

DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BARAJ YIKILMASI DURUMUNDA BİTKİ
ÖRTÜSÜNDEN KAYNAKLI PÜRÜZLÜLÜĞÜN
TAŞKIN DALGASI YAYILIMI ÜZERİNE
ETKİSİNİN DENEYSEL VE SAYISAL OLARAK
ARAŞTIRILARAK SONUÇLARIN AKILLI KENT
ACİL EYLEM PLANINDA
KULLANILABİLİRLİĞİNİN
DEĞERLENDİRİLMESİ**

Semire OĞUZHAN GÜVEN

Ocak, 2022

İZMİR

**BARAJ YIKILMASI DURUMUNDA BİTKİ
ÖRTÜSÜNDEN KAYNAKLI PÜRÜZLÜLÜĞÜN
TAŞKIN DALGASI YAYILIMI ÜZERİNE
ETKİSİNİN DENEYSEL VE SAYISAL OLARAK
ARAŞTIRILARAK SONUÇLARIN AKILLI KENT
ACİL EYLEM PLANINDA
KULLANILABİLİRLİĞİNİN
DEĞERLENDİRİLMESİ**

Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Doktora Tezi

**İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Hidrolik, Hidroloji ve Su Kaynakları
Programı**

Semire OĞUZHAN GÜVEN

Ocak, 2022

İZMİR

DOKTORA TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

SEMİRE OĞUZHAN, tarafından **DOÇ. DR. AYŞEGÜL ÖZGENÇ AKSOY** yönetiminde hazırlanan “**BARAJ YIKILMASI DURUMUNDA BİTKİ ÖRTÜSÜNDEN KAYNAKLI PÜRÜZLÜLÜĞÜN TAŞKIN DALGASI YAYILIMI ÜZERİNE ETKİSİNİN DENEYSEL VE SAYISAL OLARAK ARAŞTIRILARAK SONUÇLARIN AKILLI KENT ACİL EYLEM PLANINDA KULLANILABİLİRLİĞİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ**” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Ayşegül ÖZGENÇ AKSOY

Yönetici

Prof. Dr. Nurdan BÜYÜKKAMACI

Doç. Dr. Mustafa DOĞAN

Tez İzleme Komitesi Üyesi

Tez İzleme Komitesi Üyesi

Prof. Dr. Gökmen TAYFUR

Prof. Dr. Mehmet SORGUN

Jüri Üyesi

Jüri Üyesi

Prof.Dr. Okan FISTIKOĞLU

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

TEŞEKKÜR

Doktora eğitimim boyunca bilgi ve birikimi ile yol gösteren, bana olan desteğini hiçbir zaman esirgemeyen değerli hocam ve tez danışmanım Doç. Dr. Ayşegül ÖZGENÇ AKSOY'a gösterdiği sonsuz yardım ve sabır için teşekkürü bir borç bilirim. Tecrübesi ve bilgisiyle akademik çalışmalarımda büyük katkısı olan, manevi desteğini her zaman hissettiğim ve tez izleme komitemde bulunan Doç. Dr. Mustafa DOĞAN'a teşekkür ederim. Tez izleme komitemde yapıcı eleştirileri ile bana yol gösteren Prof. Dr. Nurdan BÜYÜKKAMACI'ya teşekkür ederim.

Tez çalışmalarımda desteğini esirgemeyen ve daima yol gösteren, yüksek lisans tez danışmanım Prof. Dr. M. Şükrü GÜNEY'e teşekkür ederim.

Doktora eğitimim sırasında beni manevi olarak destekleyen Öğr. Gör. Dr. Filiz BARBAROS'a, tez çalışmalarımdaki büyük yardımlarından ötürü Yük. İnş. Müh. Görkem TANIR, Dr. Mohamed NAJAR, Dr. Vahid ABDİ ve Yük. İnş. Müh. Ayşegül KUZUCU'ya, Dokuz Eylül Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Hidrolik Laboratuvarındaki arkadaşlarıma ve deneyler sırasındaki desteklerinden ötürü Laboratuvar Teknisyeni İsa ÜSTÜNDAĞ'a teşekkür ederim.

Tez çalışmalarımın her döneminde bana sabırla destek veren ve her zaman yanımda olan değerli eşim Murat GÜVEN'e minnettarım.

Bugünlere gelmemde büyük emeği olan ve beni yetiştiren annem Cemile OĞUZHAN'a teşekkürlerimi sunar tez çalışmamı 2014 yılında kaybettiğim değerli babam Selim OĞUZHAN'a ithaf ederim.

Tez çalışmalarımı 116M237 numaralı araştırma projesi ile destekleyen Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu'na ve YÖK 100/2000 Doktora Projesi ile destekleyen Yüksek Öğretim Kurumuna teşekkürü bir borç bilirim.

Semire OĞUZHAN GÜVEN



**BARAJ YIKILMASI DURUMUNDA BİTKİ ÖRTÜSÜNDEN KAYNAKLI
PÜRÜZLÜLÜĞÜN TAŞKIN DALGASI YAYILIMI ÜZERİNE ETKİSİNİN
DENEYSEL VE SAYISAL OLARAK ARAŞTIRILARAK SONUÇLARIN
AKILLI KENT ACİL EYLEM PLANINDA KULLANILABİLİRLİĞİNİN
DEĞERLENDİRİLMESİ**

ÖZ

Bu çalışmada, Ürkmez Barajı'nın çarpıtılmış fiziksel modeli kullanılarak, barajın yıkılması durumunda bitki örtüsünün taşkın dalgası yayılımına etkisi deneysel ve sayısal olarak araştırılmıştır. Çarpıtılmış fiziksel modelin yatay ve düşey ölçekleri sırasıyla 1/150 ve 1/30'dur. Baraj fiziksel modelinde Ürkmez barajının göl, gövde ve bitki örtüsünü de içeren mansap bölgesi yer almaktadır.

Taşkın dalgası yayılımına bitki örtüsü etkisini görmek amacıyla deneyler gerçekleştirilmiştir. Baraj yıkılma senaryosu ani yıkılma ve kısmi yıkılma şeklinde gerçekleştirilmiştir. Deneyler esnasında zamana bağlı su derinlikleri ve hız ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Elde edilen veriler bitki örtüsüz olarak yapılmış deneylerle karşılaştırılmış olup bitki örtüsünün mevcudiyetinin yerleşim yerlerini taşkın dalgasının olası zararlarından koruduğu belirlenmiştir.

Deneysel olarak gerçekleştirilen baraj yıkılması senaryoları sayısal olarak da modellenmiştir. Baraj gölü, baraj gövdesi ve mansap bölgesi Flow 3D programına aktarılmıştır. Deneylerden elde edilen çıkış hidrografi ve baraj gölü su yükseklikleri bu programda sınır şartı olarak kullanılmıştır. Farklı türbülans modelleri kullanılarak elde edilen sonuçlar, deneysel sonuçlar ile karşılaştırılmıştır.

Baraj yıkılması, can ve mal kaybına neden olan yıkıcı afetlere sebep olabilir. Bu tez kapsamında elde edilen deneysel ve sayısal veriler bir acil eylem planının oluşturulması için gereken verilerdir. Taşkın dalgasının yüksekliği ve hızı bölgelerin

tehlike sınıflarının belirlenmesinde kullanılmıştır. Aynı zamanda taşkın dalgası yükseklikleri kullanılarak taşkın haritaları elde edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Baraj yıkılması, Ürkmez Barajı, çarpıtılmış fiziksel model, taşkın dalgası yayılımı, acil eylem planı



**ASSESSMENT OF USABILITY OF THE RESULTS OBTAINED FROM
EXPERIMENTAL AND NUMERICAL INVESTIGATION OF ROUGHNESS
CAUSED BY VEGETATION ON THE FLOOD WAVE PROPAGATION DUE
TO DAM BREAK IN SMART CITY URGENT ACTION PLAN**

ABSTRACT

In this study, the effect of vegetation on the flood wave propagation in case of dam failure was investigated experimentally and numerically by using the distorted physical model of the Ürkmez Dam. The horizontal and vertical scales of the distorted physical model are 1/150 and 1/30, respectively. The vegetation configuration was incorporated into the downstream part of the Ürkmez dam physical model.

Experiments were carried out to see the effect of vegetation on flood wave propagation. The scenario of dam failure was realized as sudden failure and partial collapse. During the experiments, time-dependent water depths and velocity measurements were carried out. The data obtained were compared with the experiments conducted without vegetation, and it was determined that the presence of vegetation protected the settlements from the possible damages of the flood wave.

Experimental dam failure scenarios were also investigated numerically by using Flow 3D software. The outflow hydrograph and dam lake water depths obtained from the experiments were used as boundary conditions. The results obtained using different turbulence models were compared with those obtained experimentally.

Dam failure is a devastating disaster that causes loss of life and property. Experimental and numerical data obtained within the scope of this thesis can be used in the preparation of an emergency action plan. The depth and velocity of the flood

wave were used to determine the hazard classes of the regions. At the same time, flood maps were obtained by using flood wave depths.

Keywords: Dam failure, Ürkmez dam, distorted physical model, flood wave propagation, emergency action plan



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
DOKTORA TEZİ SINAV SONUÇ FORMU	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ÖZ	v
ABSTRACT.....	vii
ŞEKİLLER LİSTESİ	xi
TABLolar LİSTESİ.....	xxix
BÖLÜM 1 - GİRİŞ	1
1.1 Çalışmanın Amacı	1
BÖLÜM 2 - KONUYLA İLGİLİ YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	3
2.1 Deneysel Çalışmalar	3
2.2 Sayısal Çalışmalar	7
2.3 Acil Eylem Planı ile İlgili Çalışmalar	9
BÖLÜM 3 - MATERYAL ve METOT.....	12
3.1 Ürkmez Barajı Memba ve Mansap Bölgesi Çarpıtılmış Fiziksel Modeli ...	12
3.2 Ölçüm Cihazları	16
3.3 Teorik Bakış	17
3.3.1 Benzeşim Modeli	17
BÖLÜM 4 - DENEYSEL BULGULAR.....	20
4.1 Ani Yıkılma Senaryosu	23
4.2 Trapez Şekilli Yıkılma Senaryosu.....	40
4.3 Üçgen Şekilli Yıkılma Senaryosu	54
BÖLÜM 5 - SAYISAL ÇÖZÜM.....	83

5.1	Ani Yıkılma Sayısal Çözüm Sonuçları	99
5.2	Trapez Şekilli Yıkılma Sayısal Çözüm Sonuçları	111
5.3	Üçgen Şekilli Yıkılma Sayısal Çözüm Sonuçları.....	123
5.4	Sayısal Model Sonuçlarının Değerlendirilmesi.....	134
5.4.1	Ani Yıkılma Sonuçlarının Değerlendirilmesi	134
5.4.2	Trapez Şekilli Yıkılma Sonuçlarının Değerlendirilmesi.....	146
5.4.3	Üçgen Şekilli Yıkılma Şekillerinin Değerlendirilmesi	158
BÖLÜM 6 - ACİL EYLEM PLANI.....		168
6.1	Acil Eylem Planına Genel Bakış	168
6.1.1	Bildirim Akış Şeması	169
6.1.2	Acil Durum Tespiti, Değerlendirme ve Sınıflandırma.....	170
6.1.3	Sorumluluklar.....	171
6.1.4	Hazırlık Aşaması.....	171
6.1.5	Taşkın Haritaları.....	171
6.2	Ürkmez Barajı ve Taşkın Etki Alanı	171
6.2.1	Metodoloji.....	173
BÖLÜM 7 - SONUÇ VE ÖNERİLER.....		199
KAYNAKLAR		202

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa

Şekil 3.1 Ürkmez Barajı Göl, Gövde ve Mansap bölgesi çarpıtılmış fiziksel modelinin bitki örtüsüz görüntüsü	12
Şekil 3.2 Baraj mansap bölgesinde mevcut olan bitki örtüsü	13
Şekil 3.3 Sayısal ızgara altlığı ve fiziksel modelde oluşturulan 50*50 cm boyutlarında kareler	14
Şekil 3.4 Fiziksel modelde baraj mansabına temsili bitki örtüsünün yerleştirilmesi. 15	
Şekil 3.5 Ürkmez Barajı fiziksel modelinin nihai görünümü	15
Şekil 3.6 (a) ULS 80-D cihazı ve USS20130 algılayıcıları, (b) MicroADV cihazı ve ölçüm sondaları	16
Şekil 4.1 Baraj fiziksel modeli üzerine yerleştirilmiş ölçüm noktaları yerlerinin şematik gösterimi (S: seviye ölçüm noktaları; V: hız ölçüm noktaları) ..	21
Şekil 4.2 Ölçüm noktalarının yerlerinin fiziksel model üzerinde gösterimi	22
Şekil 4.3 Deney öncesi baraj gölüne kaolin kilinin karıştırılması	22
Şekil 4.4 Ani yıkılma mekanizması (solda kapağın deney öncesi kapalı konumdaki durumu, sağda ise kapağın açılmış durumdaki son hali).....	23
Şekil 4.5 Bitki örtülü ve bitki örtüsüz deneylere ait çıkış hidrografları.....	24
Şekil 4.6 Bitki örtülü ve bitki örtüsüz deneylere ait zamana bağlı baraj gölü su derinlikleri	24
Şekil 4.7 Bitki örtülü ve bitki örtüsüz deneylere ait S2 nolu ölçüm noktasında kaydedilen seviye değişimleri	25
Şekil 4.8 Bitki örtülü ve bitki örtüsüz deneylere ait S3 nolu ölçüm noktasında kaydedilen seviye değişimleri	25
Şekil 4.9 Bitki örtülü ve bitki örtüsüz deneylere ait S4 nolu ölçüm noktasında kaydedilen seviye değişimleri	26
Şekil 4.10 Bitki örtülü ve bitki örtüsüz deneylere ait S5 nolu ölçüm noktasında kaydedilen seviye değişimleri	26
Şekil 4.11 Bitki örtülü ve bitki örtüsüz deneylere ait S6 nolu ölçüm noktasında kaydedilen seviye değişimleri	27
Şekil 4.12 Bitki örtülü ve bitki örtüsüz deneylere ait S8 nolu ölçüm noktasında kaydedilen seviye değişimleri	27

Şekil 4.13 Bitki örtülü ve bitki örtüsüz deneylere ait V1 ölçüm noktasında kaydedilen hız-zaman grafikleri.....	30
Şekil 4.14 Bitki örtülü ve bitki örtüsüz deneylere ait V2 ölçüm noktasında kaydedilen hız-zaman grafikleri.....	31
Şekil 4.15 Baraj gölünde farklı su derinlikleri durumunda gerçekleştirilen ani yıkılma deneylerine ait zamana bağlı baraj gölü su derinlikleri.....	32
Şekil 4.16 Baraj gölünde farklı su derinlikleri durumunda gerçekleştirilen ani yıkılma deneylerine ait çıkış hidrografları.....	32
Şekil 4.17 Baraj gölünde farklı su derinlikleri durumunda gerçekleştirilen ani yıkılma deneylerinde S2 nolu ölçüm noktasında kaydedilen zamana bağlı su derinlikleri	33
Şekil 4.18 Baraj gölünde farklı su derinlikleri durumunda gerçekleştirilen ani yıkılma deneylerinde S3 nolu ölçüm noktasında kaydedilen zamana bağlı su derinlikleri	33
Şekil 4.19 Baraj gölünde farklı su derinlikleri durumunda gerçekleştirilen ani yıkılma deneylerinde S4 nolu ölçüm noktasında kaydedilen zamana bağlı su derinlikleri	34
Şekil 4.20 Baraj gölünde farklı su derinlikleri durumunda gerçekleştirilen ani yıkılma deneylerinde S5 nolu ölçüm noktasında kaydedilen zamana bağlı su derinlikleri	34
Şekil 4.21 Baraj gölünde farklı su derinlikleri durumunda gerçekleştirilen ani yıkılma deneylerinde S6 nolu ölçüm noktasında kaydedilen zamana bağlı su derinlikleri	35
Şekil 4.22 Baraj gölünde farklı su derinlikleri durumunda gerçekleştirilen ani yıkılma deneylerinde V1 nolu ölçüm noktasında kaydedilen zamana bağlı akım hızları.....	35
Şekil 4.23 Baraj gölünde farklı su derinlikleri durumunda gerçekleştirilen ani yıkılma deneylerinde V2 nolu ölçüm noktasında kaydedilen zamana bağlı akım hızları.....	36
Şekil 4.24 Ani yıkılma durumunda baraj gölünde 98 cm su seviyesi varken gerçekleştirilen deney için kapak açıldıktan a) 3 saniye b) 6 saniye c) 10 saniye d) 15 saniye e) 25 saniye f) 35 saniye sonra alınan görüntüler	37

Şekil 4.25 Ani yıkılma durumunda baraj gölünde 88 cm su seviyesi varken gerçekleştirilen deney için kapak açıldıktan a) 3 saniye b) 6 saniye c) 10 saniye d) 15 saniye e) 25 saniye f) 35 saniye sonra alınan görüntüler	38
Şekil 4.26 Ani yıkılma durumunda baraj gölünde 80 cm su seviyesi varken gerçekleştirilen deney için kapak açıldıktan a) 3 saniye b) 6 saniye c) 10 saniye d) 15 saniye e) 25 saniye f) 35 saniye sonra alınan görüntüler	39
Şekil 4.27 Baraj gövdesi, trapez gedik ve motor aksamı genel görüntüsü	40
Şekil 4.28 Bitki örtülü ve bitki örtüsüz deneylere ait çıkış hidrografları.....	41
Şekil 4.29 Bitki örtülü ve bitki örtüsüz deneylere ait zamana bağlı baraj gölü su derinlikleri	41
Şekil 4.30 Bitki örtülü ve bitki örtüsüz deneylere ait S2 nolu ölçüm noktasında kaydedilen seviye değişimleri	42
Şekil 4.31 Bitki örtülü ve bitki örtüsüz deneylere ait S3 nolu ölçüm noktasında kaydedilen seviye değişimleri	42
Şekil 4.32 Bitki örtülü ve bitki örtüsüz deneylere ait S5 nolu ölçüm noktasında kaydedilen seviye değişimleri	43
Şekil 4.33 Bitki örtülü ve bitki örtüsüz deneylere ait S6 nolu ölçüm noktasında kaydedilen seviye değişimleri	43
Şekil 4.34 Bitki örtülü ve bitki örtüsüz deneylere ait V1 ölçüm noktasında kaydedilen zamana bağlı akım hızları.....	45
Şekil 4.35 Bitki örtülü ve bitki örtüsüz deneylere ait V2 ölçüm noktasında kaydedilen zamana bağlı akım hızları.....	46
Şekil 4.36 Baraj gölünde farklı su derinlikleri durumunda gerçekleştirilen trapez gedik yıkılma deneylerine ait çıkış hidrografları.....	47
Şekil 4.37 Baraj gölünde farklı su derinlikleri durumunda gerçekleştirilen trapez gedik yıkılma deneylerinde S2 nolu ölçüm noktasında kaydedilen zamana bağlı su derinlikleri	47
Şekil 4.38 Baraj gölünde farklı su derinlikleri durumunda gerçekleştirilen trapez gedik yıkılma deneylerinde S3 nolu ölçüm noktasında kaydedilen zamana bağlı su derinlikleri	48

Şekil 4.39 Baraj gölünde farklı su derinlikleri durumunda gerçekleştirilen trapez gedik yıkılma deneylerinde S4 nolu ölçüm noktasında kaydedilen zamana bağlı su derinlikleri	48
Şekil 4.40 Baraj gölünde farklı su derinlikleri durumunda gerçekleştirilen trapez gedik yıkılma deneylerinde S5 nolu ölçüm noktasında kaydedilen zamana bağlı su derinlikleri	49
Şekil 4.41 Baraj gölünde farklı su derinlikleri durumunda gerçekleştirilen trapez gedik yıkılma deneylerinde S6 nolu ölçüm noktasında kaydedilen zamana bağlı su derinlikleri	49
Şekil 4.42 Baraj gölünde farklı su derinlikleri durumunda gerçekleştirilen trapez gedik yıkılma deneylerinde V1 nolu ölçüm noktasında kaydedilen zamana bağlı akım hızları	50
Şekil 4.43 Baraj gölünde farklı su derinlikleri durumunda gerçekleştirilen trapez gedik yıkılma deneylerinde V2 nolu ölçüm noktasında kaydedilen zamana bağlı akım hızları	50
Şekil 4.44 Trapez gedik yıkılma durumunda baraj gölünde su derinliği 98 cm iken gerçekleştirilen deney için kapak açıldıktan a) 3 saniye b) 6 saniye c) 10 saniye d) 15 saniye e) 25 saniye f) 35 saniye sonra alınan görüntüler	51
Şekil 4.45 Trapez gedik yıkılma durumunda baraj gölünde su derinliği 88 cm iken gerçekleştirilen deney için kapak açıldıktan a) 3 saniye b) 6 saniye c) 10 saniye d) 15 saniye e) 25 saniye f) 35 saniye sonra alınan görüntüler	52
Şekil 4.46 Trapez gedik yıkılma durumunda baraj gölünde su derinliği 80 cm iken gerçekleştirilen deney için kapak açıldıktan a) 3 saniye b) 6 saniye c) 10 saniye d) 15 saniye e) 25 saniye f) 35 saniye sonra alınan görüntüler	53
Şekil 4.47 Baraj gövdesi ve üçgen gedik	54
Şekil 4.48 Deney esnasında baraj gövdesinden ayrılmış durumdaki üçgen gedik görüntüsü	55
Şekil 4.49 Bitki örtülü ve bitki örtüsüz deneylere ait çıkış hidrografları.....	56
Şekil 4.50 Bitki örtülü ve bitki örtüsüz deneylere ait baraj gölünde ölçülen zamana bağlı su derinlikleri.....	56
Şekil 4.51 Bitki örtülü ve bitki örtüsüz deneylere ait S2 nolu ölçüm noktasında kaydedilen seviye değişimleri	57

Şekil 4.52 Bitki örtülü ve bitki örtüsüz deneylere ait S3 nolu ölçüm noktasında kaydedilen seviye değişimleri	57
Şekil 4.53 Bitki örtülü ve bitki örtüsüz deneylere ait S4 nolu ölçüm noktasında kaydedilen seviye değişimleri	58
Şekil 4.54 Bitki örtülü ve bitki örtüsüz deneylere ait S5 nolu ölçüm noktasında kaydedilen seviye değişimleri	58
Şekil 4.55 Bitki örtülü ve bitki örtüsüz deneylere ait S6 nolu ölçüm noktasında kaydedilen seviye değişimleri	59
Şekil 4.56 Bitki örtülü ve bitki örtüsüz deneylere ait V1 ölçüm noktasında kaydedilen zamana bağlı akım hızları.....	61
Şekil 4.57 Bitki örtülü ve bitki örtüsüz deneylere ait V2 ölçüm noktasında kaydedilen zamana bağlı akım hızları.....	62
Şekil 4.58 Baraj gölünde farklı su derinlikleri durumunda gerçekleştirilen üçgen gedik yıkılma deneylerine ait çıkış hidrografları.....	63
Şekil 4.59 Baraj gölünde farklı su derinlikleri durumunda gerçekleştirilen üçgen gedik yıkılma deneylerinde S2 nolu ölçüm noktasında kaydedilen zamana bağlı su derinlikleri	63
Şekil 4.60 Baraj gölünde farklı su derinlikleri durumunda gerçekleştirilen üçgen gedik yıkılma deneylerinde S3 nolu ölçüm noktasında kaydedilen zamana bağlı su derinlikleri	64
Şekil 4.61 Baraj gölünde farklı su derinlikleri durumunda gerçekleştirilen üçgen gedik yıkılma deneylerinde S4 nolu ölçüm noktasında kaydedilen zamana bağlı su derinlikleri	64
Şekil 4.62 Baraj gölünde farklı su derinlikleri durumunda gerçekleştirilen üçgen gedik yıkılma deneylerinde S5 nolu ölçüm noktasında kaydedilen zamana bağlı su derinlikleri	65
Şekil 4.63 Baraj gölünde farklı su derinlikleri durumunda gerçekleştirilen üçgen gedik yıkılma deneylerinde V1 nolu ölçüm noktasında kaydedilen zamana bağlı akım hızları	66
Şekil 4.64 Baraj gölünde farklı su derinlikleri durumunda gerçekleştirilen üçgen gedik yıkılma deneylerinde V2 nolu ölçüm noktasında kaydedilen zamana bağlı akım hızları	66

Şekil 4.65 Üçgen gedik yıkılma durumunda baraj gölünde su derinliği 98 cm iken gerçekleştirilen deney için kapak açıldıktan a) 3 saniye b) 6 saniye c) 10 saniye d) 15 saniye e) 25 saniye f) 35 saniye sonra alınan görüntüler	67
Şekil 4.66 Üçgen gedik yıkılma durumunda baraj gölünde su derinliği 88 cm iken gerçekleştirilen deney için kapak açıldıktan a) 3 saniye b) 6 saniye c) 10 saniye d) 15 saniye e) 25 saniye f) 35 saniye sonra alınan görüntüler	68
Şekil 4.67 Üçgen gedik yıkılma durumunda baraj gölünde su derinliği 80 cm iken gerçekleştirilen deney için kapak açıldıktan a) 3 saniye b) 6 saniye c) 10 saniye d) 15 saniye e) 25 saniye f) 35 saniye sonra alınan görüntüler	69
Şekil 4.68 Bitki örtülü ve bitki örtüsüz ani yıkılma deneylerine ait her bir ölçüm noktasındaki maksimum su derinlikleri.....	70
Şekil 4.69 Bitki örtülü ve bitki örtüsüz trapez gedik yıkılma deneylerine ait her bir ölçüm noktasındaki maksimum su derinlikleri.....	70
Şekil 4.70 Bitki örtülü ve bitki örtüsüz üçgen gedik yıkılma deneylerine ait her bir ölçüm noktasındaki maksimum su derinlikleri.....	71
Şekil 4.71 Bitki örtülü ve bitki örtüsüz ani yıkılma deneylerine ait her bir ölçüm noktasındaki taşkın dalgası ulaşma süresi	71
Şekil 4.72 Bitki örtülü ve bitki örtüsüz trapez gedik yıkılma deneylerine ait her bir ölçüm noktasındaki taşkın dalgası ulaşma süresi	72
Şekil 4.73 Bitki örtülü ve bitki örtüsüz üçgen gedik yıkılma deneylerine ait her bir ölçüm noktasındaki taşkın dalgası ulaşma süresi	72
Şekil 4.74 Baraj gölünde farklı su derinlikleri durumunda gerçekleştirilen ani yıkılma deneylerine ait her bir ölçüm noktasındaki maksimum su derinlikleri	73
Şekil 4.75 Baraj gölünde farklı su derinlikleri durumunda gerçekleştirilen trapez gedik yıkılma deneylerine ait her bir ölçüm noktasındaki maksimum su derinlikleri	73
Şekil 4.76 Baraj gölünde farklı su derinlikleri durumunda gerçekleştirilen üçgen gedik yıkılma deneylerine ait her bir ölçüm noktasındaki maksimum su derinlikleri	74
Şekil 4.77 Baraj gölünde farklı su derinlikleri durumunda gerçekleştirilen ani yıkılma deneylerine ait her bir ölçüm noktasındaki maksimum su yüksekliğine ulaşma süresi	74

