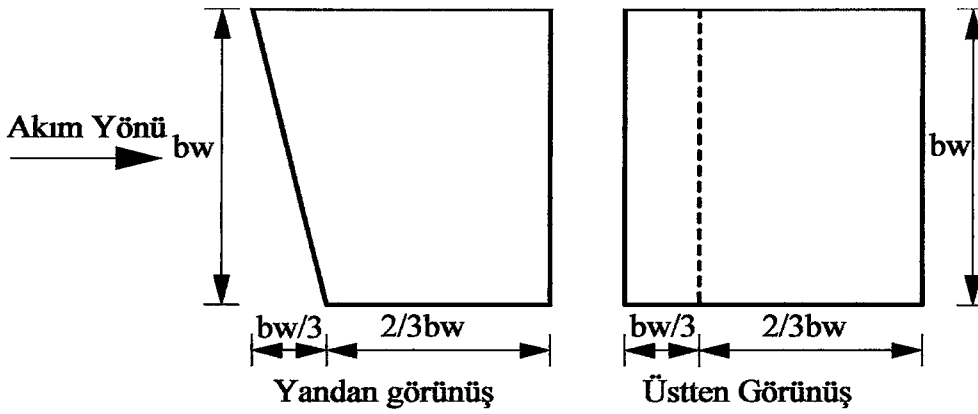
Şekil 4.12. Deneyde kullanılan 12. tip enerji kırıcı blok



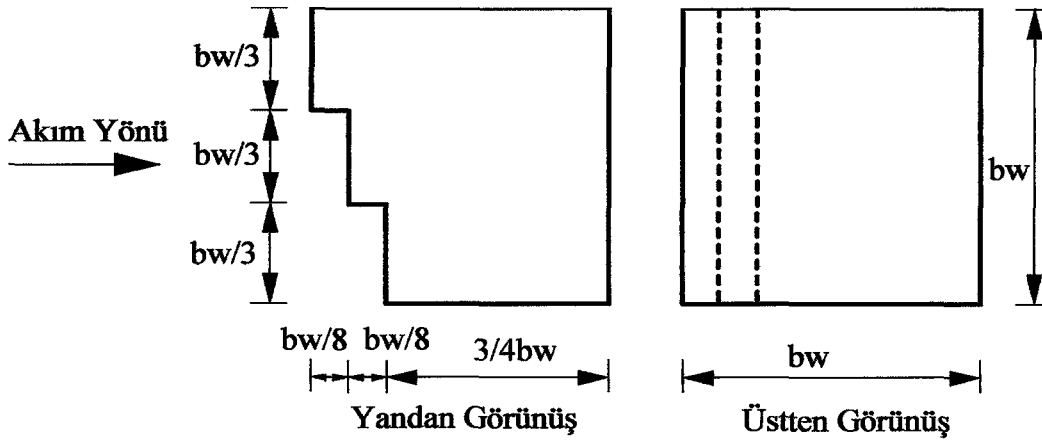
Şekil 4.13. Deneyde kullanılan 13. tip enerji kırıcı blok



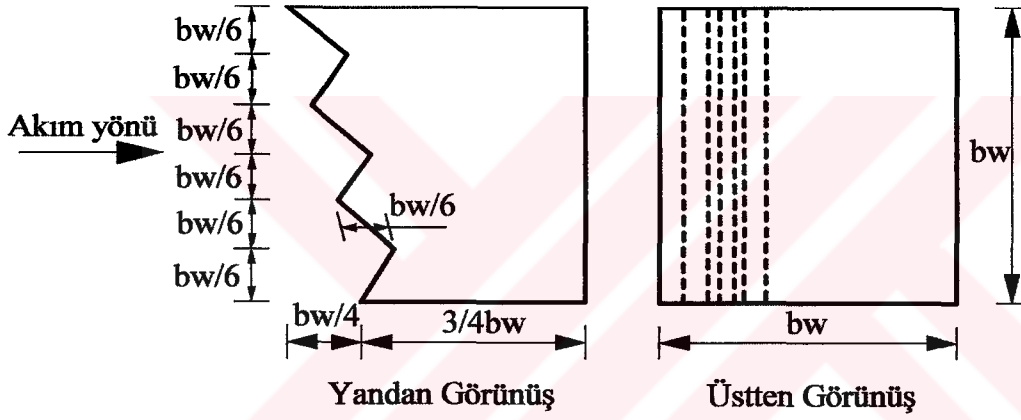
Şekil 4.14. Deneyde kullanılan 14. tip enerji kırıcı blok



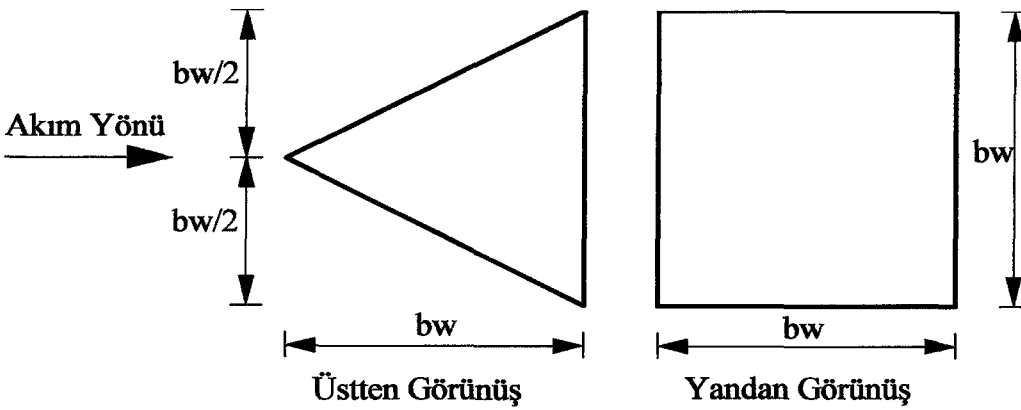
Şekil 4.15. Deneyde kullanılan 15. tip enerji kırıcı blok



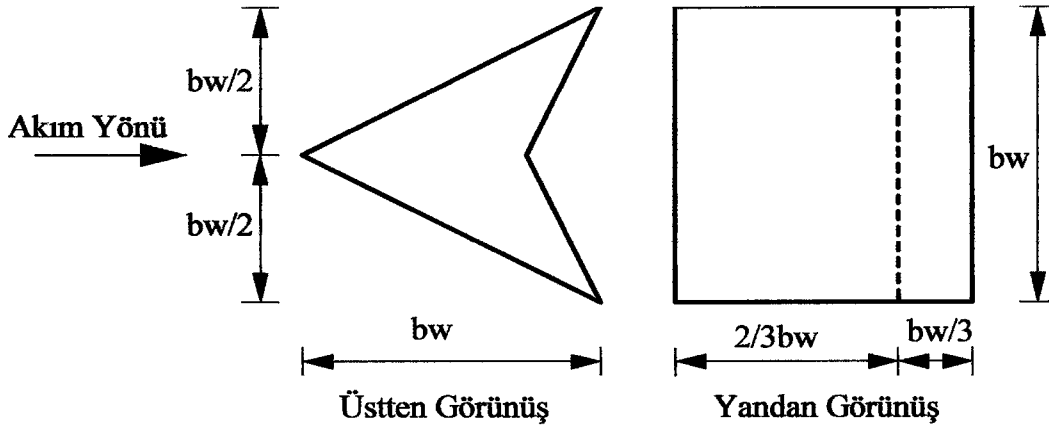
Şekil 4.16. Deneyde kullanılan 16. tip enerji kırıcı blok



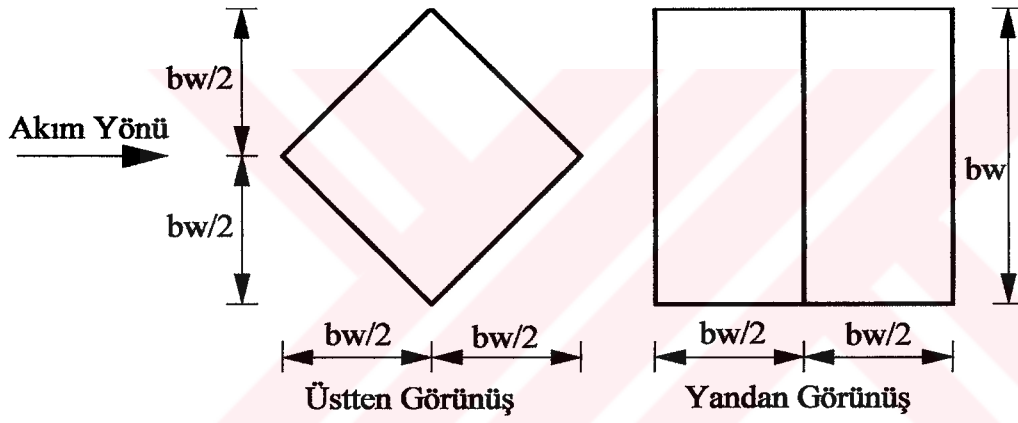
Şekil 4.17. Deneyde kullanılan 17. tip enerji kırıcı blok



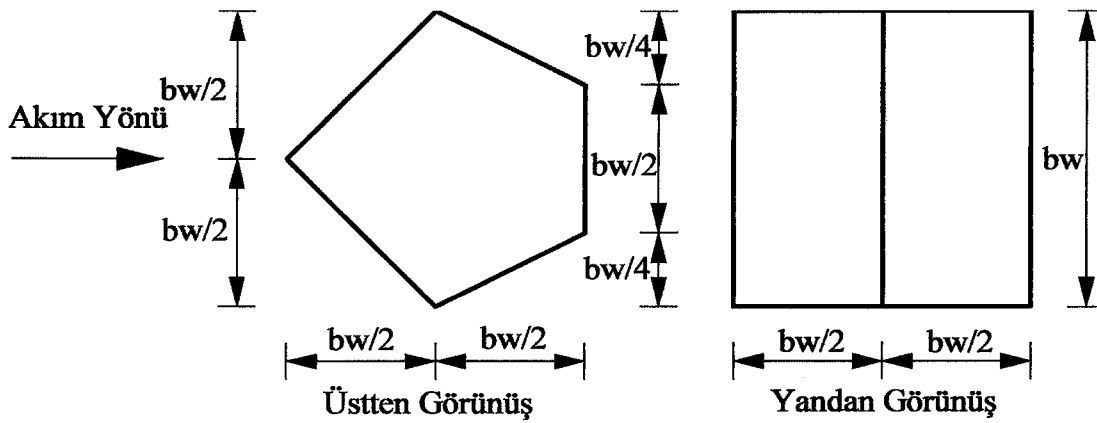
Şekil 4.18. Deneyde kullanılan 18. tip enerji kırıcı blok



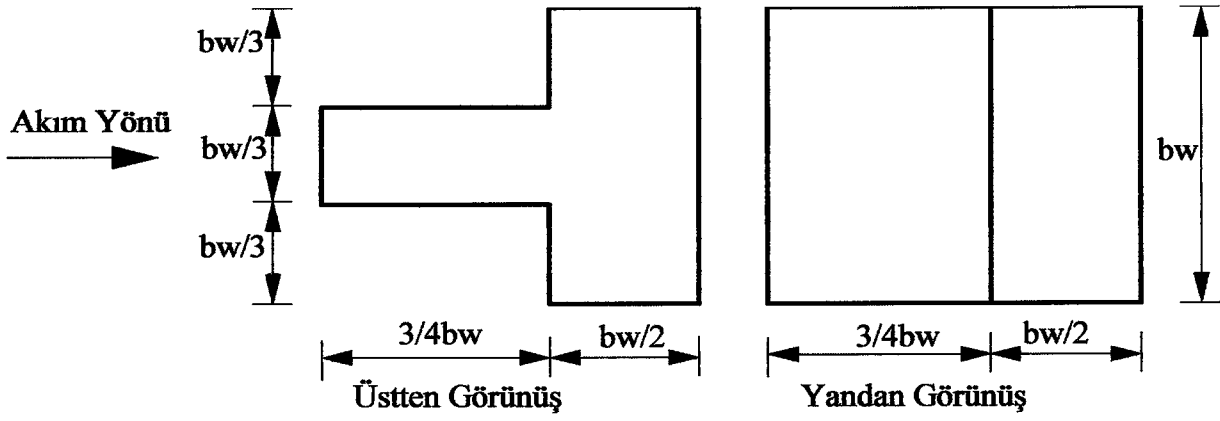
Şekil 4.19. Deneyde kullanılan 19. tip enerji kırıcı blok



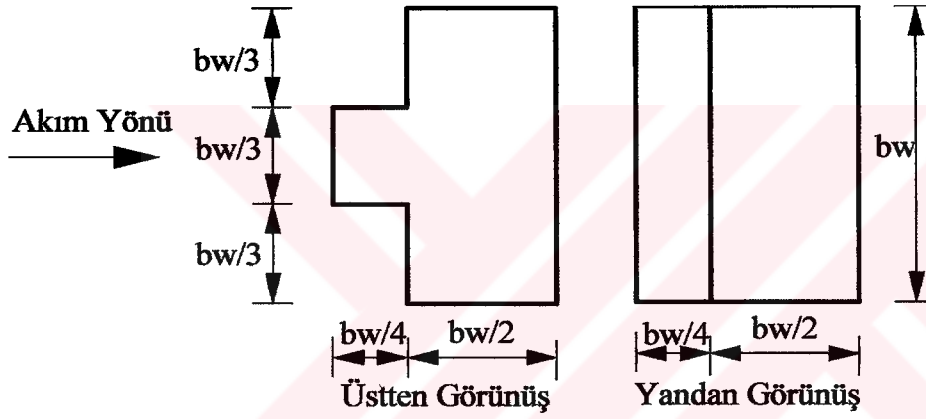
Şekil 4.20. Deneyde kullanılan 20. tip enerji kırıcı blok



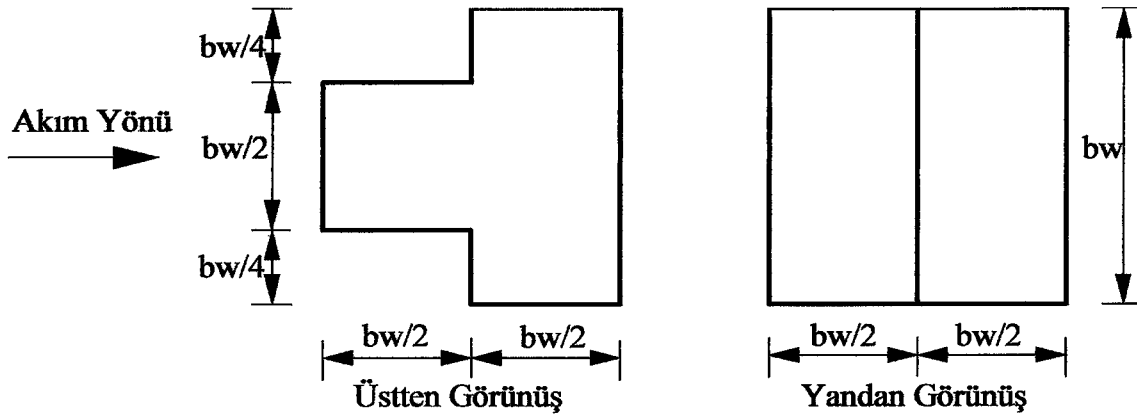
Şekil 4.21. Deneyde kullanılan 21. tip enerji kırıcı blok



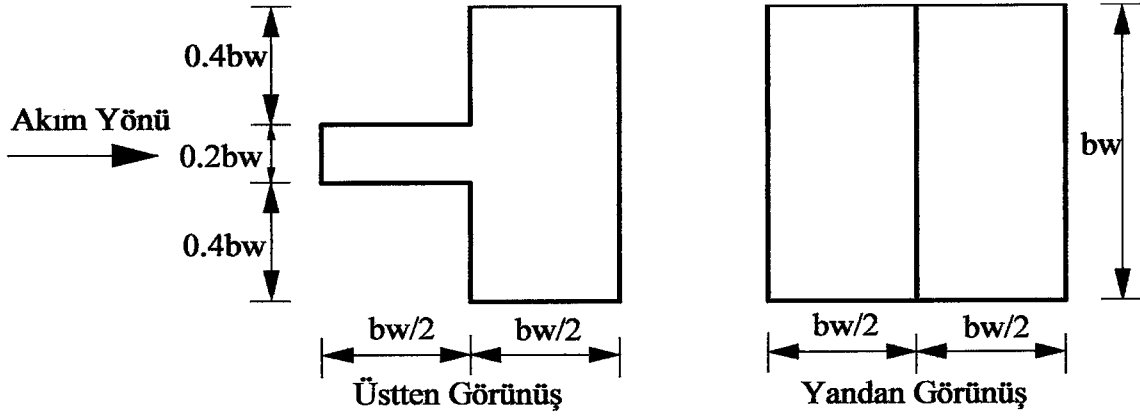
Şekil 4.22. Deneyde kullanılan 22. tip enerji kırıcı blok



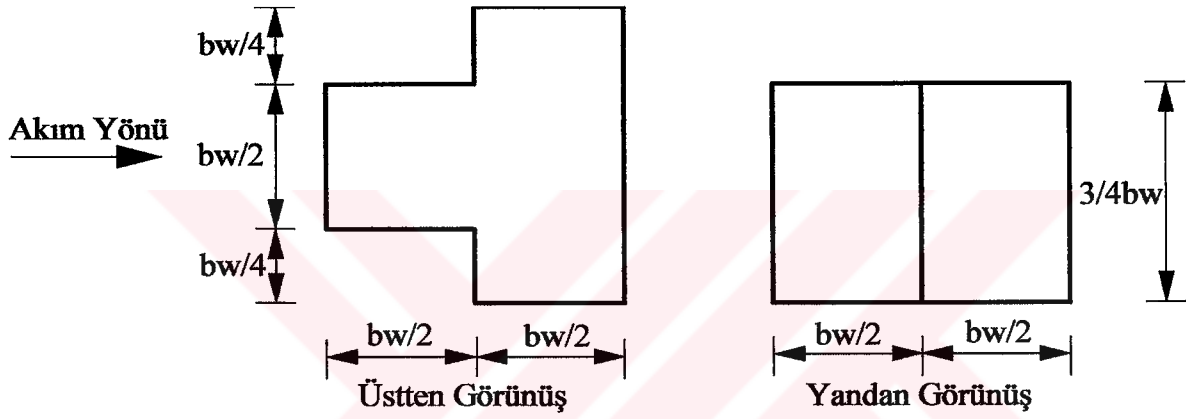
Şekil 4.23. Deneyde kullanılan 23. tip enerji kırıcı blok



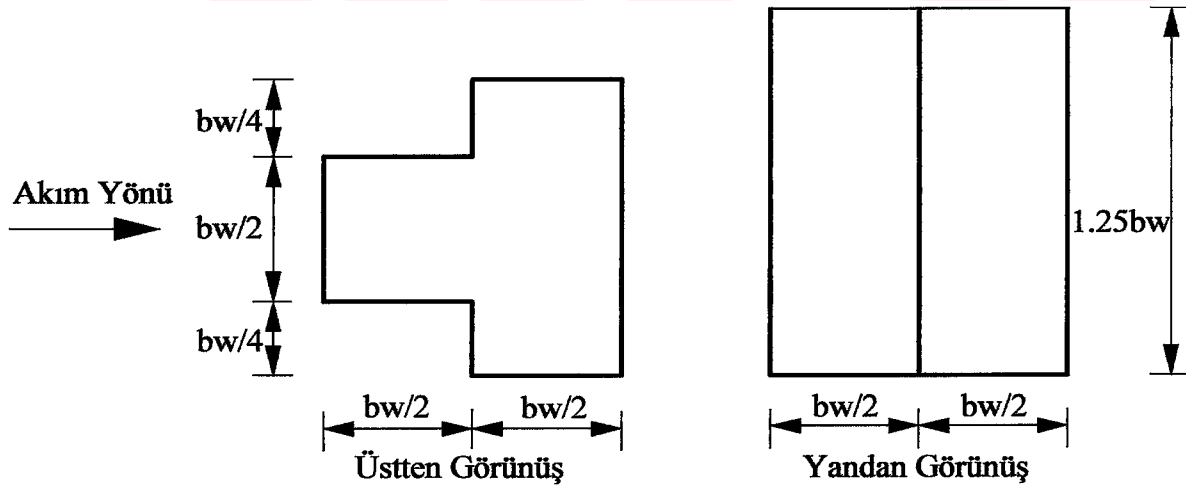
Şekil 4.24. Deneyde kullanılan 24. tip enerji kırıcı blok



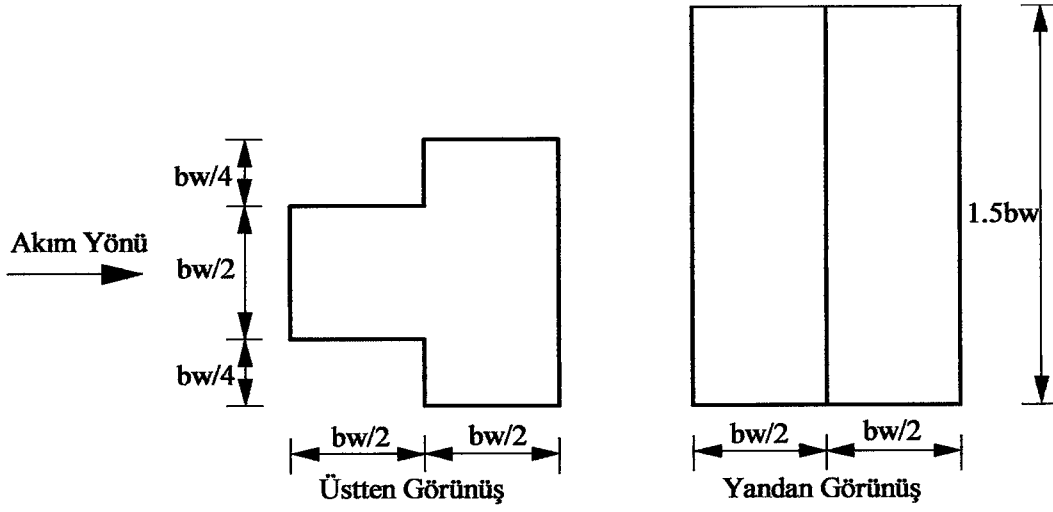
Şekil 4.25. Deneyde kullanılan 25. tip enerji kırıcı blok



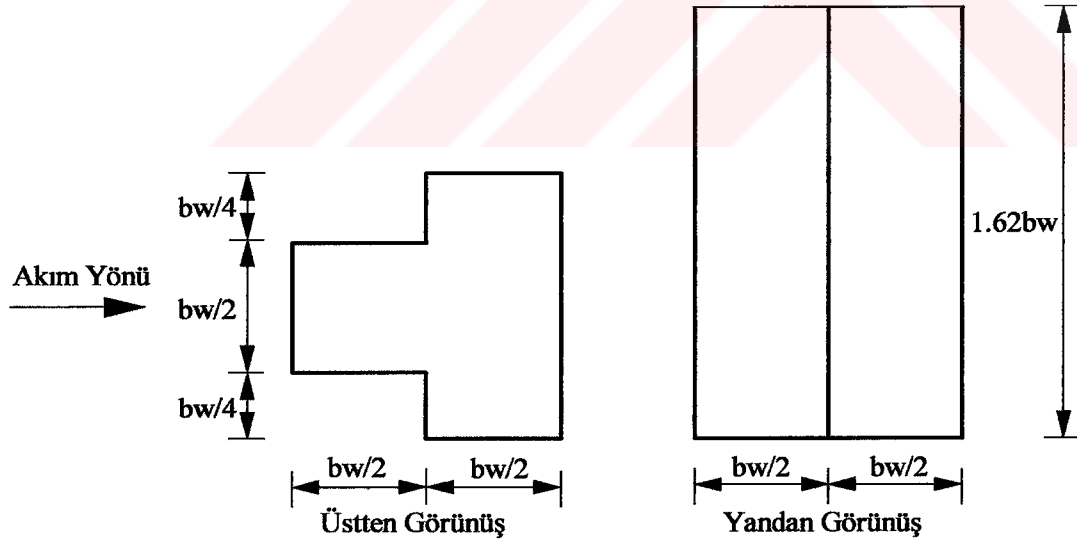
Şekil 4.26. Deneyde kullanılan 26. tip enerji kırıcı blok



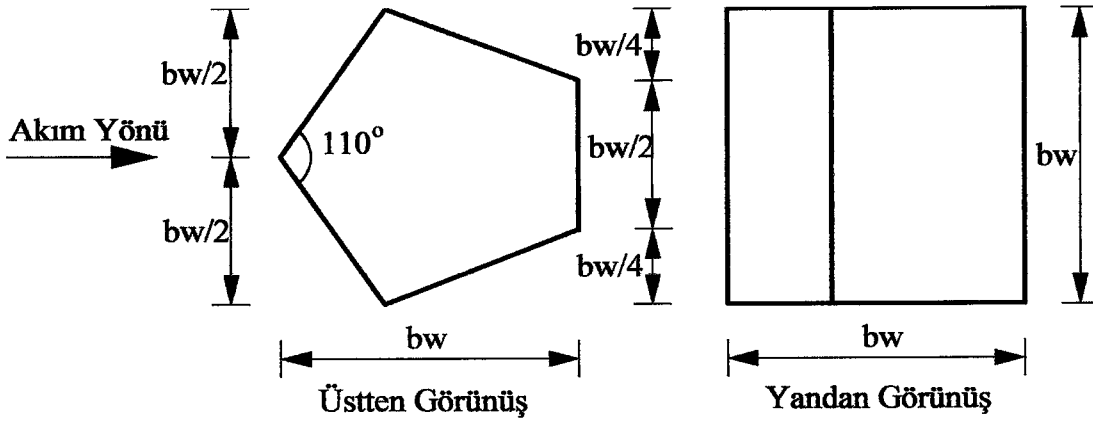
Şekil 4.27. Deneyde kullanılan 27. tip enerji kırıcı blok