Şekil 4.78 Baraj gölünde farklı su derinlikleri durumunda gerçekleştirilen trapez gedik yıkılma deneylerine ait her bir ölçüm noktasındaki maksimum derinliğe ulaşma süresi	75
Şekil 4.79 Baraj gölünde farklı su derinlikleri durumunda gerçekleştirilen üçgen gedik yıkılma deneylerine ait her bir ölçüm noktasındaki maksimum derinliğe ulaşma süresi	75
Şekil 4.80 Farklı tip baraj yıkılması ve baraj gölünde 98 cm su bulunması durumlarında gerçekleştirilen deneylerde her bir ölçüm noktasındaki maksimum su derinlikleri	76
Şekil 4.81 Farklı tip baraj yıkılması ve baraj gölünde 88 cm su bulunması durumlarında gerçekleştirilen deneylerde her bir ölçüm noktasındaki maksimum su derinlikleri	76
Şekil 4.82 Farklı tip baraj yıkılması ve baraj gölünde 80 cm su bulunması durumlarında gerçekleştirilen deneylerde her bir ölçüm noktasındaki maksimum su derinlikleri	77
Şekil 4.83 Farklı tip baraj yıkılması ve baraj gölünde 98 cm su bulunması durumlarında gerçekleştirilen deneylerde her bir ölçüm noktasındaki taşkın dalgası ulaşma süresi	77
Şekil 4.84 Farklı tip baraj yıkılması ve baraj gölünde 88 cm su bulunması durumlarında gerçekleştirilen deneylerde her bir ölçüm noktasındaki taşkın dalgası ulaşma süresi	78
Şekil 4.85 Farklı tip baraj yıkılması ve baraj gölünde 80 cm su bulunması durumlarında gerçekleştirilen deneylerde her bir ölçüm noktasındaki taşkın dalgası ulaşma süresi	78
Şekil 4.86 Farklı tip baraj yıkılması durumlarında elde edilen çıkış hidrografları	80
Şekil 4.87 Farklı tip baraj yıkılması durumlarında gerçekleştirilen deneylerde S2 nolu ölçüm noktasında kaydedilen zamana bağlı su derinlikleri	80
Şekil 4.88 Farklı tip baraj yıkılması durumlarında gerçekleştirilen deneylerde S3 nolu ölçüm noktasında kaydedilen zamana bağlı su derinlikleri	81
Şekil 4.89 Farklı tip baraj yıkılması durumlarında gerçekleştirilen deneylerde S4 nolu ölçüm noktasında kaydedilen zamana bağlı su derinlikleri	81

Şekil 4.90 Farklı tip baraj yıkılması durumlarında gerçekleştirilen deneylerde S5 nolu ölçüm noktasında kaydedilen zamana bağlı su derinlikleri.....	82
Şekil 5.1 Flow3D fizik alt menüsü ve ayrıntıları	87
Şekil 5.2 Akışkan alt menüsü.....	88
Şekil 5.3 Ağ ve geometri alt menüsü	89
Şekil 5.4 Çıktı alt menüsü	90
Şekil 5.5 Flow3D yazılımına aktarılan baraj fiziksel modeli a) sadece baraj mansap topoğrafyası b) baraj gölü dahil edilmiş baraj fiziksel modeli	92
Şekil 5.6 Flow3D yazılımına aktarılan baraj fiziksel modeli mansap topoğrafyası ve ızgara sistemi	93
Şekil 5.7 Flow3D yazılımına aktarılan baraj gölü dâhil edilmiş baraj fiziksel modeli ve ızgara sistemi	93
Şekil 5.8 Sınır koşullarının baraj gölünün a) dahil edilmediği b) dahil edildiği modelde programa tanımlanması	94
Şekil 5.9 Sınır koşullarının sayısal model üzerinde gösterimi.....	94
Şekil 5.10 Sayısal modele başlangıç koşulu olarak tanımlanan a) çıkış hidrografi b) zamana bağlı hazne su yüksekliği	95
Şekil 5.11 Baraj gölünün ani, trapez ve üçgen gedik yıkılma senaryoları için sayısal modele tanımlanan a) dikdörtgen b) trapez c) üçgen şekilli hareketli nesne görüntüleri	96
Şekil 5.12 Ani baraj yıkılması ve baraj gölünde maksimum su derinliği durumunda S2 nolu ölçüm noktasında zamana bağlı deneysel su derinlikleri ile sayısal model yardımıyla hesaplanan su derinlikleri.....	99
Şekil 5.13 Ani baraj yıkılması ve baraj gölünde maksimum su derinliği durumunda S3 nolu ölçüm noktasında zamana bağlı deneysel su derinlikleri ile sayısal model yardımıyla hesaplanan su derinlikleri.....	100
Şekil 5.14 Ani baraj yıkılması ve baraj gölünde maksimum su derinliği durumunda S4 nolu ölçüm noktasında zamana bağlı deneysel su derinlikleri ile sayısal model yardımıyla hesaplanan su derinlikleri.....	100
Şekil 5.15 Ani baraj yıkılması ve baraj gölünde maksimum su derinliği durumunda S5 nolu ölçüm noktasında zamana bağlı deneysel su derinlikleri ile sayısal model yardımıyla hesaplanan su derinlikleri.....	101

Şekil 5.16 Ani baraj yıkılması ve baraj gölünde maksimum su derinliği durumunda S6 nolu ölçüm noktasında zamana bağlı deneysel su derinlikleri ile sayısal model yardımıyla hesaplanan su derinlikleri.....	101
Şekil 5.17 Ani baraj yıkılması ve baraj gölünde 98 cm su derinliği durumunda V1 nolu ölçüm noktasında zamana bağlı deneysel akım hızı ile sayısal model yardımıyla hesaplanan akım hızları.....	102
Şekil 5.18 Ani baraj yıkılması ve baraj gölünde 98 cm su derinliği durumunda V2 nolu ölçüm noktasında zamana bağlı deneysel akım hızı ile sayısal model yardımıyla hesaplanan akım hızları.....	102
Şekil 5.19 Ani baraj yıkılması ve baraj gölünde 88 cm su derinliği durumunda S2 nolu ölçüm noktasında zamana bağlı deneysel su derinlikleri ile sayısal model yardımıyla hesaplanan su derinlikleri.....	103
Şekil 5.20 Ani baraj yıkılması ve baraj gölünde 88 cm su derinliği durumunda S3 nolu ölçüm noktasında zamana bağlı deneysel su derinlikleri ile sayısal model yardımıyla hesaplanan su derinlikleri.....	103
Şekil 5.21 Ani baraj yıkılması ve baraj gölünde 88 cm su derinliği durumunda S4 nolu ölçüm noktasında zamana bağlı deneysel su derinlikleri ile sayısal model yardımıyla hesaplanan su derinlikleri.....	104
Şekil 5.22 Ani baraj yıkılması ve baraj gölünde 88 cm su derinliği durumunda S5 nolu ölçüm noktasında zamana bağlı deneysel su derinlikleri ile sayısal model yardımıyla hesaplanan su derinlikleri.....	104
Şekil 5.23 Ani baraj yıkılması ve baraj gölünde 88 cm su derinliği durumunda S6 nolu ölçüm noktasında zamana bağlı deneysel su derinlikleri ile sayısal model yardımıyla hesaplanan su derinlikleri.....	105
Şekil 5.24 Ani baraj yıkılması ve baraj gölünde 88 cm su derinliği durumunda V1 nolu ölçüm noktasında zamana bağlı deneysel akım hızı ile sayısal model yardımıyla hesaplanan akım hızları.....	106
Şekil 5.25 Ani baraj yıkılması ve baraj gölünde 88 cm su derinliği durumunda V2 nolu ölçüm noktasında zamana bağlı deneysel akım hızı ile sayısal model yardımıyla hesaplanan akım hızları.....	106

Şekil 5.26 Ani baraj yıkılması ve baraj gölünde 80 cm su derinliği durumunda S2 nolu ölçüm noktasında zamana bağlı deneysel su derinlikleri ile sayısal model yardımıyla hesaplanan su derinlikleri.....	107
Şekil 5.27 Ani baraj yıkılması ve baraj gölünde 80 cm su derinliği durumunda S3 nolu ölçüm noktasında zamana bağlı deneysel su derinlikleri ile sayısal model yardımıyla hesaplanan su derinlikleri.....	107
Şekil 5.28 Ani baraj yıkılması ve baraj gölünde 80 cm su derinliği durumunda S4 nolu ölçüm noktasında zamana bağlı deneysel su derinlikleri ile sayısal model yardımıyla hesaplanan su derinlikleri.....	108
Şekil 5.29 Ani baraj yıkılması ve baraj gölünde 80 cm su derinliği durumunda S5 nolu ölçüm noktasında zamana bağlı deneysel su derinlikleri ile sayısal model yardımıyla hesaplanan su derinlikleri.....	108
Şekil 5.30 Ani baraj yıkılması ve baraj gölünde 80 cm su derinliği durumunda S6 nolu ölçüm noktasında zamana bağlı deneysel su derinlikleri ile sayısal model yardımıyla hesaplanan su derinlikleri.....	109
Şekil 5.31 Ani baraj yıkılması ve baraj gölünde 80 cm su derinliği durumunda V1 nolu ölçüm noktasında zamana bağlı deneysel akım hızı ile sayısal model yardımıyla hesaplanan akım hızları.....	110
Şekil 5.32 Ani baraj yıkılması ve baraj gölünde 80 cm su derinliği durumunda V2 nolu ölçüm noktasında zamana bağlı deneysel akım hızı ile sayısal model yardımıyla hesaplanan akım hızları.....	110
Şekil 5.33 Barajın trapez gedik şeklinde yıkılması ve baraj gölünde maksimum su derinliği durumunda S2 nolu ölçüm noktasında zamana bağlı deneysel su derinlikleri ile sayısal model yardımıyla hesaplanan su derinlikleri	111
Şekil 5.34 Barajın trapez gedik şeklinde yıkılması ve baraj gölünde maksimum su derinliği durumunda S3 nolu ölçüm noktasında zamana bağlı deneysel su derinlikleri ile sayısal model yardımıyla hesaplanan su derinlikleri	112
Şekil 5.35 Barajın trapez gedik şeklinde yıkılması ve baraj gölünde maksimum su derinliği durumunda S4 nolu ölçüm noktasında zamana bağlı deneysel su derinlikleri ile sayısal model yardımıyla hesaplanan su derinlikleri	112

Şekil 5.36 Barajın trapez gedik şeklinde yıkılması ve baraj gölünde maksimum su derinliği durumunda S5 nolu ölçüm noktasında zamana bağlı deneysel su derinlikleri ile sayısal model yardımıyla hesaplanan su derinlikleri	113
Şekil 5.37 Barajın trapez gedik şeklinde yıkılması ve baraj gölünde maksimum su derinliği durumunda S6 nolu ölçüm noktasında zamana bağlı deneysel su derinlikleri ile sayısal model yardımıyla hesaplanan su derinlikleri	113
Şekil 5.38 Trapez şekilli baraj yıkılması ve baraj gölünde 98 cm su derinliği durumunda V1 nolu ölçüm noktasında zamana bağlı deneysel akım hızı ile sayısal model yardımıyla hesaplanan akım hızlar	114
Şekil 5.39 Trapez şekilli baraj yıkılması ve baraj gölünde 98 cm su derinliği durumunda V2 nolu ölçüm noktasında zamana bağlı deneysel akım hızı ile sayısal model yardımıyla hesaplanan akım hızlar	114
Şekil 5.40 Barajın trapez gedik şeklinde yıkılması ve baraj gölünde 88 cm su derinliği durumunda S2 nolu ölçüm noktasında zamana bağlı deneysel su derinlikleri ile sayısal model yardımıyla hesaplanan su derinlikleri	115
Şekil 5.41 Barajın trapez gedik şeklinde yıkılması ve baraj gölünde 88 cm su derinliği durumunda S3 nolu ölçüm noktasında zamana bağlı deneysel su derinlikleri ile sayısal model yardımıyla hesaplanan su derinlikleri	115
Şekil 5.42 Barajın trapez gedik şeklinde yıkılması ve baraj gölünde 88 cm su derinliği durumunda S4 nolu ölçüm noktasında zamana bağlı deneysel su derinlikleri ile sayısal model yardımıyla hesaplanan su derinlikleri	116
Şekil 5.43 Barajın trapez gedik şeklinde yıkılması ve baraj gölünde 88 cm su derinliği durumunda S5 nolu ölçüm noktasında zamana bağlı deneysel su derinlikleri ile sayısal model yardımıyla hesaplanan su derinlikleri	116
Şekil 5.44 Barajın trapez gedik şeklinde yıkılması ve baraj gölünde 88 cm su derinliği durumunda S6 nolu ölçüm noktasında zamana bağlı deneysel su derinlikleri ile sayısal model yardımıyla hesaplanan su derinlikleri	117
Şekil 5.45 Trapez şekilli baraj yıkılması ve baraj gölünde 88 cm su derinliği durumunda V1 nolu ölçüm noktasında zamana bağlı deneysel akım hızı ile sayısal model yardımıyla hesaplanan akım hızlar	118

Şekil 5.46 Trapez şekilli baraj yıkılması ve baraj gölünde 88 cm su derinliği durumunda V2 nolu ölçüm noktasında zamana bağlı deneysel akım hızı ile sayısal model yardımıyla hesaplanan akım hızlar	118
Şekil 5.47 Barajın trapez gedik şeklinde yıkılması ve baraj gölünde 80 cm su derinliği durumunda S2 nolu ölçüm noktasında zamana bağlı deneysel su derinlikleri ile sayısal model yardımıyla hesaplanan su derinlikleri	119
Şekil 5.48 Barajın trapez gedik şeklinde yıkılması ve baraj gölünde 80 cm su derinliği durumunda S3 nolu ölçüm noktasında zamana bağlı deneysel su derinlikleri ile sayısal model yardımıyla hesaplanan su derinlikleri	119
Şekil 5.49 Barajın trapez gedik şeklinde yıkılması ve baraj gölünde 80 cm su derinliği durumunda S4 nolu ölçüm noktasında zamana bağlı deneysel su derinlikleri ile sayısal model yardımıyla hesaplanan su derinlikleri	120
Şekil 5.50 Barajın trapez gedik şeklinde yıkılması ve baraj gölünde 80 cm su derinliği durumunda S5 nolu ölçüm noktasında zamana bağlı deneysel su derinlikleri ile sayısal model yardımıyla hesaplanan su derinlikleri	120
Şekil 5.51 Barajın trapez gedik şeklinde yıkılması ve baraj gölünde 80 cm su derinliği durumunda S6 nolu ölçüm noktasında zamana bağlı deneysel su derinlikleri ile sayısal model yardımıyla hesaplanan su derinlikleri	121
Şekil 5.52 Trapez şekilli baraj yıkılması ve baraj gölünde 80 cm su derinliği durumunda V1 nolu ölçüm noktasında zamana bağlı deneysel akım hızı ile sayısal model yardımıyla hesaplanan akım hızlar	122
Şekil 5.53 Trapez şekilli baraj yıkılması ve baraj gölünde 80 cm su derinliği durumunda V2 nolu ölçüm noktasında zamana bağlı deneysel akım hızı ile sayısal model yardımıyla hesaplanan akım hızlar	122
Şekil 5.54 Barajın üçgen gedik şeklinde yıkılması ve baraj gölünde maksimum su derinliği durumunda S2 nolu ölçüm noktasında zamana bağlı deneysel su derinlikleri ile sayısal model yardımıyla hesaplanan su derinlikleri	123
Şekil 5.55 Barajın üçgen gedik şeklinde yıkılması ve baraj gölünde maksimum su derinliği durumunda S3 nolu ölçüm noktasında zamana bağlı deneysel su derinlikleri ile sayısal model yardımıyla hesaplanan su derinlikleri	124

Şekil 5.56 Barajın üçgen gedik şeklinde yıkılması ve baraj gölünde maksimum su derinliği durumunda S4 nolu ölçüm noktasında zamana bağlı deneysel su derinlikleri ile sayısal model yardımıyla hesaplanan su derinlikleri	124
Şekil 5.57 Barajın üçgen gedik şeklinde yıkılması ve baraj gölünde maksimum su derinliği durumunda S5 nolu ölçüm noktasında zamana bağlı deneysel su derinlikleri ile sayısal model yardımıyla hesaplanan su derinlikleri	125
Şekil 5.58 Barajın üçgen gedik şeklinde yıkılması ve baraj gölünde maksimum su derinliği durumunda S6 nolu ölçüm noktasında zamana bağlı deneysel su derinlikleri ile sayısal model yardımıyla hesaplanan su derinlikleri	125
Şekil 5.59 Üçgen şekilli baraj yıkılması ve baraj gölünde 98 cm su derinliği durumunda V1 nolu ölçüm noktasında zamana bağlı deneysel akım hızı ile sayısal model yardımıyla hesaplanan akım hızları	126
Şekil 5.60 Üçgen şekilli baraj yıkılması ve baraj gölünde 98 cm su derinliği durumunda V2 nolu ölçüm noktasında zamana bağlı deneysel akım hızı ile sayısal model yardımıyla hesaplanan akım hızları	126
Şekil 5.61 Barajın üçgen gedik şeklinde yıkılması ve baraj gölünde 88 cm su derinliği durumunda S2 nolu ölçüm noktasında zamana bağlı deneysel su derinlikleri ile sayısal model yardımıyla hesaplanan su derinlikleri	127
Şekil 5.62 Barajın üçgen gedik şeklinde yıkılması ve baraj gölünde 88 cm su derinliği durumunda S3 nolu ölçüm noktasında zamana bağlı deneysel su derinlikleri ile sayısal model yardımıyla hesaplanan su derinlikleri	128
Şekil 5.63 Barajın üçgen gedik şeklinde yıkılması ve baraj gölünde 88 cm su derinliği durumunda S4 nolu ölçüm noktasında zamana bağlı deneysel su derinlikleri ile sayısal model yardımıyla hesaplanan su derinlikleri	128
Şekil 5.64 Barajın üçgen gedik şeklinde yıkılması ve baraj gölünde 88 cm su derinliği durumunda S5 nolu ölçüm noktasında zamana bağlı deneysel su derinlikleri ile sayısal model yardımıyla hesaplanan su derinlikleri	129
Şekil 5.65 Üçgen şekilli baraj yıkılması ve baraj gölünde 88 cm su derinliği durumunda V1 nolu ölçüm noktasında zamana bağlı deneysel akım hızı ile sayısal model yardımıyla hesaplanan akım hızları	130

Şekil 5.66 Üçgen şekilli baraj yıkılması ve baraj gölünde 88 cm su derinliği durumunda V2 nolu ölçüm noktasında zamana bağlı deneysel akım hızı ile sayısal model yardımıyla hesaplanan akım hızları	130
Şekil 5.67 Barajın üçgen gedik şeklinde yıkılması ve baraj gölünde 80 cm su derinliği durumunda S2 nolu ölçüm noktasında zamana bağlı deneysel su derinlikleri ile sayısal model yardımıyla hesaplanan su derinlikleri	131
Şekil 5.68 Barajın üçgen gedik şeklinde yıkılması ve baraj gölünde 80 cm su derinliği durumunda S3 nolu ölçüm noktasında zamana bağlı deneysel su derinlikleri ile sayısal model yardımıyla hesaplanan su derinlikleri	131
Şekil 5.69 Barajın üçgen gedik şeklinde yıkılması ve baraj gölünde 80 cm su derinliği durumunda S4 nolu ölçüm noktasında zamana bağlı deneysel su derinlikleri ile sayısal model yardımıyla hesaplanan su derinlikleri	132
Şekil 5.70 Üçgen şekilli baraj yıkılması ve baraj gölünde 80 cm su derinliği durumunda V1 nolu ölçüm noktasında zamana bağlı deneysel akım hızı ile sayısal model yardımıyla hesaplanan akım hızları	133
Şekil 5.71 Üçgen şekilli baraj yıkılması ve baraj gölünde 80 cm su derinliği durumunda V2 nolu ölçüm noktasında zamana bağlı deneysel akım hızı ile sayısal model yardımıyla hesaplanan akım hızları	133
Şekil 5.72 Ani baraj yıkılması ve baraj gölünde 98 cm su derinliği durumunda S2 ölçüm noktasında ölçülen ve hesaplanan değerleri içeren saçılım diyagramı	135
Şekil 5.73 Ani baraj yıkılması ve baraj gölünde 98 cm su derinliği durumunda S3 ölçüm noktasında ölçülen ve hesaplanan değerleri içeren saçılım diyagramı	135
Şekil 5.74 Ani baraj yıkılması ve baraj gölünde 98 cm su derinliği durumunda S4 ölçüm noktasında ölçülen ve hesaplanan değerleri içeren saçılım diyagramı	136
Şekil 5.75 Ani baraj yıkılması ve baraj gölünde 98 cm su derinliği durumunda S5 ölçüm noktasında ölçülen ve hesaplanan değerleri içeren saçılım diyagramı	136

Şekil 5.76 Ani baraj yıkılması ve baraj gölünde 98 cm su derinliği durumunda S6 ölçüm noktasında ölçülen ve hesaplanan değerleri içeren saçılım diyagramı	137
Şekil 5.77 Ani baraj yıkılması ve baraj gölünde 88 cm su derinliği durumunda S2 ölçüm noktasında ölçülen ve hesaplanan değerleri içeren saçılım diyagramı	139
Şekil 5.78 Ani baraj yıkılması ve baraj gölünde 88 cm su derinliği durumunda S3 ölçüm noktasında ölçülen ve hesaplanan değerleri içeren saçılım diyagramı	139
Şekil 5.79 Ani baraj yıkılması ve baraj gölünde 88 cm su derinliği durumunda S4 ölçüm noktasında ölçülen ve hesaplanan değerleri içeren saçılım diyagramı	140
Şekil 5.80 Ani baraj yıkılması ve baraj gölünde 88 cm su derinliği durumunda S5 ölçüm noktasında ölçülen ve hesaplanan değerleri içeren saçılım diyagramı	140
Şekil 5.81 Ani baraj yıkılması ve baraj gölünde 88 cm su derinliği durumunda S6 ölçüm noktasında ölçülen ve hesaplanan değerleri içeren saçılım diyagramı	141
Şekil 5.82 Ani baraj yıkılması ve baraj gölünde 80 cm su derinliği durumunda S2 ölçüm noktasında ölçülen ve hesaplanan değerleri içeren saçılım diyagramı	143
Şekil 5.83 Ani baraj yıkılması ve baraj gölünde 80 cm su derinliği durumunda S3 ölçüm noktasında ölçülen ve hesaplanan değerleri içeren saçılım diyagramı	143
Şekil 5.84 Ani baraj yıkılması ve baraj gölünde 80 cm su derinliği durumunda S4 ölçüm noktasında ölçülen ve hesaplanan değerleri içeren saçılım diyagramı	144
Şekil 5.85 Ani baraj yıkılması ve baraj gölünde 80 cm su derinliği durumunda S5 ölçüm noktasında ölçülen ve hesaplanan değerleri içeren saçılım diyagramı	144

Şekil 5.86 Ani baraj yıkılması ve baraj gölünde 80 cm su derinliği durumunda S6 ölçüm noktasında ölçülen ve hesaplanan değerleri içeren saçılım diyagramı	145
Şekil 5.87 Trapez şekilli baraj yıkılması ve baraj gölünde 98 cm su derinliği durumunda S2 ölçüm noktasında ölçülen ve hesaplanan değerleri içeren saçılım diyagramı	147
Şekil 5.88 Trapez şekilli baraj yıkılması ve baraj gölünde 98 cm su derinliği durumunda S3 ölçüm noktasında ölçülen ve hesaplanan değerleri içeren saçılım diyagramı	147
Şekil 5.89 Trapez şekilli baraj yıkılması ve baraj gölünde 98 cm su derinliği durumunda S4 ölçüm noktasında ölçülen ve hesaplanan değerleri içeren saçılım diyagramı	148
Şekil 5.90 Trapez şekilli baraj yıkılması ve baraj gölünde 98 cm su derinliği durumunda S5 ölçüm noktasında ölçülen ve hesaplanan değerleri içeren saçılım diyagramı	148
Şekil 5.91 Trapez şekilli baraj yıkılması ve baraj gölünde 98 cm su derinliği durumunda S6 ölçüm noktasında ölçülen ve hesaplanan değerleri içeren saçılım diyagramı	149
Şekil 5.92 Trapez şekilli baraj yıkılması ve baraj gölünde 88 cm su derinliği durumunda S2 ölçüm noktasında ölçülen ve hesaplanan değerleri içeren saçılım diyagramı	151
Şekil 5.93 Trapez şekilli baraj yıkılması ve baraj gölünde 88 cm su derinliği durumunda S3 ölçüm noktasında ölçülen ve hesaplanan değerleri içeren saçılım diyagramı	151
Şekil 5.94 Trapez şekilli baraj yıkılması ve baraj gölünde 88 cm su derinliği durumunda S4 ölçüm noktasında ölçülen ve hesaplanan değerleri içeren saçılım diyagramı	152
Şekil 5.95 Trapez şekilli baraj yıkılması ve baraj gölünde 88 cm su derinliği durumunda S5 ölçüm noktasında ölçülen ve hesaplanan değerleri içeren saçılım diyagramı	152

Şekil 5.96 Trapez şekilli baraj yıkılması ve baraj gölünde 88 cm su derinliği durumunda S6 ölçüm noktasında ölçülen ve hesaplanan değerleri içeren saçılım diyagramı	153
Şekil 5.97 Trapez şekilli baraj yıkılması ve baraj gölünde 80 cm su derinliği durumunda S2 ölçüm noktasında ölçülen ve hesaplanan değerleri içeren saçılım diyagramı	155
Şekil 5.98 Trapez şekilli baraj yıkılması ve baraj gölünde 80 cm su derinliği durumunda S3 ölçüm noktasında ölçülen ve hesaplanan değerleri içeren saçılım diyagramı	155
Şekil 5.99 Trapez şekilli baraj yıkılması ve baraj gölünde 80 cm su derinliği durumunda S4 ölçüm noktasında ölçülen ve hesaplanan değerleri içeren saçılım diyagramı	156
Şekil 5.100 Trapez şekilli baraj yıkılması ve baraj gölünde 80 cm su derinliği durumunda S5 ölçüm noktasında ölçülen ve hesaplanan değerleri içeren saçılım diyagramı	156
Şekil 5.101 Trapez şekilli baraj yıkılması ve baraj gölünde 80 cm su derinliği durumunda S6 ölçüm noktasında ölçülen ve hesaplanan değerleri içeren saçılım diyagramı	157
Şekil 5.102 Üçgen şekilli baraj yıkılması ve baraj gölünde 98 cm su derinliği durumunda S2 ölçüm noktasında ölçülen ve hesaplanan değerleri içeren saçılım diyagramı	159
Şekil 5.103 Üçgen şekilli baraj yıkılması ve baraj gölünde 98 cm su derinliği durumunda S3 ölçüm noktasında ölçülen ve hesaplanan değerleri içeren saçılım diyagramı	159
Şekil 5.104 Üçgen şekilli baraj yıkılması ve baraj gölünde 98 cm su derinliği durumunda S4 ölçüm noktasında ölçülen ve hesaplanan değerleri içeren saçılım diyagramı	160
Şekil 5.105 Üçgen şekilli baraj yıkılması ve baraj gölünde 98 cm su derinliği durumunda S5 ölçüm noktasında ölçülen ve hesaplanan değerleri içeren saçılım diyagramı	160