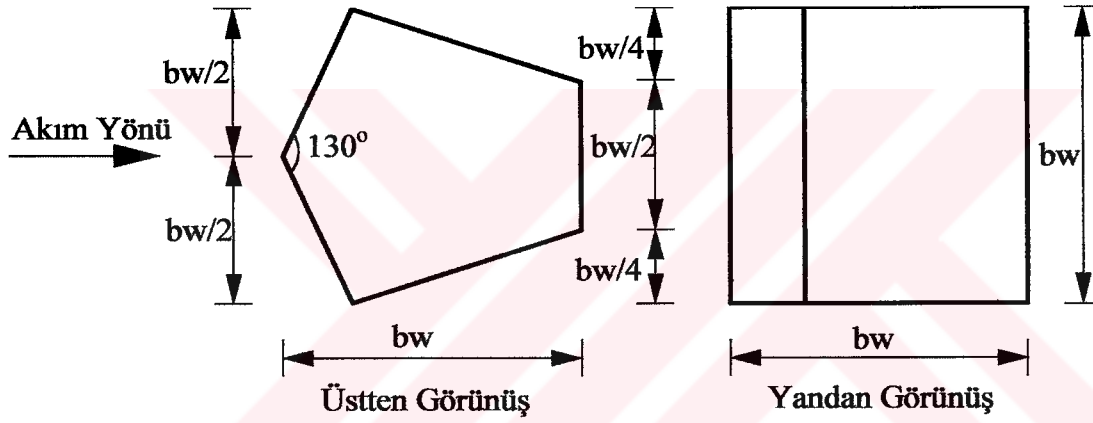
Şekil 4.28. Deneyde kullanılan 28. tip enerji kırıcı blok



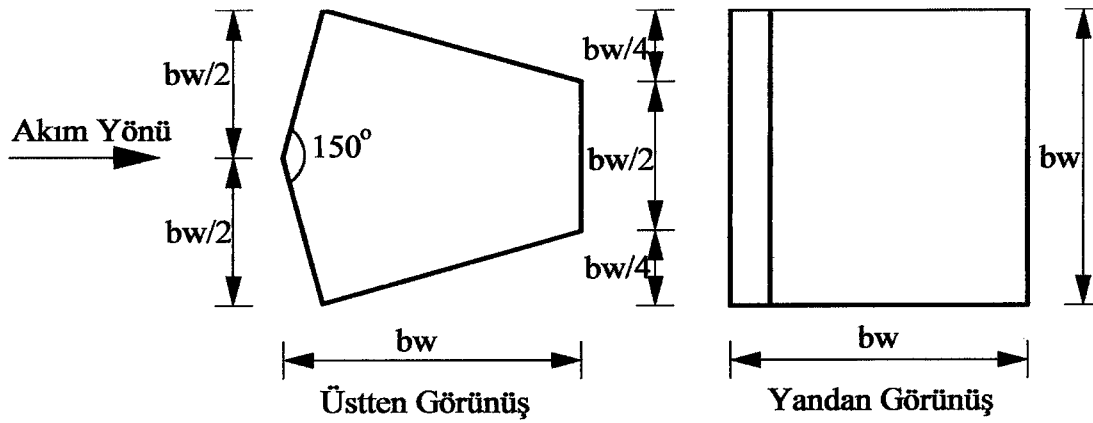
Şekil 4.29. Deneyde kullanılan 29. tip enerji kırıcı blok



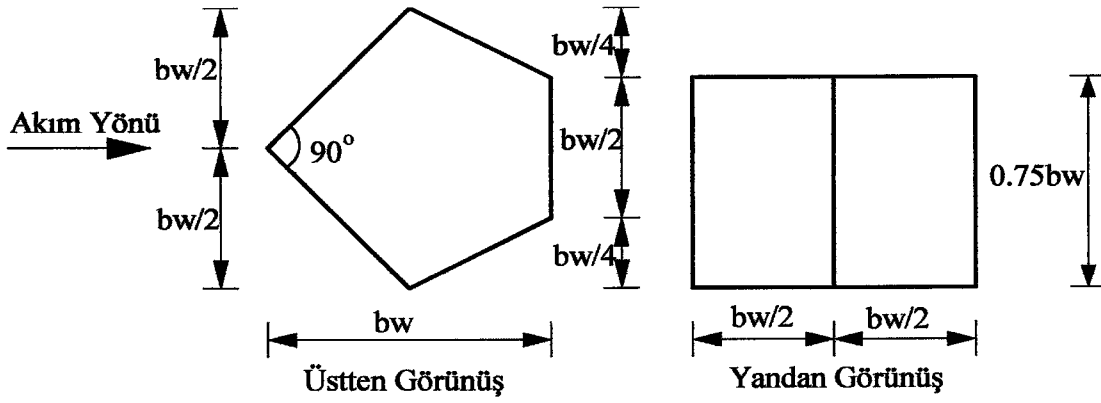
Şekil 4.30. Deneyde kullanılan 30. tip enerji kırıcı blok



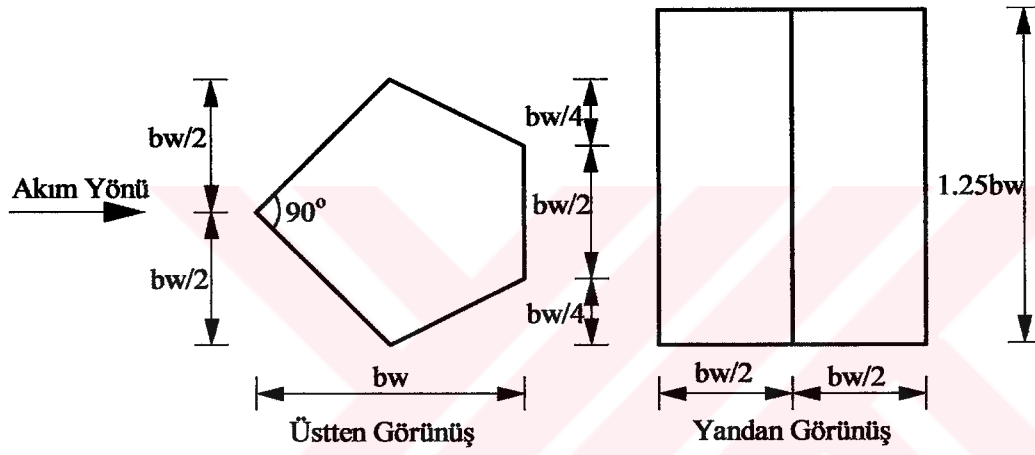
Şekil 4.31. Deneyde kullanılan 31. tip enerji kırıcı blok



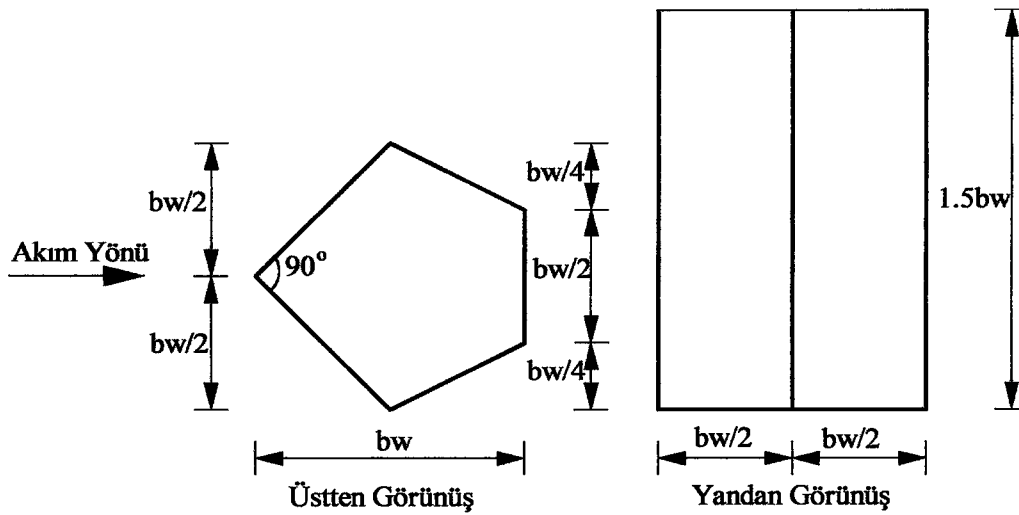
Şekil 4.32. Deneyde kullanılan 32. tip enerji kırıcı blok



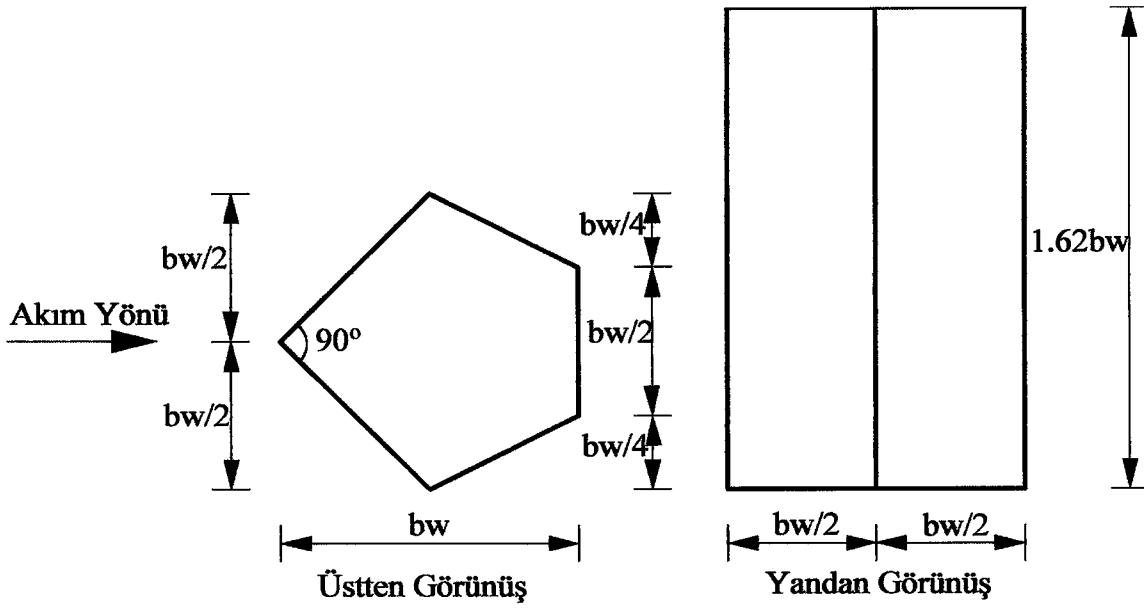
Şekil 4.33. Deneyde kullanılan 33. tip enerji kırıcı blok



Şekil 4.34. Deneyde kullanılan 34. tip enerji kırıcı blok

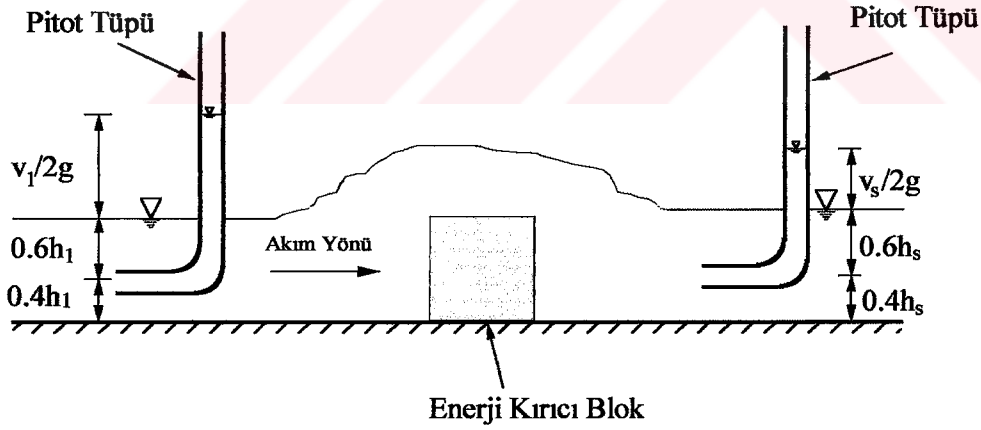


Şekil 4.35. Deneyde kullanılan 35. tip enerji kırıcı blok



Şekil 4.36. Deneyde kullanılan 36. tip enerji kırıcı blok

4.3. Hızların Ölçülmesi



Şekil 4.37. Hızların ölçülmesinin tipik gösterimi

Şekil 4.37'deki gibi kanal içerisine enerji kırıcı bloktan önce ve sonra aynı kesit doğrultusunda üç ayrı pitot tüpü yerleştirildi. Bu pitot tüplerinin her birinde on tane ayrı okuma yapıldı, yapılan bu okumaların ortalaması alınarak o kesitteki hız yükseklikleri bulundu. Bu hız

yükseklikleri $v = \sqrt{2gh}$ formülünde yerine yazılarak o kesitteki gerçek hız değeri m/sn cinsinden elde edildi [35].

4.4. Debilerin Hesaplanması

Kanal içindeki hız bulunduktan sonra,

$$Q = b \cdot h \cdot v \quad (4.1)$$

formülüyle kanal içinden geçen debi hesaplandı [36]. Bulunan bu debinin doğruluğunu ispat etmek için deney düzeneğinin sonuna ikinci bir kanal yerleştirildi. Yerleştirilen bu kanalın sonunda 90°'lik üçgen bir savak bulunmaktaydı. 90°'lik üçgen savaktan akan debi,

$$Q = 0.312 (2g)^{0.5} h^{2.5} \quad (4.2)$$

formülüyle hesaplanmıştır [37].

Bulunan bu iki debi değerlerinin birbirine yakın çıktığı için okunan hız değerlerinin doğru olduğu kabul edildi.

4.5. Deneyin Yapılışı

Enerji kırıcı bloklar ile ilgili yapılan deneyler Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Hidrolik Laboratuvarında yapılmıştır.

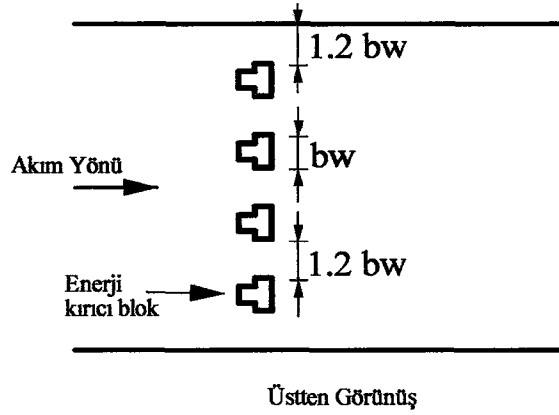
Deneyler, Şekil 4.41'de görüldüğü gibi geri devirli bir deney düzeneğinde gerçekleştirildi. Burada, deneyde kullanılan debi için bir devir daim su pompası motoru kullanıldı. Deneyde kullanılan debi, bir vana yardımıyla kontrol edildi.

Kanal içindeki hızları tespit etmek için, hem enerji kırıcı bloklardan önce hem de enerji kırıcı bloklardan sonra, pitot tüpleri kanal içine yerleştirilerek kanal içindeki hızlar tespit edildi. Bu pitot tüplerinden doğru sonuç almak için her sıraya üç adet pitot tüpü yerleştirildi.

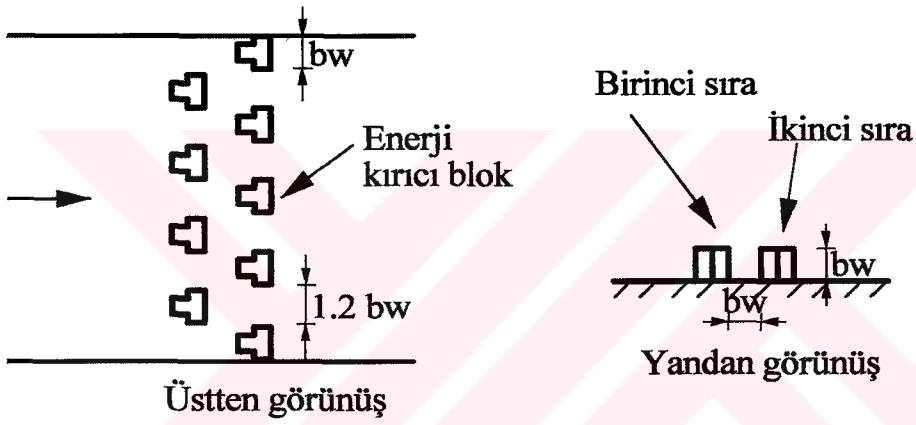
Deneyde kullanılan enerji kırıcı bloklar kapaktan sonra bir metrelik uzaklıktaki bir mesafeye yerleştirildi. Enerji kırıcı bloklar tek sıralı ve iki sıralı olarak kullanıldı.

Deneyde, Froude sayısı 2.5 ile 4.5 arasında kalacak şekilde kapak arkasındaki su yüksekliği 0.10 ile 0.26 m. arasında değiştirilerek ve kapak 0.04 m. açılarak deneyler yapıldı. Ayrıca, deneyde kullanılan debi maksimum 0.02039 m³ ve minimum 0.01184 m³'dur.

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM
DOKÜMANTASYON MERKEZİ



Şekil 4.38. Enerji kırıcı blokların tek sıra halinde kanal içinde yerleştirilme biçimi



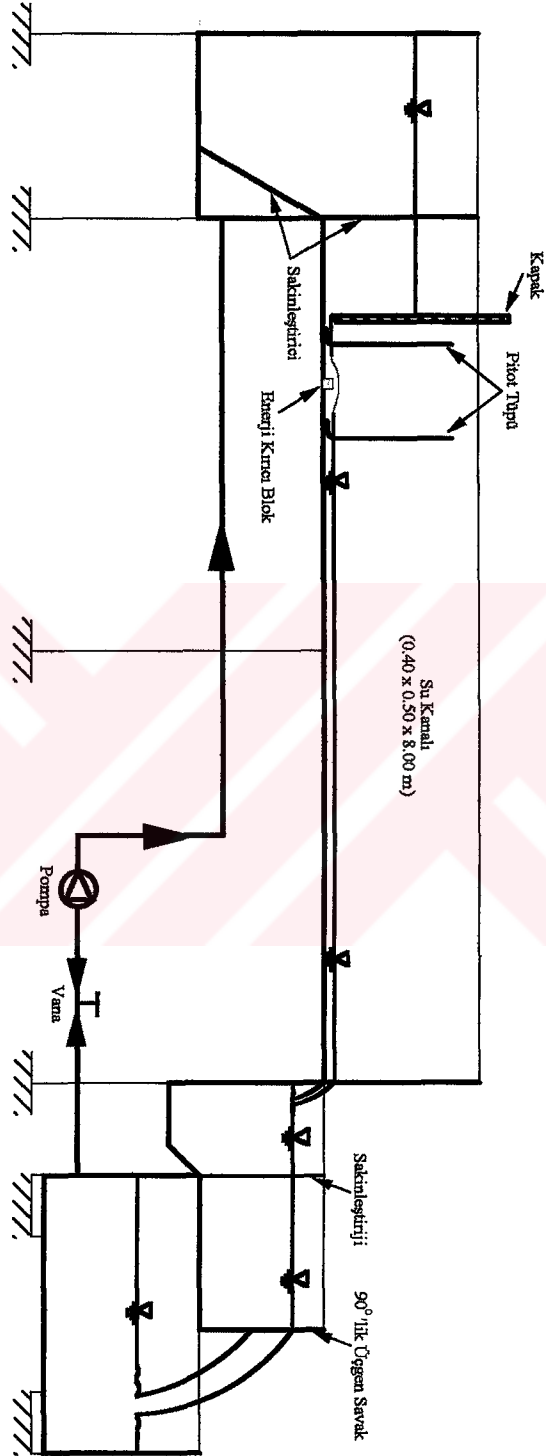
Şekil 4.39. Enerji kırıcı blokların iki sıra halinde kanal içinde yerleştirilme biçimi

Şekil 4.39'da görüldüğü gibi enerji kırıcı bloklar kanal içine iki sıralı olarak da yerleştirildi. Birinci ve ikinci sıra enerji kırıcılar arasındaki mesafeler; 37. deney ve 41. deneyde ($0.5 bw$), 38. deney ve 42. deneyde (bw), 39. deney ve 43. deneyde ($2 bw$), 40. deney ve 44. deneyde de ($3 bw$) kadar alınarak deneyler yapılmıştır.



Şekil 4.40. İki sıralı enerji kırıcı bloklarda sıçramanın şekli

4.6. Deney Düzenegi



Şekil 4.41. Deney düzenegi

5. DENEY SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Bu deneysel çalışma sırasında suyu enerji kırıcı bloklara çarptırarak (1., 2., 3., 4., 5., 6., 10., 11., 12., 13., 14., 15., 16. ve 17. tipler) ve suyu ayırarak (7., 8., 9., 18., 19., 20. ve 21. tipler) akım içinde oluşturulan hidrolik sıçrama ve türbülans yardımıyla akımdaki enerji sönümleme oranları incelenmiştir.

Enerji kırıcı bloklardan önce ve sonra akımın ölçülen hız yükseklikleri ve akım derinlikleri bulunarak, enerji yüksekliği formüllerinden, akımdaki enerji yükseklikleri hesaplanarak ve ayrıca bu değerler dikkate alınarak enerji sönümleme oranları bulundu. Bulunan akım değerlerine göre Froude sayısı da hesaplandı. Değişik geometrik şekildeki enerji kırıcı bloklardan elde edilen enerji sönümleme oranları aşağıda kıyaslanmıştır. Bu kıyaslanma enerji sönümleme oranı $\left(\frac{E_1 - E_s}{E_1} \right)$ ile F1 arasındaki değişim eğrisine uydurulan eğrinin eğimi ile kıyas yapıldı.

Tablo 5.1. Deney sonuçlarından elde edilen eğrilerin eğimi

Deney Numarası	Uydurulan Eğrinin Eğimi	Deney Numarası	Uydurulan Eğrinin Eğimi
1	0.1185	12	0.0859
2	0.1109	13	0.0836
3	0.1078	14	0.0996
4	0.1178	15	0.1077
5	0.1134	16	0.1114
6	0.1199	17	0.1181
7	0.0855	18	0.0985
8	0.1164	19	0.1144
9	0.0892	20	0.1165
10	0.1129	21	0.1281
11	0.1255		

Tablo 5.1'deki değerler, deneyde kullanılan farklı geometrik şekildeki enerji kırıcı bloklardan elde edilen değerlerden oluşturulmuştur.

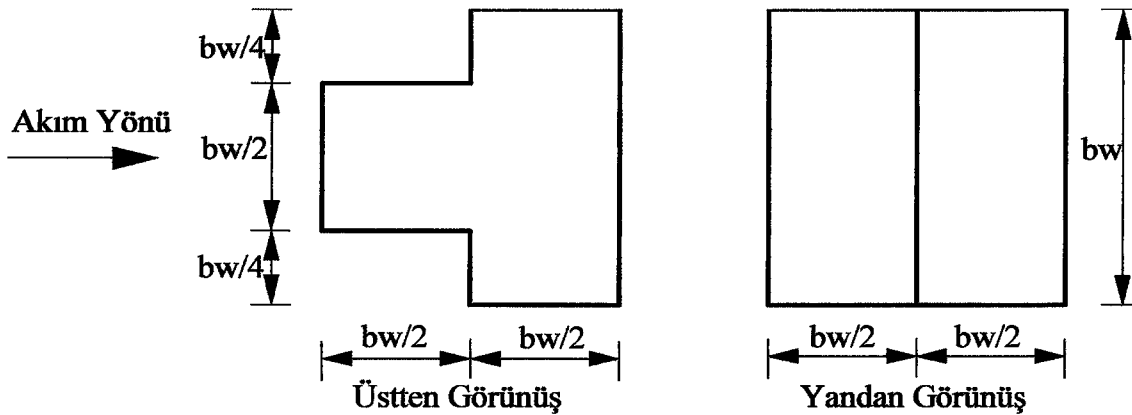
Tablo 5.1'de görüldüğü gibi, 21. deneye kadar olan deneylerde en düşük enerji sönümleme oranı 13. deneyde ki enerji kırıcı bloktan elde edilmiş ve en yüksek enerji sönümleme oranı da 11. deney ve 21. deneyde elde edilmiştir.

11. deneyde su enerji kırıcı bloklara çarptırılarak ve 21. deneyde ise suyu ikiye ayırarak akımda oluşturulan hidrolik sıçrama ve akımda ki türbülansın arttırılması ile akımın enerjisi kırılmaya çalışılmıştır.