Şekil 5.106 Üçgen şekilli baraj yıkılması ve baraj gölünde 88 cm su derinliği durumunda S2 ölçüm noktasında ölçülen ve hesaplanan değerleri içeren saçılım diyagramı	162
Şekil 5.107 Üçgen şekilli baraj yıkılması ve baraj gölünde 88 cm su derinliği durumunda S3 ölçüm noktasında ölçülen ve hesaplanan değerleri içeren saçılım diyagramı	162
Şekil 5.108 Üçgen şekilli baraj yıkılması ve baraj gölünde 88 cm su derinliği durumunda S4 ölçüm noktasında ölçülen ve hesaplanan değerleri içeren saçılım diyagramı	163
Şekil 5.109 Üçgen şekilli baraj yıkılması ve baraj gölünde 88 cm su derinliği durumunda S5 ölçüm noktasında ölçülen ve hesaplanan değerleri içeren saçılım diyagramı	163
Şekil 5.110 Üçgen şekilli baraj yıkılması ve baraj gölünde 80 cm su derinliği durumunda S2 ölçüm noktasında ölçülen ve hesaplanan değerleri içeren saçılım diyagramı	165
Şekil 5.111 Üçgen şekilli baraj yıkılması ve baraj gölünde 80 cm su derinliği durumunda S3 ölçüm noktasında ölçülen ve hesaplanan değerleri içeren saçılım diyagramı	165
Şekil 5.112 Üçgen şekilli baraj yıkılması ve baraj gölünde 80 cm su derinliği durumunda S4 ölçüm noktasında ölçülen ve hesaplanan değerleri içeren saçılım diyagramı	166
Şekil 6.1 Bildirim akış şeması.....	170
Şekil 6.2 Ürkmez Barajı göl, gövde ve mansap bölgesi	172
Şekil 6.3 Ani yıkılma 98 cm 959. saniye taşkın haritası.....	193
Şekil 6.4 Ani yıkılma 88 cm 959. saniye taşkın haritası.....	194
Şekil 6.5 Ani yıkılma 80 cm 959. saniye taşkın haritası.....	194
Şekil 6.6 Trapez şekilli yıkılma 98 cm 959. saniye taşkın haritası	195
Şekil 6.7 Trapez şekilli yıkılma 88 cm 959. saniye taşkın haritası	195
Şekil 6.8 Trapez şekilli yıkılma 80 cm 959. saniye taşkın haritası	196
Şekil 6.9 Üçgen şekilli yıkılma 98 cm 959. saniye taşkın haritası.....	196
Şekil 6.10 Üçgen şekilli 88 cm yıkılma 959. saniye taşkın haritası.....	197
Şekil 6.11 Üçgen şekilli yıkılma 80 cm 959. saniye taşkın haritası.....	197

TABLÖLAR LİSTESİ

Sayfa

Tablo 3.1 Ürkmez Barajı Prototip ve Model Özellikleri.....	13
Tablo 3.2 UltraLab® ULS USS20130 algılayıcılarının teknik özellikleri	17
Tablo 3.3 Mikro ADV Cihazı Teknik Özellikleri.....	17
Tablo 5.1 Gerçekleştirilen sayısal modellere ait özellikleri.....	97
Tablo 5.2 A98 deneyinde her bir ölçüm noktası için hesaplanan için R^2 , SI, RMSE ve MAE değerleri	137
Tablo 5.3 A88 deneyinde her bir ölçüm noktası için hesaplanan için R^2 , SI, RMSE ve MAE değerleri	141
Tablo 5.4 A80 deneyinde her bir ölçüm noktası için hesaplanan için R^2 , SI, RMSE ve MAE değerleri	145
Tablo 5.5 T98 deneyinde her bir ölçüm noktası için hesaplanan için R^2 , SI, RMSE ve MAE değerleri	149
Tablo 5.6 T88 deneyinde her bir ölçüm noktası için hesaplanan için R^2 , SI, RMSE ve MAE değerleri	153
Tablo 5.7 T80 deneyinde her bir ölçüm noktası için hesaplanan için R^2 , SI, RMSE ve MAE değerleri	157
Tablo 5.8 Ü98 deneyinde her bir ölçüm noktası için hesaplanan için R^2 , SI, RMSE ve MAE değerleri	161
Tablo 5.9 Ü88 deneyinde her bir ölçüm noktası için hesaplanan için R^2 , SI, RMSE ve MAE değerleri	164
Tablo 5.10 Ü80 deneyinde her bir ölçüm noktası için hesaplanan için R^2 , SI, RMSE ve MAE değerleri	166
Tablo 6.1 Taşkın dalgası yükseklikleri ve taşkın dalgası ulaşma süreleri	174
Tablo 6.2 Sınıflandırma sınırları	175
Tablo 6.3 Ani yıkılma 98 cm 82,2. s tehlike sınıfları	176
Tablo 6.4 Ani yıkılma 98 cm 164,4. s tehlike sınıfları	176
Tablo 6.5 Ani yıkılma 98 cm 274. s tehlike sınıfları	177
Tablo 6.6 Ani yıkılma 98 cm 411. s tehlike sınıfları	177
Tablo 6.7 Ani yıkılma 98 cm 685. s tehlike sınıfları	177

Tablo 6.8 Ani yıkılma 98 cm 959. s tehlike sınıfları	178
Tablo 6.9 Ani yıkılma 88 cm 82,2. s tehlike sınıfları	178
Tablo 6.10 Ani yıkılma 88 cm 164,4. s tehlike sınıfları	178
Tablo 6.11 Ani yıkılma 88 cm 274. s tehlike sınıfları	179
Tablo 6.12 Ani yıkılma 88 cm 411. s tehlike sınıfları	179
Tablo 6.13 Ani yıkılma 88 cm 685. s tehlike sınıfları	179
Tablo 6.14 Ani yıkılma 88 cm 959. s tehlike sınıfları	180
Tablo 6.15 Ani yıkılma 80 cm 82,2. s tehlike sınıfları	180
Tablo 6.16 Ani yıkılma 80 cm 164. s tehlike sınıfları	180
Tablo 6.17 Ani yıkılma 80 cm 274. s tehlike sınıfları	181
Tablo 6.18 Ani yıkılma 80 cm 411. s tehlike sınıfları	181
Tablo 6.19 Ani yıkılma 80 cm 685. s tehlike sınıfları	181
Tablo 6.20 Ani yıkılma 80 cm 959. s tehlike sınıfları	182
Tablo 6.21 Trapez şekilli yıkılma 98 cm 82,2. s tehlike sınıfları.....	182
Tablo 6.22 Trapez şekilli yıkılma 98 cm 164,4. s tehlike sınıfları.....	182
Tablo 6.23 Trapez şekilli yıkılma 98 cm 274. s tehlike sınıfları.....	183
Tablo 6.24 Trapez şekilli yıkılma 98 cm 411. s tehlike sınıfları.....	183
Tablo 6.25 Trapez şekilli yıkılma 98 cm 685. s tehlike sınıfları.....	183
Tablo 6.26 Trapez şekilli yıkılma 98 cm 959. s tehlike sınıfları.....	184
Tablo 6.27 Trapez şekilli yıkılma 88 cm 82,2. s tehlike sınıfları.....	184
Tablo 6.28 Trapez şekilli yıkılma 88 cm 164,4. s tehlike sınıfları.....	184
Tablo 6.29 Trapez şekilli yıkılma 88 cm 274. s tehlike sınıfları.....	185
Tablo 6.30 Trapez şekilli yıkılma 88 cm 411. s tehlike sınıfları.....	185
Tablo 6.31 Trapez şekilli yıkılma 88 cm 685. s tehlike sınıfları.....	185
Tablo 6.32 Trapez şekilli yıkılma 88 cm 959. s tehlike sınıfları.....	186
Tablo 6.33 Trapez şekilli yıkılma 80 cm 82,2. s tehlike sınıfları.....	186
Tablo 6.34 Trapez şekilli yıkılma 80 cm 164,4. s tehlike sınıfları.....	186
Tablo 6.35 Trapez şekilli yıkılma 80 cm 274. s tehlike sınıfları.....	187
Tablo 6.36 Trapez şekilli yıkılma 80 cm 411. s tehlike sınıfları.....	187
Tablo 6.37 Trapez şekilli yıkılma 80 cm 411. s tehlike sınıfları.....	187
Tablo 6.38 Üçgen şekilli yıkılma 98 cm 82,2. s tehlike sınıfları	188
Tablo 6.39 Üçgen şekilli yıkılma 98 cm 164,4. s tehlike sınıfları	188

Tablo 6.40 Üçgen şekilli yıkılma 98 cm 274,4. s tehlike sınıfları	188
Tablo 6.41 Üçgen şekilli yıkılma 98 cm 411. s tehlike sınıfları	189
Tablo 6.42 Üçgen şekilli yıkılma 98 cm 685. s tehlike sınıfları	189
Tablo 6.43 Üçgen şekilli yıkılma 98 cm 959. s tehlike sınıfları	189
Tablo 6.44 Üçgen şekilli yıkılma 88 cm 82,2. s tehlike sınıfları	190
Tablo 6.45 Üçgen şekilli yıkılma 88 cm 164,4. s tehlike sınıfları	190
Tablo 6.46 Üçgen şekilli yıkılma 88 cm 274. s tehlike sınıfları	190
Tablo 6.47 Üçgen şekilli yıkılma 88 cm 411. s tehlike sınıfları	191
Tablo 6.48 Üçgen şekilli yıkılma 88 cm 685. s tehlike sınıfları	191
Tablo 6.49 Üçgen şekilli yıkılma 80 cm 82,2. s tehlike sınıfları	191
Tablo 6.50 Üçgen şekilli yıkılma 80 cm 164,4. s tehlike sınıfları	192
Tablo 6.51 Üçgen şekilli yıkılma 80 cm 274. s tehlike sınıfları	192
Tablo 6.52 Üçgen şekilli yıkılma 80 cm 411. s tehlike sınıfları	192
Tablo 6.53 Üçgen şekilli yıkılma 80 cm 411. s tehlike sınıfları	193

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Barajların içme suyu, taşkın önleme, sulama, enerji, rekreasyon ve bunun gibi birçok önemli işlevi vardır. Öte yandan, bir barajın yıkılması veya gövdesinin hasar alması ciddi afetlere sebep olabilmektedir. Bu yapıların ekonomik ömürleri süresince, kısmen veya tamamen yıkılma durumuyla karşılaşması halinde yüksek can ve mal kayıpları yaşanabilmektedir. Dolgu barajlar, yetersiz dolusavak kapasitesi, yapısal kusurlar, eğimlerdeki stabilite kayıpları, toprak kaymaları, sızma ve borulanma, baraj üzerinden suyun aşması ve depremler en önemlileri olmak üzere farklı nedenlerle yıkılabilmektedir. Olası can ve mal kayıplarını önlenmesi, baraj güvenliğinin arttırılması ve yıkılma mekanizmasının ve sonucunda oluşacak taşkın hareketinin doğru bir şekilde anlaşılmasıyla mümkün olmaktadır.

1.1 Çalışmanın Amacı

Gerçekleştirilen tez çalışması kapsamında, baraj yıkılması sonucu oluşan taşkın dalgasının mansap bölgesindeki yayılımının hem deneysel hem de sayısal yöntemler ile araştırılması amaçlanmıştır. Taşkın dalgası yayılımının, baraj gövdesi üzerinde kısmen oluşacak gedik ve barajın tamamıyla ani bir şekilde yıkılması senaryoları için ayrı ayrı değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Elde edilen veriler akıllı kent acil eylem planlarının oluşturulmasında kullanılabilecektir.

Bu kapsamda, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Hidrolik Laboratuvarı bünyesinde yer alan ve TÜBİTAK 110M240 nolu proje kapsamında inşa edilen Ürkmez Barajı çarpıtılmış fiziksel modeli üzerinde deneysel çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Mevcut modelde bitki örtüsü bulunmadığından ilk olarak uydu görüntüleri ve arazi gözlemleri yardımıyla baraj mansap bölgesi için bitki örtüsü plastik fırçalar yardımıyla oluşturulmuştur. Bu tez kapsamında mansap bölgesi bitki örtülü durum için elde edilen deneysel bulgular, bitki örtüsüz durum için elde edilen deneysel sonuçlar ile karşılaştırmalı olarak sunulmuştur. Böylece, Ürkmez

Barajı çarpıtılmış fiziksel modeli için mansap bölgesi bitki örtüsünün oluşturulması ile daha gerçekçi sonuçlar elde edilmiştir.

Tez kapsamında deneysel çalışmalarla birlikte yürütülen sayısal model çalışmaları da yapılmıştır. Sayısal model çalışmaları için Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (HAD) alanında sıklıkla tercih edilen Flow3D yazılımı kullanılmıştır. Deneysel çalışmaların gerçekleştirildiği çarpıtılmış fiziksel modelin Flow3D yardımıyla oluşturulan sayısal modeli kullanılarak elde edilen sonuçlar, deneysel bulgular ile karşılaştırılarak yorumlanmıştır. Böylece, deneysel bulgular ile doğrulanan ve kalibrasyonu gerçekleştirilen sayısal model yardımıyla, deneysel çalışmalarda incelenmeyen farklı senaryolar için de analizler gerçekleştirilebilecektir.

Bu tez kapsamındaki bir diğer ana çalışma başlığı da elde edilen sonuçların acil eylem planında kullanılabilirliğinin değerlendirilmesidir. Bir acil eylem planı hazırlanırken, oluşabilecek taşkın dalgasının özellikleri kullanılmaktadır. Yapılan deneysel ve sayısal çalışmalardan elde edilen su derinliği, akım hızı ve taşkın ulaşma süresi verileri mansap bölgesindeki tehlike sınıflarını belirlemede kullanılmıştır. Ayrıca bölgede taşkın dalgasının mansap bölgesinde nasıl yayıldığını gösteren taşkın haritaları oluşturulmuştur.

BÖLÜM 2

KONUyla İLGİLİ YAPILAN ÇALIŞMALAR

Baraj yıkılması ile ilgili çalışmaları deneysel ve sayısal çalışmalar olmak üzere iki grupta inceleyebiliriz. Bununla beraber araştırmacılar, deneysel çalışmalarında farklı yıkılma senaryolarını gerçekleştirmek amacıyla sayısal model çalışmaları gerçekleştirilmiş ve deney sonuçlarını doğrulayabilmişlerdir. Yapılan sayısal model çalışmalarında ise genellikle daha önce deneysel olarak gerçekleştirilmiş çalışmaların sonuçları ile elde edilen sayısal sonuçlar karşılaştırılmıştır.

2.1 Deneysel Çalışmalar

Fraccarollo ve Toro (1995) baraj yıkılmasını deneysel sığ su denklemlerini kullanarak sayısal olarak iki boyutlu olarak incelemişlerdir.

Lauber ve Hager (1998) baraj yıkılmasını kuru mansap şartlarında dikdörtgen yatay kanalda incelemişlerdir. Deneylerini 13 m uzunluklu ve 0,5 m derinlikli dikdörtgen kanalda gerçekleştirmişlerdir. Hız ölçümü için parçacık izleme metodundan, su yüzeyi profilleri için ise kamera görüntülerinden faydalanmışlardır.

Leal ve diğer. (2002) hareketli yatak üzerinde baraj yıkılması deneyleri yapmışlardır. Deneylerini 19,2 m uzunluğunda, 0,5 m genişliğinde ve 0,7 m yüksekliğindeki dikdörtgen kanalda yapmışlardır. Kapak kaldırma mekanizması ile yıkılma deneylerini gerçekleştirmişlerdir. Deneylerinde yedi noktada su derinliği ölçümü yapmışlardır.

Bellos (2004) taşkın dalgası yayılımını, 21,20 m uzunluklu, 1,40 m genişlikli ve 0,60 m yükseklikli dikdörtgen kanalda kuru ve ıslak yatak şartlarında deneysel olarak incelemiştir. Akım özelliklerini ve derinlik değişimlerini belirlemek için basınç sensörleri kullanmışlardır.

Vásquez ve Leal (2006) çalışmalarında 2,40x2,40 m'lik bir hazne ve ortasından 90⁰ köşesi olan 8 m uzunluğunda ve 50 cm genişliğinde dikdörtgen bir kanal

kullanmışlardır. Hazneden kapak kaldırılması yöntemiyle yıkılma senaryosu gerçekleştirilmiş ve akımın açık kanaldaki ilerlemesi gözlenmiştir. Söz konusu akımı iki boyutta üçgen elemanlar kullanarak sonlu elemanlar yöntemiyle modellemişlerdir.

Soares-Frazão (2007) baraj yıkılması sonucu oluşan taşkın dalgası yayılımını, üçgen taban eşiği olan kanalda incelemişlerdir. Deneylerini 5,6 m uzunluklu ve 0,5 m genişlikli dikdörtgen kanalda gerçekleştirmişlerdir. Yıkılma sonucu oluşan taşkın dalgası derinliğini seviye sensörleri ve dijital kamera yardımı ile belirlemişlerdir.

Testa ve diğer. (2007) çalışmalarında, kentsel bölge üzerinde taşkın dalgası yayılımını ele almışlardır. Deneylerini 1/100 ölçekli ve 50 m uzunluklu Toce nehri fiziksel modeli üzerinde gerçekleştirmişlerdir. Model üzerinde beton bloklar kullanarak kentsel bölgeyi yansıtmışlardır.

Alcrudo ve Mulet (2007) suyun kret kotunu aşması nedeniyle 1982 yılında yıkılan Tous barajının yıkılması ile ilgili simülasyon çalışması gerçekleştirmiştir.

Spinewine ve Zech (2007) 6 m uzunluklu, 25 cm genişlikli ve 70 cm yükseklikli kanalın ortasına barajı temsil eden bir kapak yerleştirerek hareketli taban durumunda baraj yıkılmasıyla oluşan taşkın dalgalarını laboratuvar ortamında araştırmışlardır.

Soares-Frazão ve Zech (2008) taşkın dalgası yayılımının yerleşim yerleri üzerine olan etkisini deneysel ve sayısal olarak incelemişlerdir. Deneylerini 36 m uzunluklu ve 3,6 m genişlikli dikdörtgen kanalda gerçekleştirmişlerdir. Su yüksekliklerini seviye sensörü, hızları ise dijital parçacık izleme yöntemi ile ölçmüşlerdir.

Ozmen-Cagatay ve Kocaman (2008) çalışmalarında 9 m uzunluğunda, 30 cm genişliğinde ve 34 cm yüksekliğindeki bir açık kanalda kapak kullanarak baraj yıkılma deneyleri gerçekleştirilmiştir.

Kocaman ve Ozmen-Cagatay (2012), Ozmen-Çagatay ve diğer. (2014) ve Kocaman ve Ozmen-Cagatay (2015) çalışmalarında, baraj yıkılmasından kaynaklı taşkın dalgasına mansap kanalı sonundaki duvarın, mansap bölgesindeki taban eşiğinin ve yine mansap bölgesindeki daralmanın etkilerini incelemişlerdir. Deney düzenekleri 8,90 m uzunluğunda 0,30 m genişliğinde ve 0,30 m derinliğinde dikdörtgen kanaldan ibarettir. Ölçümlerinde dijital görüntü işleme tekniği kullanmışlardır. Elde ettikleri deneysel verileri Flow3D'den elde ettikleri sayısal analiz sonuçları ile karşılaştırmışlardır.

LaRocque ve diğer. (2012) baraj yıkılması durumunda hız profillerini deneysel olarak ölçmüş ve sayısal olarak araştırmışlardır. Baraj yıkılmasını, 7,3 m uzunluğunda bir dikdörtgen kanala yerleştirilen kapağın ani olarak açılmasıyla benzetmişlerdir. Deneyler sırasında kanalın mansap tarafı kuru tutulmuştur. Kapağın memba ve mansap tarafına yerleştirilen algılayıcılar sayesinde sekiz farklı noktadan hız ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Deneysel sonuçlar computational fluid dynamics solver yardımıyla benzeştirilmiş ve en iyi sonucu large eddy simulation (LES) modelinin verdiği belirlenmiştir.

Ismail ve diğer. (2012) tsunami dalgasına orman etkisini incelemek amacıyla laboratuvarında açık kanal üzerinde bitki örtülü baraj yıkılma deneyleri gerçekleştirmişlerdir. Uzunluğu 16,6 m, genişliği 0,92 m ve yüksekliği 0,7 m olan dikdörtgen kanalda kapak açılması yardımıyla taşkın dalgası yaratmışlardır.

LaRocque ve diğer. (2013) 1/50 ölçekli model kullanmak suretiyle kanal setinin yıkılması sonucu oluşan taşkın dalgasının yerleşim yeri üzerine olan etkisini incelemişlerdir. Su derinliklerini belirlemek için ultrasonik hız profilleri (UVP) cihazını, akış hızını belirlemek için ise dijital parçacık izleme yöntemini (DPTV) kullanmışlardır.

Tayfur ve Güney (2013) çalışmalarını, Ürkmez barajının göl, gövde, topoğrafya ve yerleşim yerlerinin de bulunduğu çarpıtılmış fiziksel modeli üzerinde gerçekleştirmişlerdir. Kısmi yıkılma senaryosunun kullanıldığı deneylerde, su yükseklikleri e+WATER L cihazı ile ölçülmüştür.

Güney ve diğer. (2014) Ürkmez barajı çarpıtılmış fiziksel modeli üzerinde trapez şekilli yıkılma deneyleri gerçekleştirmişlerdir. Su derinliklerini sekiz noktada e+WATER L cihazı ile, akım hızlarını ise dört noktada UVP cihazı ile belirlemişlerdir.

Tayfur ve diğer. (2015) Ürkmez barajı çarpıtılmış modeli üzerinde üç farklı şekilli yıkılma senaryosu gerçekleştirmişlerdir. Farklı şekillerdeki yıkılma senaryolarının hidrograflarını ve su yüksekliklerini karşılaştırmışlardır.

Elkholy ve diğer. (2016) kapak kaldırılması yardımıyla baraj yıkılması senaryosunu üç farklı rezervuar seviyesi için gerçekleştirmişlerdir. Hazne 3,0x4,30 m ve mansap bölgesi 8,0x4,30 m boyutlarındadır. Deneylerden su derinliği, basınç, hız ve memba hız profilleri elde edilmiştir. Hız profillerini elde etmek için UVP cihazı kullanılmıştır. Hız ölçümü için ise dijital partikül izleme yöntemini (DPTV) kullanmışlardır.

Hooshyaripor ve diğer. (2017) laboratuvarında fiziksel model üzerinde trapez yıkılma senaryosu gerçekleştirerek farklı rezervuar kapasitesinin ve taban eğiminin taşkın dalgası yayılımına etkisini incelemişlerdir. Kullandıkları sistem 4,5x2,25 m boyutlarında bir rezervuar ve 9,3x0,51 m boyutlarında ve 0,7 m yükseklikte mansap kanalından ibarettir. Kapak açılması suretiyle yıkılma gerçekleştirilmiştir. Mansap bölgesinde altı noktada ultrasonik sensörler yardımıyla zamana bağlı su seviyeleri ve bir noktada ADV yardımı ile hız ölçümü yapmışlardır.

Liu ve diğer. (2018) baraj yıkılması sonucu oluşan taşkın dalgasının binalar üzerinde olan etkisini deneysel olarak incelemişlerdir. Deney düzeneği, uzunluğu 40 m, genişliği 3,5 m ve yüksekliği 0,4 m olan yatay dikdörtgen kanaldan oluşmaktadır.

Bina etkisini gözlemlemek amacıyla, prototipte bulunan klasik aile evleri 1/20 ölçekle küçültülerek deney düzeneğinin mansap bölgesine yerleştirilmiştir. Yıkılma senaryosu yine kapak açılması yardımıyla gerçekleştirilmiştir. Su derinlikleri ultrasonik donanımlar yardımıyla ölçülmüştür.

Kusuma ve diğer. (2019) çalışmalarında baraj yıkılması durumunda bina etkisini incelemiştir. Yerleşim yerlerinde baraj yıkılmasından oluşacak taşkın dalgasının hızı ve derinliğini deneysel olarak belirlemiştir. Deney sistemleri hazne, kapak, dikdörtgen açık kanal ve boşaltım tankından oluşmaktadır. Açık kanal 10 m uzunluklu, 1 m genişlikli ve 0,5 m yüksekliklidir. Hazne boyutları ise 4x2x0,6 m'dir. Aniden kapak açılması suretiyle baraj yıkılması senaryosunu gerçekleştirmişlerdir.

Arkış (2020) doktora tezinde Ürkmez barajı fiziksel modeli üzerinde, baraj yıkılması sonucunda oluşacak taşkın dalgasını deneysel ve sayısal incelemiştir. Deneysel çalışmalarda taşkın hızı ve taşkın derinliği ölçülmüştür. Taşkın hızları ultrasonik hız ölçer (UVP) ile taşkın derinlikleri ise e+ Water L ile belirlenmiştir. Sayısal çalışmalar ise Flow3D programı ile yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar deneysel sonuçlar ile karşılaştırılmıştır.

Sevinç ve Güney, (2021) çalışmalarında baraj yıkılması sonucu oluşacak taşkın dalgasına kısmi bitki örtüsü etkisini deneysel olarak araştırmışlardır. Deneylerini Ürkmez baraj modeli üzerinde gerçekleştirmişlerdir. Yaptıkları deneysel çalışmada su derinlikleri e+ Water L cihazı ile taşkın hızları ise ultrasonik hız ölçer (UVP) ile belirlenmiştir.

2.2 Sayısal Çalışmalar

Baraj yıkılması sonucunda oluşan taşkın dalgası yayılımı birçok araştırmacı tarafından sayısal olarak da incelenmiştir. Ozmen-Cagatay ve Kocaman (2010) taşkın dalgasının yayılımını iki farklı yaklaşımla modellemiştir. Flow3D programında

RANS (Reynolds-average Navier-Stokes) ve k- ϵ türbülans modellerini kullanmış ve deneysel sonuçlarla karşılaştırma yapmışlardır.

Ferrari ve diğer. (2010) çalışmalarında taşkın dalgası yayılımını düz ve kuru taban şartı için incelemişlerdir. İki farklı matematiksel model kullanarak hem kendi içlerinde hem de literatürde var olan deneysel sonuçlarla karşılaştırma yapmışlardır.

Jeong ve diğer. (2012) baraj yıkılmasından kaynaklı taşkın dalgası yayılımının yerleşim yerleri üzerindeki etkilerini nümerik olarak inceleyip literatürde var olan iki farklı deney sonucu ile karşılaştırmışlardır.

Robb ve diğer. (2015) baraj yıkılmasını modellemek için üç farklı bilgisayar yazılımı kullanmışlardır. İki boyutlu bir hidrodinamik model ve üç boyutlu hesaplamalı akışkanlar dinamiği (CFD) modellerinin sayısal sonuçlarını sunmuşlar ve bu sonuçları literatürde var olan deneysel sonuçlar ile karşılaştırmışlardır. Bu çalışma için TELEMAC_2D, OPENFOAM ve FLOW3D programlarını kullanmışlardır. Yapılan çalışmalar sonucunda sayısal sonuçların deneysel sonuçlarla uyumlu olduğunu gözlemlemişlerdir.

Zhang ve diğer. (2016) baraj yıkılması durumunda akım ve taban morfolojisi üzerine bitki örtüsü etkisini 2 boyutlu sayısal analiz yöntemiyle araştırmışlardır.

Haltas ve diğer. (2016) Ürkmez barajı yıkılması durumunda taşkın dalgası yayılımının yerleşim bölgesine etkisini 2 boyutlu sayısal analiz yöntemiyle canlandırmaya çalışmışlardır.

Haltaş ve diğer. (2016) Porsuk barajı ve Alibey barajında, baraj yıkılması sonucu oluşabilecek taşkın dalgasını sayısal yöntemlerle araştırmışlardır. Üç farklı yıkılma senaryosu bu iki baraj için gerçekleştirilmiştir. Bu analizlere göre taşkın dalgasının

yerleşim yerleri sınırına 5 m/s maksimum akış hızıyla ve 5 m taşkın yüksekliğiyle ulaşabileceği sonucuna varmışlardır.

Elçi ve diğer. (2017) çalışmalarında Alibey ve Porsuk barajlarının yıkılması sonucu oluşacak taşkın dalgasını sayısal olarak incelemişlerdir. Baraj yıkılması HEC-RAS ile taşkının mansap boyunca yayılması ise FLO-2D ile modellenmiştir.

He ve diğer. (2017) hareketli ve bitki örtülü taban üzerinde 2 boyutlu sayısal çalışmalar gerçekleştirmişlerdir.

Wang ve diğer. (2017) düzensiz şekilli en kesite sahip, kuru ve eğimli kanallarda taşkın dalgası yayılımını üç boyutlu olarak incelemişlerdir.

Yang ve diğer. (2018) baraj yıkılması sonucu oluşan taşkın dalgasının yayılımını Flow3D programını kullanarak 3 boyutlu sayısal çalışmalar yapmışlardır. Üç farklı türbülans modeli kullanarak elde edilen sonuçlar kendi içlerinde karşılaştırılmıştır.

Issakhov ve diğer. (2018) sayısal analiz yöntemiyle baraj yıkılması sonucu oluşan akımı araştırmışlardır. Sonuçları literatürdeki deneysel sonuçlarla karşılaştırmışlardır.

2.3 Acil Eylem Planı ile İlgili Çalışmalar

Taşkın yönetimi ve acil eylem planı oluşturulmasıyla ilgili çalışmalarda literatürde mevcuttur.

Rodrigues ve diğer. (2002) baraj yıkılması sonucu oluşacak taşkın durumu yönetimi ile ilgili bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışmalarında, acil durum yönetimi ele alınmıştır ve bu döngünün ilk adımını riskin azaltılması olarak belirtmişlerdir. Riskin azaltılması da önleme, hazırlık ve müdahale olarak tanımlanmıştır; Acil durum esnasında mansap bölgelerinin tamamının eşit şekilde etkilenmediğini belirtmişlerdir.

Bu sebeple risk durumuna göre farklı reaksiyonlar alınması gerektiğini savunmuşlardır. Risk bölgelerini üç ana şekilde sınıflandırmışlardır. Bu risk bölgelerini belirlerken taşkın dalgası ulaşma süresi, akış hızı ve akış derinliği parametrelerini göz önüne almışlardır.

Qi ve diğer. (2012) çalışmalarında, taşkın yönetimini ele almışlardır ve Amerika’da bulunan bir baraj üzerinde örnek bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Bir boyutlu sayısal modelden elde edilen taşkın derinliği, taşkın ulaşma süresi, taşkın toplam süresi ve taşkın hızı yönetim planında kullanılmıştır. Taşkın yönetiminde iki kriterin önemli olduğunu savunmuşlardır. Bunlar yaşam kaybı ve taşkın sebep olduğu maddi hasarlardır. Bu kriterleri belirlemek için GIS programı kullanmışlardır.

FEMA (2013), baraj güvenliği ve baraj acil eylem planlarıyla ilgili bir yönerge hazırlamıştır. Bu yönerge barajlar için acil eylem planının oluşturulmasında kılavuz bilgiler sağlamaktadır. Barajlar için oluşturulan bir acil eylem planında olması gereken elementler sıralanmış ve tanımlanmıştır.

Rostami ve Siosemarde (2015) baraj yıkılması ile ilgili sayısal çalışmalar yapmışlardır. Baraj yıkılması sonucu oluşan taşkın dalgasının özelliklerini Flow3D programı yardımıyla belirlemişlerdir. Çözümlemelerinde, sığ su dalgası SWE (shallow water equation) formüllerini kullanmışlardır. Kuru mansap şartlarında gerçekleştirdikleri simülasyon toplan 22,1 s sürmüştür. Bir taşkın durumunda taşkın haritalarının yöneticilerle paylaşılmasının acil eylem planında etkili rol oynayacağını belirtmişlerdir.

Gazioğlu ve diğer. (2016) Acil Durum Eylem Planını (EAP), bir barajdaki olası acil durum koşullarını tanımlayan ve bir baraj arızası durumunda mülk hasarını ve can kaybını en aza indirmek için izlenecek önceden planlanmış eylemleri belirleyen resmi bir belge ve baraj güvenlik planının bir parçası olarak tanımlamışlardır. Bir acil eylem planında önemli faktörlerin uyarı seviyesi, potansiyel olarak su altında kalacak

bölgeler, hasar ve ölümler olduğu belirtilmiştir. Bir acil eylem planında olması gereken altı elementten bahsedilmiştir. Bunlar bildirim akış şeması, acil durum tespiti, değerlendirme ve sınıflandırma, sorumluluklar, hazırlık ve taşkın haritalarıdır. Bütün bu elementlerin acil eylem planında olması gerektiği belirtilmiştir. Bu bilgiler ışığında Seyhan Barajı'nda bir acil eylem planı hazırlamışlardır. Bu eylem planı için yıkılma senaryosunu HECRAS programı kullanarak gerçekleştirmişlerdir. Sayısal analiz sonucunda akış derinliği, akım hızları ve taşkın dalgası ulaşım süresini belirlemişlerdir. Elde edilen verilerden bir taşkın haritası oluşturulmuş ve bunun sonucunda şehir nüfusunun üçte birinin bu taşkından etkileneceği sonucuna ulaşmışlardır.

Verma ve Patra (2018) Hindistan'da bulunan Bargi barajının yıkılma simülasyonlarını MIKE11 yazılımı ile gerçekleştirmişlerdir. MIKE11 yazılımı içerisinde bulunan bir boyutlu dam break modülü kullanılarak maksimum debi, taşkın hidrografı, akış hızı, akış süresi ve akım hızı değerlerini on üç nokta için elde etmişlerdir. Bu veriler ışığında da taşkın haritası oluşturmuşlar ve bu verilerin taşkın yönetiminde kullanılabileceğini belirtmişlerdir.

Australian Disaster Resilience Guideline (2014) 'da, taşkın tehlikesinin, taşkın derinliği ve hızı ile birlikte düşünülmesi gerektiğini ($D \times V$) belirtmişlerdir. Taşkın tehlikesini ölçerken ve sınıflandırırken, farklı yönetim yaklaşımlarının gerekeceğini, göreceli tehlike derecesini ve tehlikeye neden olan taşkın davranışını (örneğin yüksek derinlik, yüksek hız, derinlik ve hız bir arada) anlamının önemli olacağını belirtmişlerdir. Ayrıca bu çalışmada taşkın parametrelerine göre altı adet sınıflandırma yapılmıştır.

BÖLÜM 3

MATERYAL ve METOT

3.1 Ürkmez Barajı Memba ve Mansap Bölgesi Çarpıtılmış Fiziksel Modeli

Ürkmez Barajı, İzmir il sınırları içerisinde bulunan Ürkmez Deresi üzerinde bulunmaktadır. İçme suyu amaçlı olarak 1985—1989 yılları arasında inşa edilmiştir. Ürkmez Baraj gölü, baraj gövdesi ve mansap bölgesinin yatayda 1/150, düşeyde 1/30 ölçekli çarpıtılmış fiziksel modeli Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Hidrolik Laboratuvarı arkasındaki açık alana TÜBİTAK 110M240 nolu araştırma projesi kapsamında inşa edilmiştir (Şekil 3.1).



Şekil 3.1 Ürkmez Barajı Göl, Gövde ve Mansap bölgesi çarpıtılmış fiziksel modelinin bitki örtüsüz görüntüsü (TÜBİTAK 110M240, 2013)

Ürkmez Barajının prototipine ve inşa edilen fiziksel modeline ait karakteristik özellikler Tablo 3.1’de verilmektedir.

Tablo 3.1 Ürkmez Barajı prototip ve model özellikleri

Özellik	Prototip	Model
Baraj Yüksekliği (m)	32	1.07
Kret Uzunluğu (m)	426	2.84
Kret Genişliği (m)	12	0.08
Minimum seviye için göl hacmi (m ³)	375000	0.556
Maksimum seviye için göl hacmi (m ³)	8625000	12.78
Normal seviye için göl hacmi (m ³)	7950000	11.78
Aktif Hacim (m ³)	7575000	11.22

Bu tez kapsamında ilk olarak baraj mansap bölgesindeki bitki örtüsünü belirlemek amacıyla bölgeye bir arazi gezisi gerçekleştirilmiştir. Barajın mansap bölgesinde çok sayıda mandalina ağacı bulunmaktadır (Şekil 3.2). Mandalina ağaçlarının yükseklikleri ve çapları farklı bölgelerde yerinde ölçülmüştür. Bu ölçümler sonucunda ortalama olarak bir mandalina ağacının yüksekliği 240 cm ve çapı 460 cm olarak belirlenmiştir.



Şekil 3.2 Baraj mansap bölgesinde mevcut olan bitki örtüsü (TÜBİTAK 116M237, 2019)

Baraj mansabındaki bitki örtüsünü oluşturan ağaçları modelde temsil etmek üzere çapları 7,5 cm olan plastik fırçalar kullanılmıştır. Modelde kullanılan her bir fırça prototipte alansal olarak 6 adet mandalina ağacını temsil etmektedir. Prototipte 75*75 m boyutlarındaki her bir hücre fiziksel modelde 50*50 cm boyutlarında hücrelere denk gelmekte olup ip kullanılarak bu hücreler oluşturulmuştur (Şekil 3.3). Daha sonra her

bir hücre içerisine önceden tespit edilen miktarda fırça yerleştirilmiştir. Fırçaların yerleştirilmesi sırasında alınan görüntüler Şekil 3.4'te verilmektedir. Şekil 3.5'te fiziksel modelin nihai hali görülmektedir.



Şekil 3.3 Sayısal ızgara altlığı ve fiziksel modelde oluşturulan 50*50 cm boyutlarında kareler (TÜBİTAK 116M237, 2019)



Şekil 3.4 Fiziksel modelde baraj mansabına temsili bitki örtüsünün yerleştirilmesi (TÜBİTAK 116M237, 2019)



Şekil 3.5 Ürkmez Barajı fiziksel modelinin nihai görünümü (TÜBİTAK 116M237, 2019)

Bu tez kapsamında ilk olarak ani yıkılma senaryosu için deneyler gerçekleştirilmiştir. İlgili deneylerin bitiminde baraj gövdesi yerinden kaldırılarak trapez gedik durumundaki yıkılma senaryosu için kullanılacak olan yeni baraj gövdesi yerine yerleştirilmiş olup sızdırmazlık testleri yapılmıştır. Sızdırmazlığın sağlanabilmesi için gövde etrafına kauçuk conta ve silikon uygulaması yapılmıştır. Trapez gedik yıkılma senaryosu için gerçekleştirilen deneyler tamamlandıktan sonra

baraj gövdesi yerinden kaldırılarak yerine üçgen gedik durumundaki yıkılma senaryosu çalışmaları için yeni baraj gövdesi yerleştirilmiştir.

3.2 Ölçüm Cihazları

Çarpıtılmış fiziksel model üzerinde gerçekleştirilen deneysel çalışmalarda zamana bağlı su derinlikleri ve zamana bağlı noktasal akım hızları ölçülmüştür. Bu amaçla iki farklı donanım kullanılarak ölçümler gerçekleştirilmiştir. Bunlardan ilki, baraj yıkılması sonucu mansapta yayılacak taşkın dalgasının farklı konumlarda zamana bağlı derinliklerinin belirlenmesi için kullanılan UltraLab ULS Sensing Water Levels and Waves 80-D cihazı ve bu cihaz ile bütünleşik şekilde çalışan USS20130 algılayıcılarıdır (Şekil 3.6a). Diğer ölçüm donanımı ise mansap bölgesinde iki noktada taşkın dalgası yayılımından kaynaklı noktasal akım hızlarını zamana bağlı ölçebilen Sontek MicroADV cihazıdır (Şekil 3.6b).



Şekil 3.6 (a) ULS 80-D cihazı ve USS20130 algılayıcıları, (b) MicroADV cihazı ve ölçüm sondaları (TÜBİTAK 116M237, 2019)

Şekil 3.6a’da algılayıcıları ile gösterilen ULS cihazı, laboratuvar ortamında akım derinliklerinin, dalga yüksekliklerinin belirlenmesi ve su yüzeyi profilinin çıkartılmasında ultrasonik yöntem kullanmaktadır. Ölçüm aralığı 20 cm ile 1.30 m arasındadır. Algılayıcıların kablo uzunluğu 10 m olup su yüzeyinin üstünde monte edildiklerinden, akım bozulmadan ölçümler yapılabilmektedir. USS algılayıcılarının teknik özellikleri Tablo 3.2’de verilmektedir. ULS 80-D’nin sekiz BNC soketine takılan algılayıcılar ile sekiz farklı noktadan eşzamanlı ölçüm yapılabilmektedir.

Tablo 3.2 UltraLab® USS20130 algılayıcılarının teknik özellikleri

Su seviyesine mesafesi	200 mm
Maksimum çalışma derinliği	1300 mm
Frekans	200 kHz
Çözünürlük	0.18 mm
Ölçüm frekansı	50 Hz
Çıkış voltajı	0 – 10 V

Deneyler sırasında kullanılan Mikro ADV cihazı laboratuvarlar, nehirler ve okyanuslar dahil çok sayıda ortamda suyun hızını ölçmek için kullanılabilen bir ölçüm cihazıdır. Mikro ADV cihazı sondadan 5 cm uzaklıkta yer alan küçük numunelendirme hacminde akış hızını ölçmek için kullanılmaktadır. Ölçülebilen hız aralığı ± 3 cm/s den ± 250 cm/s ye kadardır. Mikro ADV, sonda, sinyal modülü ve işlemci olmak üzere üç temel elemandan oluşmaktadır. Sonda suya batırılabilir ve 10 m uzunluğa kadar olan özel korumalı kablolar ile işlemci modülüne bağlanabilmektedir. Mikro ADV cihazı teknik özellikleri Tablo 3.3’te verilmektedir.

Tablo 3.3 Mikro ADV cihazı teknik özellikleri

Örneklendirme Hacminin Yeri	Sondadan 5 cm uzaklıkta
Ölçülen Akış Hızı Aralığı	± 3 cm/s’den ± 250 cm/s’ ye kadar
Ölçüm frekansı	50 Hz’e kadar
Ölçüm Kabloları	’ye kadar su geçirmez kablolar

3.3 Teorik Bakış

Her ana doğrultuda farklı bir geometrik ölçeğin mevcut olduğu fiziksel modeller çarpıtılmış fiziksel model olarak adlandırılmaktadır. Nehir modelleri, genellikle yatay ve düşey ölçek birbirinden farklı olacak şekilde tasarlanmaktadır. Bu çarpıklık genelde iyi sonuçlar vermektedir (Güney ve diğer., 2014).

3.3.1 Benzeşim Modeli

Ürkmez Barajı çarpıtılmış fiziksel modeli yatayda $L_{r,x}$ ($L_{x,m}/L_{x,p}$)=1/150, düşeyde $L_{r,z}$ ($L_{z,m}/L_{z,p}$)=1/30 ölçeğe sahiptir. Burada $L_{x,m}$ ve $L_{x,p}$ sırasıyla model ve prototipte yatay yöndeki karşılıklı uzunlukları simgelemektedir. Benzer şekilde $L_{z,m}$ ve $L_{z,p}$ sırasıyla model ve prototipte düşey yöndeki karşılıklı uzunluklardır. r indisi model ve prototipte karşılıklı boyutlu veya boyutsuz büyüklüklerinin oranını (ratio) temsil etmektedir.

Froude benzeşim modeli gereğince model ve prototipte Froude sayıları ($Fr = V/\sqrt{g.L}$) birbirine eşit olmalıdır. Bu çalışmada zamanla değişen akım durumu söz konusu olduğundan Strouhal sayısı da dikkate alınmaktadır. Model ve prototipte Strouhal sayılarının ($St = L/V.T$) da eşit olması gerekmektedir. Bu eşitlikler (1.1) ve (1.2) denklemleriyle aşağıda verilmiştir.

$$\frac{V_m}{\sqrt{g_m L_{m,z}}} = \frac{V_p}{\sqrt{g_p L_{p,z}}} \quad (1.1)$$

$$\frac{L_m}{V_m T_m} = \frac{L_p}{V_p T_p} \quad (1.2)$$

Burada; V_m ve V_p model ve prototipte karşılıklı noktalara ait hızları, g_m ve g_p değerleri ise model prototipteki yerçekimi ivmelerini simgelemektedir. Froude sayılarının eşitliğinden hızın yatay bileşen ölçeği ve zaman ölçeği aşağıdaki gibi elde edilir (Denklemler 1.3 ve 1.4) oranı için,

$$V_r = \frac{V_m}{V_p} = \sqrt{\frac{L_{m,z}}{L_{p,z}}} = L_{r,z}^{1/2} \quad (1.3)$$

$$T_r = \frac{T_m}{T_p} = \frac{L_{r,x}}{\sqrt{L_{r,z}}} = \frac{1}{m_d} L_{r,z}^{1/2} \quad (1.4)$$

elde edilmektedir. m_d ($= L_{r,z}/L_{r,x}$) model çarpıklık katsayısı (çarpıtma oranı)dır.

Model ve prototipte Strouhal sayılarının oranı yazılırsa,

$$St_r = \frac{L_{r,x}}{V_r T_r} = 1 \quad (1.5)$$

olmak üzere hız ölçęęi

$$V_r = \frac{L_{r,x} m_d}{L_{r,z}^{1/2}} \quad (1.6)$$

şeklinde elde edilmektedir.

Bu durumda prototipte ölçülen zaman ve hızlar $T_p = 27.4 T_m$ ve $V_p = 5.48 V_m$ eşitlikleri yardımıyla bulunmaktadır (Güney ve diğer, 2014).



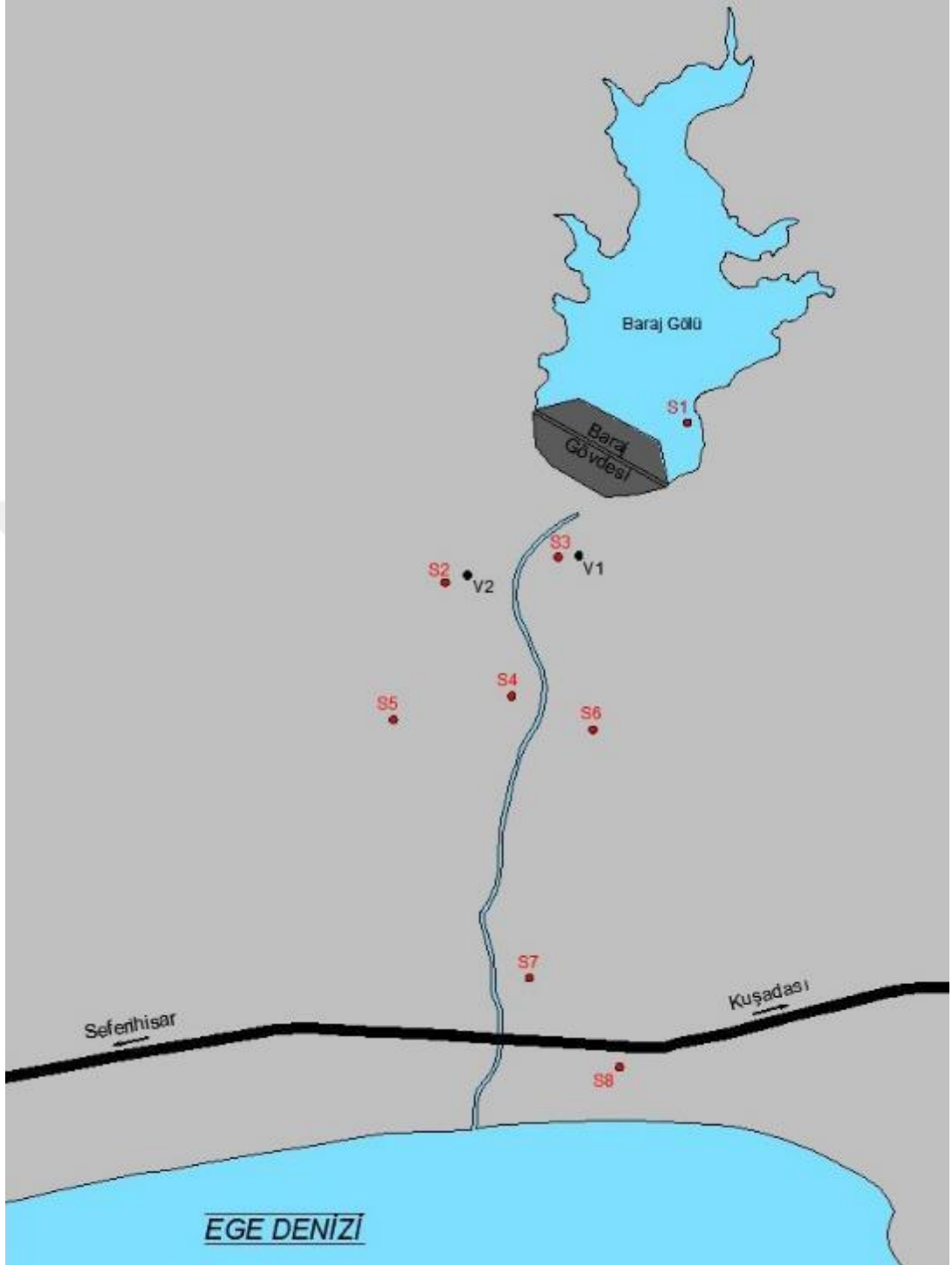
BÖLÜM 4

DENEYSEL BULGULAR

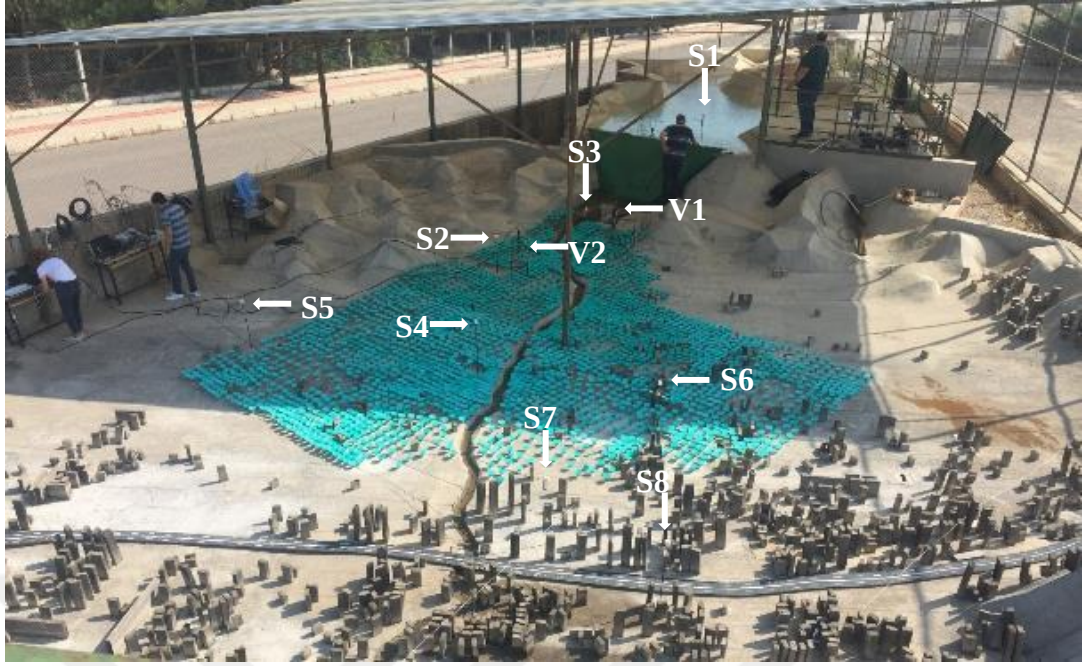
Bu tez kapsamında, ani tam baraj yıkılması ile trapez gedik ve üçgen gedik şeklindeki kısmi yıkılma senaryoları için deneyler gerçekleştirilerek barajın mansabında oluşacak taşkın dalgalarının yayılımı üzerinde bitki örtüsünün etkisi araştırılmıştır.

Şekil 4.1’de zamana bağlı su derinliği ölçümleri için kullanılan 8 adet USS algılayıcısının ve zamana bağlı akım hızı ölçümü için kullanılan 2 adet ADV sondasının yerleri şematik olarak gösterilmektedir. Şekil 4.2’de ise ölçüm noktalarının yerleri Ürkmez Barajı çarpıtılmış fiziksel modeli fotoğrafı üzerinde gösterilmektedir. Şekilden görüleceği üzere USS algılayıcılarından biri baraj gölü içerisinde kalmakta olup, bu algılayıcıdaki ölçümler sayesinde, baraj yıkılması sonucu oluşan çıkış hidrografi belirlenebilmektedir.

Akım hızı ölçümlerinde kullanılan ADV cihazının tam doğru bir şekilde ölçüm gerçekleştirebilmesi için akan suyun içinde askıda katı maddelere ihtiyaç duyulmaktadır. Doppler prensibine göre çalışan cihazda yüksek frekanslı ses dalgalarının su içerisindeki bir parçacığa çarpıp geri yansması esastır. Bu durumda ADV ölçümleri çok temiz sularda yeterli doğrulukta sonuç verememektedir. Her deney öncesi baraj gölü temiz su ile tekrardan doldurulduğundan ADV cihazının güvenilir sonuç vermesi adına, baraj gölündeki suya kaolin cinsi bir kil karıştırılmıştır (Şekil 4.3). Bu kil cinsi oldukça ince daneli olup, su içerisine karıştırıldığından uzunca bir süre çökelmeden askıda kalabilmektedir. Deney öncesi suya karıştırılan kaolin kili, kapağın açılması ile askıda mansaba doğru yayılmakta ve böylece güvenilir hız ölçümleri gerçekleştirilebilmektedir.