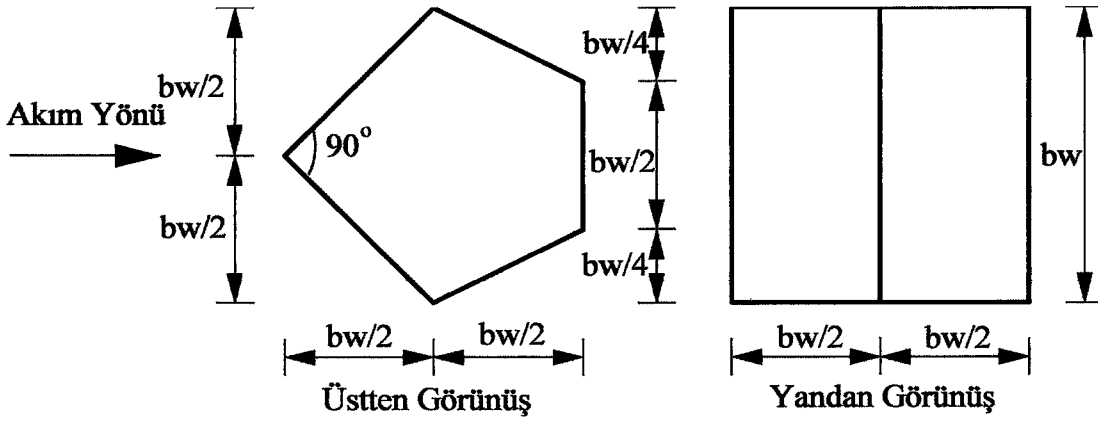
Tablo 5.2. Uygun boyut araştırılması sırasındaki deneylerden elde edilen eğrilerin eğimi

Deney Numarası	Uydurulan Eğrinin Eğimi	Deney Numarası	Uydurulan Eğrinin Eğimi
22	0.1310	30	0.1138
23	0.1314	31	0.1115
24	0.1467	32	0.1053
25	0.1303	33	0.0644
26	0.0704	34	0.1206
27	0.1213	35	0.1156
28	0.1132	36	0.1095
29	0.1082		

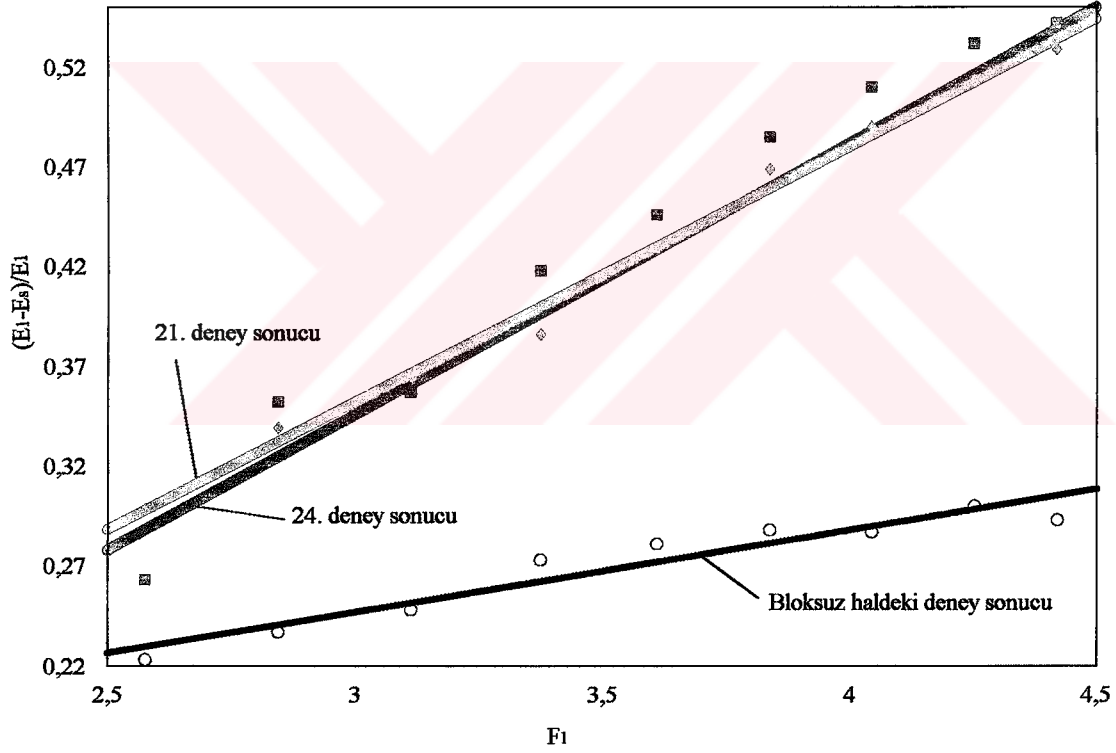
Tablo 5.2’de ki değerler, 11. ve 21. deneylerde kullanılan enerji kırıcı blokların en uygun şekilde ki ebatlarının araştırılması için yapılan deneylerden elde edilen değerlerdir. Tablo 5.2’de, 22. deneyden 29. deneye kadar olan sonuçlar 11. deneydeki enerji kırıcı blokların, yükseklik ve akımın çarptığı yüzeydeki ebatların araştırılması ve 30. deneyden 36. deneye kadar olan sonuçlar ise 21. deneydeki enerji kırıcı blokların, yükseklik ve akımın ilk çarptığı yüzeyler arasındaki açının tespiti için yapılan deneylerin sonuçlarıdır. Bu deneyler sonunda 24. deney ve 21. deneyde ki enerji kırıcı bloklardan en uygun sonuçlar elde edildi.



Şekil 5.1. Akımı çarptırarak enerjisini kıran en uygun enerji kırıcı blok (24. deneyde kullanılan T şeklindeki enerji kırıcı blok)



Şekil 5.2. Suyu ayırarak enerjisini kıran en uygun enerji kırıcı blok (21. deneyde kullanılan beşgen şeklindeki enerji kırıcı blok)



Şekil 5.3. 21. deney, 24. deney ve bloksuz haldeki deney sonuçlarının enerji sönümlleme oranı ile F_1 arasındaki değişiminin gösterilmesi

Bu araştırmalar sonunda tek sıralı enerji kırıcı bloklarda, akımı çarptırarak enerjisini kıran en uygun enerji kırıcı blok Şekil 5.1'de ve akımı ayırarak enerjisini kıran en uygun enerji kırıcı blok Şekil 5.2'de gösterilmiştir. Şekil 5.3'de ise enerji kırıcı bloklar yardımıyla

sönümlenen enerji miktarının bloksuz haldeki akımdaki enerji miktarıyla kıyaslanmasını göstermektedir.

Tablo 5.3. İki sıralı enerji kırıcı blokların birinci ve ikinci sıra arasındaki mesafenin araştırılması sırasındaki deneylerden elde edilen eğrilerin eğimi

Deney Numarası	1. ve 2. sıra arasındaki mesafe	Uydurulan Eğrinin Eğimi
37	0.5 bw	0.1142
38	bw	0.1316
39	2 bw	0.1157
40	3 bw	0.0951
41	0.5 bw	0.0935
42	bw	0.1097
43	2 bw	0.0992
44	3 bw	0.0863

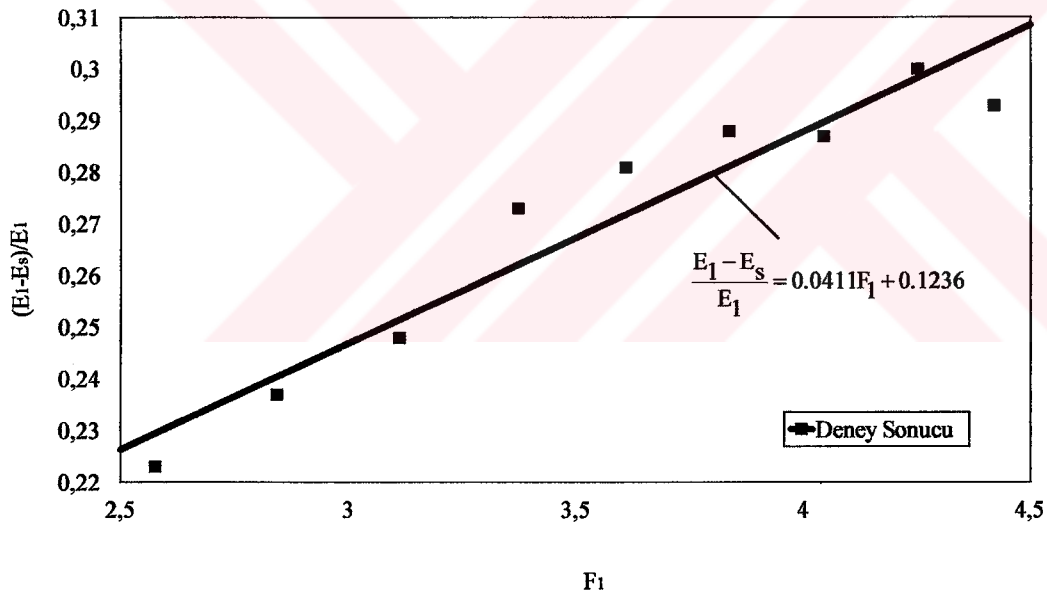
Tablo 5.3’de görülen deneylerde, iki sıralı enerji kırıcı bloklarda birinci ve ikinci sıra arasındaki mesafenin araştırılması için yapılan deneylerdir. Burada 37. deneyden 40. deneye kadar olan deneyler akımı çarpıtılarak ve 41. deneyden 44. deneye kadar olan deneylerde ise akımı ayırarak enerjisi kırılmaya çalışılan deneylerdir.

Tablo 5.3’de de görüldüğü gibi iki sıralı enerji kırıcı bloklar arasındaki en uygun mesafenin enerji kırıcı blok genişliği kadar olduğu bulunmuştur.

Şekil 4.40’da görülen iki sıralı enerji kırıcı bloklarda, ikinci sıradaki bloklar memba tarafındaki akımın derinliğini arttırdığı için bu bloklardan sonra akımın hızı bir miktar artmaktadır. Bu yüzden, enerji kırma oranları tek sıralı enerji kırıcı bloklardan daha az olmaktadır.

Tablo 5.4. Bloksuz haldeki deney sonuçları

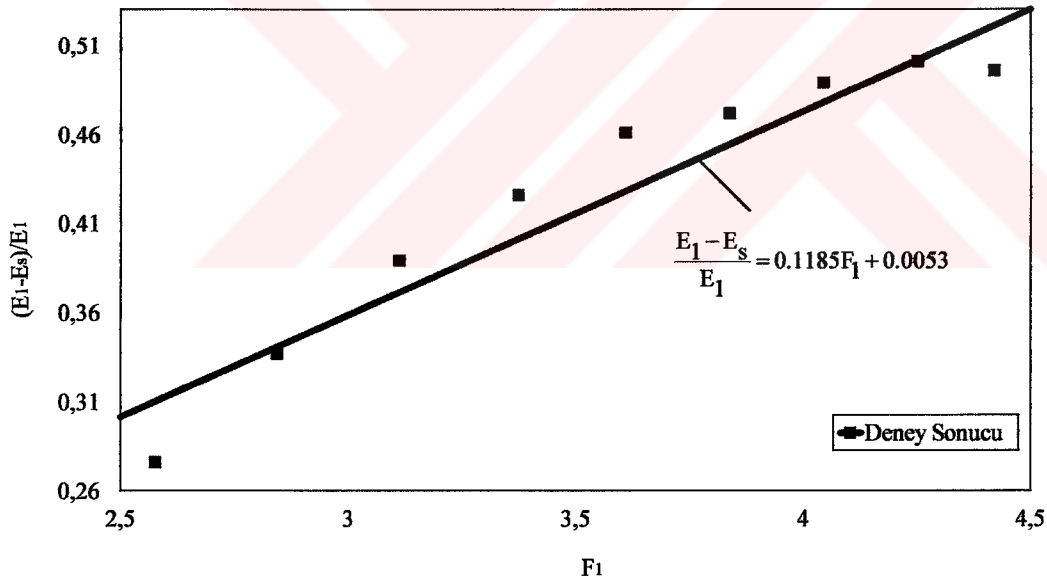
H	h_1	v_1	h_s	v_s	$(E_1-E_s)/E_1$	F_1
10	0.0240	1.25	0.0296	1.00	0.223	2.576
12	0.0240	1.38	0.0296	1.11	0.237	2.844
14	0.0240	1.51	0.0296	1.22	0.248	3.112
16	0.0238	1.63	0.0296	1.30	0.273	3.373
18	0.0237	1.74	0.0296	1.39	0.281	3.609
20	0.0237	1.85	0.0294	1.48	0.288	3.837
22	0.0237	1.95	0.0294	1.57	0.287	4.044
24	0.0237	2.05	0.0295	1.64	0.300	4.252
26	0.0239	2.14	0.0295	1.73	0.293	4.420



Şekil 5.4. Bloksuz haldeki akımda F_1 ile enerji sönümlene oranı arasındaki değişim.

Tablo 5.5. Birinci deneyde kullanılan 1. tip enerji kırıcı blok deney sonucu

H	h_1	v_1	h_s	v_s	$(E_1-E_s)/E_1$	F_1
10	0.0240	1.25	0.0328	0.91	0.276	2.576
12	0.0240	1.38	0.0352	0.94	0.337	2.844
14	0.0240	1.51	0.0367	0.98	0.389	3.112
16	0.0238	1.63	0.0373	1.03	0.426	3.373
18	0.0237	1.74	0.0387	1.06	0.461	3.609
20	0.0237	1.85	0.0383	1.14	0.472	3.837
22	0.0237	1.95	0.0390	1.19	0.489	4.044
24	0.0237	2.05	0.0390	1.25	0.501	4.252
26	0.0239	2.14	0.0382	1.34	0.496	4.420

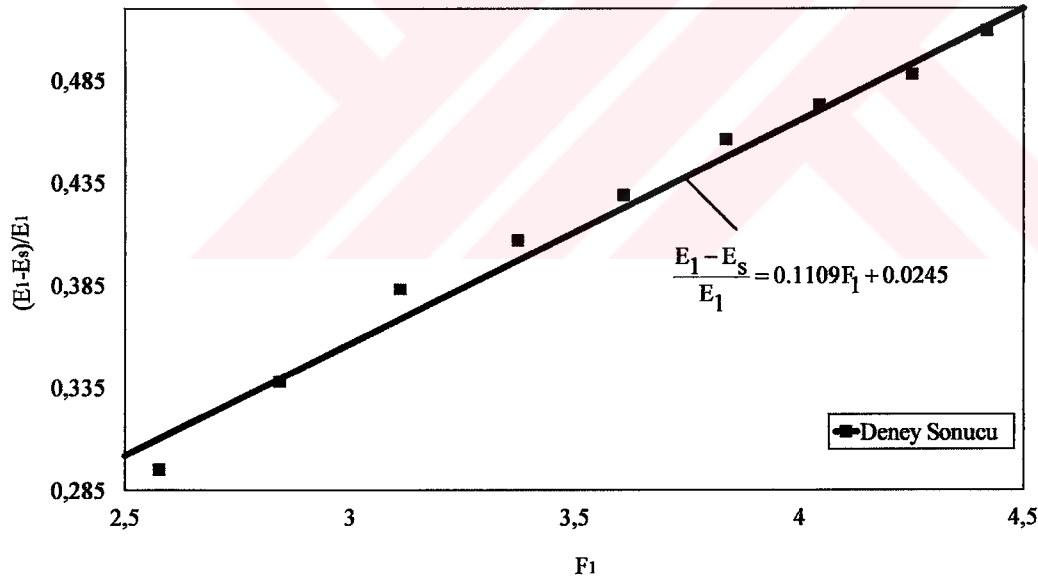


Şekil 5.5. Birinci deneyde kullanılan 1. tip enerji kırıcı blok deney sonucunda F_1 ile enerji sönümleme oranı arasındaki değişim.

**T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
BOKÜMANTASYON MERKEZİ**

Tablo 5.6. İkinci deneyde kullanılan 2. tip enerji kırıcı blok deney sonucu

H	h_1	v_1	h_s	v_s	$(E_1-E_s)/E_1$	F_1
10	0.0240	1.25	0.0336	0.88	0.295	2.576
12	0.0240	1.38	0.0351	0.94	0.338	2.844
14	0.0240	1.51	0.0365	0.99	0.383	3.112
16	0.0238	1.63	0.0360	1.07	0.407	3.373
18	0.0237	1.74	0.0365	1.13	0.429	3.609
20	0.0237	1.85	0.0369	1.18	0.456	3.837
22	0.0237	1.95	0.0375	1.23	0.473	4.044
24	0.0237	2.05	0.0382	1.28	0.488	4.252
26	0.0239	2.14	0.0390	1.31	0.509	4.420

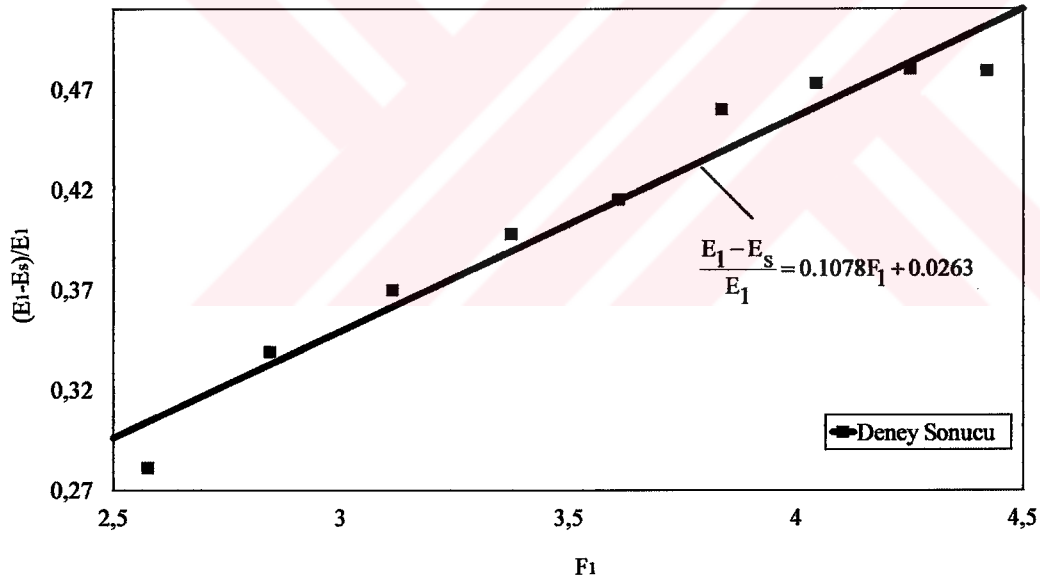


Uydurulan eğrinin eğimi : 0.1109
Uydurulan eğrinin doğruluk derecesi : 0.99

Şekil 5.6. İkinci deneyde kullanılan 2. tip enerji kırıcı blok deney sonucunda F_1 ile enerji sönmüleme oranı arasındaki değişim

Tablo 5.7. Üçüncü deneyde kullanılan 3. tip enerji kırıcı blok deney sonucu

H	h_1	V_1	h_s	v_s	$(E_1-E_s)/E_1$	F_1
10	0.0240	1.25	0.0332	0.90	0.281	2.576
12	0.0240	1.38	0.0350	0.94	0.339	2.844
14	0.0240	1.51	0.0353	1.02	0.370	3.112
16	0.0238	1.63	0.0353	1.09	0.398	3.373
18	0.0237	1.74	0.0356	1.16	0.415	3.609
20	0.0237	1.85	0.0373	1.17	0.460	3.837
22	0.0237	1.95	0.0375	1.23	0.473	4.044
24	0.0237	2.05	0.0375	1.30	0.480	4.252
26	0.0239	2.14	0.0370	1.38	0.479	4.420

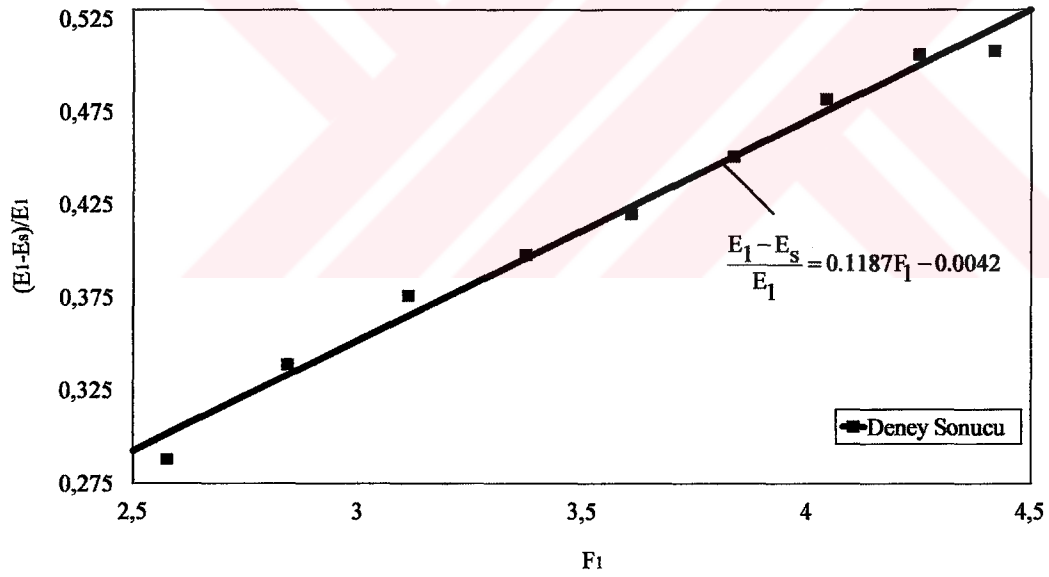


Uydurulan eğrinin eğimi : 0.1078
Uydurulan eğrinin doğruluk derecesi : 0.98

Şekil 5.7. Üçüncü deneyde kullanılan 3. tip enerji kırıcı blok deney sonucunda F_1 ile enerji sönümleme oranı arasındaki değişim

Tablo 5.8. Dördüncü deneyde kullanılan 4. tip enerji kırıcı blok deney sonucu

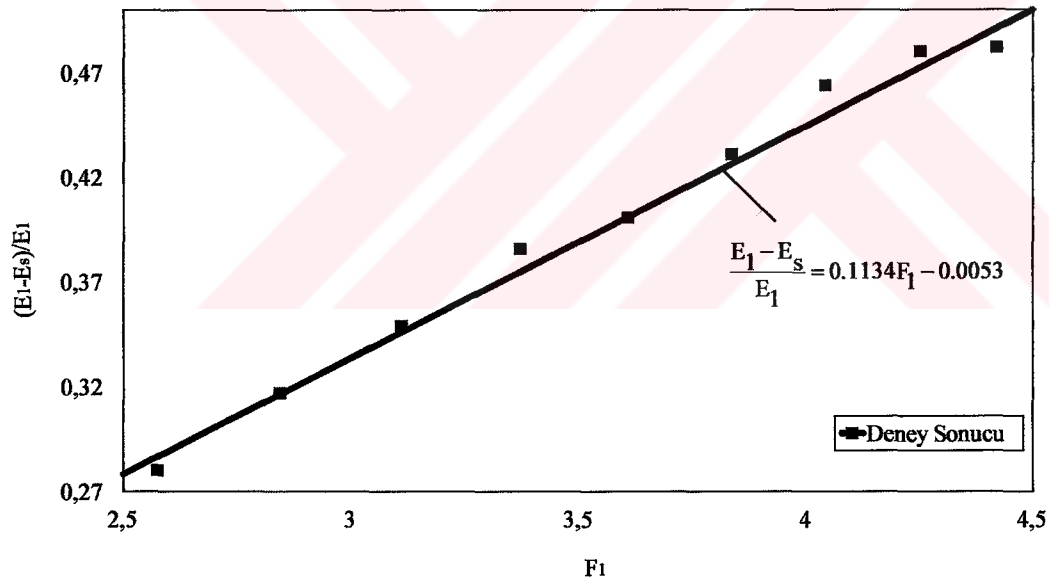
H	h_1	v_1	h_s	v_s	$(E_1-E_s)/E_1$	F_1
10	0.0240	1.25	0.0325	0.90	0.288	2.576
12	0.0240	1.38	0.0350	0.94	0.339	2.844
14	0.0240	1.51	0.0355	1.01	0.376	3.112
16	0.0238	1.63	0.0353	1.09	0.398	3.373
18	0.0237	1.74	0.0358	1.15	0.420	3.609
20	0.0237	1.85	0.0367	1.19	0.451	3.837
22	0.0237	1.95	0.0380	1.21	0.482	4.044
24	0.0237	2.05	0.0392	1.24	0.506	4.252
26	0.0239	2.14	0.0391	1.31	0.508	4.420



Şekil 5.8. Dördüncü deneyde kullanılan 4. tip enerji kırıcı blok deney sonucunda F_1 ile enerji sönümlenme oranı arasındaki değişim

Tablo 5.9. Beşinci deneyde kullanılan 5. tip enerji kırıcı blok deney sonucu

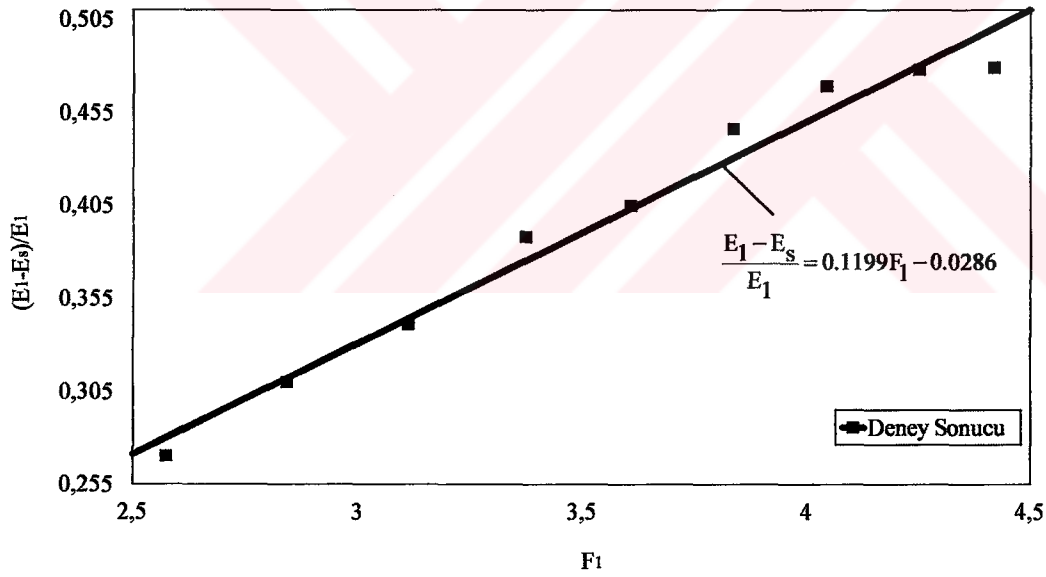
H	h_1	v_1	h_s	v_s	$(E_1-E_s)/E_1$	F_1
10	0.0240	1.25	0.0305	0.93	0.280	2.576
12	0.0240	1.38	0.0337	0.98	0.317	2.844
14	0.0240	1.51	0.0340	1.06	0.349	3.112
16	0.0238	1.63	0.0350	1.11	0.386	3.373
18	0.0237	1.74	0.0345	1.19	0.401	3.609
20	0.0237	1.85	0.0357	1.23	0.431	3.837
22	0.0237	1.95	0.0370	1.25	0.464	4.044
24	0.0237	2.05	0.0375	1.30	0.480	4.252
26	0.0239	2.14	0.0375	1.37	0.482	4.420