Şekil 4.1 Baraj fiziksel modeli üzerine yerleştirilmiş ölçüm noktaları yerlerinin şematik gösterimi (S: seviye ölçüm noktaları; V: hız ölçüm noktaları) (TÜBİTAK 116M237, 2019)



Şekil 4.2 Ölçüm noktalarının yerlerinin fiziksel model üzerinde gösterimi (TÜBİTAK 116M237, 2019)



Şekil 4.3 Deney öncesi baraj gölüne kaolin kilinin karıştırılması (TÜBİTAK 116M237, 2019)

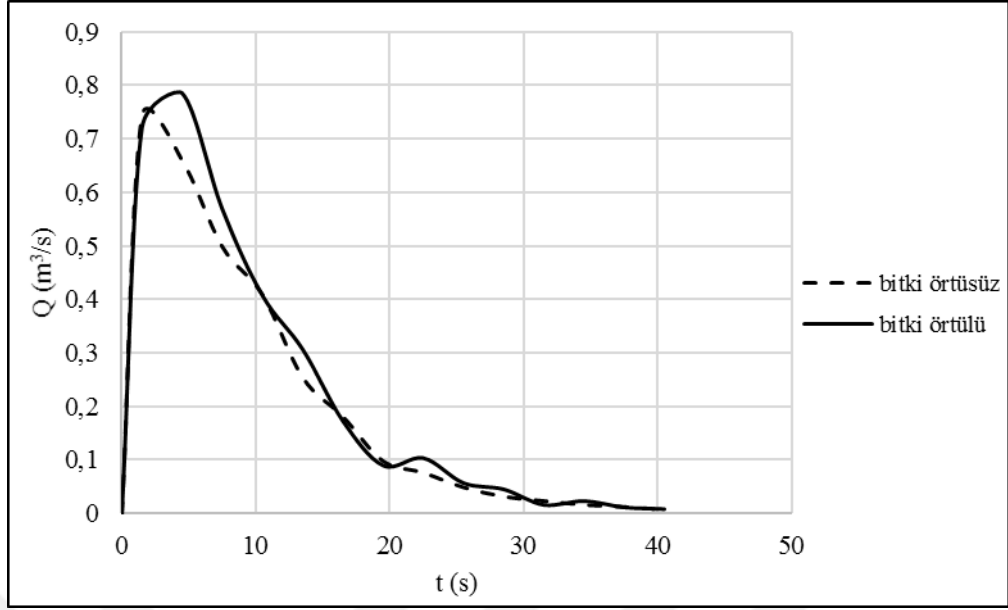
4.1 Ani Yıkılma Senaryosu

Ani yıkılma deneylerinde kullanılan yıkılma mekanizması Şekil 4.4'te gösterilen alt kısmından mafsallı dikdörtgen şeklindeki kapağın aniden mansaba doğru devrilmesiyle gerçekleştirilmiştir. Dikdörtgen kapağı tutan mekanizma bir motor yardımıyla yukarı kaldırılmakta ve kapak aniden devrilerek açılmaktadır. Gerek deneylerin karşılaştırılmalı kontrolü, gerekse de olası ölçüm hatalarını bertaraf etmek için aynı koşullarda en az iki deney gerçekleştirilmiştir.

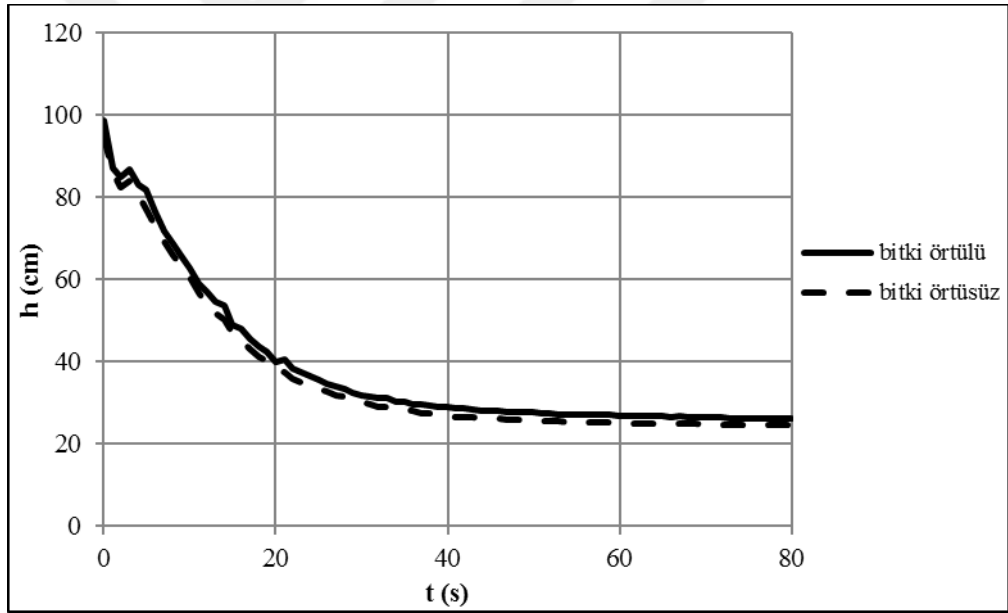


Şekil 4.4 Ani yıkılma mekanizması (solda kapağın deney öncesi kapalı konumdaki durumu, sağda ise kapağın açılmış durumdaki son hali) (TÜBİTAK 116M237, 2019)

Ani yıkılma deneylerine, 2013 yılında tamamlanan TÜBİTAK 110M240 projesi kapsamında bitki örtüsüz olarak gerçekleştirilmiş olan deneysel koşullar ile başlanmıştır. Bu deney kapsamında modelde baraj gölü maksimum seviyede olup su derinliği 98 cm'dir. Şekil 4.5 ve Şekil 4.6'da bitki örtüsüz ve bitki örtülü deneylerin çıkış hidrografları ve deney sırasında baraj gölü su derinliklerinin zamana bağlı değişimi verilmektedir. Bu grafiklerden bitki örtülü gerçekleştirilen deneylerde kullanılan çıkış hidrografi ile bitki örtüsüz olarak gerçekleştirilen deneylerin çıkış hidrografının benzer olduğu görülmektedir. Böylece aynı deney koşulları sağlanmıştır.

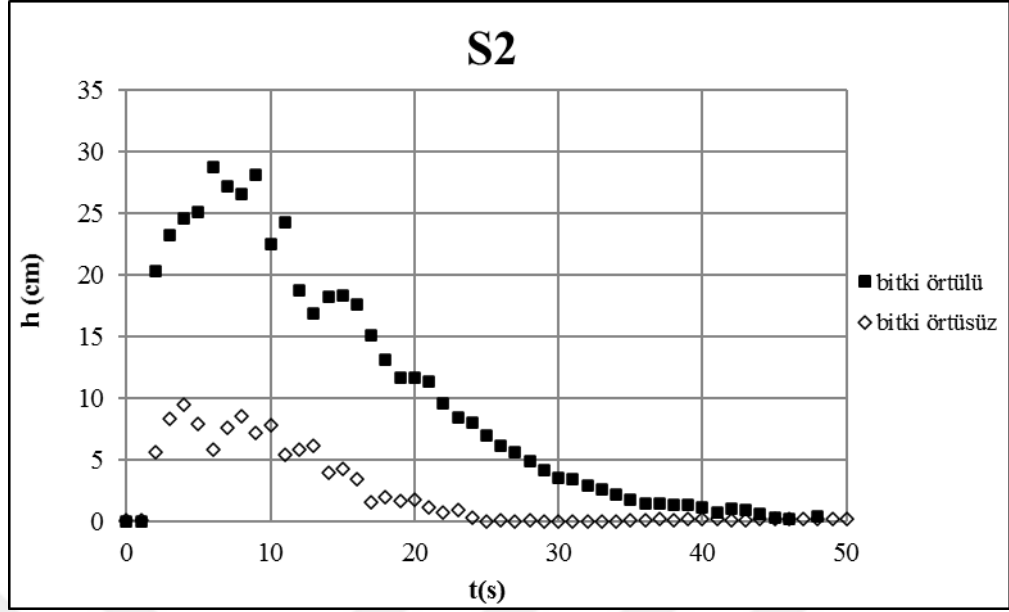


Şekil 4.5 Bitki örtülü ve bitki örtüsüz deneylere ait çıkış hidrografları

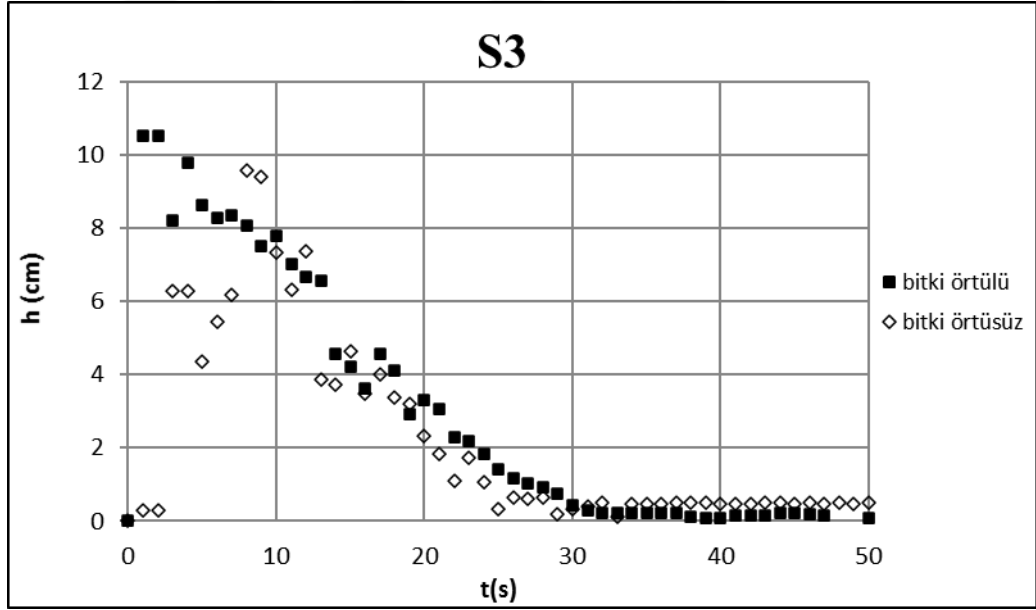


Şekil 4.6 Bitki örtülü ve bitki örtüsüz deneylere ait zamana bağlı baraj gölü su derinlikleri

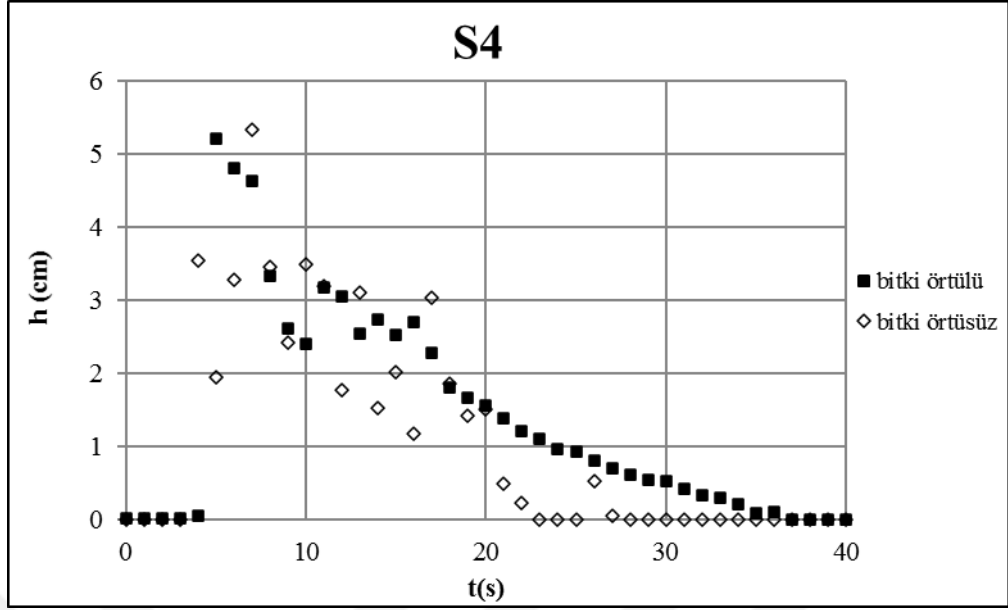
Şekil 4.7, 4.8, 4.9, 4.10, 4.11 ve 4.12’de bu tez kapsamında gerçekleştirilen bitki örtülü deneyler ve TÜBİTAK 110M240 nolu proje kapsamında gerçekleştirilmiş olan bitki örtüsüz deneyler sırasında barajın mansabında yer alan ölçüm noktalarında kaydedilen zamana bağlı su derinlikleri verilmektedir.



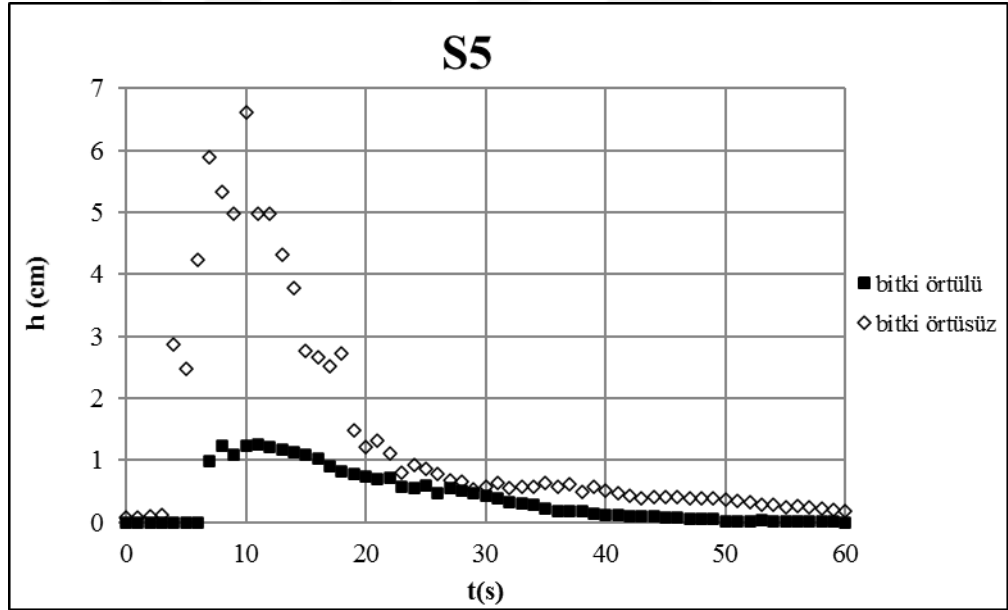
Şekil 4.7 Bitki örtülü ve bitki örtüsüz deneylere ait S2 nolu ölçüm noktasında kaydedilen seviye değişimleri



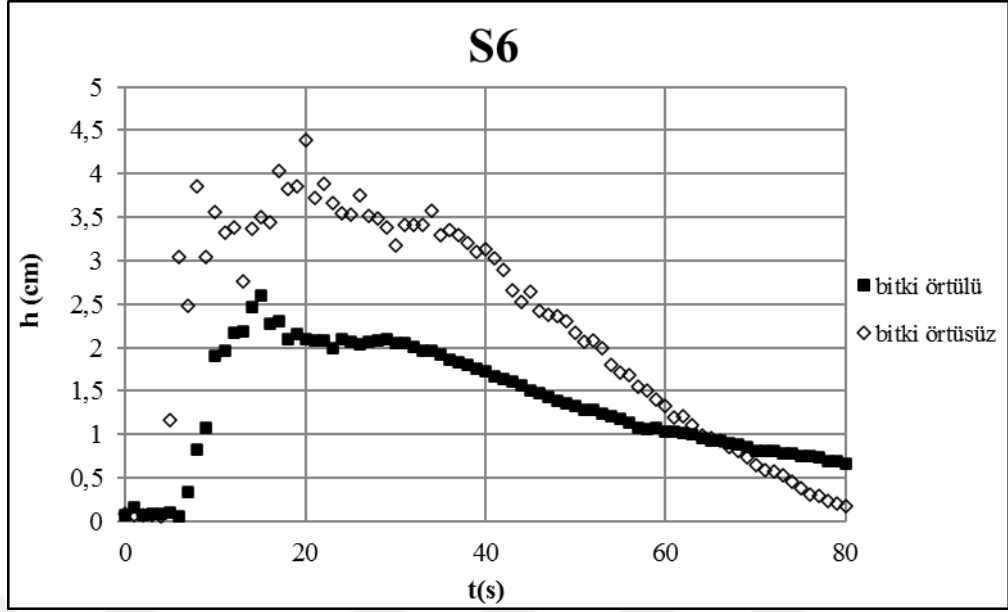
Şekil 4.8 Bitki örtülü ve bitki örtüsüz deneylere ait S3 nolu ölçüm noktasında kaydedilen seviye değişimleri



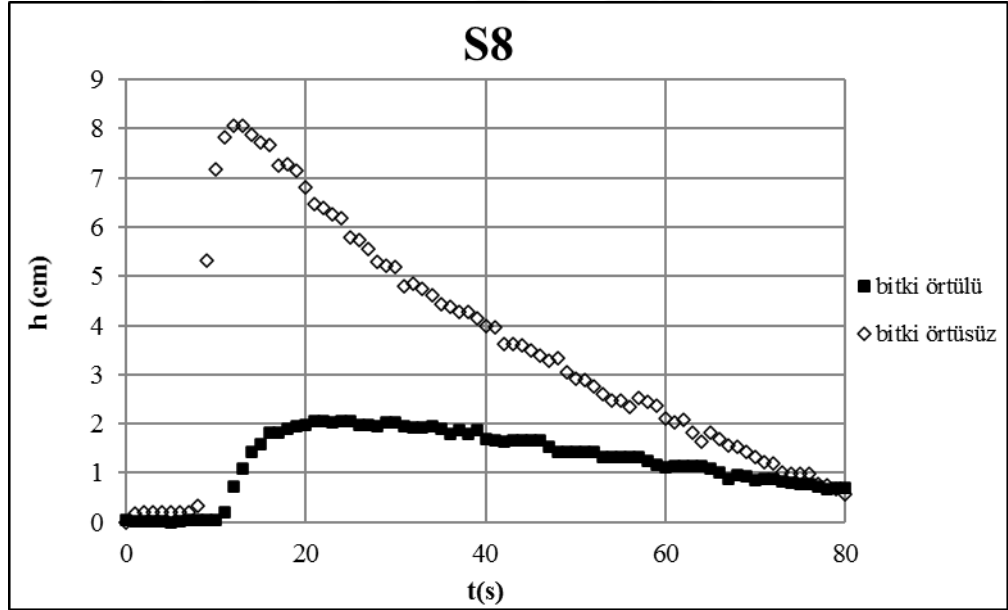
Şekil 4.9 Bitki örtülü ve bitki örtüsüz deneylere ait S4 nolu ölçüm noktasında kaydedilen seviye değişimleri



Şekil 4.10 Bitki örtülü ve bitki örtüsüz deneylere ait S5 nolu ölçüm noktasında kaydedilen seviye değişimleri



Şekil 4.11 Bitki örtülü ve bitki örtüsüz deneylere ait S6 nolu ölçüm noktasında kaydedilen seviye değişimleri



Şekil 4.12 Bitki örtülü ve bitki örtüsüz deneylere ait S8 nolu ölçüm noktasında kaydedilen seviye değişimleri

Deney sonuçlarından görüldüğü üzere bitki örtüsü, mansap bölgesinde baraja daha yakın olan kısımlarda taşkın dalgasının seviyesinde bir artışa sebep olmaktadır. Buna ek olarak taşkın dalgası mansaba doğru ilerledikçe bitki örtüsünün mevcut olmadığı

deneylere göre daha geç ve daha az derinliklerle hareket etmekte ve etkisi azalmaktadır.

Çarpıtılmış baraj fiziksel modelinin düşey ölçeği 1/30 olduğundan ölçülen derinlikler 30 ile çarpılarak prototip değerlerine geçiş sağlanabilmektedir. Deney sonuçlarına göre sağ sahilde baraj gövdesine yakın bir konumda bulunan S2 nolu ölçüm noktasında su derinliğinin 28,8 cm civarlarına çıktığı görülmektedir. Bu değer prototipte 8,64 m su derinliğine karşılık gelmektedir. Bu bölgede yerleşim seyrek olup 9 m'lik su derinliği göz önüne alındığında 3 katlı yapıların sular altında kalacağını anlaşılmaktadır. Bu değer bitki örtüsüz gerçekleştirilen deneyler sonrasında 9,4 cm ölçülmüş olup prototipte 2,82 m'lik bir su derinliğine karşılık gelmektedir. Bitki örtüsünün bu bölgede oldukça yoğun olması sebebiyle su yüksekliğinde üç kat kadar bir artış olduğu görülmektedir. Taşkın dalgasının bu noktaya ulaşma süresi hem bitki örtülü hem de bitki örtüsüz deneylerde 2 saniye olarak ölçülmüştür. Bu değer çarpıtılmış benzeşim modeli kanunları kullanılarak prototipe taşındığında, bu noktaya 54,8 saniye sonra taşkın dalgasının ulaşacağı anlaşılmaktadır. Taşkın dalgasının maksimum su seviyesine ulaşması bitki örtüsüz model deneylerinde 4 saniye iken bu değer bitki örtülü deneylerde 6 saniye olarak ölçülmüştür. Bu değerler prototipte sırasıyla 1,83 dakika ve 2,74 dakika olarak belirlenmektedir.

Baraj gövdesine çok yakın ve sol sahilde bulunan S3 ölçüm noktasında kaydedilen maksimum su derinlikleri birbirine çok yakındır. Gövdeye çok yakın olması sebebiyle bitki örtüsünün etkisi bu noktada, öngörüldüğü gibi izlenmemektedir.

S5 nolu seviye ölçer modelde sağ sahilde mansap bölgesinin orta kısmında yer almakta olup seviye ölçerin mansap tarafında yerleşim yerleri mevcuttur. Model deneylerinde S5 nolu ölçüm noktasında maksimum su derinliği 1,3 cm civarında ölçülmüştür. Bu değer prototipte 0,39 m'lik bir su derinliğine karşılık gelmektedir. Bu değer bitki örtüsüz gerçekleştirilen deneyler sonrasında 5,9 cm civarında ölçülmüş olup prototipte 1,77 m'lik bir su derinliğine karşılık gelmektedir. Buradan anlaşılabileceği üzere bitki örtüsünün mevcut olması taşkın dalgasının baraj mansap tarafında

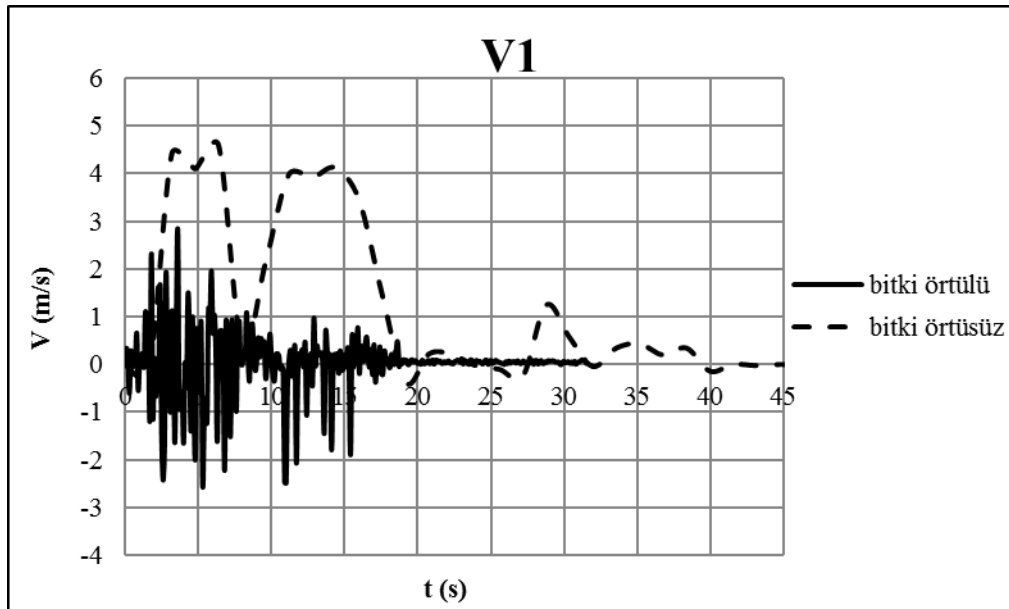
ilerledikçe su derinliğinde ciddi bir azalmaya sebep olmakta ve yerleşim yerlerine olan etkisini büyük ölçüde azaltmaktadır. Taşkın dalgasının bu noktaya ulaşma süresi bitki örtüsüz ve bitki örtülü deneyler için sırasıyla 4 ve 7 saniye olarak ölçülmüştür. Bu değerler çarpıtılmış benzeşim modeli kanunları kullanılarak prototipe taşındığında bu noktaya bitki örtüsüz durumda 1,83 dakika sonra bitki örtülü durumda ise 4,0 dakika sonra taşkın dalgasının ulaşacağı anlaşılmaktadır. Taşkın dalgasının maksimum su derinliğine ulaşması bitki örtüsüz model deneylerinde 7 saniye iken bu değer bitki örtülü deneylerde 11 saniye olarak ölçülmüştür. Bu değerler prototipte sırasıyla 3,2 dakika ve 5,0 dakika olarak belirlenmektedir. Bitki örtüsünün varlığı sadece taşkın dalgasının derinliğini düşürmekle kalmamış aynı zamanda bu noktaya ulaşmasında da ciddi bir gecikme sağlamıştır.

S6 nolu seviye ölçer modelde sol sahilde mansap bölgesinin orta kısmında yer almaktadır. Bu bölgedeki yerleşim yoğunluğu, önceki sensörlerin ölçüm bölgelerindeki yerleşim yoğunluklarına oranla daha fazladır. S6 nolu ölçüm noktasında su derinliği maksimum 2,6 cm ölçülmüştür. Bu değer prototipte 0,78 m su derinliğine karşılık gelmektedir. Bu değer bitki örtüsüz gerçekleştirilen deneyler sonrasında 3,85 cm ölçülmüş olup prototipte 1,16 m'lik bir su derinliğine karşılık gelmektedir. Yerleşim yerlerinin daha yoğun olduğu bu bölgede bitki örtüsünün etkisiyle maksimum su derinliğinde bir azalma olduğu görülmektedir. Taşkın dalgasının bu noktaya ulaşma süresi bitki örtüsüz ve bitki örtülü deneyler için sırasıyla 5 ve 7 saniye olarak ölçülmüştür. Bu değerler çarpıtılmış benzeşim modeli kanunları kullanılarak prototipe taşındığında bu noktaya bitki örtüsüz durumda 2,28 dakika, bitki örtülü durumda ise 4,0 dakika sonra taşkın dalgasının ulaşacağı anlaşılmaktadır. Taşkın dalgasının maksimum su derinliğine ulaşması bitki örtüsüz model deneylerinde 8 saniye iken bu değer bitki örtülü deneylerde 15 saniye olarak ölçülmüştür. Bu değerler prototipte sırasıyla 7,3 dakika ve 13,7 dakika olarak belirlenmektedir.

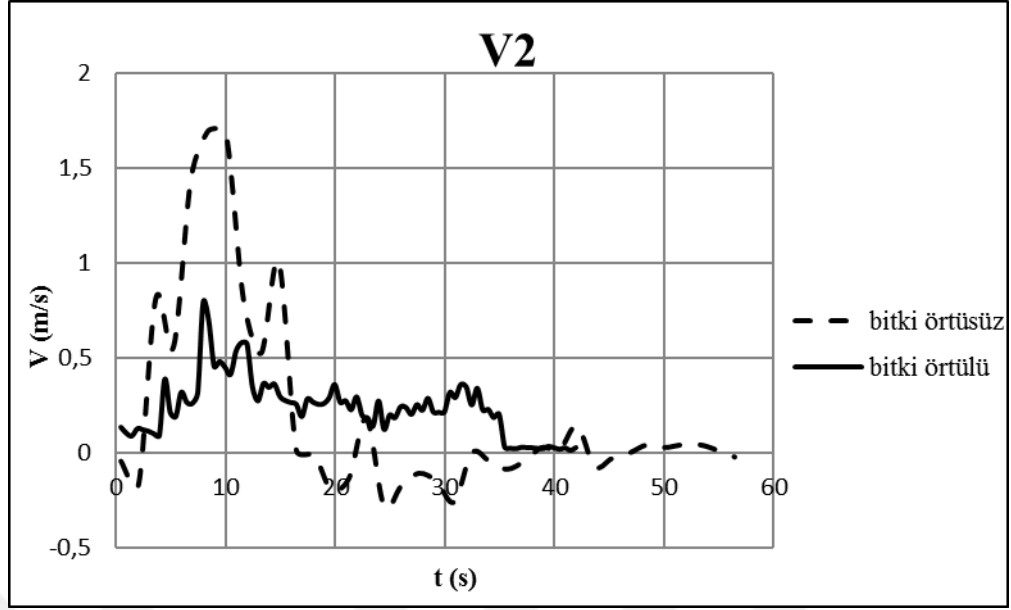
S8 nolu seviye ölçer Seferihisar-Kuşadası karayolunu geçince ve yerleşim alanlarının çok yoğun olduğu sahile yakın yerdedir. Model deneylerinde S8 nolu ölçüm noktasında maksimum su derinliği 2,1 cm civarlarında ölçülmüştür. Bu değer

prototipte 0,63 m'lik bir su derinliğine karşılık gelmektedir. Bu değer bitki örtüsüz gerçekleştirilen deneyler sonrasında 8,1 cm civarlarında ölçülmüş olup prototipte 2,43 m'lik bir su derinliğine karşılık gelmektedir. Bu sonuçlardan yine bitki örtüsünün yerleşim yerlerini ciddi ölçüde koruduğu sonucu çıkarılabilmektedir. Taşkın dalgasının bu noktaya ulaşma süresi bitki örtüsüz ve bitki örtülü deneyler için sırasıyla 8 ve 12 saniye olarak ölçülmüştür. Bu değerler çarpıtılmış benzeşim modeli kanunları kullanılarak prototipe taşındığında, bu noktaya bitki örtüsüz durumda 3,65 dakika, bitki örtülü durumda ise 5,48 dakika sonra taşkın dalgasının ulaşacağı anlaşılmaktadır. Taşkın dalgasının maksimum su derinliğine ulaşması bitki örtüsüz model deneylerinde 13 saniye iken bu değer bitki örtülü deneylerde 21 saniye olarak ölçülmüştür. Bu değerler prototipte sırasıyla 5,94 dakika ve 9,59 dakika olarak belirlenmektedir. Bitki örtüsünün varlığı sadece taşkın dalgasının derinliğini düşürmekle kalmamış aynı zamanda yerleşim yerlerine ulaşmasında da ciddi bir gecikme sağlamıştır.

Şekil 4.13 ve 4.14'te bitki örtülü ve bitki örtüsüz olarak gerçekleştirilmiş olan deneyler sırasında barajın mansap kesiminde V1 ve V2 nolu ölçüm noktalarında kaydedilen zamana bağlı akım hızı değerleri verilmektedir. Hız değerleri beklenildiği gibi, bitki örtüsünün mevcut olduğu deneylerde daha düşük elde edilmiştir.



Şekil 4.13 Bitki örtülü ve bitki örtüsüz deneylere ait V1 ölçüm noktasında kaydedilen hız-zaman grafikleri

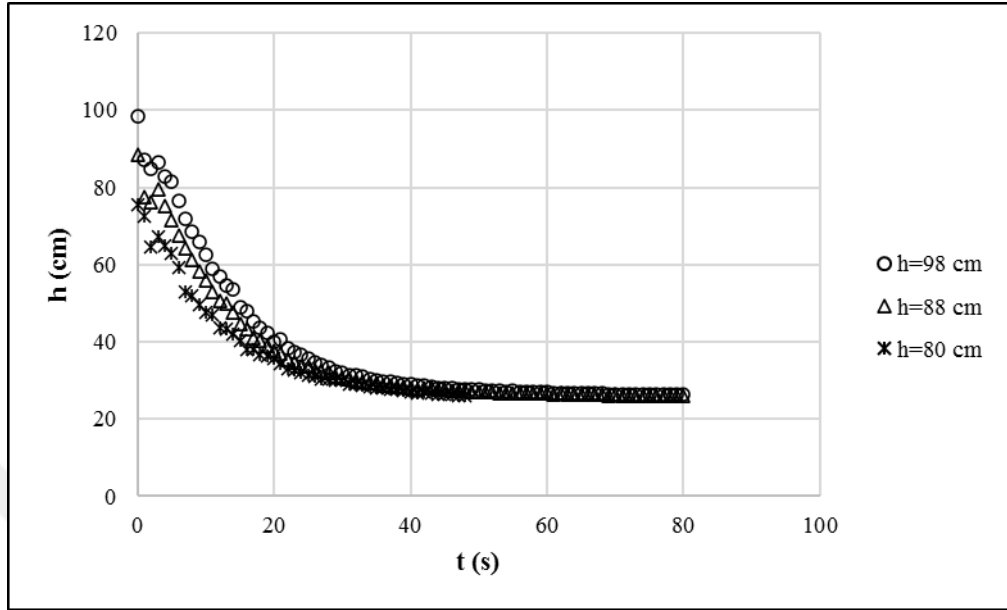


Şekil 4.14 Bitki örtülü ve bitki örtüsüz deneylere ait V2 ölçüm noktasında kaydedilen hız-zaman grafikleri

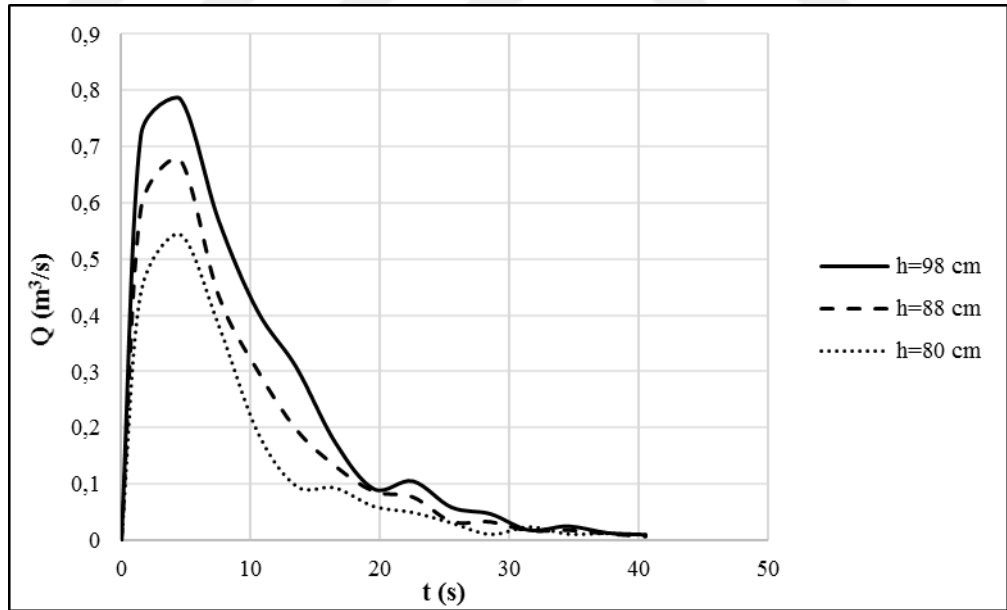
TÜBİTAK 110M240 nolu proje kapsamında bitki örtüsüz olarak gerçekleştirilen deneylerde yalnızca baraj gölünde maksimum doluluğa göre deneyler yapılmıştır. Barajlarda yıkılma olasılığı, su seviyesi arttıkça artan hidrostatik basınçla yükselse dahi daha düşük seviyelerde yıkılma olayının gerçekleşmeyeceği kesin değildir. Daha düşük seviyelerde bile toprak dolgu baraj içerisinde yaşanan sızma hareketi ile birlikte oluşacak borulanma sonucunda suyla birlikte katı madde de taşınmakta ve bu durumun sürekliliği göçmelere varan hasarlara neden olabilmektedir.

Bu nedenle, yapılan tez kapsamında tam dolu su derinliği olan 98 cm'ye ek olarak derinliğin 88 cm ve 80 cm olduğu seviyelerde de deneyler yapılmıştır. Bitki örtüsüz olarak yapılan çalışma kapsamında yalnızca baraj gölünün tam dolu olması durumunda deneyler gerçekleştirildiğinden baraj gölünde 88 cm ve 80 cm su derinliklerinin bulunması durumları için karşılaştırma yapılamamıştır. 88 cm ve 80 cm su derinlikleri ile gerçekleştirilen bu deneyler literatürde az olan deney verilerinin eksikliğini giderek sayısal model çalışmalarında araştırmacılara veri desteği sağlayacaktır.

Şekil 4.15 ve 4.16’da deneyler sırasında ölçülen baraj gölü su derinliklerinin zamana bağlı değişimi ve deneylerin çıkış hidrografları verilmektedir.

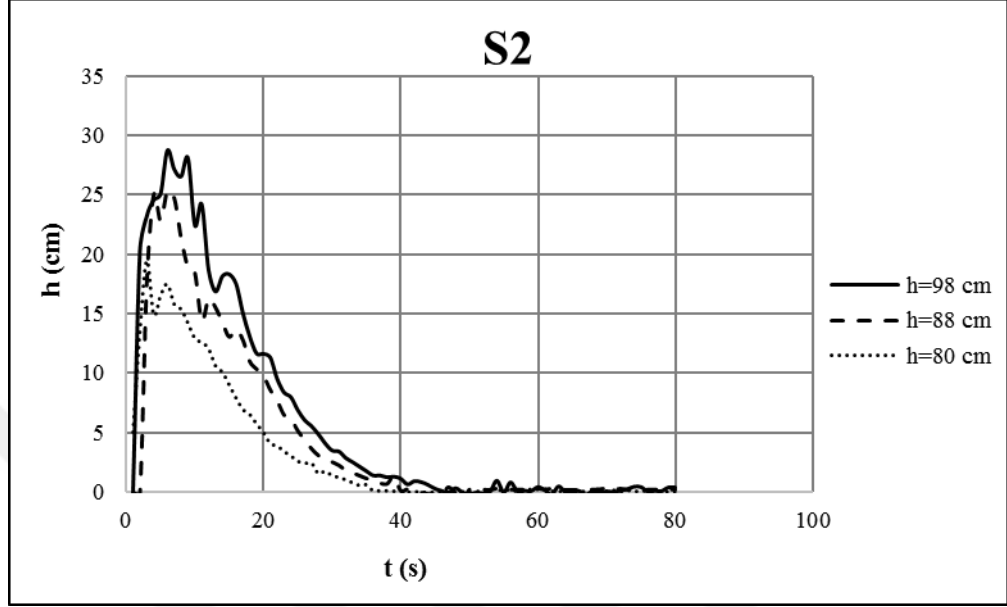


Şekil 4.15 Baraj gölünde farklı su derinlikleri durumunda gerçekleştirilen ani yıkılma deneylerine ait zamana bağlı baraj gölü su derinlikleri

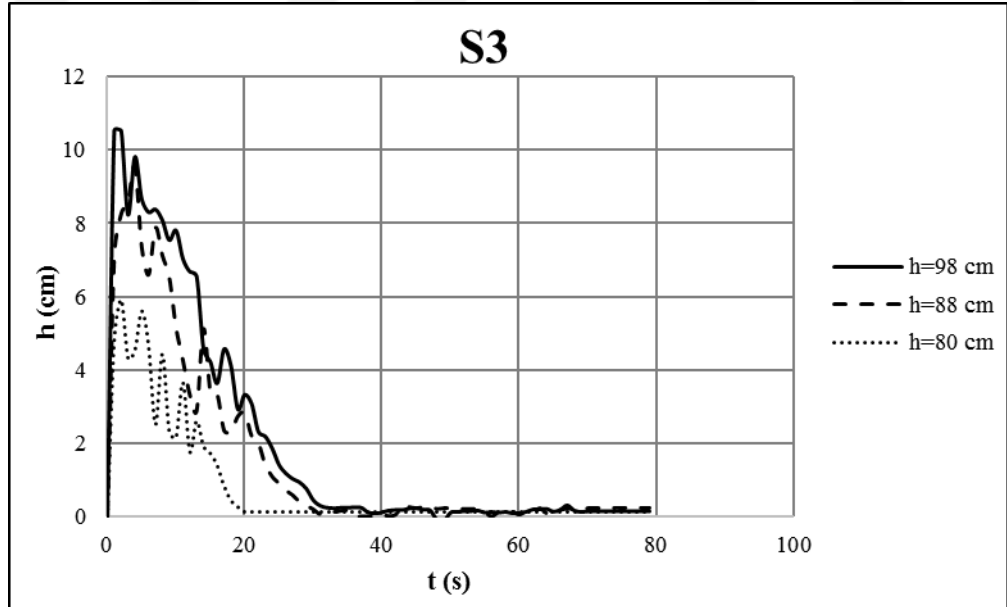


Şekil 4.16 Baraj gölünde farklı su derinlikleri durumunda gerçekleştirilen ani yıkılma deneylerine ait çıkış hidrografları

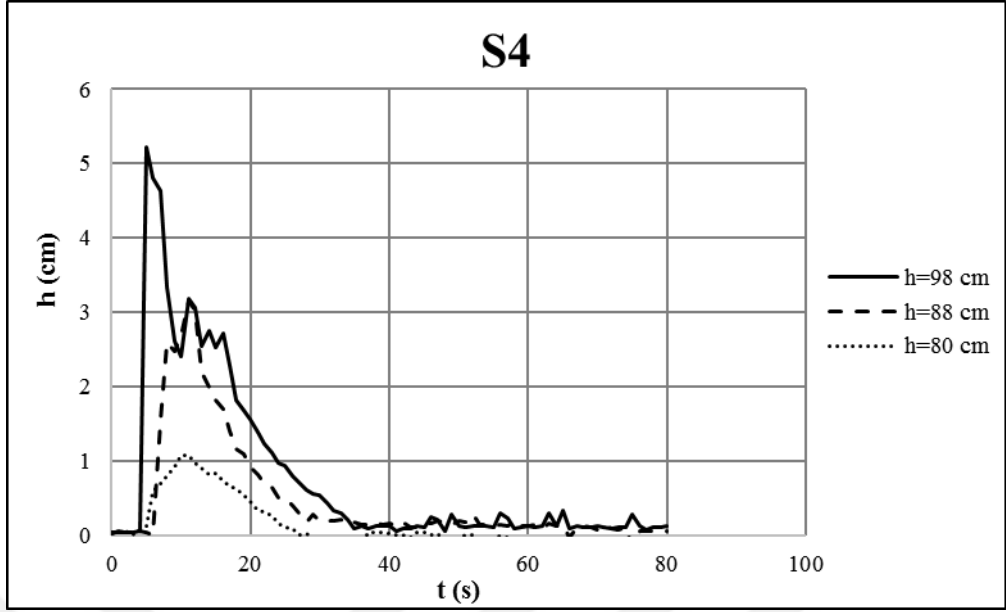
Farklı baraj göl seviyeleri için gerçekleştirilen deneylere ait barajın mansap kesiminde ölçülen zamana bağlı su derinlikleri Şekil 4.17, 4.18, 4.19, 4.20 ve 4.21’de verilmektedir.



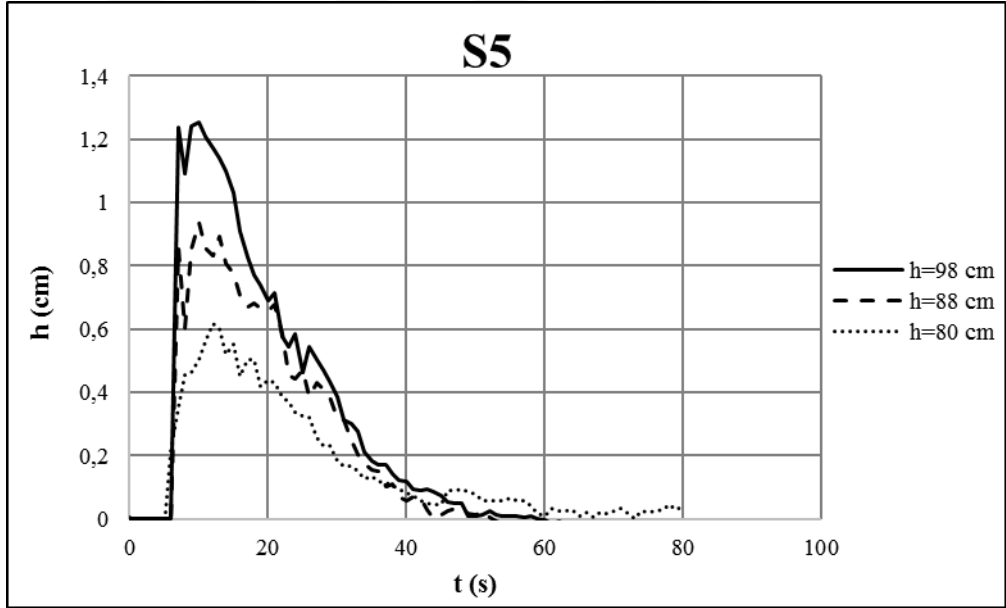
Şekil 4.17 Baraj gölünde farklı su derinlikleri durumunda gerçekleştirilen ani yıkılma deneylerinde S2 nolu ölçüm noktasında kaydedilen zamana bağlı su derinlikleri



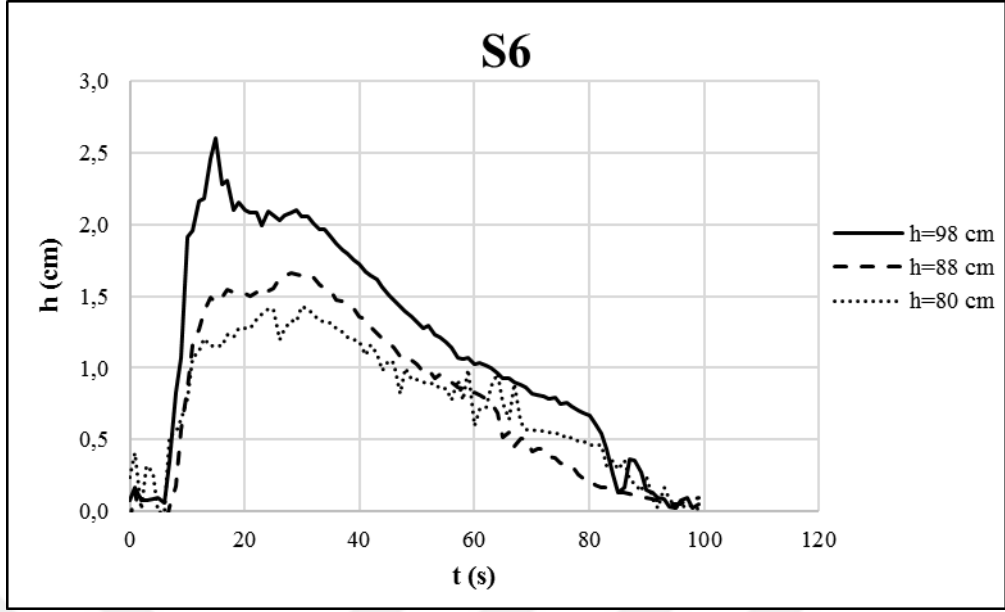
Şekil 4.18 Baraj gölünde farklı su derinlikleri durumunda gerçekleştirilen ani yıkılma deneylerinde S3 nolu ölçüm noktasında kaydedilen zamana bağlı su derinlikleri



Şekil 4.19 Baraj gölünde farklı su derinlikleri durumunda gerçekleştirilen ani yıkılma deneylerinde S4 nolu ölçüm noktasında kaydedilen zamana bağlı su derinlikleri

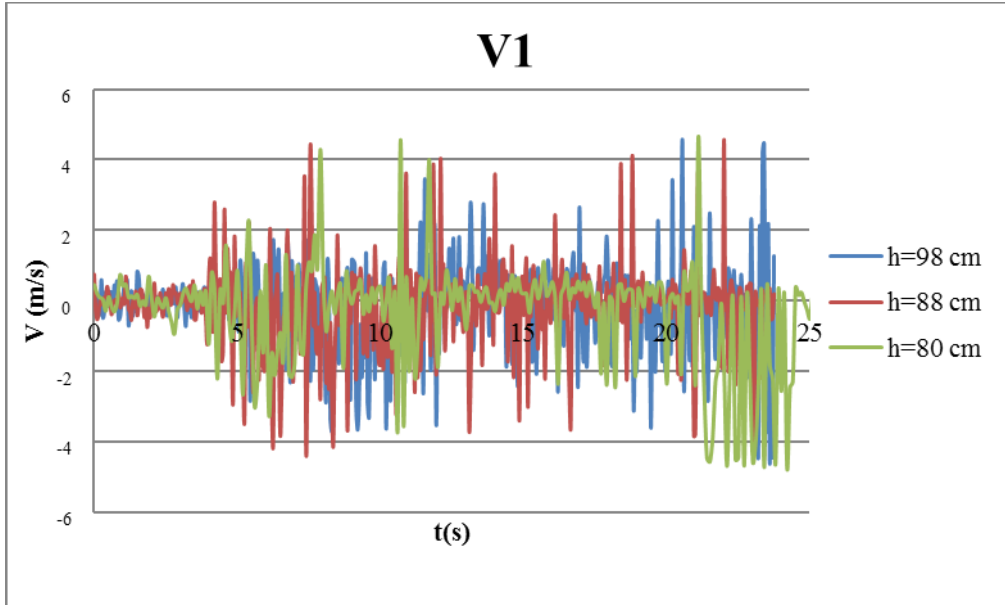


Şekil 4.20 Baraj gölünde farklı su derinlikleri durumunda gerçekleştirilen ani yıkılma deneylerinde S5 nolu ölçüm noktasında kaydedilen zamana bağlı su derinlikleri

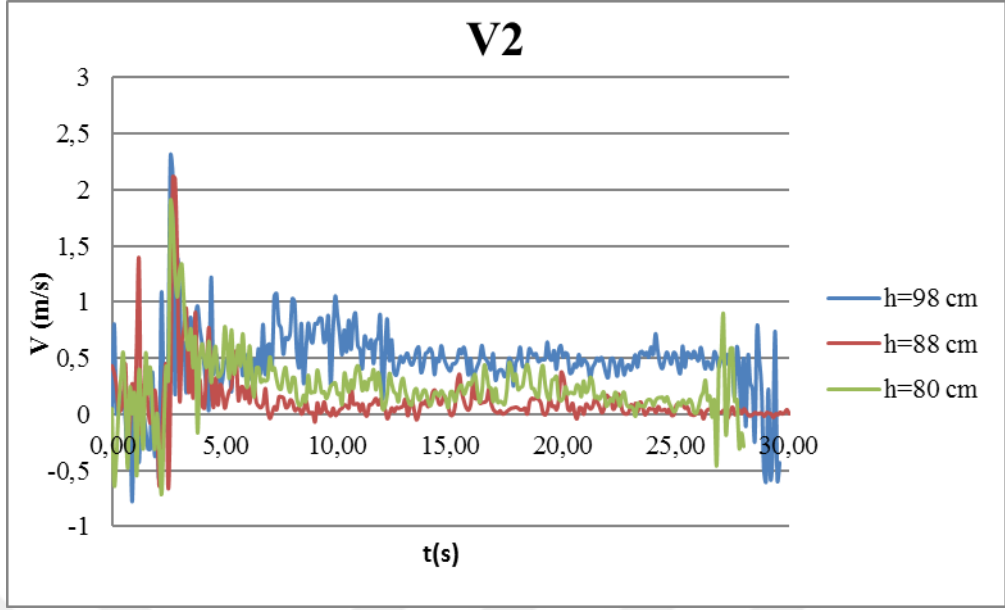


Şekil 4.21 Baraj gölünde farklı su derinlikleri durumunda gerçekleştirilen ani yıkılma deneylerinde S6 nolu ölçüm noktasında kaydedilen zamana bağlı su derinlikleri

Baraj gölünde farklı su derinlikleri durumunda gerçekleştirilen deneylere ait barajın mansap kesiminde ölçülen zamana bağlı akım hızları Şekil 4.22 ve 4.23'te verilmektedir.