Şekil 5.9. Beşinci deneyde kullanılan 5. tip enerji kırıcı blok deney sonucunda F_1 ile enerji sönmleme oranı arasındaki değişim

Tablo 5.10. Altıncı deneyde kullanılan 6. tip enerji kırıcı blok deney sonucu

H	h_1	v_1	h_s	v_s	$(E_1-E_s)/E_1$	F_1
10	0.0240	1.25	0.0325	0.92	0.270	2.576
12	0.0240	1.38	0.0336	0.99	0.310	2.844
14	0.0240	1.51	0.0340	1.07	0.341	3.112
16	0.0238	1.63	0.0347	1.11	0.388	3.373
18	0.0237	1.74	0.0350	1.18	0.405	3.609
20	0.0237	1.85	0.0364	1.20	0.446	3.837
22	0.0237	1.95	0.0372	1.24	0.469	4.044
24	0.0237	2.05	0.0375	1.30	0.478	4.252
26	0.0239	2.14	0.0372	1.38	0.479	4.420



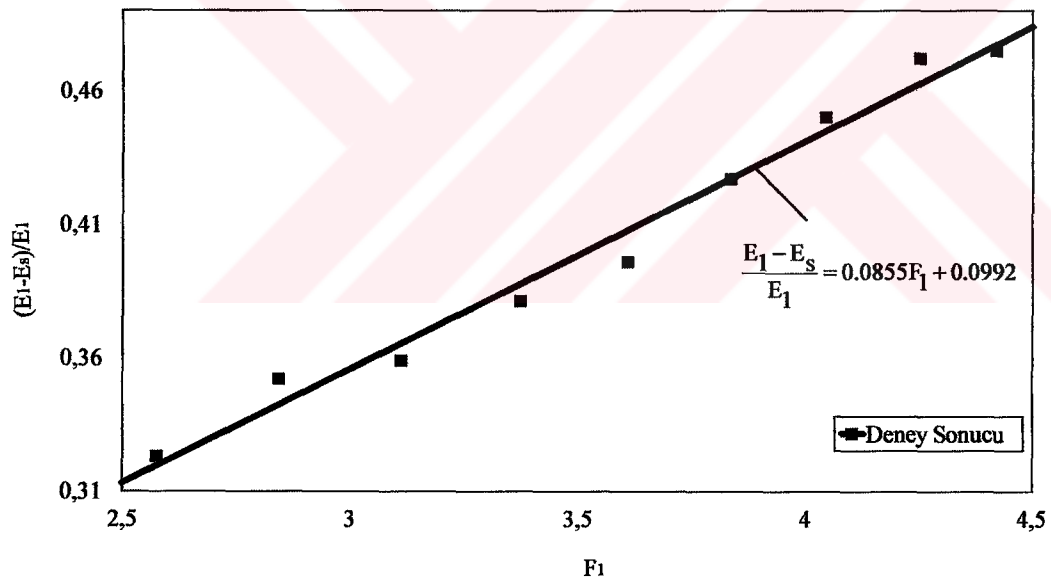
Uydurulan eğrinin eğimi : 0.1199

Uydurulan eğrinin doğruluk derecesi : 0.99

Şekil 5.10. Altıncı deneyde kullanılan 6. tip enerji kırıcı blok deney sonucunda F_1 ile enerji sönümlenme oranı arasındaki değişim

Tablo 5.11. Yedinci deneyde kullanılan 7. tip enerji kırıcı blok deney sonucu

H	h_1	v_1	h_s	v_s	$(E_1-E_s)/E_1$	F_1
10	0.0240	1.25	0.0367	0.81	0.323	2.576
12	0.0240	1.38	0.0363	0.91	0.352	2.844
14	0.0240	1.51	0.0347	1.04	0.359	3.112
16	0.0238	1.63	0.0346	1.12	0.381	3.373
18	0.0237	1.74	0.0342	1.20	0.396	3.609
20	0.0237	1.85	0.0352	1.24	0.427	3.837
22	0.0237	1.95	0.0361	1.28	0.450	4.044
24	0.0237	2.05	0.0368	1.32	0.472	4.252
26	0.0239	2.14	0.0367	1.39	0.475	4.420

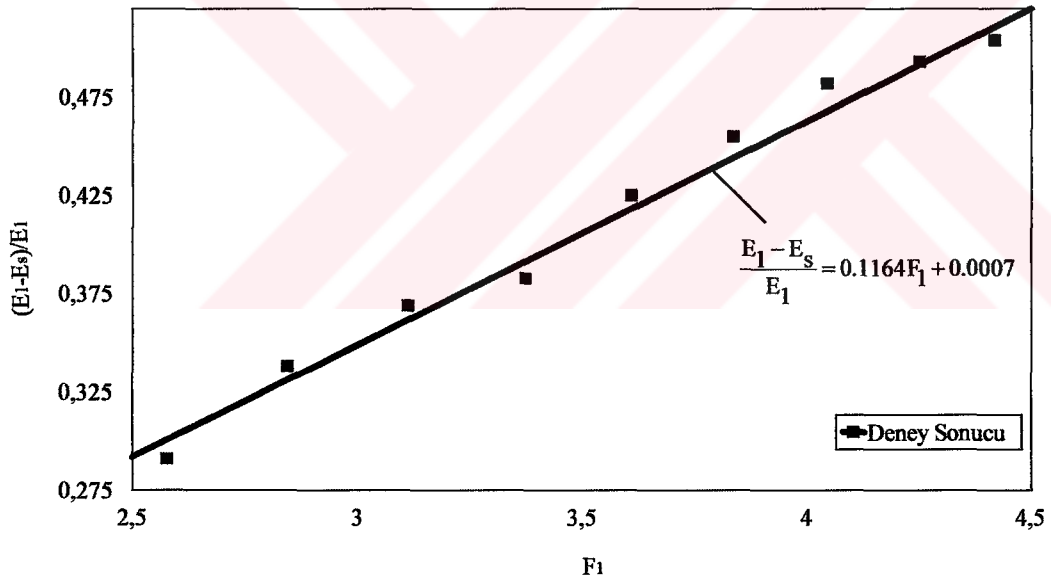


Uydurulan eğrinin eğimi : 0.0855
Uydurulan eğrinin doğruluk derecesi : 0.99

Şekil 5.11. Yedinci deneyde kullanılan 7. tip enerji kırıcı blok deney sonucunda F_1 ile enerji sönümleme oranı arasındaki değişim

Tablo 5.12. Sekizinci deneyde kullanılan 8. tip enerji kırıcı blok deney sonucu

H	h_1	v_1	h_s	v_s	$(E_1-E_s)/E_1$	F_1
10	0.0240	1.25	0.0340	0.88	0.291	2.576
12	0.0240	1.38	0.0351	0.94	0.338	2.844
14	0.0240	1.51	0.0355	1.02	0.369	3.112
16	0.0238	1.63	0.0343	1.12	0.383	3.373
18	0.0237	1.74	0.0362	1.14	0.425	3.609
20	0.0237	1.85	0.0370	1.18	0.455	3.837
22	0.0237	1.95	0.0380	1.21	0.482	4.044
24	0.0237	2.05	0.0385	1.27	0.493	4.252
26	0.0239	2.14	0.0388	1.32	0.504	4.420

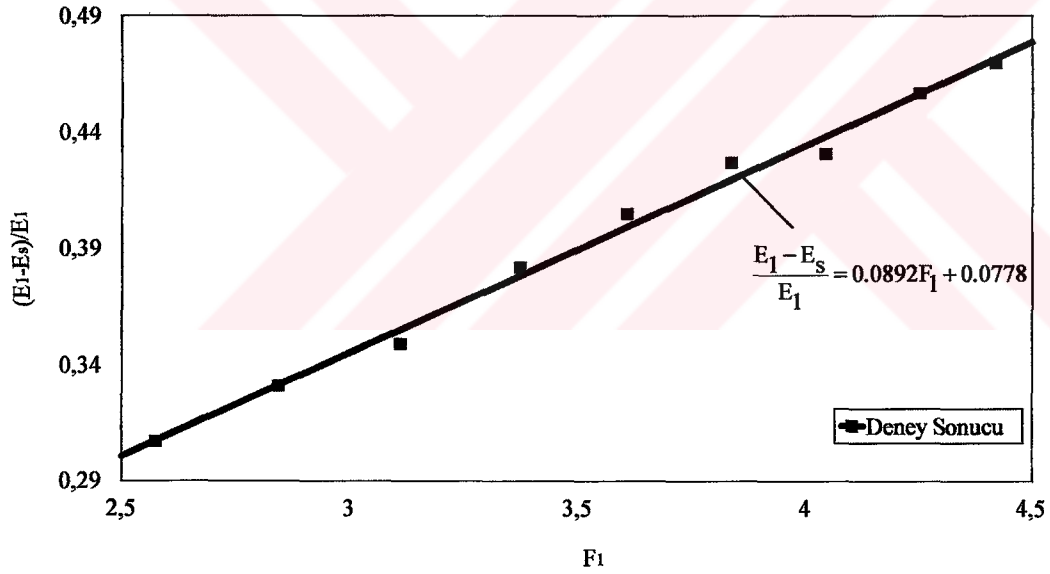


Uydurulan eğrinin eğimi : 0.1164
Uydurulan eğrinin doğruluk derecesi : 0.99

Şekil 5.12. Sekizinci deneyde kullanılan 8. tip enerji kırıcı blok deney sonucunda F_1 ile enerji sönümleme oranı arasındaki değişim

Tablo 5.13. Dokuzuncu deneyde kullanılan 9. tip enerji kırıcı blok deney sonucu

H	h_1	v_1	h_s	v_s	$(E_1-E_s)/E_1$	F_1
10	0.0240	1.25	0.0350	0.85	0.307	2.576
12	0.0240	1.38	0.0360	0.94	0.331	2.844
14	0.0240	1.51	0.0340	1.06	0.349	3.112
16	0.0238	1.63	0.0345	1.12	0.382	3.373
18	0.0237	1.74	0.0350	1.18	0.405	3.609
20	0.0237	1.85	0.0352	1.24	0.427	3.837
22	0.0237	1.95	0.0350	1.32	0.431	4.044
24	0.0237	2.05	0.0362	1.35	0.457	4.252
26	0.0239	2.14	0.0366	1.40	0.470	4.420

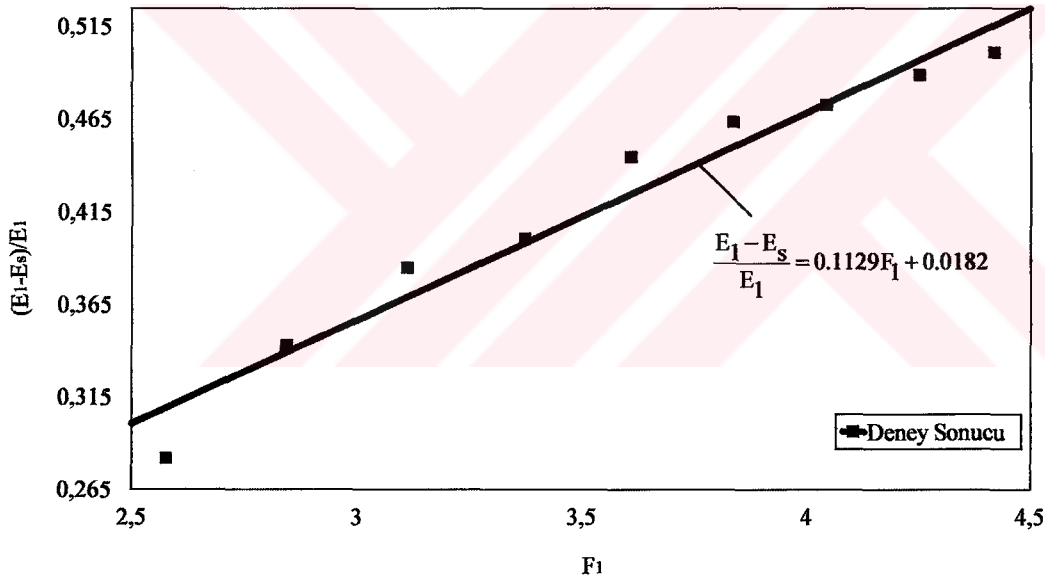


Şekil 5.13. Dokuzuncu deneyde kullanılan 9. tip enerji kırıcı blok deney sonucunda F_1 ile enerji sönümlleme oranı arasındaki değişim

TC YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKUZ KÜLTÜR ENSTİTÜSÜ

Tablo 5.14. 10. deneyde kullanılan 10. tip enerji kırıcı blok deney sonucu

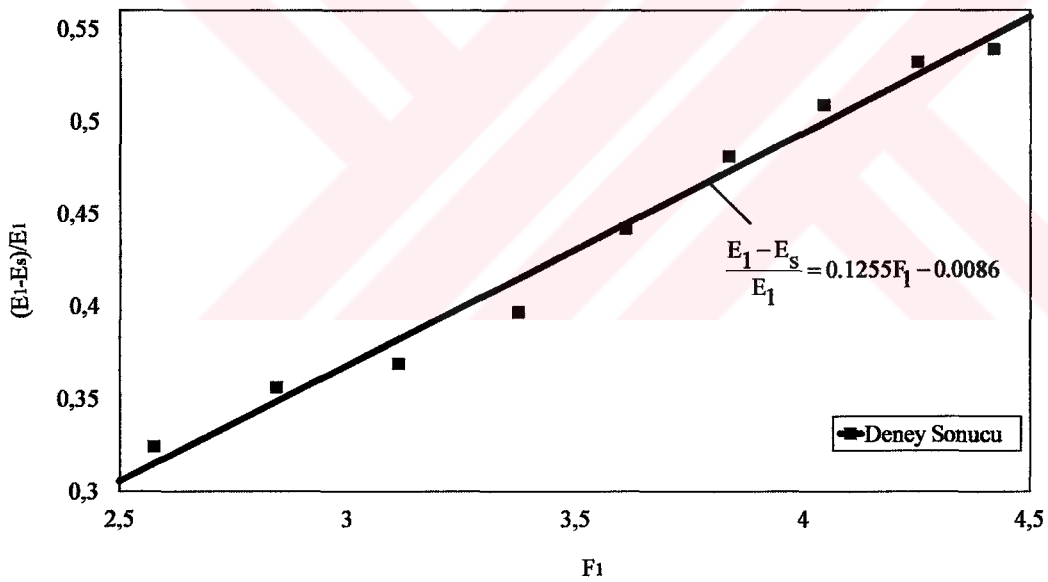
H	h_1	v_1	h_s	v_s	$(E_1-E_s)/E_1$	F_1
10	0.0240	1.25	0.0331	0.90	0.282	2.576
12	0.0240	1.38	0.0355	0.93	0.343	2.844
14	0.0240	1.51	0.0363	0.99	0.385	3.112
16	0.0238	1.63	0.0360	1.08	0.401	3.373
18	0.0237	1.74	0.0372	1.10	0.445	3.609
20	0.0237	1.85	0.0377	1.16	0.464	3.837
22	0.0237	1.95	0.0376	1.23	0.473	4.044
24	0.0237	2.05	0.0380	1.28	0.489	4.252
26	0.0239	2.14	0.0383	1.33	0.501	4.420



Şekil 5.14. 10. deneyde kullanılan 10. tip enerji kırıcı blok deney sonucunda F_1 ile enerji sönmülleme oranı arasındaki değişim

Tablo 5.15. 11. deneyde kullanılan 11. tip enerji kırıcı blok deney sonucu

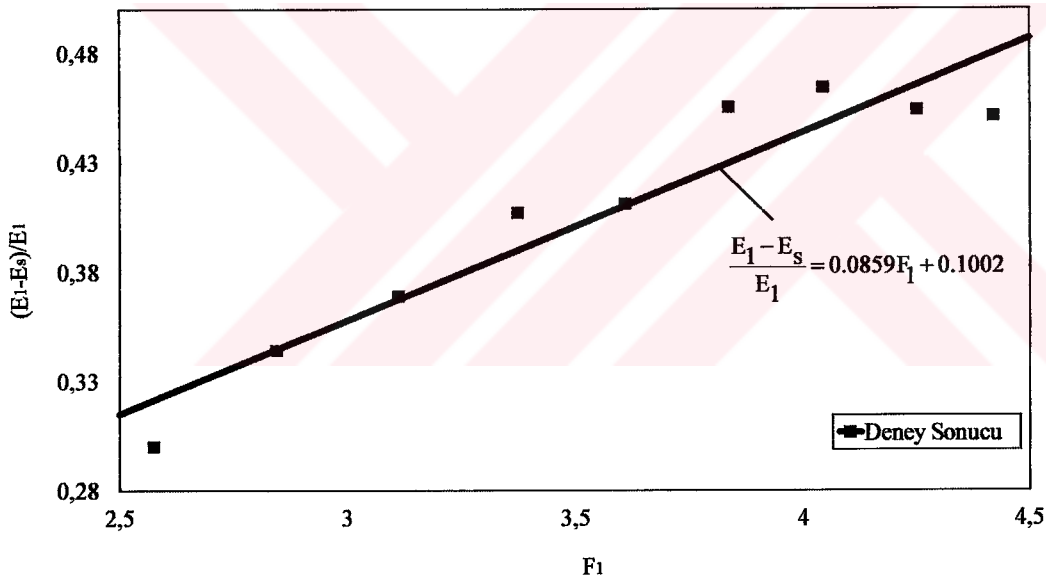
H	h_1	v_1	h_s	v_s	$(E_1-E_s)/E_1$	F_1
10	0.0240	1.25	0.0366	0.81	0.324	2.576
12	0.0240	1.38	0.0367	0.90	0.356	2.844
14	0.0240	1.51	0.0354	1.02	0.369	3.112
16	0.0238	1.63	0.0355	1.09	0.397	3.373
18	0.0237	1.74	0.0376	1.10	0.442	3.609
20	0.0237	1.85	0.0389	1.12	0.481	3.837
22	0.0237	1.95	0.0405	1.14	0.509	4.044
24	0.0237	2.05	0.0416	1.17	0.532	4.252
26	0.0239	2.14	0.0416	1.23	0.539	4.420



Şekil 5.15. 11. deneyde kullanılan 11. tip enerji kırıcı blok deney sonucunda F_1 ile enerji sönmölleme oranı arasındaki değişim

Tablo 5.16. 12. deneyde kullanılan 12. tip enerji kırıcı blok deney sonucu

H	h_1	v_1	h_s	v_s	$(E_1-E_s)/E_1$	F_1
10	0.0240	1.25	0.0340	0.87	0.300	2.576
12	0.0240	1.38	0.0353	0.93	0.344	2.844
14	0.0240	1.51	0.0355	1.02	0.369	3.112
16	0.0238	1.63	0.0360	1.07	0.407	3.373
18	0.0237	1.74	0.0351	1.16	0.411	3.609
20	0.0237	1.85	0.0369	1.18	0.455	3.837
22	0.0237	1.95	0.0369	1.25	0.464	4.044
24	0.0237	2.05	0.0357	1.36	0.454	4.252
26	0.0239	2.14	0.0355	1.44	0.451	4.420

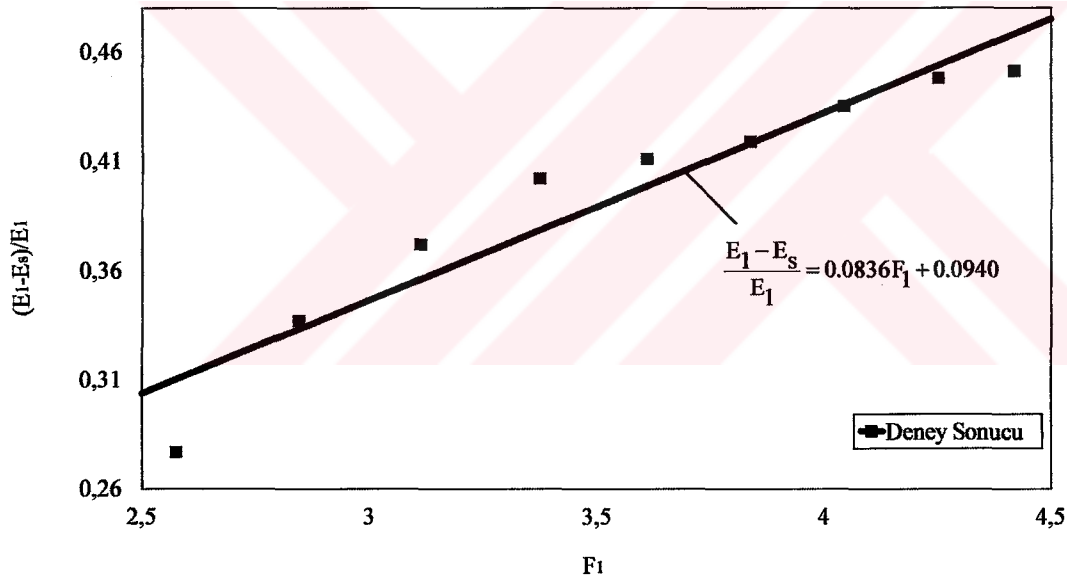


Uydurulan eğrinin eğimi : 0.0859
Uydurulan eğrinin doğruluk derecesi : 0.95

Şekil 5.16. 12. deneyde kullanılan 12. tip enerji kırıcı blok deney sonucunda F_1 ile enerji sönmleme oranı arasındaki değişim

Tablo 5.17. 13. deneyde kullanılan 13. tip enerji kırıcı blok deney sonucu

H	h_1	v_1	h_s	v_s	$(E_1-E_s)/E_1$	F_1
10	0.0240	1.25	0.0327	0.91	0.277	2.576
12	0.0240	1.38	0.0352	0.94	0.337	2.844
14	0.0240	1.51	0.0360	1.01	0.372	3.112
16	0.0238	1.63	0.0358	1.08	0.402	3.373
18	0.0237	1.74	0.0351	1.17	0.411	3.609
20	0.0237	1.85	0.0337	1.30	0.395	3.837
22	0.0237	1.95	0.0354	1.31	0.435	4.044
24	0.0237	2.05	0.0356	1.37	0.448	4.252
26	0.0239	2.14	0.0355	1.44	0.451	4.420

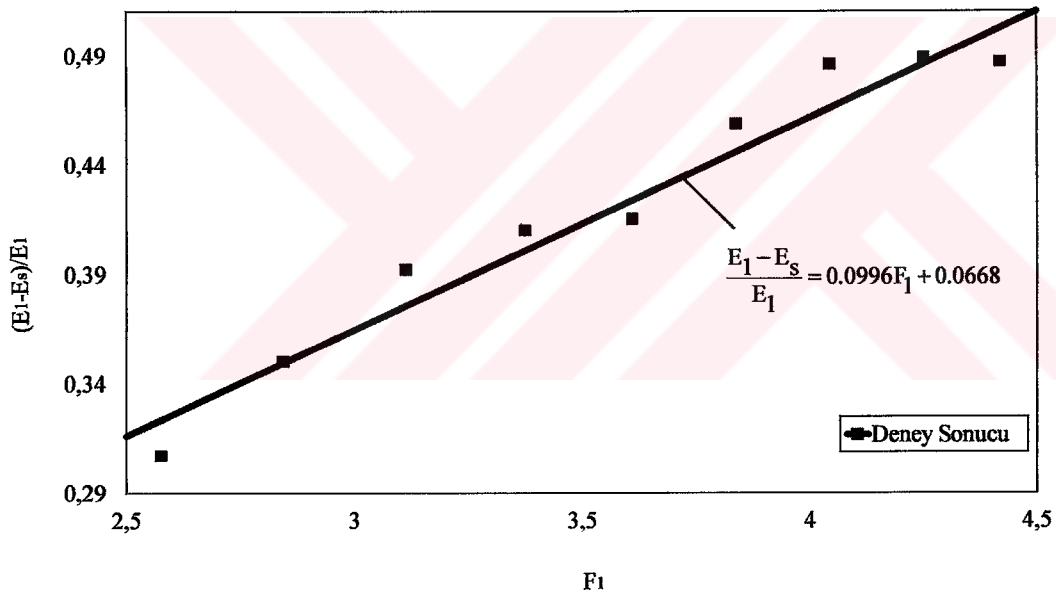


Uydurulan eğrinin eğimi : 0.0836
Uydurulan eğrinin doğruluk derecesi : 0.94

Şekil 5.17. 13. deneyde kullanılan 13. tip enerji kırıcı blok deney sonucunda F_1 ile enerji sönmüleme oranı arasındaki değişim

Tablo 5.18. 14. deneyde kullanılan 14. tip enerji kırıcı blok deney sonucu

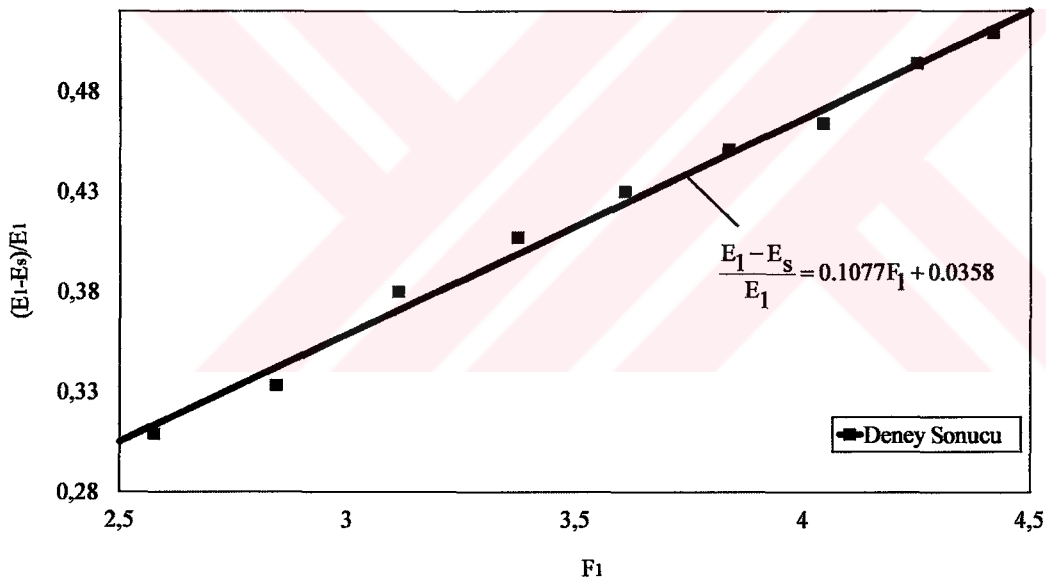
H	h_1	v_1	h_s	v_s	$(E_1-E_s)/E_1$	F_1
10	0.0240	1.25	0.0350	0.85	0.307	2.576
12	0.0240	1.38	0.0356	0.92	0.350	2.844
14	0.0240	1.51	0.0373	0.97	0.392	3.112
16	0.0238	1.63	0.0366	1.06	0.410	3.373
18	0.0237	1.74	0.0356	1.16	0.415	3.609
20	0.0237	1.85	0.0374	1.17	0.459	3.837
22	0.0237	1.95	0.0384	1.20	0.486	4.044
24	0.0237	2.05	0.0380	1.28	0.489	4.252
26	0.0239	2.14	0.0377	1.36	0.487	4.420



Şekil 5.18. 14. deneyde kullanılan 14. tip enerji kırıcı blok deney sonucunda F_1 ile enerji sönmüleme oranı arasındaki değişim

Tablo 5.19. 15. deneyde kullanılan 15. tip enerji kırıcı blok deney sonucu

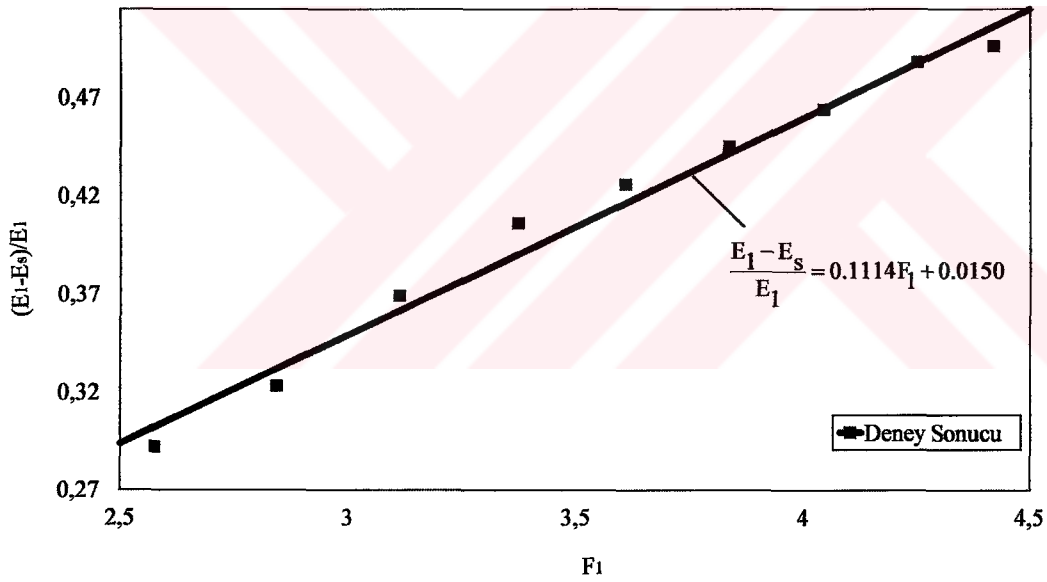
H	h_1	v_1	h_s	v_s	$(E_1-E_s)/E_1$	F_1
10	0.0240	1.25	0.0348	0.85	0.309	2.576
12	0.0240	1.38	0.0348	0.95	0.333	2.844
14	0.0240	1.51	0.0360	1.00	0.380	3.112
16	0.0238	1.63	0.0361	1.07	0.407	3.373
18	0.0237	1.74	0.0364	1.13	0.430	3.609
20	0.0237	1.85	0.0367	1.19	0.451	3.837
22	0.0237	1.95	0.0370	1.25	0.464	4.044
24	0.0237	2.05	0.0382	1.27	0.494	4.252
26	0.0239	2.14	0.0390	1.31	0.509	4.420



Şekil 5.19. 15. deneyde kullanılan 15. tip enerji kırıcı blok deney sonucunda F_1 ile enerji sönmülme oranı arasındaki değişim

Tablo 5.20. 16. deneyde kullanılan 16. tip enerji kırıcı blok deney sonucu

H	h_1	v_1	h_s	v_s	$(E_1-E_s)/E_1$	F_1
10	0.0240	1.25	0.0339	0.88	0.292	2.576
12	0.0240	1.38	0.0340	0.97	0.323	2.844
14	0.0240	1.51	0.0354	1.02	0.369	3.112
16	0.0238	1.63	0.0362	1.07	0.406	3.373
18	0.0237	1.74	0.0360	1.14	0.426	3.609
20	0.0237	1.85	0.0365	1.20	0.445	3.837
22	0.0237	1.95	0.0370	1.25	0.464	4.044
24	0.0237	2.05	0.0382	1.28	0.488	4.252
26	0.0239	2.14	0.0382	1.34	0.496	4.420

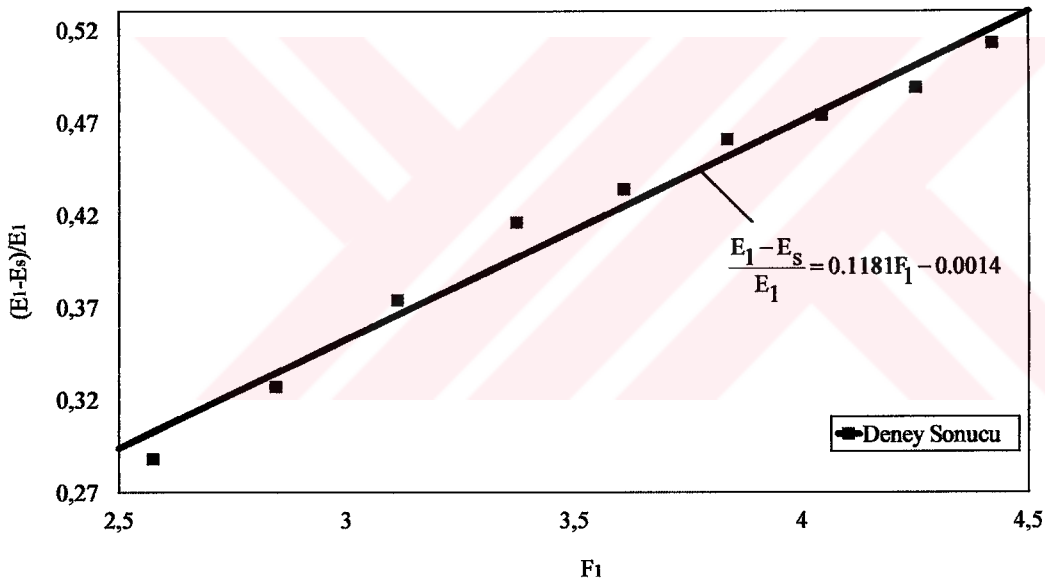


Uydurulan eğrinin eğimi : 0.1114
Uydurulan eğrinin doğruluk derecesi : 0.99

Şekil 5.20. 16. deneyde kullanılan 16. tip enerji kırıcı blok deney sonucunda F_1 ile enerji sönmülme oranı arasındaki değişim

Tablo 5.21. 17. deneyde kullanılan 17. tip enerji kırıcı blok deney sonucu

H	h_1	v_1	h_s	v_s	$(E_1-E_s)/E_1$	F_1
10	0.0240	1.25	0.0334	0.89	0.288	2.576
12	0.0240	1.38	0.0345	0.96	0.327	2.844
14	0.0240	1.51	0.0358	1.01	0.374	3.112
16	0.0238	1.63	0.0368	1.05	0.416	3.373
18	0.0237	1.74	0.0368	1.12	0.434	3.609
20	0.0237	1.85	0.0371	1.17	0.461	3.837
22	0.0237	1.95	0.0374	1.23	0.474	4.044
24	0.0237	2.05	0.0380	1.28	0.489	4.252
26	0.0239	2.14	0.0392	1.30	0.513	4.420

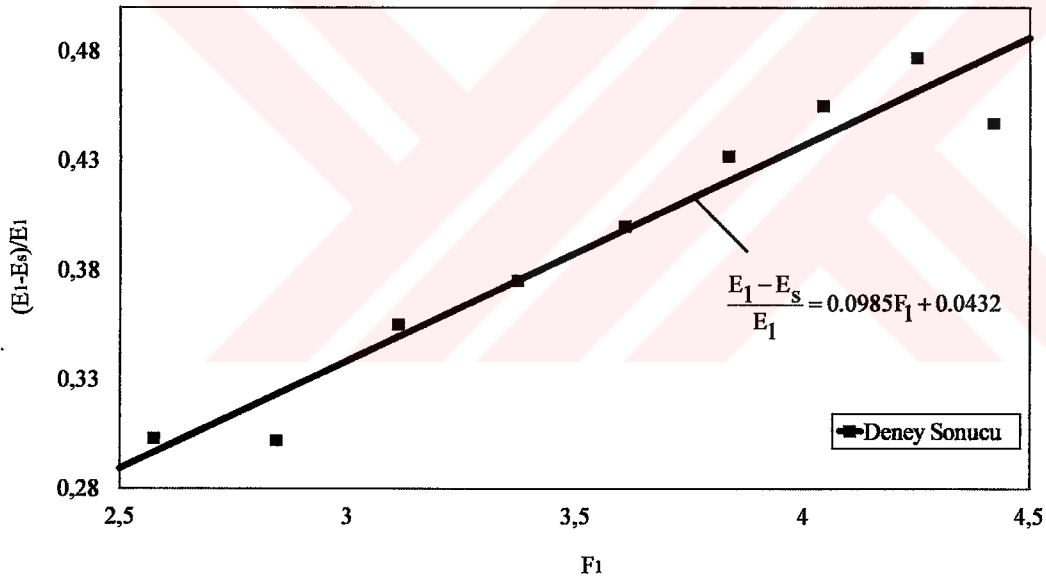


Uydurulan eğrinin eğimi : 0.1181
Uydurulan eğrinin doğruluk derecesi : 0.99

Şekil 5.21. 17. deneyde kullanılan 17. tip enerji kırıcı blok deney sonucunda F_1 ile enerji sönmleme oranı arasındaki değişim

Tablo 5.22. 18. deneyde kullanılan 18. tip enerji kırıcı blok deney sonucu

H	h_1	v_1	h_s	v_s	$(E_1-E_s)/E_1$	F_1
10	0.0240	1.25	0.0345	0.86	0.303	2.576
12	0.0240	1.38	0.0335	1.00	0.302	2.844
14	0.0240	1.51	0.0343	1.05	0.355	3.112
16	0.0238	1.63	0.0344	1.13	0.375	3.373
18	0.0237	1.74	0.0347	1.19	0.400	3.609
20	0.0237	1.85	0.0354	1.23	0.432	3.837
22	0.0237	1.95	0.0363	1.27	0.455	4.044
24	0.0237	2.05	0.0370	1.31	0.477	4.252
26	0.0239	2.14	0.0340	1.50	0.422	4.420

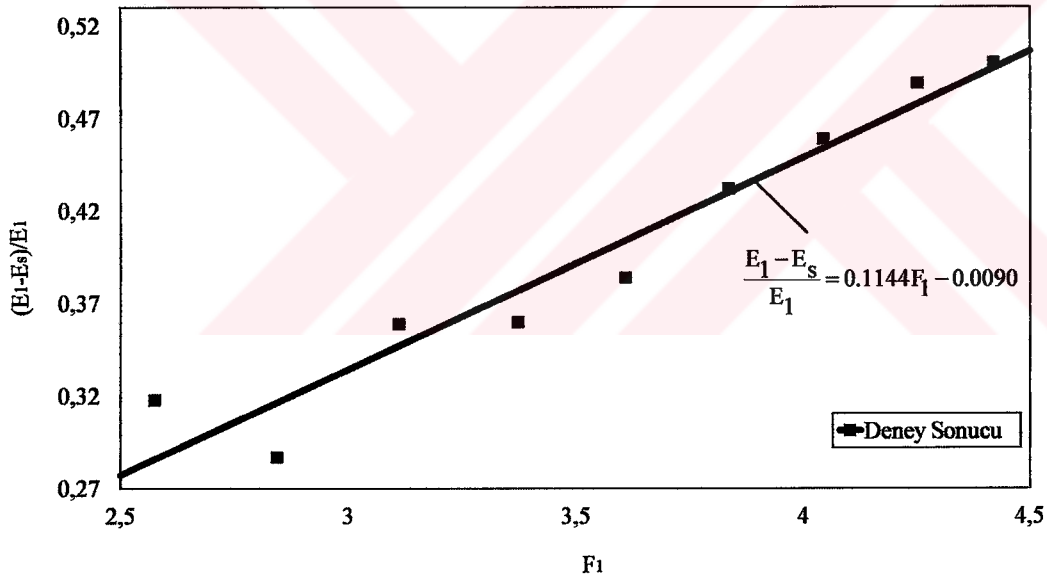


Uydurulan eğrinin eğimi : 0.0985
Uydurulan eğrinin doğruluk derecesi : 0.97

Şekil 5.22. 18. deneyde kullanılan 18. tip enerji kırıcı blok deney sonucunda F_1 ile enerji söntüleme oranı arasındaki değişim

Tablo 5.23. 19. deneyde kullanılan 19. tip enerji kırıcı blok deney sonucu

H	h_1	v_1	h_s	v_s	$(E_1-E_s)/E_1$	F_1
10	0.0240	1.25	0.0356	0.83	0.318	2.576
12	0.0240	1.38	0.0322	1.03	0.287	2.844
14	0.0240	1.51	0.348	1.04	0.359	3.112
16	0.0238	1.63	0.0333	1.16	0.360	3.373
18	0.0237	1.74	0.0338	1.22	0.384	3.609
20	0.0237	1.85	0.0355	1.23	0.432	3.837
22	0.0237	1.95	0.0367	1.26	0.459	4.044
24	0.0237	2.05	0.0381	1.28	0.489	4.252
26	0.0239	2.14	0.0385	1.33	0.500	4.420

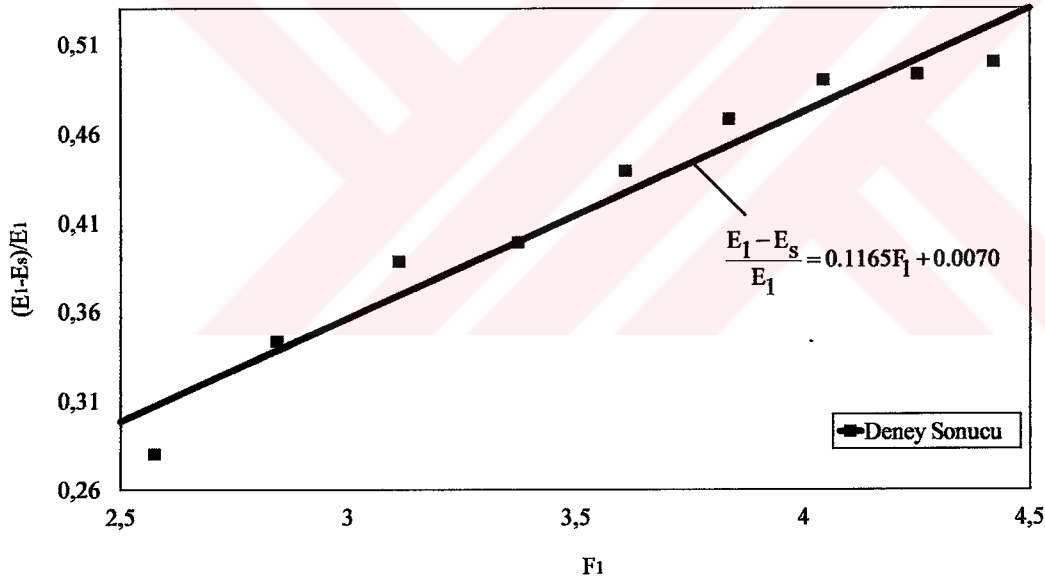


Uydurulan eğrinin eğimi : 0.1144
Uydurulan eğrinin doğruluk derecesi : 0.98

Şekil 5.23. 19. deneyde kullanılan 19. tip enerji kırıcı blok deney sonucunda F_1 ile enerji sönmüleme oranı arasındaki değişim

Tablo 5.24. 20. deneyde kullanılan 20. tip enerji kırıcı blok deney sonucu

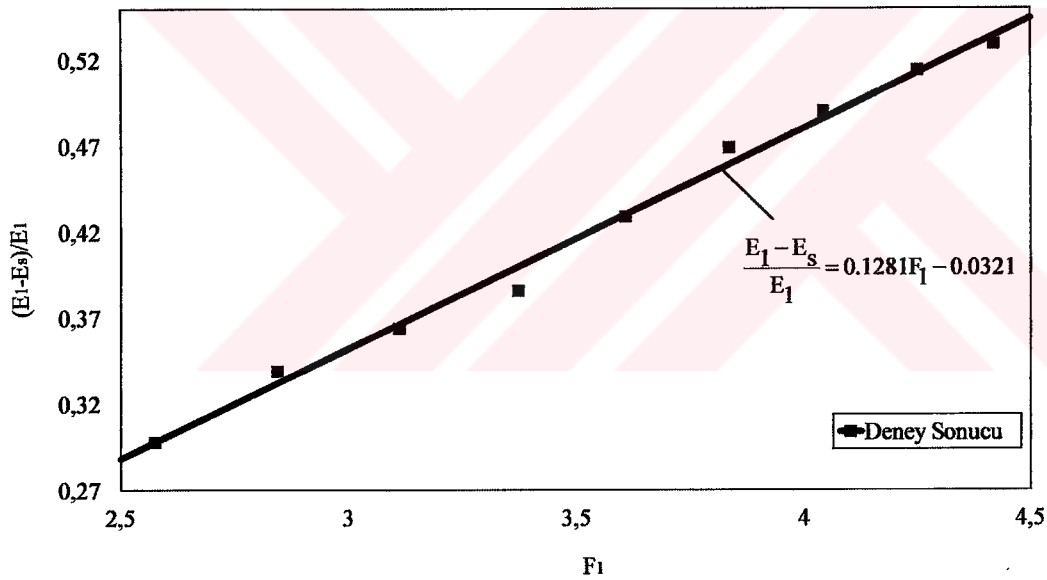
H	h_1	v_1	h_s	v_s	$(E_1-E_s)/E_1$	F_1
10	0.0240	1.25	0.0333	0.90	0.280	2.576
12	0.0240	1.38	0.0355	0.93	0.343	2.844
14	0.0240	1.51	0.0368	0.98	0.388	3.112
16	0.0238	1.63	0.0351	1.09	0.399	3.373
18	0.0237	1.74	0.0371	1.11	0.439	3.609
20	0.0237	1.85	0.0380	1.15	0.468	3.837
22	0.0237	1.95	0.0387	1.19	0.490	4.044
24	0.0237	2.05	0.0383	1.27	0.493	4.252
26	0.0239	2.14	0.0385	1.33	0.500	4.420



Şekil 5.24. 20. deneyde kullanılan 20. tip enerji kırıcı blok deney sonucunda F_1 ile enerji sönümleme oranı arasındaki değişim

Tablo 5.25. 21. deneyde kullanılan 21. tip enerji kırıcı blok deney sonucu

H	h_1	v_1	h_s	v_s	$(E_1-E_s)/E_1$	F_1
10	0.0240	1.25	0.0342	0.87	0.298	2.576
12	0.0240	1.38	0.0350	0.94	0.339	2.844
14	0.0240	1.51	0.0351	1.03	0.364	3.112
16	0.0238	1.63	0.0350	1.11	0.386	3.373
18	0.0237	1.74	0.0365	1.13	0.429	3.609
20	0.0237	1.85	0.0378	1.15	0.469	3.837
22	0.0237	1.95	0.0387	1.19	0.490	4.044
24	0.0237	2.05	0.0398	1.22	0.514	4.252
26	0.0239	2.14	0.0404	1.26	0.529	4.420

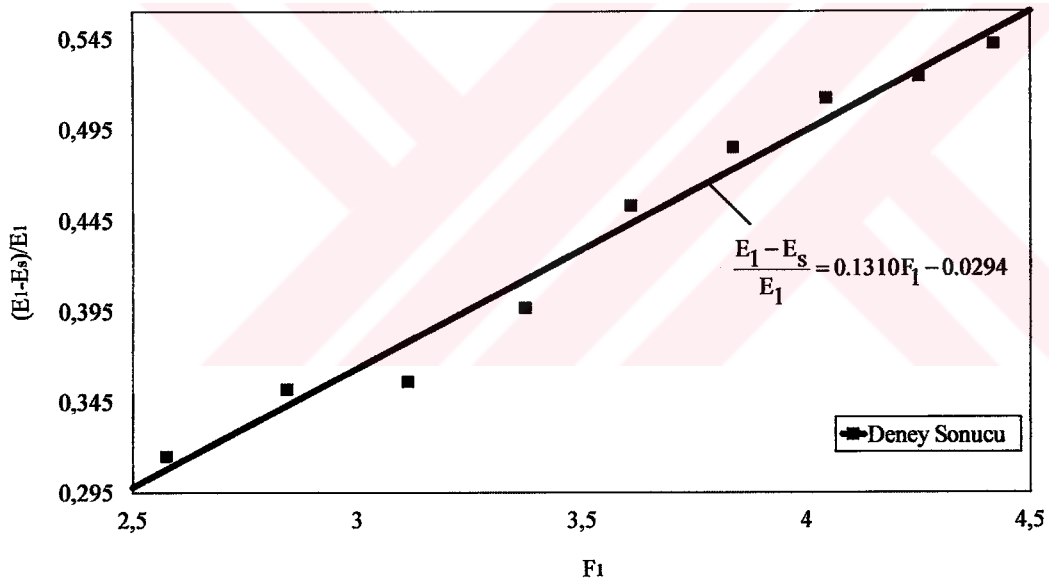


Uydurulan eğrinin eğimi : 0.1281
Uydurulan eğrinin doğruluk derecesi : 0.99

Şekil 5.25. 21. deneyde kullanılan 21. tip enerji kırıcı blok deney sonucunda F_1 ile enerji sönümleme oranı arasındaki değişim

Tablo 5.26. 22. deneyde kullanılan 22. tip enerji kırıcı blok deney sonucu

H	h_1	v_1	h_s	v_s	$(E_1-E_s)/E_1$	F_1
10	0.0240	1.25	0.0350	0.84	0.315	2.576
12	0.0240	1.38	0.0362	0.91	0.352	2.844
14	0.0240	1.51	0.0351	1.04	0.356	3.112
16	0.0238	1.63	0.0355	1.09	0.397	3.373
18	0.0237	1.74	0.0380	1.08	0.453	3.609
20	0.0237	1.85	0.0392	1.11	0.485	3.837
22	0.0237	1.95	0.0410	1.13	0.512	4.044
24	0.0237	2.05	0.0410	1.19	0.524	4.252
26	0.0239	2.14	0.0420	1.22	0.542	4.420

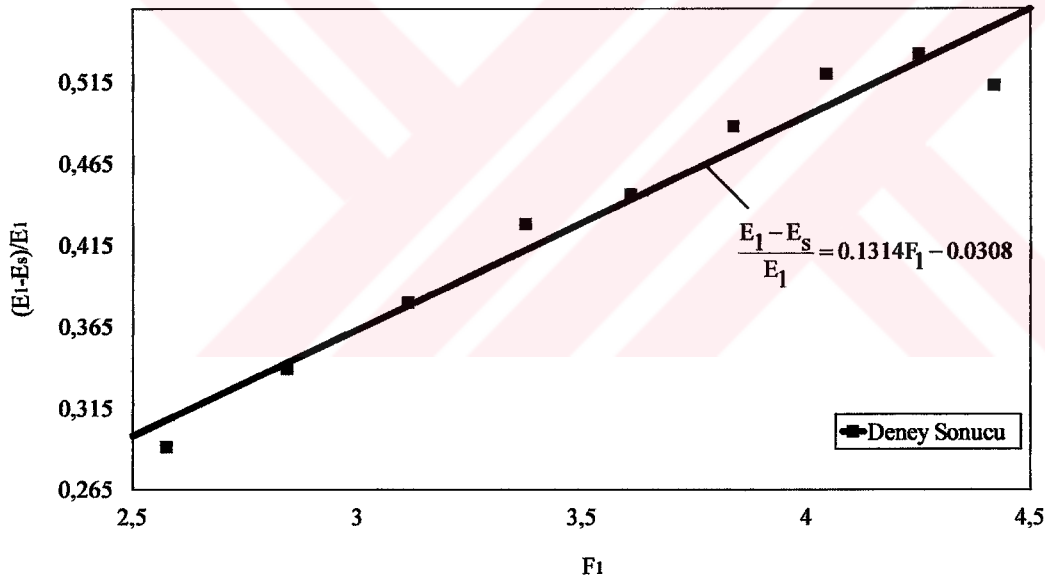


Uydurulan eğrinin eğimi : 0.1310
Uydurulan eğrinin doğruluk derecesi : 0.99

Şekil 5.26. 22. deneyde kullanılan 22. tip enerji kırıcı blok deney sonucunda F_1 ile enerji sönmüleme oranı arasındaki değişim