Şekil 4.22 Baraj gölünde farklı su derinlikleri durumunda gerçekleştirilen ani yıkılma deneylerinde V1 nolu ölçüm noktasında kaydedilen zamana bağlı akım hızları

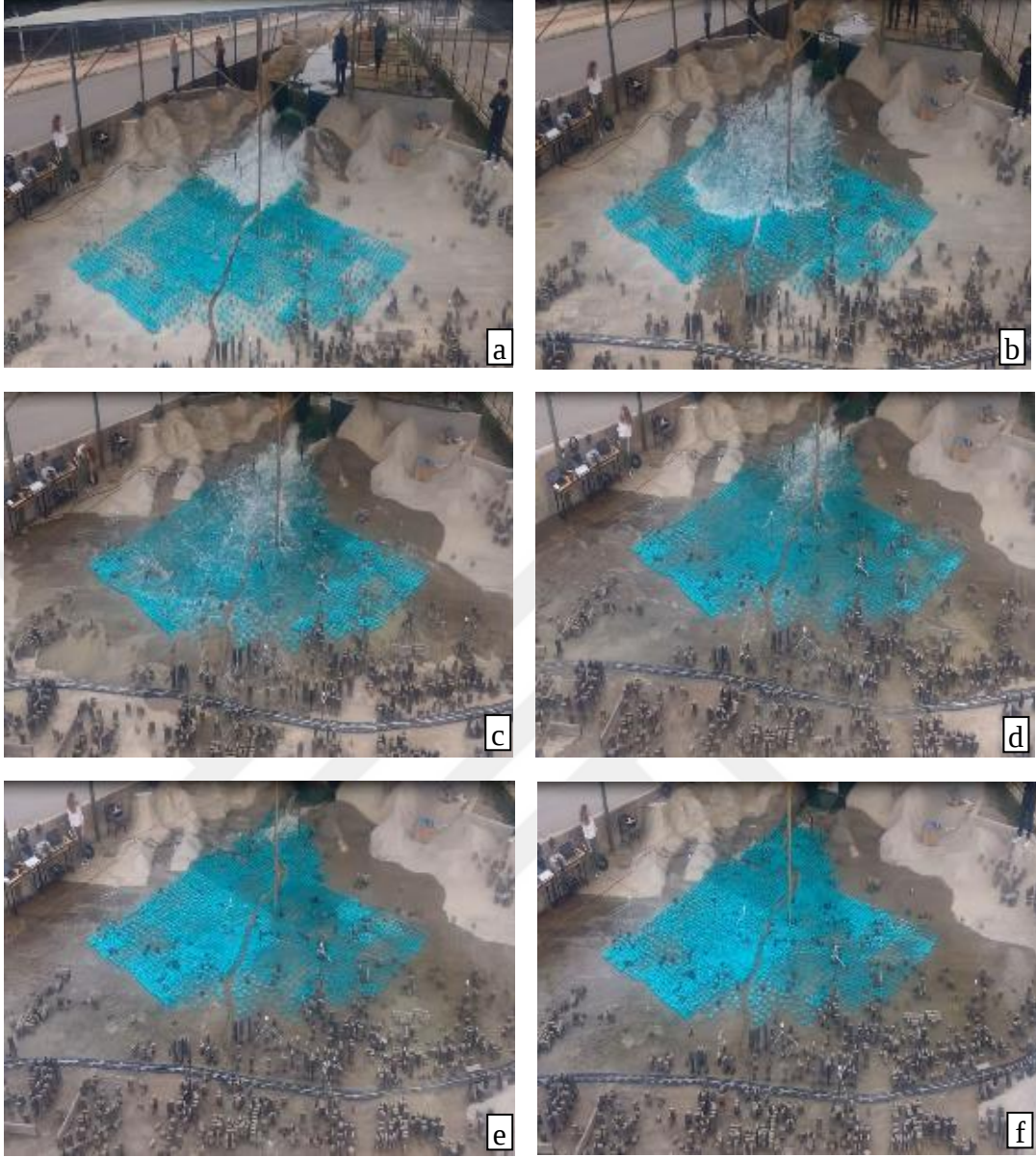


Şekil 4.23 Baraj gölünde farklı su derinlikleri durumunda gerçekleştirilen ani yıkılma deneylerinde V2 nolu ölçüm noktasında kaydedilen zamana bağlı akım hızları

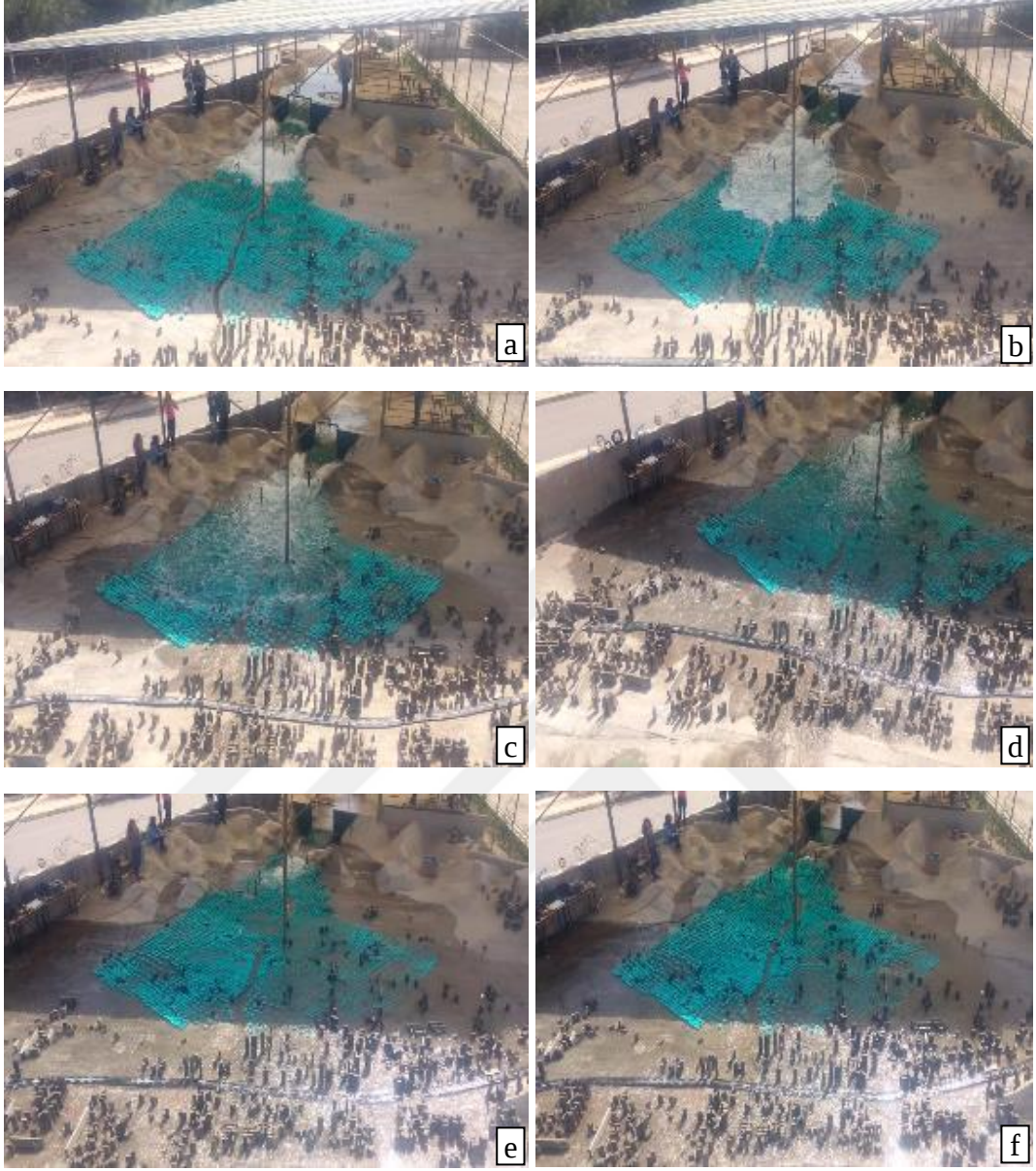
Şekil 4.22 ve 4.23 birlikte ele alındığında, Şekil 4.23'te gösterilen V2 ölçüm noktasındaki zamana bağlı akım hızlarının Şekil 4.22'de verilen V1 ölçüm noktasındaki zamana bağlı akım hızlarına oranla oldukça düzenli bir yapıda olduğu görülmektedir. Bunun temel nedeni olarak, V1 nolu ölçüm noktasının baraj gövdesine V2'ye oranla çok daha yakın bir konumda olması ile bu noktada baraj çıkışındaki yüksek hızlı taşkın akımının oluşturduğu güçlü türbülanslar ve akım rejimindeki düzensizlikler gösterilebilir.

Deney sonuçlarından da görüldüğü üzere baraj gölü seviyesi azaldıkça taşkın dalgasının mansap bölgesinde yayılımı sırasında ulaştığı su derinlikleri azalmakta ve maksimum su yüksekliği değerine ulaşma süreleri artmaktadır. Bu beklenen sonuç gerçekleştirilen deneylerin doğruluğunun da bir kanıtı olarak gösterilebilir.

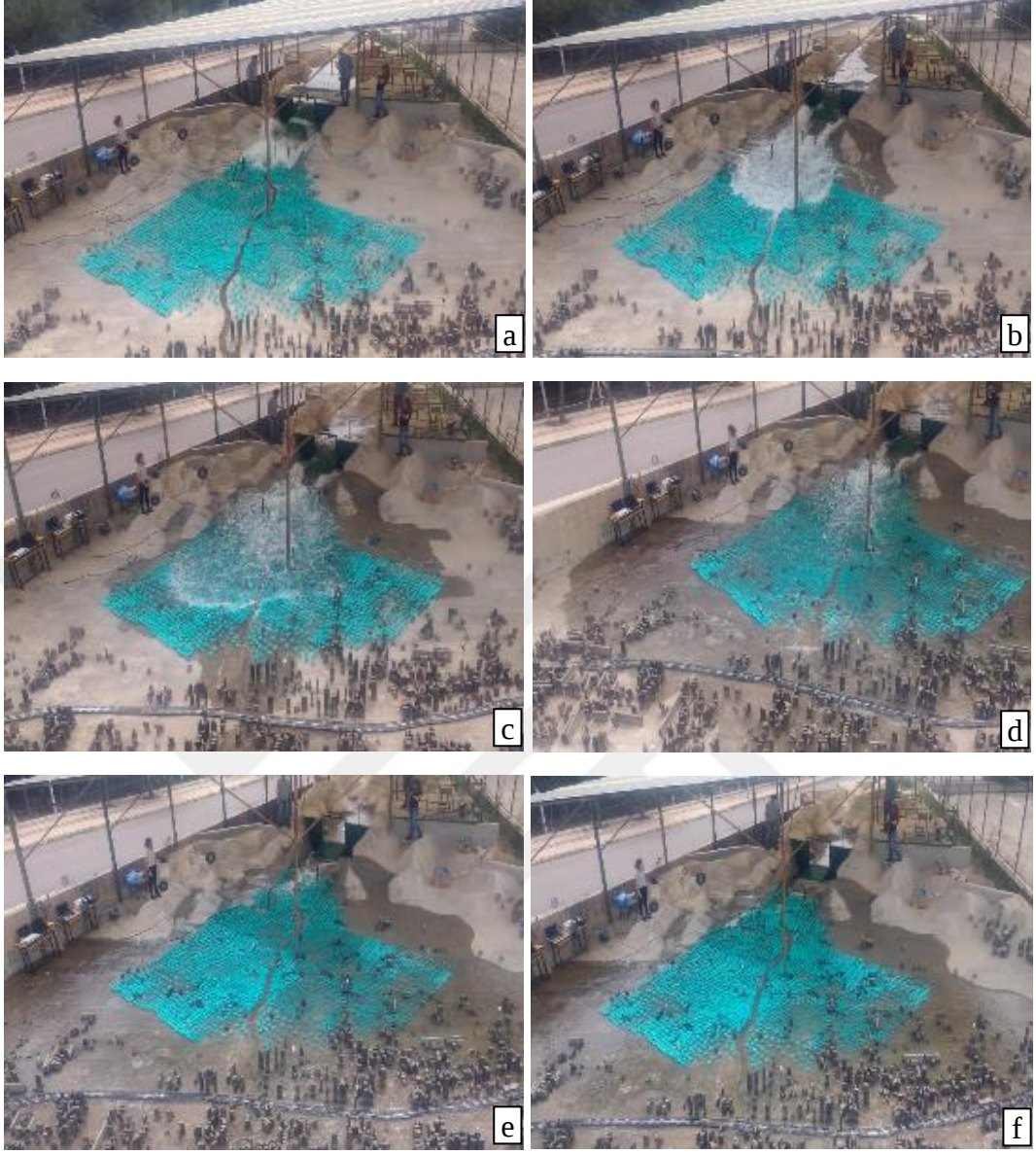
Şekil 4.24, 4.25 ve 4.26'da farklı baraj gölü seviyeleri için gerçekleştirilen deneyler sırasında deney başlangıcından 3, 6, 10, 15, 25 ve 35 saniye sonra çekilen görüntüler verilmektedir.



Şekil 4.24 Ani yıkılma durumunda baraj gölünde 98 cm su seviyesi varken gerçekleştirilen deney için kapak açıldıktan a) 3 saniye b) 6 saniye c) 10 saniye d) 15 saniye e) 25 saniye f) 35 saniye sonra alınan görüntüler (TÜBİTAK 116M237, 2019)



Şekil 4.25 Ani yıkılma durumunda baraj gölünde 88 cm su seviyesi varken gerçekleştirilen deney için kapak açıldıktan a) 3 saniye b) 6 saniye c) 10 saniye d) 15 saniye e) 25 saniye f) 35 saniye sonra alınan görüntüler (TÜBİTAK 116M237, 2019)



Şekil 4.26 Ani yıkılma durumunda baraj gölünde 80 cm su seviyesi varken gerçekleştirilen deney için kapak açıldıktan a) 3 saniye b) 6 saniye c) 10 saniye d) 15 saniye e) 25 saniye f) 35 saniye sonra alınan görüntüler (TÜBİTAK 116M237, 2019)

Elde edilen görüntüler incelendiğinde, baraj gölü seviyesi azaldıkça taşkının ölçüm noktalarına ulaşma süresinin arttığı ve alansal yayılımın geciktiği görülmektedir.

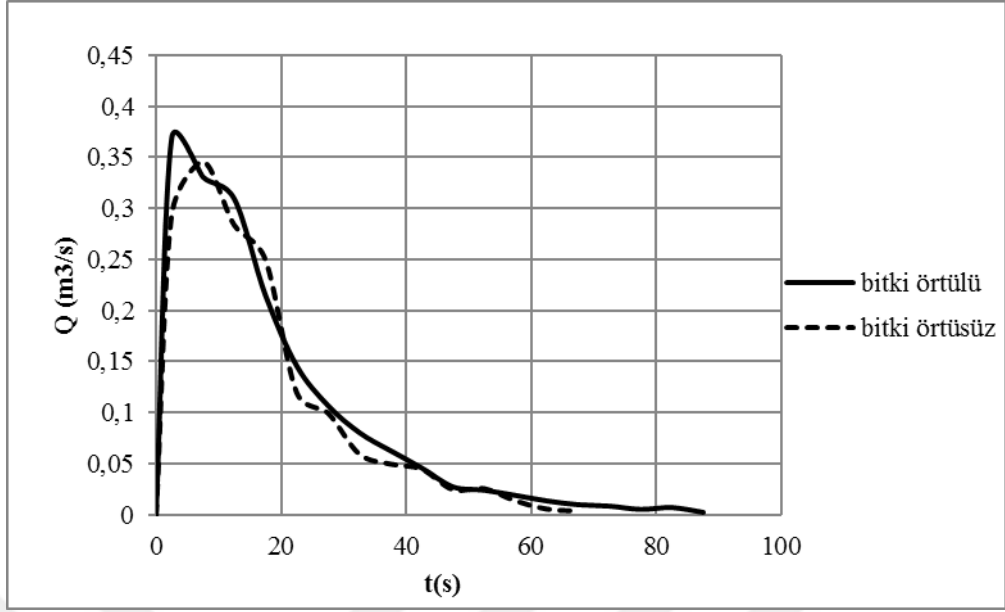
4.2 Trapez Şekilli Yıkılma Senaryosu

Ani yıkılma senaryosu için gerçekleştirilen deneyler tamamlandıktan sonra trapez gedik açılması senaryosu için baraj gövdesi değiştirilmiştir. Trapez gedik mekanizması ve motor aksamı şekil 4.27’de verilmektedir. Gövde üzerinde yer alan trapez şekilli kapak bir motor yardımıyla yukarı kaldırılarak yıkılma senaryosu gerçekleştirilmiştir.

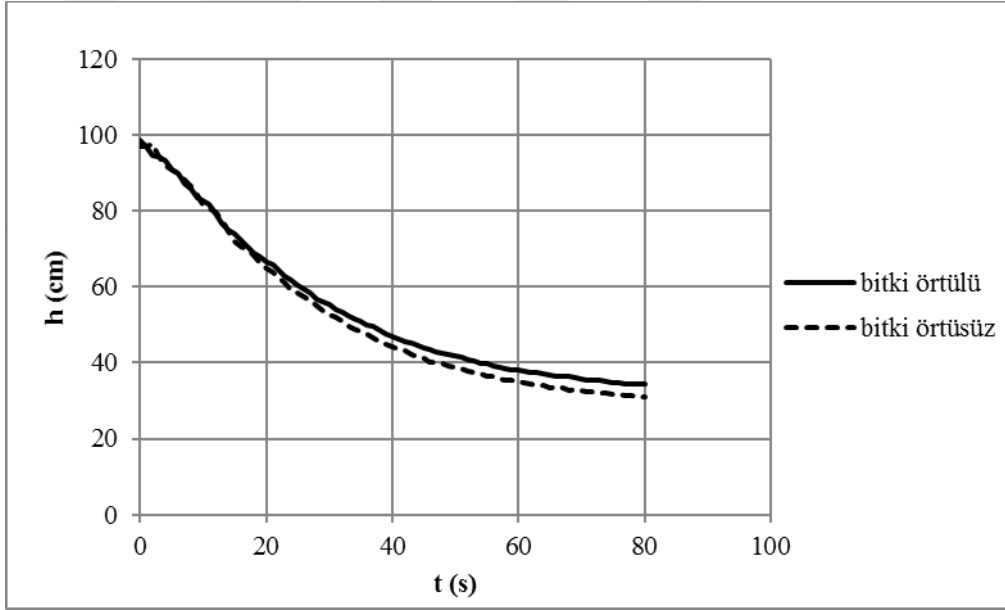


Şekil 4.27 Baraj gövdesi, trapez gedik ve motor aksamı genel görüntüsü (TÜBİTAK 116M237, 2019)

Gövde de trapez gedik açılması sonucu yıkılma deneylerinde ilk olarak 2013 yılında tamamlanmış TÜBİTAK 110M240 projesi kapsamında bitki örtüsüz olarak gerçekleştirilmiş olan deney koşulu sağlanarak başlanmıştır. Bu deney kapsamında modelde baraj gölü maksimum seviyede olup su derinliği 98 cm’dir. Şekil 4.28 ve Şekil 4.29’da bitki örtülü ve bitki örtüsüz olarak gerçekleştirilen deneylerin çıkış hidrografları ve deney sırasında baraj gölü su derinliklerinin zamana bağlı değişimi verilmektedir. Bu grafiklerden bitki örtülü gerçekleştirilen deneylerde kullanılan çıkış hidrografı ile bitki örtüsüz olarak gerçekleştirilen deneylerin çıkış hidrografının benzer olduğu görülmektedir. Böylece aynı deney koşulları sağlanmıştır.

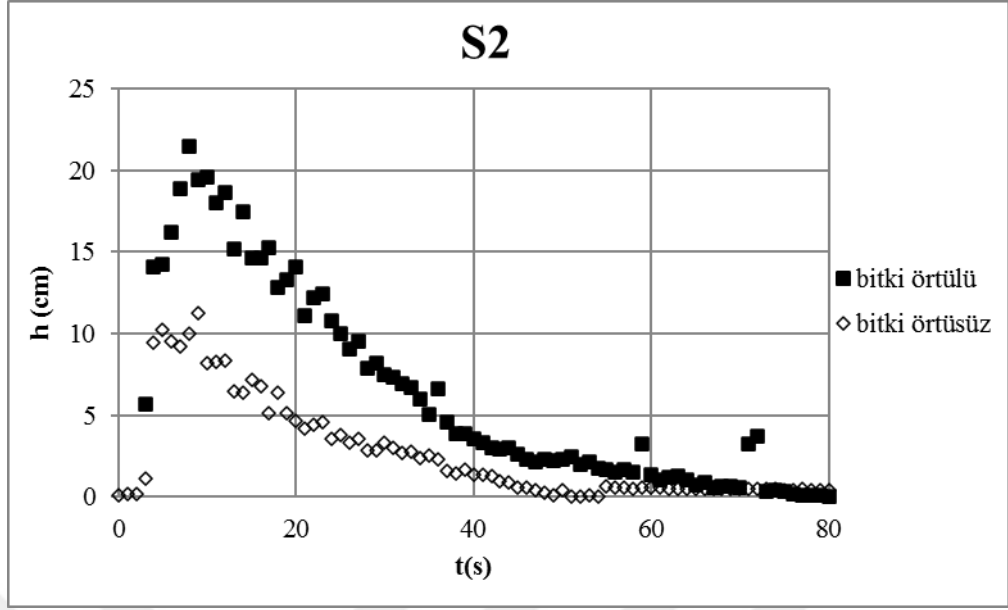


Şekil 4.28 Bitki örtülü ve bitki örtüsüz deneylere ait çıkış hidrografları

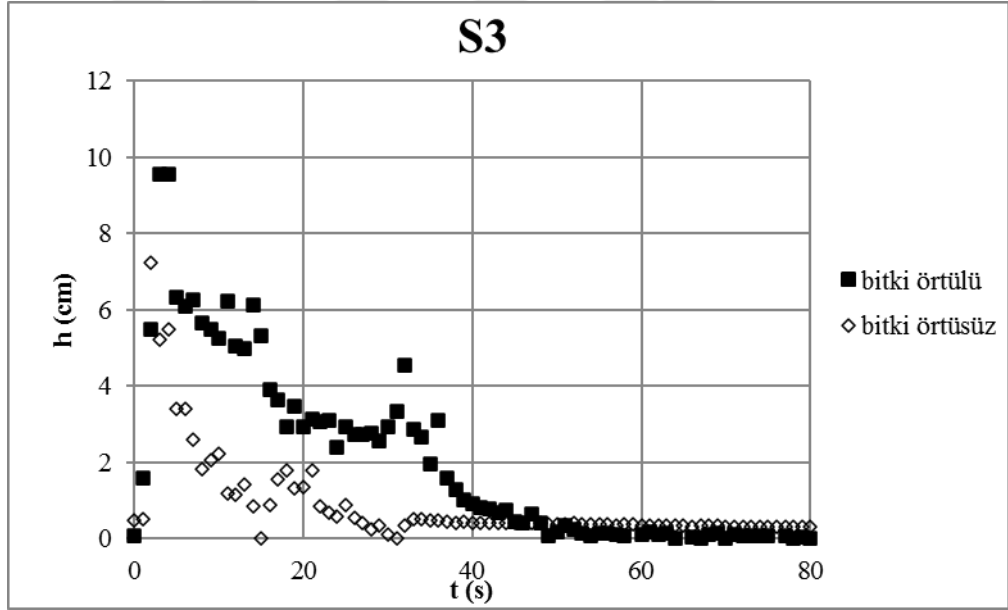


Şekil 4.29 Bitki örtülü ve bitki örtüsüz deneylere ait zamana bağlı baraj gölü su derinlikleri

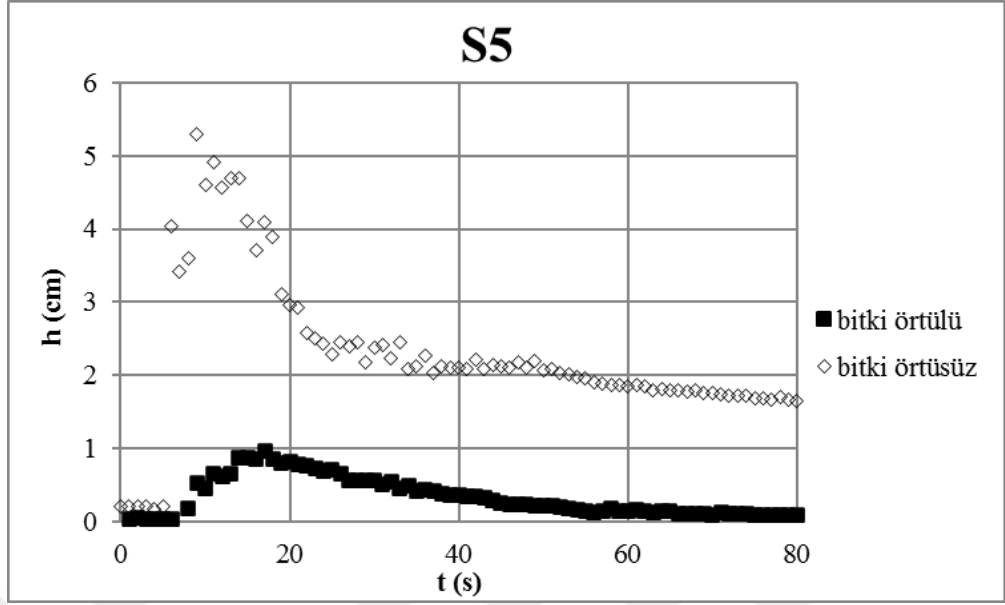
Şekil 4.30, 4.31, 4.32 ve 4.33'te bu tez kapsamında gerçekleştirilen bitki örtülü deneyler ve bitki örtüsüz deneyler sırasında barajın mansabında yer alan ölçüm noktalarında kaydedilen zamana bağlı su derinlikleri verilmektedir. S4 nolu ölçüm noktasında bitki örtüsüz deneylere ait veri bulunamadığı için karşılaştırılamamıştır.



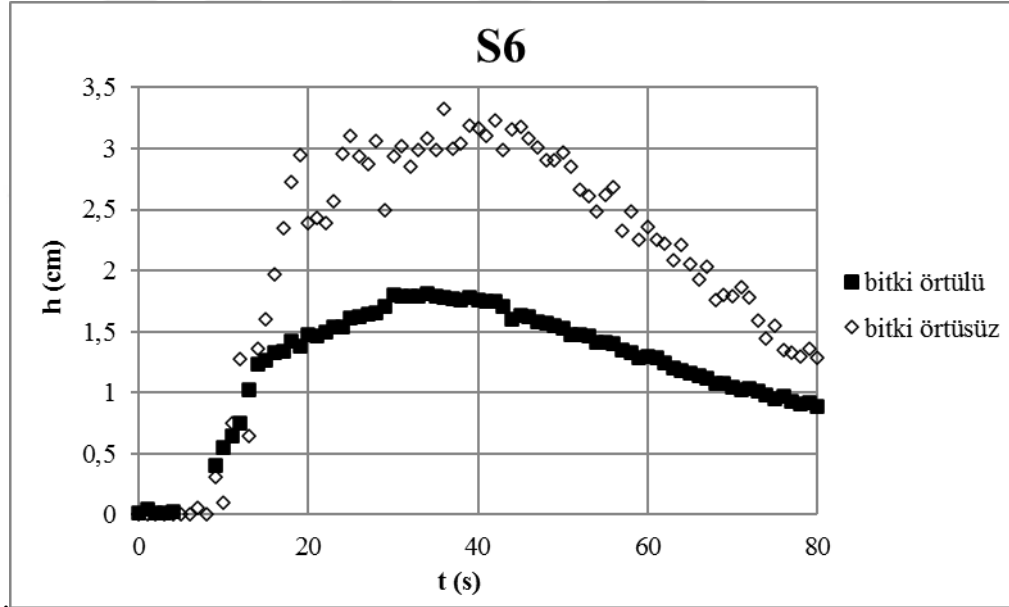
Şekil 4.30 Bitki örtülü ve bitki örtüsüz deneylere ait S2 nolu ölçüm noktasında kaydedilen seviye değişimleri



Şekil 4.31 Bitki örtülü ve bitki örtüsüz deneylere ait S3 nolu ölçüm noktasında kaydedilen seviye değişimleri



Şekil 4.32 Bitki örtülü ve bitki örtüsüz deneylere ait S5 nolu ölçüm noktasında kaydedilen seviye değişimleri



Şekil 4.33 Bitki örtülü ve bitki örtüsüz deneylere ait S6 nolu ölçüm noktasında kaydedilen seviye değişimleri

Deney sonuçlarına göre sağ sahilde baraj gövdesine yakın bir konumda bulunan S2 nolu ölçüm noktasında su derinliğinin 21 cm civarlarına olduğu görülmektedir. Bu değer prototipte 6,3 m su derinliğine karşılık gelmektedir. Bu değer bitki örtüsüz gerçekleştirilen deneyler sonrasında 10 cm civarında ölçülmüş olup prototipte 3,0

m'lik bir su derinliğine karşılık gelmektedir. Bitki örtüsünün bu bölgede oldukça yoğun olması sebebiyle su derinliğinde 2 katı kadar fazla bir artış olduğu görülmektedir. Taşkın dalgasının bu noktaya ulaşma süresi hem bitki örtülü hem de bitki örtüsüz deneylerde 3 saniye olarak ölçülmüştür. Bu değer çarpıtılmış benzeşim modeli kanunları kullanılarak prototipe taşındığında bu noktaya 1,37 dakika sonra taşkın dalgasının ulaşacağı anlaşılmaktadır.