Tablo 5.27. 23. deneyde kullanılan 23. tip enerji kırıcı blok deney sonucu

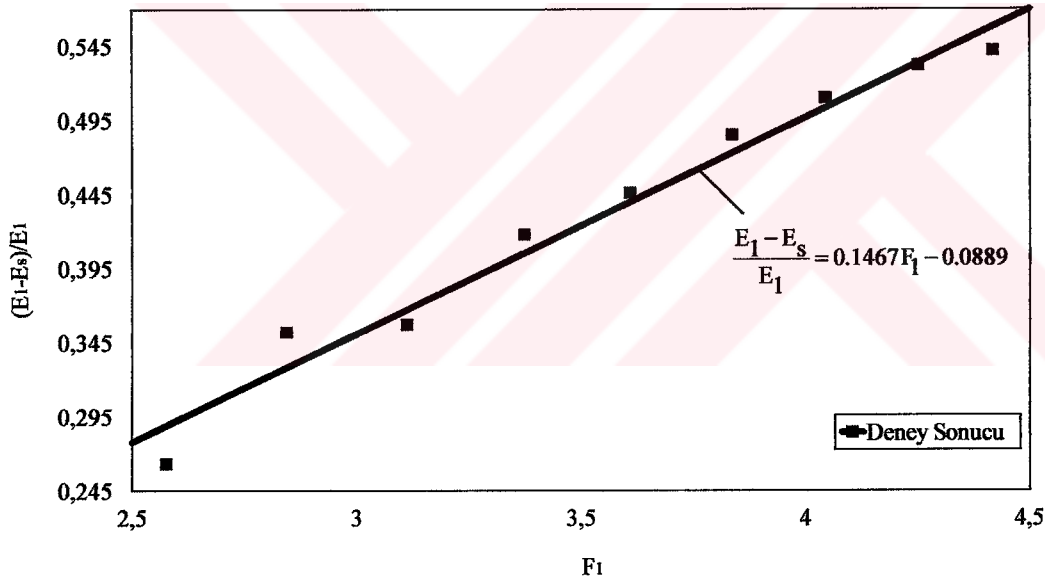
H	h_1	v_1	h_s	v_s	$(E_1-E_s)/E_1$	F_1
10	0.0240	1.25	0.0340	0.88	0.291	2.576
12	0.0240	1.38	0.0350	0.94	0.339	2.844
14	0.0240	1.51	0.0360	1.00	0.380	3.112
16	0.0238	1.63	0.0380	1.02	0.428	3.373
18	0.0237	1.74	0.0380	1.09	0.446	3.609
20	0.0237	1.85	0.0398	1.10	0.488	3.837
22	0.0237	1.95	0.0415	1.11	0.520	4.044
24	0.0237	2.05	0.0416	1.17	0.532	4.252
26	0.0239	2.14	0.0393	1.30	0.513	4.420



Şekil 5.27. 23. deneyde kullanılan 23. tip enerji kırıcı blok deney sonucunda F_1 ile enerji sönümleme oranı arasındaki değişim

Tablo 5.28. 24. deneyde kullanılan 24. tip enerji kırıcı blok deney sonucu

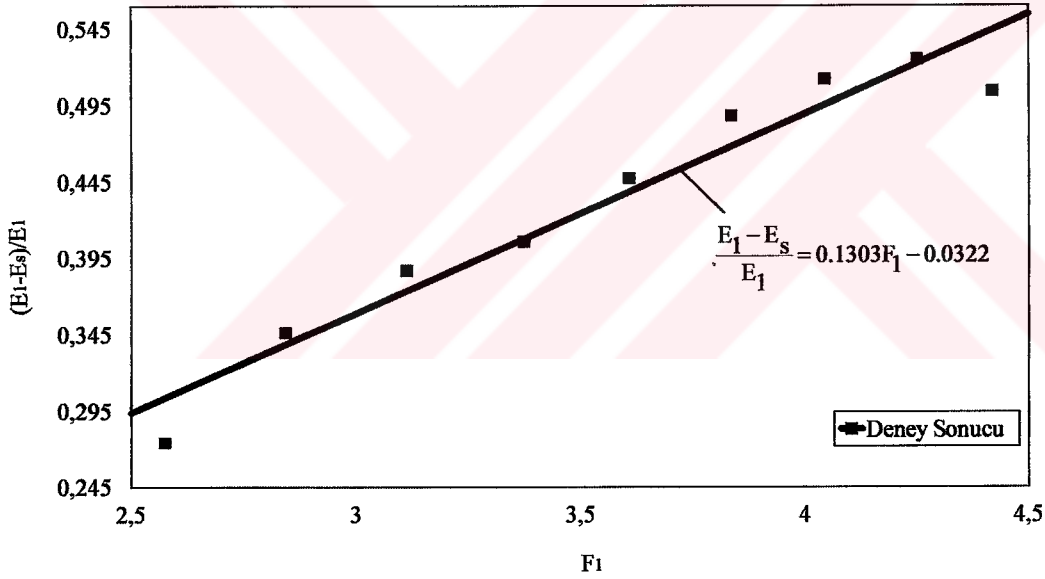
H	h_1	v_1	h_s	v_s	$(E_1-E_s)/E_1$	F_1
10	0.0240	1.25	0.0360	0.89	0.263	2.576
12	0.0240	1.38	0.0362	0.91	0.352	2.844
14	0.0240	1.51	0.0348	1.04	0.357	3.112
16	0.0238	1.63	0.0362	1.06	0.418	3.373
18	0.0237	1.74	0.0380	1.09	0.446	3.609
20	0.0237	1.85	0.0393	1.11	0.485	3.837
22	0.0237	1.95	0.0403	1.14	0.510	4.044
24	0.0237	2.05	0.0416	1.17	0.532	4.252
26	0.0239	2.14	0.0420	1.22	0.542	4.420



Şekil 5.28. 24. deneyde kullanılan 24. tip enerji kırıcı blok deney sonucunda F_1 ile enerji sönmleme oranı arasındaki değişim

Tablo 5.29. 25. deneyde kullanılan 25. tip enerji kırıcı blok deney sonucu

H	h_1	v_1	h_s	v_s	$(E_1-E_s)/E_1$	F_1
10	0.0240	1.25	0.0330	0.91	0.274	2.576
12	0.0240	1.38	0.0360	0.92	0.346	2.844
14	0.0240	1.51	0.0370	0.98	0.387	3.112
16	0.0238	1.63	0.0363	1.07	0.406	3.373
18	0.0237	1.74	0.0378	1.09	0.447	3.609
20	0.0237	1.85	0.0397	1.10	0.488	3.837
22	0.0237	1.95	0.0410	1.13	0.512	4.044
24	0.0237	2.05	0.0408	1.19	0.525	4.252
26	0.0239	2.14	0.0387	1.32	0.504	4.420

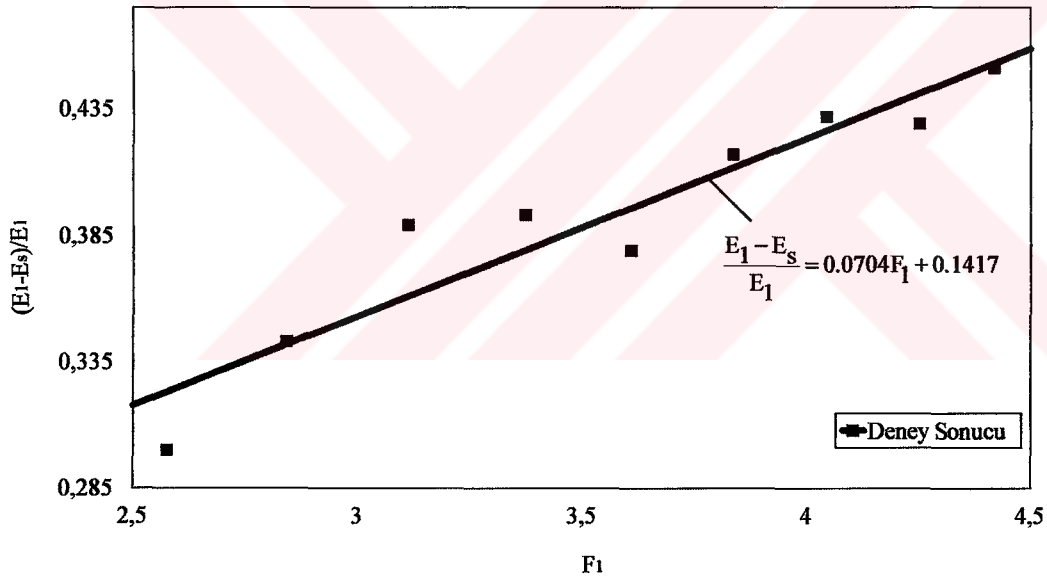


Uydurulan eğrinin eğimi : 0.1303
Uydurulan eğrinin doğruluk derecesi : 0.97

Şekil 5.29. 25. deneyde kullanılan 25. tip enerji kırıcı blok deney sonucunda F_1 ile enerji sönmleme oranı arasındaki değişim

Tablo 5.30. 26. deneyde kullanılan 26. tip enerji kırıcı blok deney sonucu

H	h_1	v_1	h_s	v_s	$(E_1-E_s)/E_1$	F_1
10	0.0240	1.25	0.0340	0.87	0.300	2.576
12	0.0240	1.38	0.0355	0.93	0.343	2.844
14	0.0240	1.51	0.0367	0.98	0.389	3.112
16	0.0238	1.63	0.0350	1.10	0.393	3.373
18	0.0237	1.74	0.0335	1.23	0.379	3.609
20	0.0237	1.85	0.0345	1.26	0.417	3.837
22	0.0237	1.95	0.0348	1.32	0.432	4.044
24	0.0237	2.05	0.0345	1.41	0.429	4.252
26	0.0239	2.14	0.0355	1.44	0.451	4.420

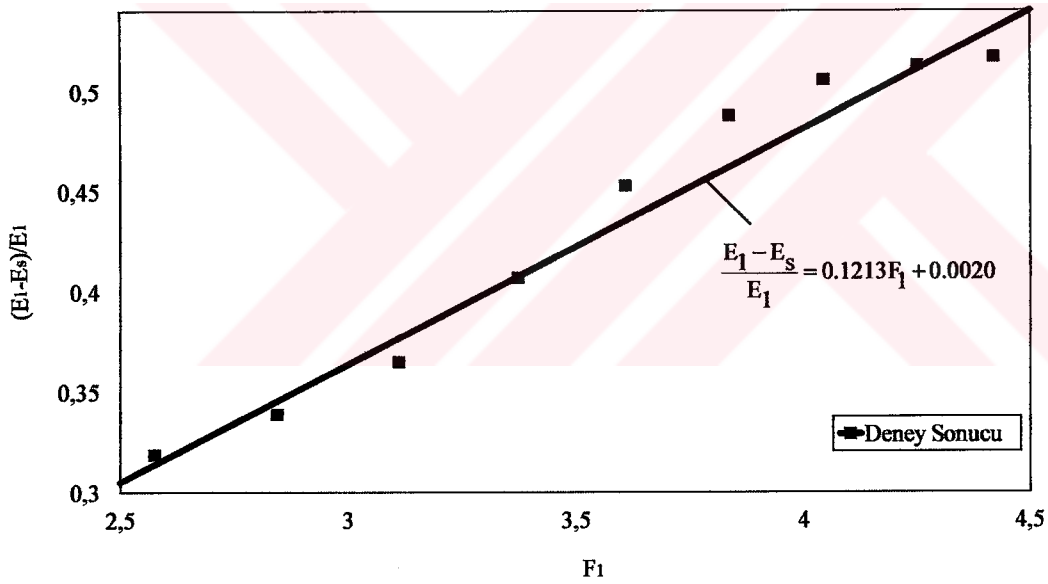


Uydurulan eğrinin eğimi : 0.0704
Uydurulan eğrinin doğruluk derecesi : 0.94

Şekil 5.30. 26. deneyde kullanılan 26. tip enerji kırıcı blok deney sonucunda F_1 ile enerji sönümleme oranı arasındaki değişim

Tablo 5.31. 27. deneyde kullanılan 27. tip enerji kırıcı blok deney sonucu

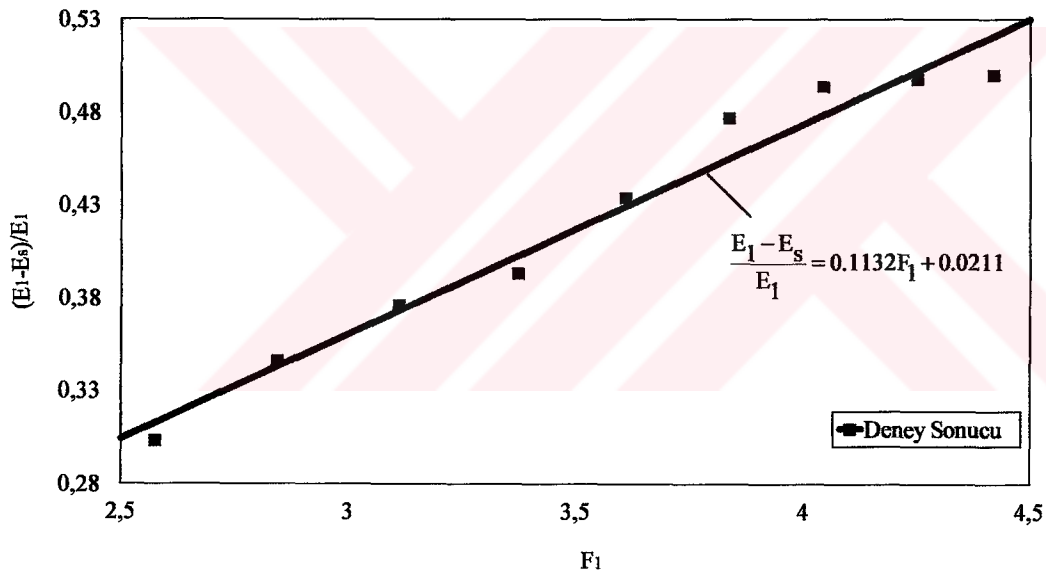
H	h_1	v_1	h_s	v_s	$(E_1-E_s)/E_1$	F_1
10	0.0240	1.25	0.0355	0.83	0.319	2.576
12	0.0240	1.38	0.0350	0.94	0.339	2.844
14	0.0240	1.51	0.0350	1.03	0.365	3.112
16	0.0238	1.63	0.0360	1.07	0.407	3.373
18	0.0237	1.74	0.0380	1.08	0.453	3.609
20	0.0237	1.85	0.0397	1.10	0.488	3.837
22	0.0237	1.95	0.0401	1.15	0.506	4.044
24	0.0237	2.05	0.0400	1.22	0.513	4.252
26	0.0239	2.14	0.0395	1.29	0.517	4.420



Şekil 5.31. 27. deneyde kullanılan 27. tip enerji kırıcı blok deney sonucunda F_1 ile enerji sönümleme oranı arasındaki değişim

Tablo 5.32. 28. deneyde kullanılan 28. tip enerji kırıcı blok deney sonucu

H	h_1	v_1	h_s	v_s	$(E_1-E_s)/E_1$	F_1
10	0.0240	1.25	0.0345	0.86	0.303	2.576
12	0.0240	1.38	0.0360	0.92	0.346	2.844
14	0.0240	1.51	0.0355	1.01	0.376	3.112
16	0.0238	1.63	0.0350	1.10	0.393	3.373
18	0.0237	1.74	0.0368	1.12	0.434	3.609
20	0.0237	1.85	0.0385	1.13	0.477	3.837
22	0.0237	1.95	0.0390	1.18	0.494	4.044
24	0.0237	2.05	0.0386	1.26	0.498	4.252
26	0.0239	2.14	0.0385	1.33	0.500	4.420

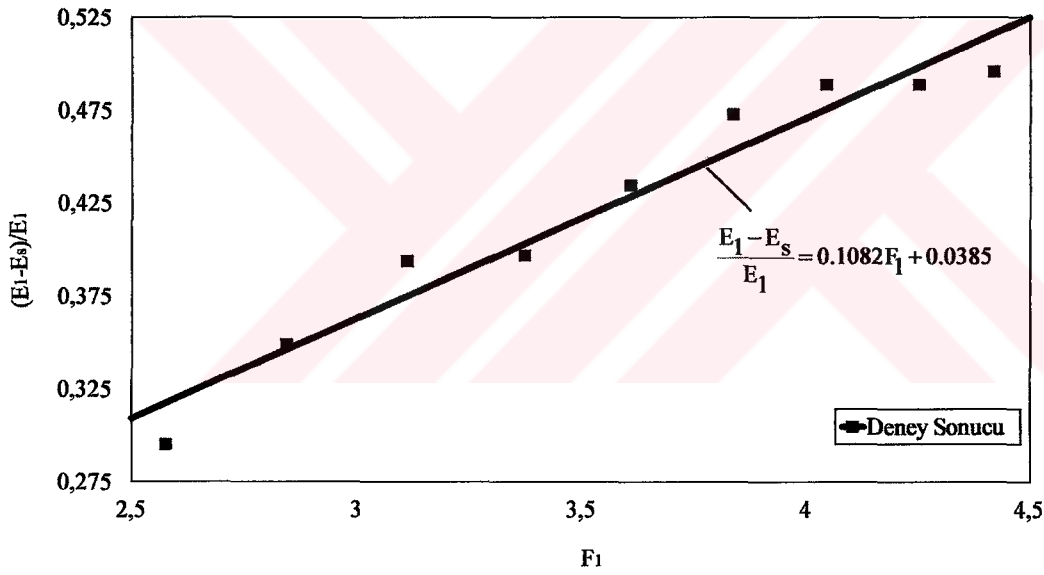


Şekil 5.32. 28. deneyde kullanılan 28. tip enerji kırıcı blok deney sonucunda F_1 ile enerji sönümleme oranı arasındaki değişim

TC. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANLARI YÖNETİMİ

Tablo 5.33. 29. deneyde kullanılan 29. tip enerji kırıcı blok deney sonucu

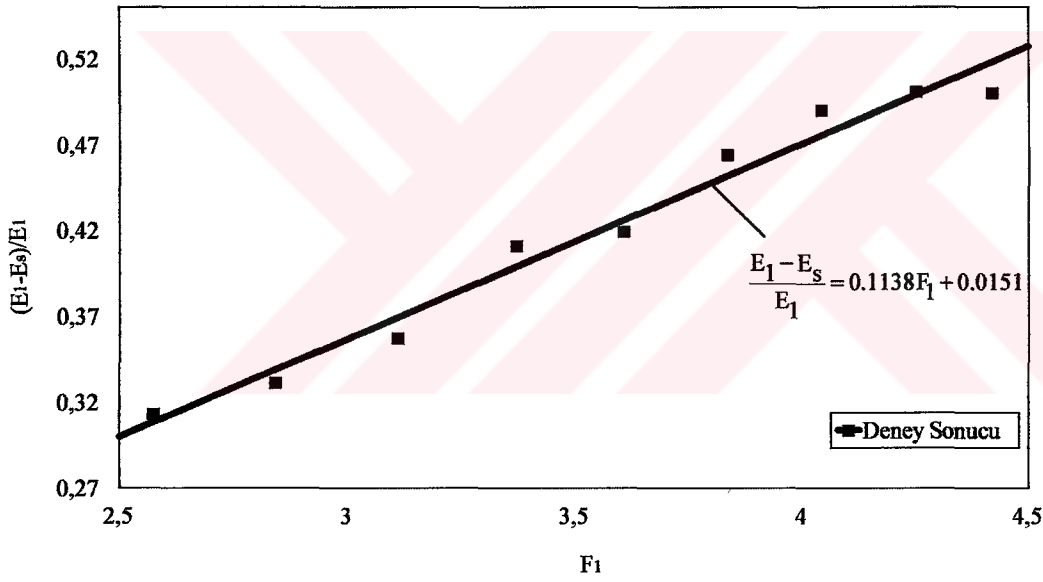
H	h_1	v_1	h_s	v_s	$(E_1-E_s)/E_1$	F_1
10	0.0240	1.25	0.0345	0.87	0.295	2.576
12	0.0240	1.38	0.0357	0.92	0.349	2.844
14	0.0240	1.51	0.0370	0.97	0.394	3.112
16	0.0238	1.63	0.0355	1.09	0.397	3.373
18	0.0237	1.74	0.0366	1.12	0.435	3.609
20	0.0237	1.85	0.0381	1.14	0.473	3.837
22	0.0237	1.95	0.0390	1.19	0.489	4.044
24	0.0237	2.05	0.0380	1.28	0.489	4.252
26	0.0239	2.14	0.0382	1.34	0.496	4.420



Şekil 5.33. 29. deneyde kullanılan 29. tip enerji kırıcı blok deney sonucunda F_1 ile enerji sönmleme oranı arasındaki değişim

Tablo 5.34. 30. deneyde kullanılan 30. tip enerji kırıcı blok deney sonucu

H	h_1	v_1	h_s	v_s	$(E_1-E_s)/E_1$	F_1
10	0.0240	1.25	0.0352	0.84	0.313	2.576
12	0.0240	1.38	0.0350	0.95	0.331	2.844
14	0.0240	1.51	0.0350	1.04	0.357	3.112
16	0.0238	1.63	0.0365	1.06	0.411	3.373
18	0.0237	1.74	0.0360	1.15	0.419	3.609
20	0.0237	1.85	0.0377	1.16	0.464	3.837
22	0.0237	1.95	0.0387	1.19	0.490	4.044
24	0.0237	2.05	0.0390	1.25	0.501	4.252
26	0.0239	2.14	0.0385	1.33	0.500	4.420

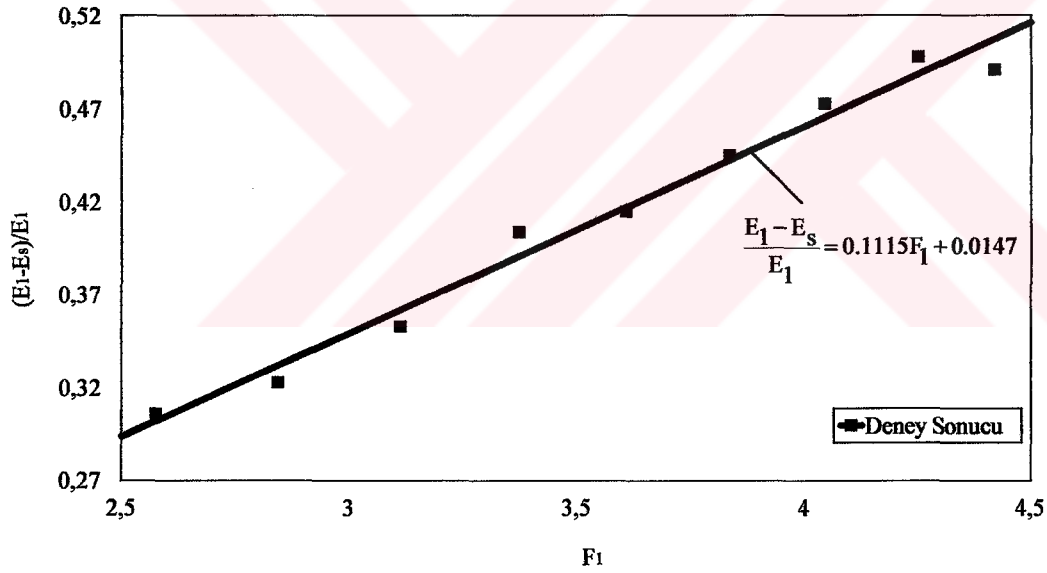


Uydurulan eğrinin eğimi : 0.1138
Uydurulan eğrinin doğruluk derecesi : 0.99

Şekil 5.34. 30. deneyde kullanılan 30. tip enerji kırıcı blok deney sonucunda F_1 ile enerji sönümleme oranı arasındaki değişim

Tablo 5.35. 31. deneyde kullanılan 31. tip enerji kırıcı blok deney sonucu

H	h_1	v_1	h_s	v_s	$(E_1-E_s)/E_1$	F_1
10	0.0240	1.25	0.0342	0.86	0.306	2.576
12	0.0240	1.38	0.0340	0.97	0.323	2.844
14	0.0240	1.51	0.0345	1.05	0.353	3.112
16	0.0238	1.63	0.0355	1.08	0.404	3.373
18	0.0237	1.74	0.0355	1.16	0.415	3.609
20	0.0237	1.85	0.0365	1.20	0.445	3.837
22	0.0237	1.95	0.0375	1.23	0.473	4.044
24	0.0237	2.05	0.0385	1.26	0.498	4.252
26	0.0239	2.14	0.0380	1.35	0.491	4.420

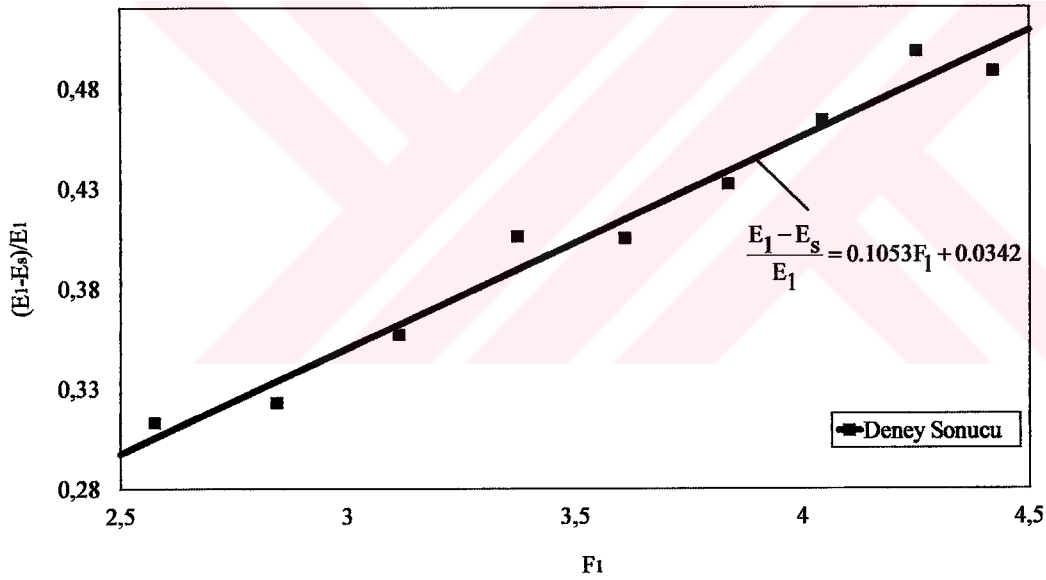


Uydurulan eğrinin eğimi : 0.1115
Uydurulan eğrinin doğruluk derecesi : 0.99

Şekil 5.35. 31. deneyde kullanılan 31. tip enerji kırıcı blok deney sonucunda F_1 ile enerji söntümleme oranı arasındaki değişim

Tablo 5.36. 32. deneyde kullanılan 32. tip enerji kırıcı blok deney sonucu

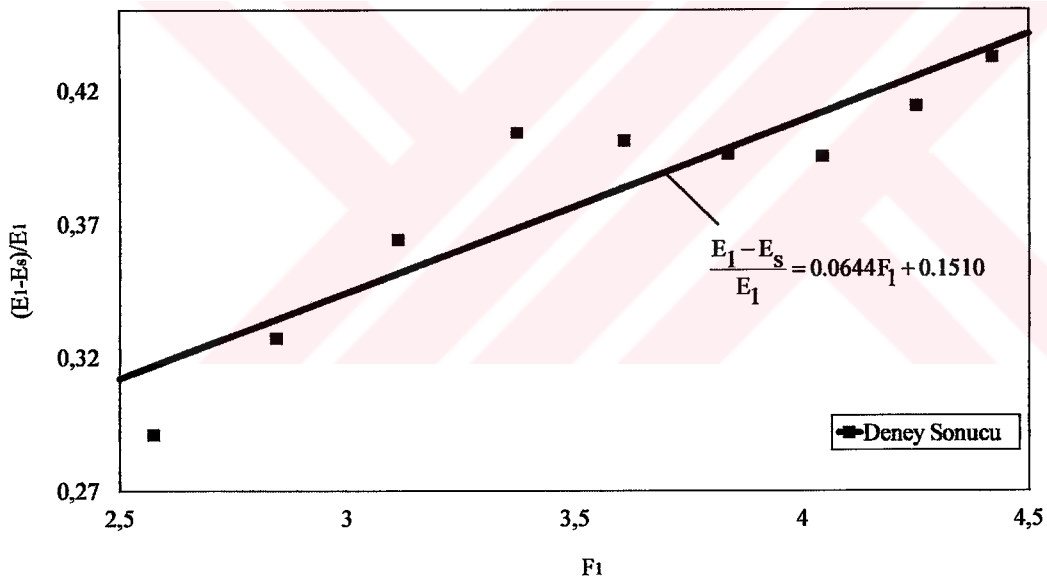
H	h_1	v_1	h_s	v_s	$(E_1-E_s)/E_1$	F_1
10	0.0240	1.25	0.0352	0.84	0.313	2.576
12	0.0240	1.38	0.0340	0.97	0.323	2.844
14	0.0240	1.51	0.0350	1.04	0.357	3.112
16	0.0238	1.63	0.0362	1.07	0.406	3.373
18	0.0237	1.74	0.0350	1.18	0.405	3.609
20	0.0237	1.85	0.0355	1.23	0.432	3.837
22	0.0237	1.95	0.0370	1.25	0.464	4.044
24	0.0237	2.05	0.0385	1.26	0.498	4.252
26	0.0239	2.14	0.0376	1.36	0.488	4.420



Şekil 5.36. 32. deneyde kullanılan 32. tip enerji kırıcı blok deney sonucunda F_1 ile enerji sönmleme oranı arasındaki değişim

Tablo 5.37. 33. deneyde kullanılan 33. tip enerji kırıcı blok deney sonucu

H	h_1	v_1	h_s	v_s	$(E_1-E_s)/E_1$	F_1
10	0.0240	1.25	0.0340	0.88	0.291	2.576
12	0.0240	1.38	0.0345	0.96	0.327	2.844
14	0.0240	1.51	0.0351	1.03	0.364	3.112
16	0.0238	1.63	0.0355	1.08	0.404	3.373
18	0.0237	1.74	0.0345	1.19	0.401	3.609
20	0.0237	1.85	0.0335	1.30	0.396	3.837
22	0.0237	1.95	0.0332	1.39	0.395	4.044
24	0.0237	2.05	0.0338	1.44	0.414	4.252
26	0.0239	2.14	0.0345	1.48	0.432	4.420

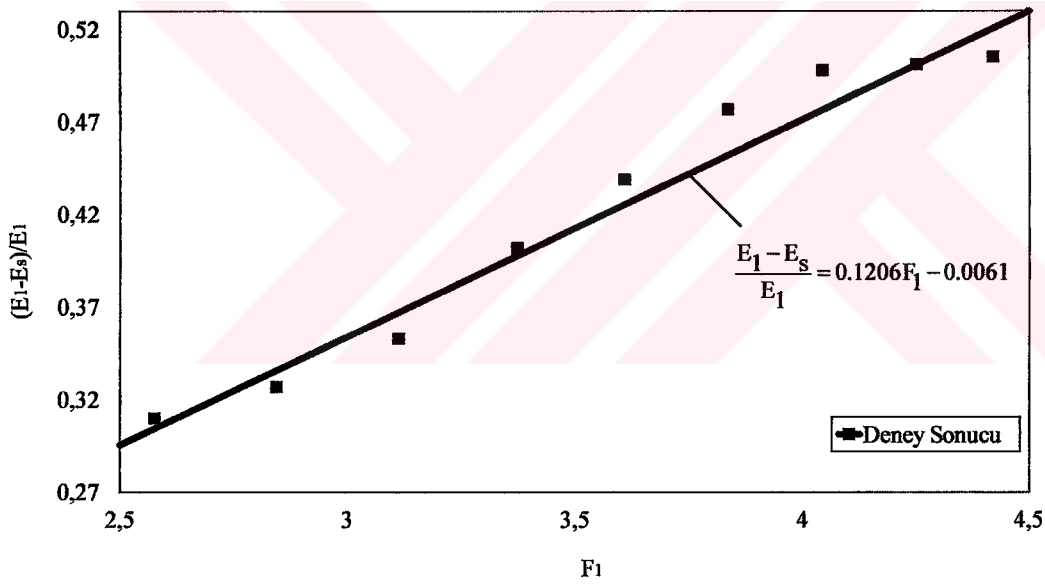


Uydurulan eğrinin eğimi : 0.0644
Uydurulan eğrinin doğruluk derecesi : 0.91

Şekil 5.37. 33. deneyde kullanılan 33. tip enerji kırıcı blok deney sonucunda F_1 ile enerji sönümleme oranı arasındaki değişim

Tablo 5.38. 34. deneyde kullanılan 34. tip enerji kırıcı blok deney sonucu

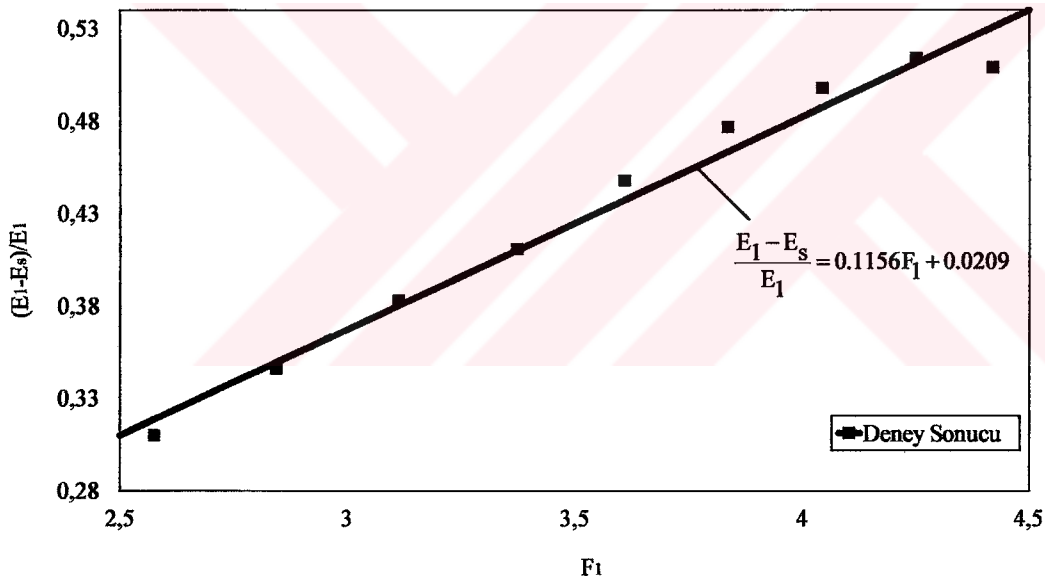
H	h_1	v_1	h_s	v_s	$(E_1-E_s)/E_1$	F_1
10	0.0240	1.25	0.0355	0.84	0.310	2.576
12	0.0240	1.38	0.0345	0.96	0.327	2.844
14	0.0240	1.51	0.0345	1.05	0.353	3.112
16	0.0238	1.63	0.0357	1.08	0.402	3.373
18	0.0237	1.74	0.0370	1.11	0.439	3.609
20	0.0237	1.85	0.0385	1.13	0.477	3.837
22	0.0237	1.95	0.0395	1.17	0.498	4.044
24	0.0237	2.05	0.0390	1.25	0.501	4.252
26	0.0239	2.14	0.0386	1.32	0.505	4.420



Şekil 5.38. 34. deneyde kullanılan 34. tip enerji kırıcı blok deney sonucunda F_1 ile enerji sönümleme oranı arasındaki değişim

Tablo 5.39. 35. deneyde kullanılan 35. tip enerji kırıcı blok deney sonucu

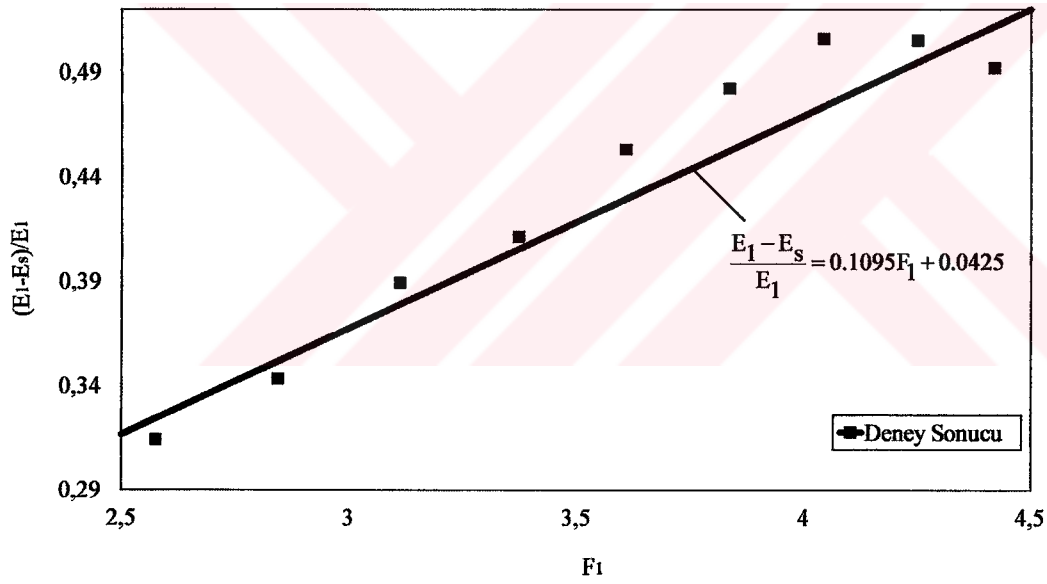
H	h_1	v_1	h_s	v_s	$(E_1-E_s)/E_1$	F_1
10	0.0240	1.25	0.0355	0.84	0.310	2.576
12	0.0240	1.38	0.0360	0.92	0.346	2.844
14	0.0240	1.51	0.0365	0.99	0.383	3.112
16	0.0238	1.63	0.0365	1.06	0.411	3.373
18	0.0237	1.74	0.0377	1.09	0.448	3.609
20	0.0237	1.85	0.0385	1.13	0.477	3.837
22	0.0237	1.95	0.0395	1.17	0.498	4.044
24	0.0237	2.05	0.0398	1.22	0.514	4.252
26	0.0239	2.14	0.0390	1.31	0.509	4.420



Şekil 5.39. 35. deneyde kullanılan 35. tip enerji kırıcı blok deney sonucunda F_1 ile enerji sönmüleme oranı arasındaki değişim

Tablo 5.40. 36. deneyde kullanılan 36. tip enerji kırıcı blok deney sonucu

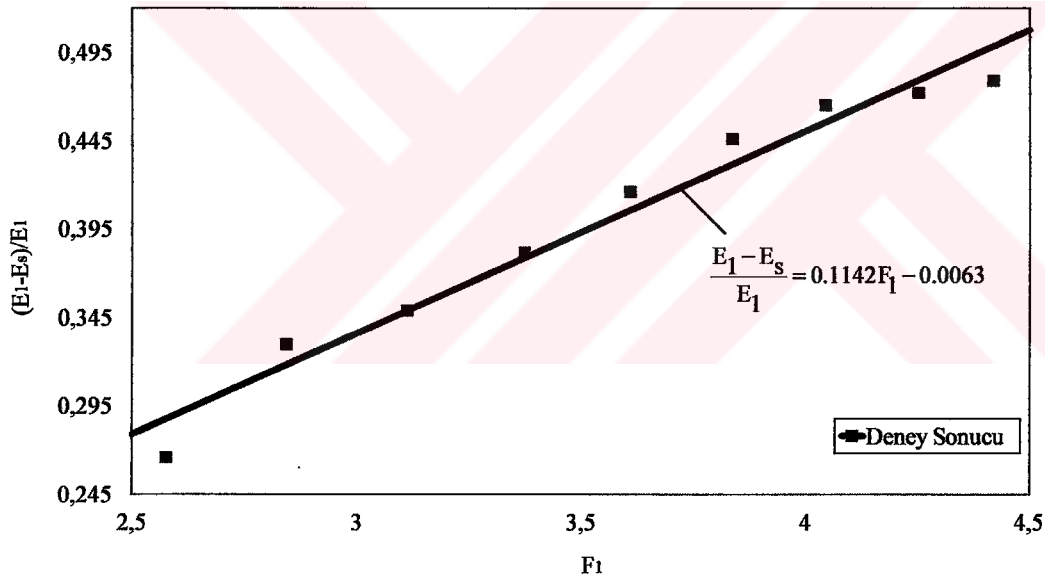
H	h_1	v_1	h_s	v_s	$(E_1-E_s)/E_1$	F_1
10	0.0240	1.25	0.0360	0.83	0.314	2.576
12	0.0240	1.38	0.0355	0.93	0.343	2.844
14	0.0240	1.51	0.0367	0.98	0.389	3.112
16	0.0238	1.63	0.0365	1.06	0.411	3.373
18	0.0237	1.74	0.0380	1.08	0.453	3.609
20	0.0237	1.85	0.0388	1.12	0.482	3.837
22	0.0237	1.95	0.0340	1.15	0.506	4.044
24	0.0237	2.05	0.0393	1.24	0.505	4.252
26	0.0239	2.14	0.0378	1.35	0.492	4.420



Şekil 5.40. 36. deneyde kullanılan 36. tip enerji kırıcı blok deney sonucunda F_1 ile enerji sönmüleme oranı arasındaki değişim

Tablo 5.41. 37. deney sonucu (24. tip enerji kırıcı blok iki sıralı dizilim hali, ara mesafe= 0.5 bw)

H	h_1	v_1	h_s	v_s	$(E_1-E_s)/E_1$	F_1
10	0.0240	1.25	0.0320	0.93	0.266	2.576
12	0.0240	1.38	0.0342	0.96	0.330	2.844
14	0.0240	1.51	0.0340	1.06	0.349	3.112
16	0.0238	1.63	0.0345	1.12	0.382	3.373
18	0.0237	1.74	0.0353	1.16	0.416	3.609
20	0.0237	1.85	0.0364	1.20	0.446	3.837
22	0.0237	1.95	0.0368	1.25	0.465	4.044
24	0.0237	2.05	0.0368	1.32	0.472	4.252
26	0.0239	2.14	0.0370	1.38	0.479	4.420

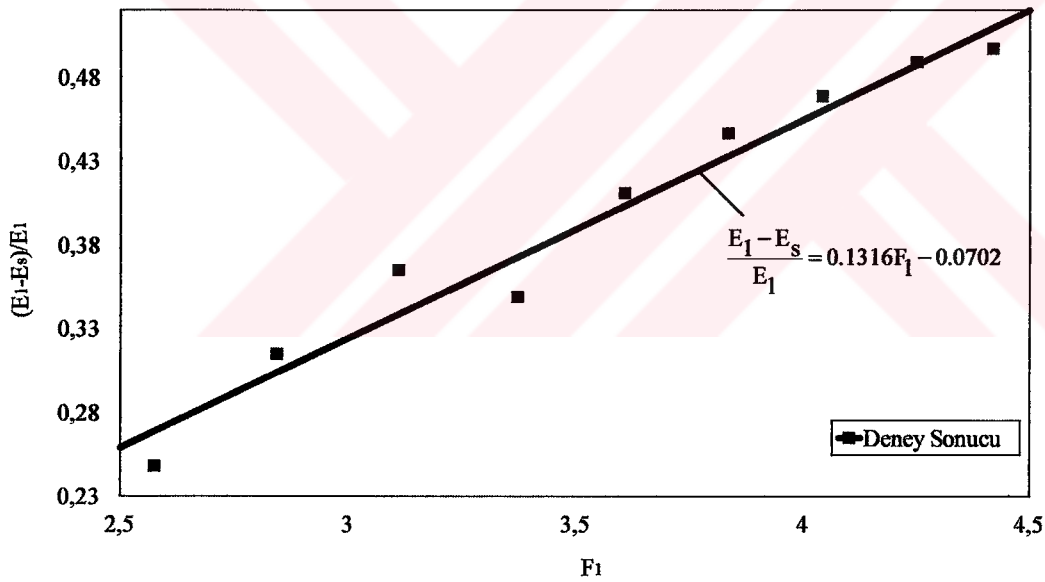


Uydurulan eğrinin eğimi : 0.1142
Uydurulan eğrinin doğruluk derecesi : 0.98

Şekil 5.41. 37. deney sonucunda F_1 ile enerji sönümlleme oranı arasındaki değişim

Tablo 5.42. 38. deney sonucu (24. tip enerji kırıcı blok iki sıralı dizilim hali, ara mesafe= bw)

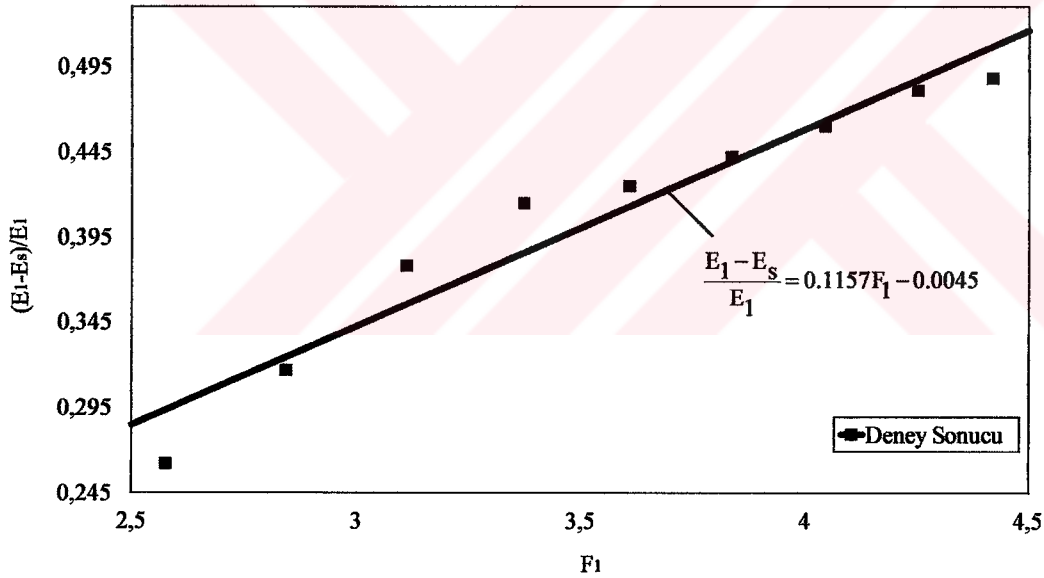
H	h_1	v_1	h_s	v_s	$(E_1-E_s)/E_1$	F_1
10	0.0240	1.25	0.0310	0.96	0.248	2.576
12	0.0240	1.38	0.0340	0.98	0.315	2.844
14	0.0240	1.51	0.0350	1.03	0.365	3.112
16	0.0238	1.63	0.0350	1.16	0.349	3.373
18	0.0237	1.74	0.0350	1.17	0.411	3.609
20	0.0237	1.85	0.0362	1.20	0.447	3.837
22	0.0237	1.95	0.0372	1.24	0.469	4.044
24	0.0237	2.05	0.0380	1.28	0.489	4.252
26	0.0239	2.14	0.0380	1.34	0.497	4.420



Şekil 5.42. 38. deney sonucunda F_1 ile enerji sönümlene oranı arasındaki değişim

Tablo 5.43. 39. deney sonucu (24. tip enerji kırıcı blok iki sıralı dizilim hali, ara mesafe= 2 bw)

H	H ₁	v ₁	h _s	v _s	(E ₁ -E _s)/E ₁	F ₁
10	0.0240	1.25	0.0315	0.94	0.262	2.576
12	0.0240	1.38	0.0337	0.98	0.317	2.844
14	0.0240	1.51	0.0362	1.00	0.378	3.112
16	0.0238	1.63	0.0370	1.05	0.415	3.373
18	0.0237	1.74	0.0362	1.14	0.425	3.609
20	0.0237	1.85	0.0360	1.21	0.442	3.837
22	0.0237	1.95	0.0365	1.26	0.460	4.044
24	0.0237	2.05	0.0373	1.30	0.481	4.252
26	0.0239	2.14	0.0375	1.36	0.488	4.420

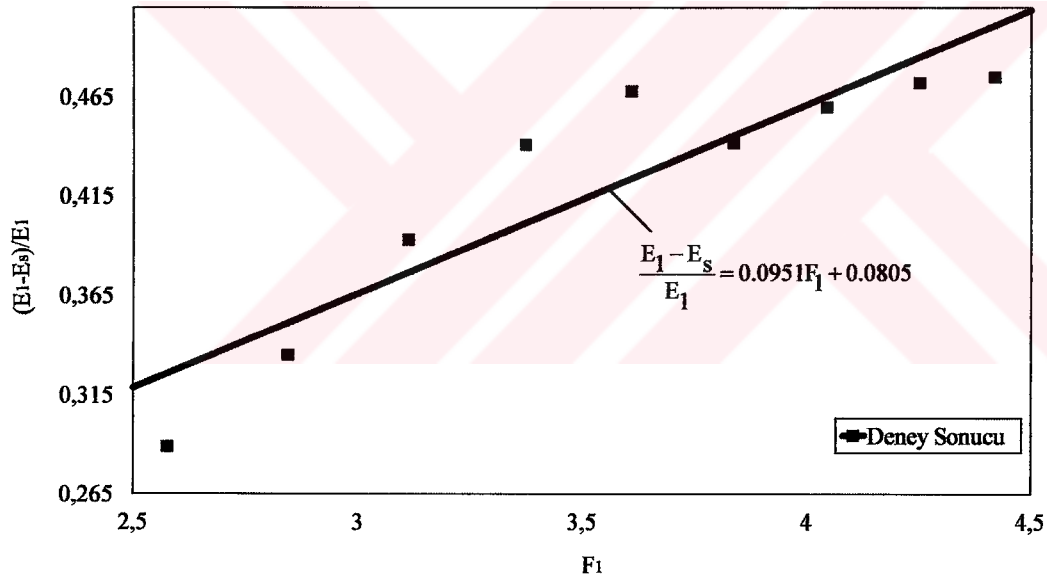


Uydurulan eğrinin eğimi : 0.1157
Uydurulan eğrinin doğruluk derecesi : 0.97

Şekil 5.43. 39. deney sonucunda F_1 ile enerji sönümleme oranı arasındaki değişim

Tablo 5.44. 40. deney sonucu (24. tip enerji kırıcı blok iki sıralı dizilim hali, ara mesafe= 3 bw)

H	h_1	v_1	h_s	v_s	$(E_1-E_s)/E_1$	F_1
10	0.0240	1.25	0.0315	0.91	0.289	2.576
12	0.0240	1.38	0.0345	0.95	0.335	2.844
14	0.0240	1.51	0.0372	0.97	0.393	3.112
16	0.0238	1.63	0.0390	0.99	0.441	3.373
18	0.0237	1.74	0.0395	1.04	0.468	3.609
20	0.0237	1.85	0.0360	1.21	0.462	3.837
22	0.0237	1.95	0.0365	1.26	0.460	4.044
24	0.0237	2.05	0.0367	1.32	0.472	4.252
26	0.0239	2.14	0.0366	1.39	0.475	4.420

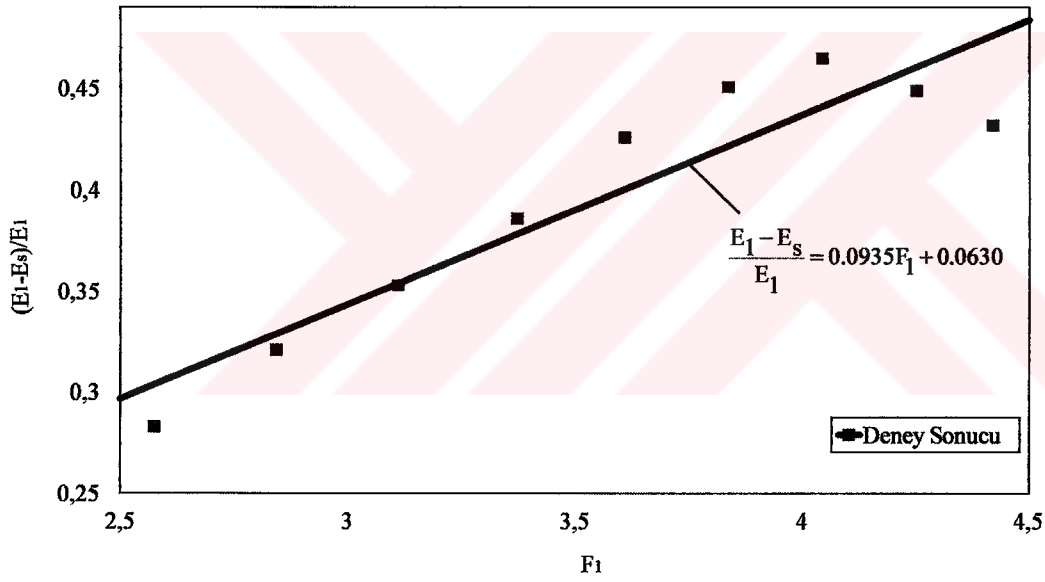


Uydurulan eğrinin eğimi : 0.0951
Uydurulan eğrinin doğruluk derecesi : 0.91

Şekil 5.44. 40. deney sonucunda F_1 ile enerji sönmölleme oranı arasındaki değişim

Tablo 5.45. 41. deney sonucu (21. tip enerji kırıcı blok iki sıralı dizilim hali, ara mesafe= 0.5 bw)

H	h_1	v_1	h_s	v_s	$(E_1-E_s)/E_1$	F_1
10	0.0240	1.25	0.0330	0.90	0.283	2.576
12	0.0240	1.38	0.0342	0.97	0.321	2.844
14	0.0240	1.51	0.0345	1.05	0.353	3.112
16	0.0238	1.63	0.0350	1.11	0.386	3.373
18	0.0237	1.74	0.0360	1.14	0.426	3.609
20	0.0237	1.85	0.0367	1.19	0.451	3.837
22	0.0237	1.95	0.0368	1.25	0.465	4.044
24	0.0237	2.05	0.0355	1.37	0.449	4.252
26	0.0239	2.14	0.0345	1.48	0.432	4.420

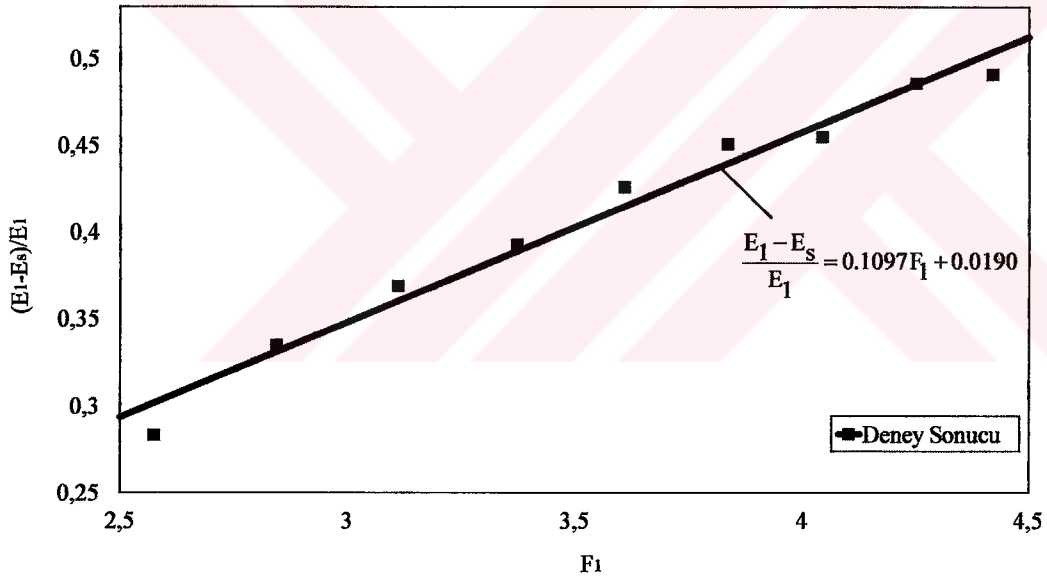


Uydurulan eğrinin eğimi : 0.0935
Uydurulan eğrinin doğruluk derecesi : 0.93

Şekil 5.45. 41. deney sonucunda F_1 ile enerji sönümlleme oranı arasındaki değişim

Tablo 5.46. 42. deney sonucu (21. tip enerji kırıcı blok iki sıralı dizilim hali, ara mesafe= bw)

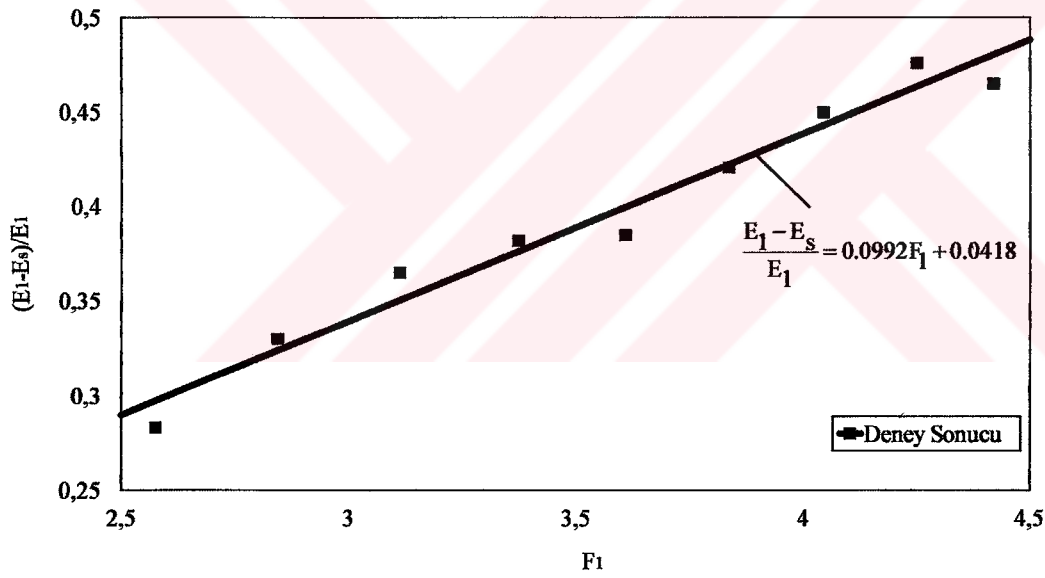
H	h_1	v_1	h_s	v_s	$(E_1-E_s)/E_1$	F_1
10	0.0240	1.25	0.0330	0.90	0.283	2.576
12	0.0240	1.38	0.0345	0.95	0.335	2.844
14	0.0240	1.51	0.0355	1.02	0.369	3.112
16	0.0238	1.63	0.0350	1.10	0.393	3.373
18	0.0237	1.74	0.0360	1.14	0.426	3.609
20	0.0237	1.85	0.0367	1.19	0.451	3.837
22	0.0237	1.95	0.0363	1.27	0.455	4.044
24	0.0237	2.05	0.0375	1.29	0.486	4.252
26	0.0239	2.14	0.0380	1.35	0.491	4.420



Şekil 5.46. 42. deney sonucunda F_1 ile enerji sönümleme oranı arasındaki değişim

Tablo 5.47. 43. deney sonucu (21. tip enerji kırıcı blok iki sıralı dizilim hali, ara mesafe= 2 bw)

H	h_1	v_1	h_s	v_s	$(E_1-E_s)/E_1$	F_1
10	0.0240	1.25	0.0330	0.90	0.283	2.576
12	0.0240	1.38	0.0342	0.96	0.330	2.844
14	0.0240	1.51	0.0350	1.03	0.365	3.112
16	0.0238	1.63	0.0345	1.12	0.382	3.373
18	0.0237	1.74	0.0337	1.22	0.385	3.609
20	0.0237	1.85	0.0350	1.25	0.421	3.837
22	0.0237	1.95	0.0361	1.28	0.450	4.044
24	0.0237	2.05	0.0371	1.31	0.476	4.252
26	0.0239	2.14	0.0364	1.41	0.465	4.420

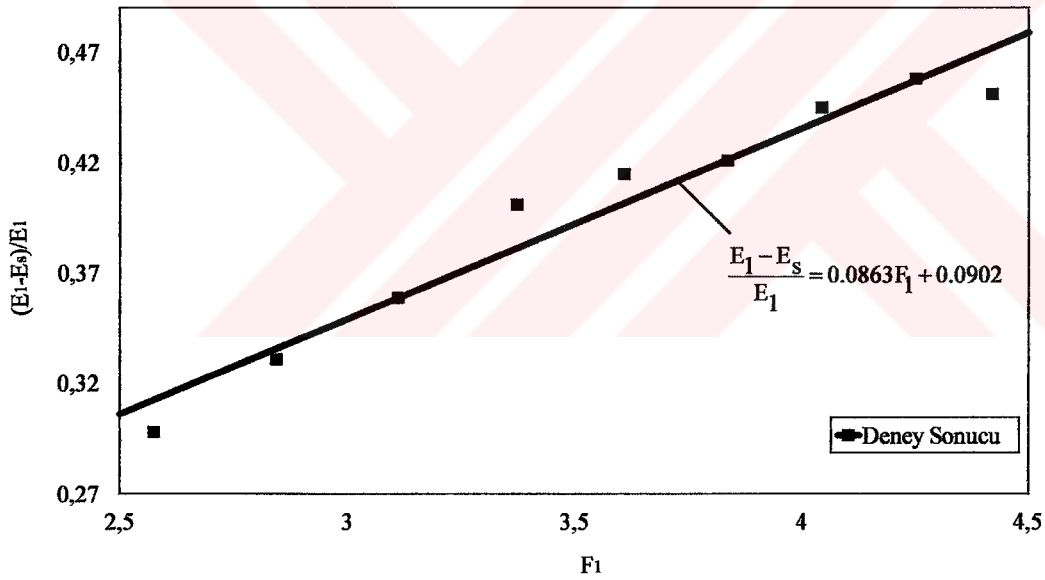


Şekil 5.47. 43. deney sonucunda F_1 ile enerji sönümlleme oranı arasındaki değişim

İ.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

Tablo 5.48. 44. deney sonucu (21. tip enerji kırıcı blok iki sıralı dizilim hali, ara mesafe= 3 bw)

H	h_1	v_1	h_s	v_s	$(E_1-E_s)/E_1$	F_1
10	0.0240	1.25	0.0342	0.87	0.298	2.576
12	0.0240	1.38	0.0350	0.95	0.331	2.844
14	0.0240	1.51	0.0347	1.04	0.359	3.112
16	0.0238	1.63	0.0360	1.08	0.401	3.373
18	0.0237	1.74	0.0355	1.16	0.415	3.609
20	0.0237	1.85	0.0350	1.25	0.421	3.837
22	0.0237	1.95	0.0358	1.29	0.445	4.044
24	0.0237	2.05	0.0360	1.35	0.458	4.252
26	0.0239	2.14	0.0355	1.44	0.451	4.420



Uydurulan eğrinin eğimi : 0.0863
Uydurulan eğrinin doğruluk derecesi : 0.97

Şekil 5.48. 44. deney sonucunda F_1 ile enerji sönümlleme oranı arasındaki değişim

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, hidrolik kuralları uygulayarak enerji sönümleme oranını incelemek için farklı geometriye sahip olan enerji kırıcı bloklar üzerinde bir dizi deneysel çalışmalar yürütülmüştür. Enerji kırıcı yapılarda enerjiyi etkileyen parametreler; kapak arkasındaki su yüksekliği, kapaktan sonraki akımın derinliği ve hızı, enerji kırıcı blok tipi ve mansap tarafındaki su yüksekliği olarak dikkate alınmıştır. Bu deneysel çalışmada, farklı geometrik şekilli enerji kırıcı blokların enerji sönümleme oranları belirlenmiş ve karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar, aşağıda maddeler halinde verilmiştir.

- Enerji kırıcı blok şekilleri değiştikçe, yüzey uzunlukları sabit tutulmak şartıyla, enerji kırma oranlarının da değiştiği gözlenmiştir.
- Enerji kırıcı bloklar, kapağa belirli bir değerden daha fazla yaklaştırıldığında batık akım oluşmaktadır. Bu değerden daha fazla uzaklaştırıldığında ise, enerji kırma oranında fazla bir farklılık olmamakta ve hatta enerji kırma oranında bir azalma meydana gelmektedir. Bu nedenle, kapaktan itibaren 1 m öteye enerji kırıcı bloklar yerleştirilmiştir.
- Deneyde kullanılan 14 adet enerji kırıcı blokta enerjinin kırılması, suyun çarpmasıyla ve diğerlerinde ise enerjinin kırılması, suyun ayrılmasıyla olmuştur. Her iki tip olayda da kullanılan enerji kırıcı bloklardan sonra, türbülans ve hidrolik sıçrama meydana gelmiştir.
- Tüm deney dizilerinde kullanılan enerji kırıcı blokların hepsinin, akımın enerjisinin kırılmasında fayda sağladığı gözlenmiştir. Suyu çarparak en iyi enerjisini kıran T (Şekil 5.1) ve suyu ayırarak en iyi enerjisini kıran beşgen (Şekil 5.2) şekilli enerji kırıcı bloklar olduğu görülmüştür.
- Her iki tip enerji kırıcı bloklar için blok genişliği (bw) sabit tutularak, blok yüksekliği blok genişliğinin belirli oranlarında değiştirilmiş ve en iyi sonuç blok yüksekliğinin blok genişliğine eşit alınması halinde elde edilmiştir. Bu nedenle, blok yüksekliği blok genişliğine eşit olarak alınmıştır.
- Suyu çarptırarak enerji sönümleme oranında en etkili olan T şeklindeki enerji kırıcı bloklar için ayrıca, ön çıkma genişliği ve uzunluğuna ait değerler araştırılmış ve bu değerlerin her ikisinin de blok genişliğinin yarısı (bw/2) olması durumunda, en fazla enerji sönümleme oranı elde edilmiştir (Şekil 5.1).
- Suyu ayırarak enerji sönümleme oranında en etkili olan beşgen şekilli enerji kırıcı bloklar için ayrıca, memba tarafındaki blok yüzeyleri arasındaki açı miktarı araştırılmış ve bu açı 90° olarak bulunmuştur (Şekil 5.2).

- T ve beşgen şekilli enerji kırıcı blokların enerji sönümlleme oranları karşılaştırıldığında, T şekilli enerji kırıcı bloğun daha iyi sonuç verdiği gözlenmiştir.
- T ve beşgen şekilli enerji kırıcı bloklar ayrıca iki sıra halinde de yerleştirilmiş ve aralarındaki mesafe araştırılmıştır. Birinci ve ikinci sıra arasındaki mesafe arttıkça enerji sönümlleme oranı da azalmakta olduğu tespit edilmiştir. Bu mesafe enerji kırıcı blok genişliği (bw) kadar alındığı zaman, en iyi enerji sönümlleme oranına sahip olmaktadır.
- Tek sıralı enerji kırıcı bloklardan sonraki akımın, iki sıralı enerji kırıcı bloklardan sonraki akıma göre daha sakin bir akım oluşturduğu gözlenmiştir.
- Enerji sönümlleme oranlarına göre tek sıralı enerji kırıcı bloklarda daha iyi sonuç alınmıştır.
- Enerji kırıcı blokların, mansaptaki akımın daha sakin olmasına katkıda bulunduğu gözlenilmiştir. Bu da mansapta oluşacak oyulmaların azalması açısından önemli bir özelliktir.
- Düzenlenen enerji kırıcı bloklar, kapaktan çok uzakta oluşacak hidrolik sıçramanın daha yakın bir yerde oluşmasını sağlamaktadır. Bu da enerji kırıcı havuz uzunluğunun kısılması ve maliyet açısından son derece önemlidir.
- Enerji kırıcı blokların, akımda oluşturdukları hidrolik sıçrama ve türbülansın dolaylı olarak, mansaptaki suyun oksijen kazanmasına katkıda bulunacaklarını söylemek mümkündür. Ayrıca, bunlar suyun havalandırılmasını sağlayacak, yani sudaki çözünmüş haldeki gazların (örneğin; metan, hidrojen sülfür, karbondioksit gibi) giderilmesine az da olsa katkıda bulunacaklardır.

KAYNAKLAR

1. Yalçın, O., 1967, *Barajlarda Enerji Kırıcı Tesislerin Projelendirilmesi*. T. C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü Barajlar ve Hidroelektrik Santraller Dairesi Başkanlığı, Ankara, 23s.
2. Erkek, C. ve Ağırlioğlu, N., 2002, *Su Kaynakları Mühendisliği*. Beta Basım A.Ş., Dördüncü baskı, İstanbul, 360s.
3. Blaisdell, F. W., 1947, "Development and hydraulic design of St. Anthony Falls Stilling Basin", Proc. ASCE, pp. 123-159, February.
4. Nakato, T., 2000, "Model tests of hydraulic performance of Pit 6 Dam stilling basin", Journal of Hydraulic Engineering, ASCE, Vol. 126, No. 9, September, pp. 638-652.
5. Rajaratnam, N., and Hurting, K. I., 2000, "Screen-type energy dissipator for hydraulic structures", Journal of Hydraulic Engineering, ASCE, Vol. 126, No. 4, April, pp. 310-312.
6. Mohamed Ali, H. S., 1991, "Effect of roughened-bed stilling basin on lenght of rectangular hydraulic jump", Journal of Hydraulic Engineering, ASCE, Vol. 117, No. 1, January, pp. 83-93.
7. Verma, D. V. S., and Arun, G., 2000, "Stilling basins for pipe outlets using Wedge-Shaped Splitter Block", Journal of Irrigation and Drainage Engineering, ASCE, Vol. 126, No. 3, May/June, pp. 179-184.
8. Peyras, L., Royet, P., and Degoutte, G., 1992, "Flow and energy dissipation over stepped gabion weirs", Journal of Hydraulic Engineering, ASCE, Vol. 118, No. 5, May, pp. 707-717.
9. Yang, S. L., 1994, "Dispersive-flow energy dissipator", Journal of Hydraulic Engineering, ASCE, Vol. 120, No. 12, December, pp. 1401-1408.
10. Christodoulou, G. C., 1993, "Energy dissipation on stepped spillways", Journal of Hydraulic Engineering, ASCE, Vol. 119, No. 5, May, pp. 644-650.

11. Chamani, M. R., and Rajaratnam, N., 1994, "Jet flow on stepped spillways", *Journal of Hydraulic Engineering*, ASCE, Vol. 120, No. 2, February, pp. 254-259.
12. Sorensen, R. M., 1985, "Stepped spillway hydraulic model investigation", *Journal of Hydraulic Engineering*, ASCE, Vol. 111, No. 12, pp. 1461-1472.
13. Holingworth, F., and Druyts, F. H. W. M., 1986, "Rollcrete: Some applications to dams in South Africa", *Water Power and Dam Constr.*, Vol. 38, No. 1, pp. 13-16.
14. Bouyge, B., Garnier, G., Jensen, A., Martin, J. P., and Sterenberg, J., 1988, "Construction et control d'un barrage en beton compacte au rouleau (BCR): Un travail d'equipe", *Proc., 16eme Congres des Grands Barrages*, Commission International des Grands Barrages, pp. 588-612 (in Franch).
15. Rajaratnam, N., 1990, "Skimming Flow in stepped spillways", *Journal of Hydraulic Engineering*, ASCE, Vol. 116, No. 4, pp. 587-591.
16. Al Naib, S. K., BSc, PhD, ACGI, DIC, Ceng, FICE, FIMgt, and Vasanthakumaran, R., Beng, PhD, 2000, "Model study of dissipation of jets in deep wells", *Proc. Instn Civ. Engrs Water & Mar. Engng*, Vol. 142, Mar., pp. 45-54.
17. Tung, Y.-K., and Mays, L. W., 1982, "Optimal design of basins for overflow spillways", *Journal of The Hydraulics Division, Proceedings of The American Society of Civil Engineers*, ASCE, Vol. 108, No. HY10, October, pp. 1163-1178.
18. Pillai, N. N., Goel, A., and Dubey, A. K., 1989, "Hydraulic jump type stilling basin for low Froude numbers", *Journal of Hydraulic Engineering*, ASCE, Vol. 115, No. 7, July, pp. 989-994.
19. Bradley, J. N., and Peterka, A. J., 1957, "The hydraulic design of stilling basins", *Journal Hydraulic Div.*, ASCE, Vol. 82, No. 5, paper. 1401.
20. United States Department of Interior, 1965, *Design of Small Dams*. A Water Resources Technical Publication, U. S. Government Printing Office, Washington, D. C.
21. Indian Standart Institution, 1969, *Criteria for Design of Hydraulic Jump Type Stilling Basins with Horizontal and Sloping Apron*. June.

22. Nani, G. B., 1975, "Stilling basin design for low Froude number", Journal Hydraulic Div., ASCE, Vol. 101, No. 7, pp. 901-914.
23. Ohtsu, I., and Yasuda, Y., 1991, "Hydraulic jump in sloping channels", Journal of Hydraulic Engineering, ASCE, Vol. 117, No. 7, July, pp. 905-921.
24. DSI, 1975, *Aslantaş Barajı Derivasyon Tüneli Çıkış Yapıları Model Deneyleri Raporu*. T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü Araştırma Dairesi Başkanlığı, Yayın No. Hİ-588, Ankara, 180s.
25. Şentürk, F., 1972, *Dolu Savakların Hidroliği ve Projelendirilmesi*. T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara.
26. St. Antony Falss Hyd. Lab., *The SAF stilling basin*. Agriculture Hand Book, No:156.
27. Peterka, A. J., 1964, *Hydraulic Design of Stilling Basins and Energy Dissipators*. A Water Resources Technical Publication, Engineering Monograph No. 25, USBR, Denver, Colorado.
28. DSI, 1988, *Regülör Projesi Kriterleri*. T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, İkinci Baskı, Ankara, 93s.
29. Yanmaz, A. M., 1997, *Applied Water Resources Engineering*. ODTÜ Geliştirme Vakfı Yayıncılık ve İletişim A. Ş. (METU Press Publishing Company), First Edition, Ankara, Turkey, 381p.
30. Elevatorski, E. A., 1959, *Hydraulic Energy Dissipators*. Mc Graw – Hill Book Company, London, 214p.
31. Şentürk, F., 1988, *Barajların Projelendirilmesinde Hidrolik Esaslar*. T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Birinci Baskı, Ankara.
32. Cebertowicz, R., 1968, *Hydraulic Engineering Structures in the Light of Tests with Models*. the U. S. Department of the Interior and the National Science Foundation, Washington, D. C., 307p.
33. Beichley, G. L., 1978, *Hydraulic Design of Stilling Basin for Pipe or Channel Outlets*. A Water Resources Technical Publication, U. S. Government Printing Office, Denver, Colorado, 31p.

34. Tuna, A., 1975, “Geçirimli zeminlerde hareketli bağlama inşaatı ve Türkiye’de ki hareketli bağlamalar”, Yeterlilik Tezi, Elazığ Devlet Mühendislik ve Mimarlık Akademisi, Mayıs, Elazığ, 142s.
35. Webber, N.B., 1968, *Fluid Mechanics for Civil Engineers*. Spon’s Civil Engineering Series, London.
36. Chow, V. T., 1959, *Open - Channel Hydraulics*. McGRAW – HILL BOOK COMPANY, International Student Edition, Tokyo.
37. McGhee, T. J., 1991, *Water Supplay and Sewerage*. McGRAW – HILL International Editions, 6th Edition.



ÖZGEÇMİŞ

1971 yılında Elazığ'ın Maden ilçesinde doğdu. İlk ve orta öğrenimini Maden'de ve Lise öğrenimini Elazığ'da tamamladı. 1993 yılında Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'nden mezun oldu ve aynı yıl aynı üniversitede yüksek lisansa başladı. 1996 yılında **“Dolgu Barajlarda En Uygun Şev Profilinin Tayini”** adlı tez çalışmasını yaparak yüksek lisansını tamamladı. 1996 yılında Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'nde Araştırma Görevlisi olarak göreve başladı. Aynı yıl doktora çalışmalarına da başladı ve **“Enerji Kırıcı Havuzlarda Farklı Tip Enerji Kırıcı Blokların Enerji Sönümleme Oranlarının İncelenmesi”** başlıklı tez çalışması ile doktorasını tamamladı. Halen aynı üniversitede görev yapmaktadır. Yayınlanmış makale ve bildirileri bulunmaktadır. Evli ve bir çocuk babasıdır.

Nihat KAYA

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