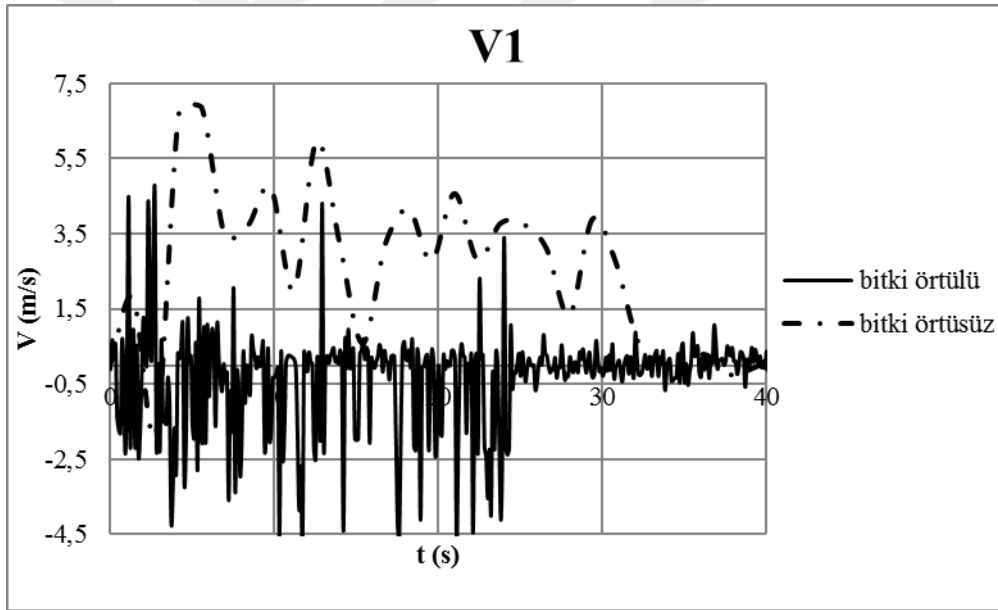
Baraj gövdesine çok yakın ve sol sahilde bulunan S3 ölçüm noktasında kaydedilen maksimum su derinlikleri birbirine çok yakındır. Gövdeye çok yakın olması sebebiyle bitki örtüsünün etkisi bu noktada beklendiği gibi görülmemektedir.

S5 nolu seviye ölçer modelde sağ sahilde mansap bölgesinin orta kısmında yer almakta olup seviye ölçerin mansap tarafında yerleşim yerleri mevcuttur. Model deneylerinde S5 nolu ölçüm noktasında maksimum su derinliği 0,96 cm civarlarında ölçülmüştür. Bu değer prototipte 0,29 m'lik bir su derinliğine karşılık gelmektedir. Bu değer bitki örtüsüz gerçekleştirilen deneyler sonrasında 5,29 cm civarında ölçülmüş olup prototipte 1,59 m'lik bir su yüksekliğine karşılık gelmektedir. Taşkın dalgasının bu noktaya ulaşma süresi bitki örtüsüz ve bitki örtülü deneyler için sırasıyla 5 ve 8 saniye olarak ölçülmüştür. Bu değerler çarpıtılmış benzeşim modeli kanunları kullanılarak prototipe taşındığında bu noktaya bitki örtüsüz durumda 2,28 dakika sonra bitki örtülü durumda ise 3,65 dakika sonra taşkın dalgasının ulaşacağı anlaşılmaktadır. Taşkın dalgasının maksimum su derinliğine ulaşması bitki örtüsüz model deneylerinde 9 saniye iken bu değer bitki örtülü deneylerde 17 saniye olarak ölçülmüştür. Bu değerler prototipte sırasıyla 4,1 dakika ve 7,8 dakika olarak belirlenmektedir. Bitki örtüsünün varlığı sadece taşkın dalgasının su derinliğini düşürmekle kalmamış aynı zamanda bu noktaya ulaşmasında da ciddi bir gecikme sağlamıştır.

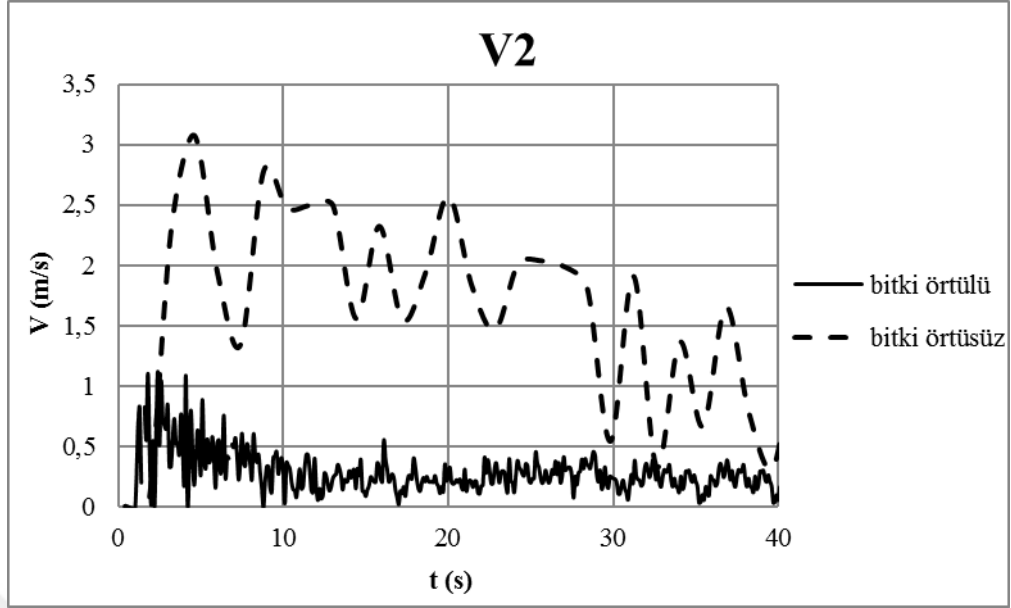
S6 nolu seviye ölçer modelde sol sahilde mansap bölgesinin orta kısmında yer almaktadır. Bu bölgedeki yerleşim yoğunluğu, önceki sensörlerin ölçüm bölgelerindeki yerleşim yoğunluklarına oranla daha fazladır. S6 nolu ölçüm noktasında su derinliği maksimum 1,8 cm ölçülmüştür. Bu değer prototipte 0,54 m su

derinliğine karşı gelmektedir. Bu değer bitki örtüsüz gerçekleştirilen deneyler sonrasında 3,1 cm ölçülmüş olup prototipte 0,93 m'lik bir su derinliğine karşılık gelmektedir. Yerleşim yerlerinin daha yoğun olduğu bu bölgede bitki örtüsünün etkisiyle maksimum su derinliğinde bir azalma olduğu görülmektedir. Taşkın dalgasının maksimum su derinliğine ulaşması bitki örtüsüz model deneylerinde 25 saniye iken bu değer bitki örtülü deneylerde 32 saniye olarak ölçülmüştür. Bu değerler prototipte sırasıyla 11,4 dakika ve 14,6 dakika olarak belirlenmektedir.

Şekil 4.34 ve 4.35'te, bitki örtülü ve bitki örtüsüz trapez gedik baraj yıkılması deneyleri sırasında barajın mansabında yer alan V1 ve V2 nolu ölçüm noktalarında kaydedilen zamana bağlı akım hızları verilmektedir. Hız değerleri beklenildiği gibi bitki örtüsüz deney sonuçlarına göre daha düşük elde edilmiştir.

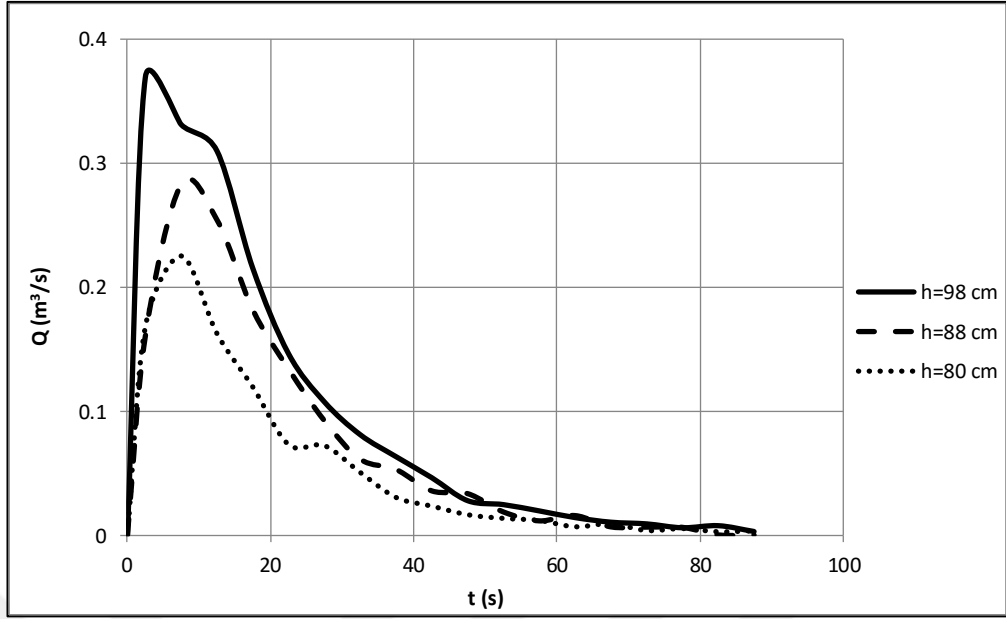


Şekil 4.34 Bitki örtülü ve bitki örtüsüz deneylere ait V1 ölçüm noktasında kaydedilen zamana bağlı akım hızları

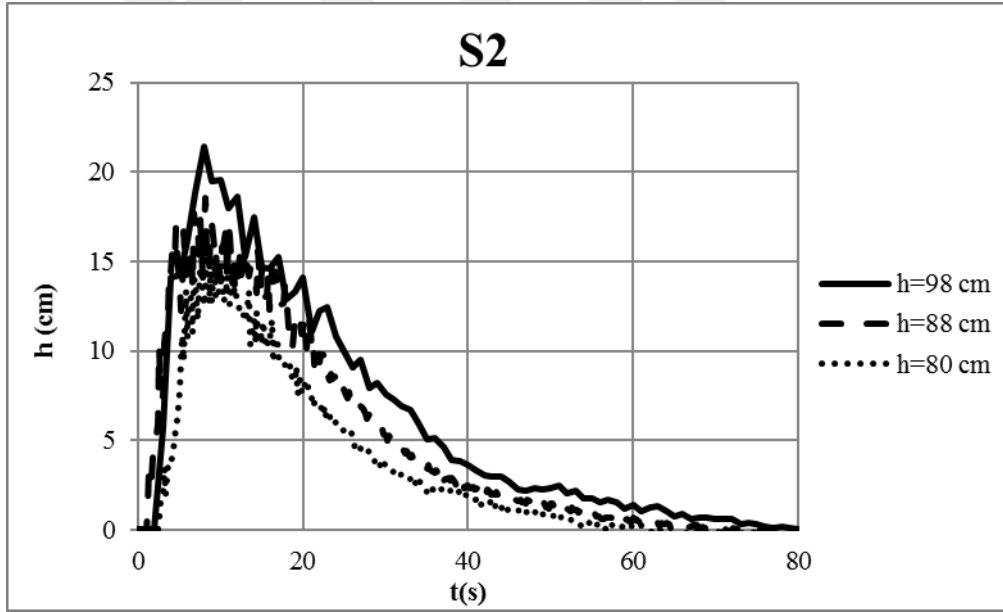


Şekil 4.35 Bitki örtülü ve bitki örtüsüz deneylere ait V2 ölçüm noktasında kaydedilen zamana bağlı akım hızları

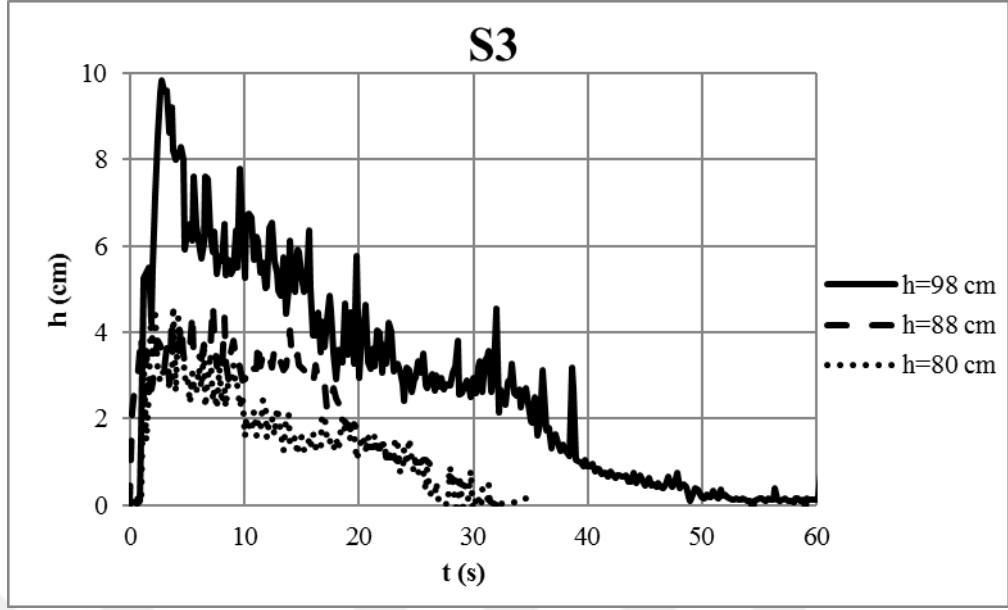
Tez kapsamında baraj gölünün maksimum doluluk oranına karşılık gelen 98 cm’lik derinlik ile yapılan deneylere ek olarak baraj gölündeki su derinliğinin 88 cm ve 80 cm olduğu durumlar için de deneyler gerçekleştirilmiştir. Şekil 4.36’da farklı baraj gölü su derinlikleri için elde edilmiş çıkış hidrografları verilmektedir. Baraj gölündeki farklı su derinlikleri durumunda gerçekleştirilen deneylere ait barajın mansabında ölçülen zamana bağlı su derinlikleri Şekil 4.37, 4.38, 4.39, 4.40 ve 4.41’de verilmektedir. Bitki örtüsüz olarak yapılan çalışma kapsamında yalnızca baraj gölünün tam dolu olması durumunda deneyler gerçekleştirildiğinden baraj gölünde 88 cm ve 80 cm su derinliklerinin bulunması durumları için karşılaştırma yapılamamıştır. Bu deneylerin sonuçları sayısal modelde başlangıç koşulları değiştirilerek modelin doğrulanmasında kullanılabilecektir.



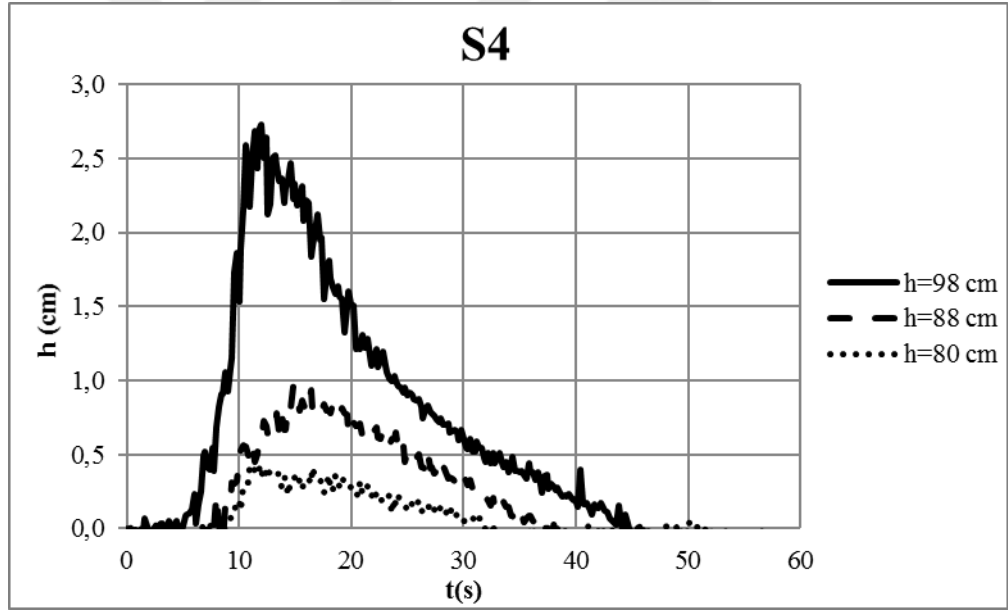
Şekil 4.36 Baraj gölünde farklı su derinlikleri durumunda gerçekleştirilen trapez gedik yıkılma deneylerine ait çıkış hidrografları



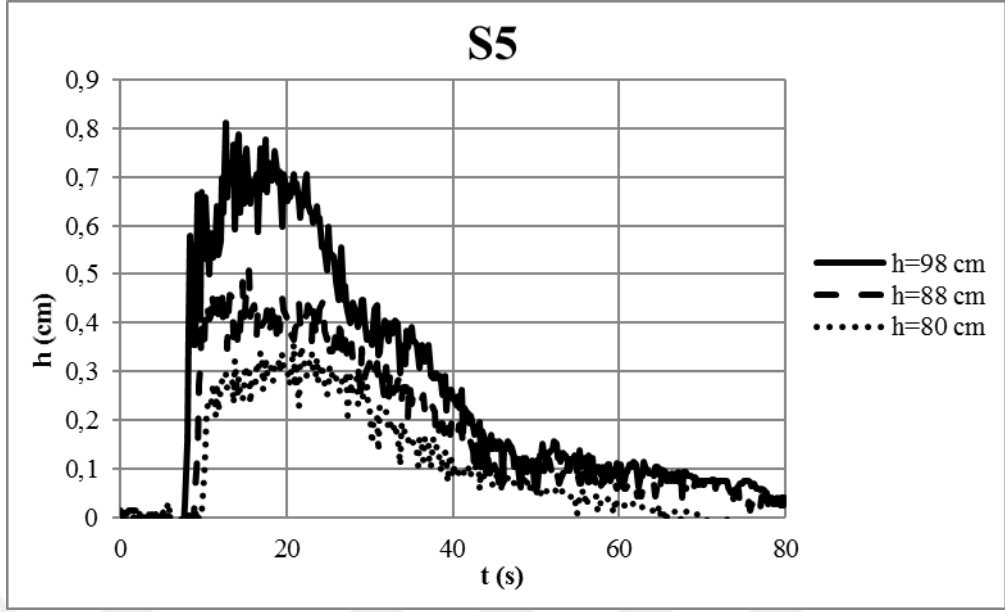
Şekil 4.37 Baraj gölünde farklı su derinlikleri durumunda gerçekleştirilen trapez gedik yıkılma deneylerinde S2 nolu ölçüm noktasında kaydedilen zamana bağlı su derinlikleri



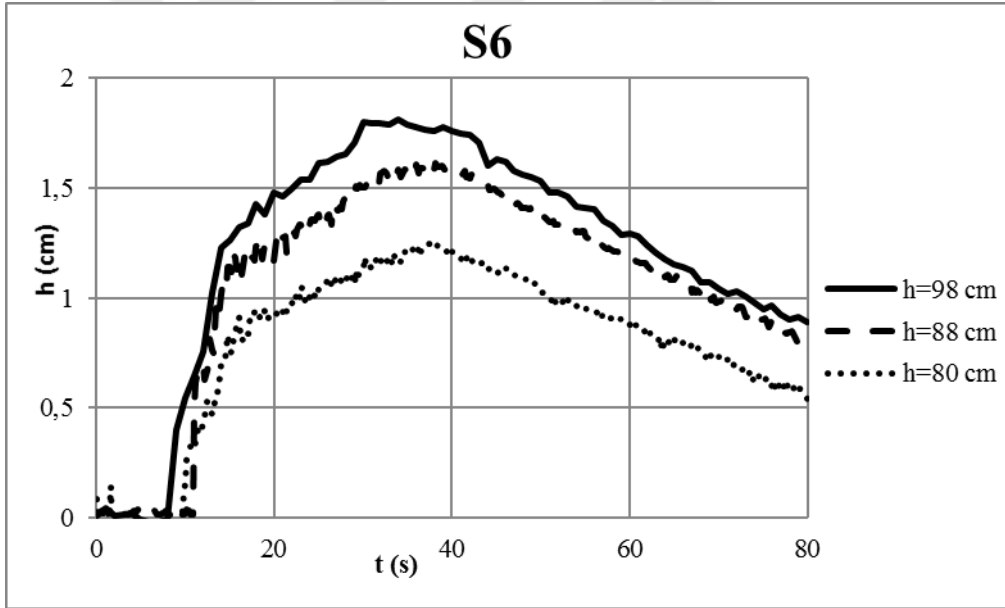
Şekil 4.38 Baraj gölünde farklı su derinlikleri durumunda gerçekleştirilen trapez gedik yıkılma deneylerinde S3 nolu ölçüm noktasında kaydedilen zamana bağlı su derinlikleri



Şekil 4.39 Baraj gölünde farklı su derinlikleri durumunda gerçekleştirilen trapez gedik yıkılma deneylerinde S4 nolu ölçüm noktasında kaydedilen zamana bağlı su derinlikleri

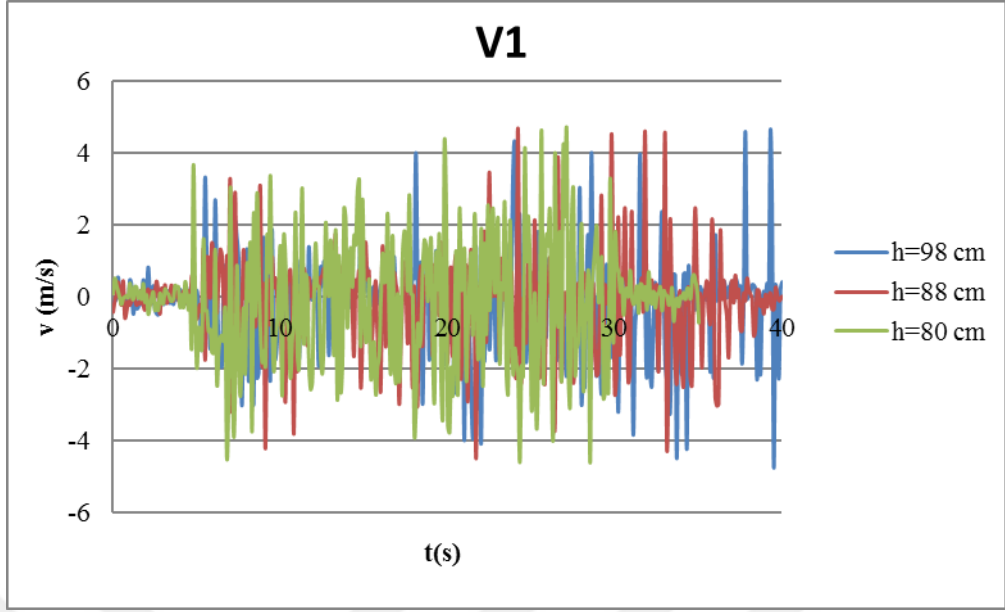


Şekil 4.40 Baraj gölünde farklı su derinlikleri durumunda gerçekleştirilen trapez gedik yıkılma deneylerinde S5 nolu ölçüm noktasında kaydedilen zamana bağlı su derinlikleri

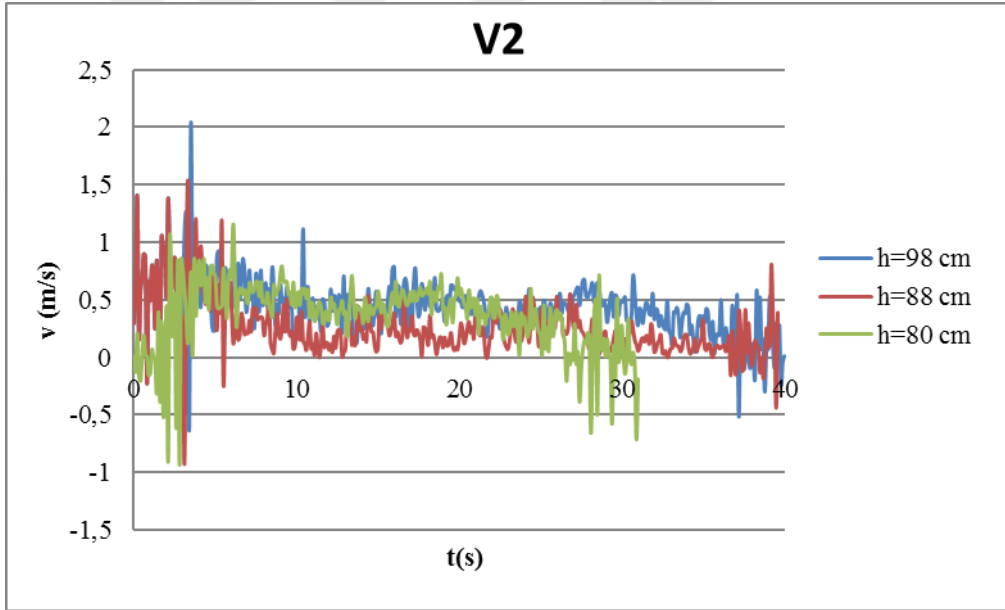


Şekil 4.41 Baraj gölünde farklı su derinlikleri durumunda gerçekleştirilen trapez gedik yıkılma deneylerinde S6 nolu ölçüm noktasında kaydedilen zamana bağlı su derinlikleri

Baraj gölünde farklı su derinlikleri durumunda gerçekleştirilen deneylere ait barajın mansabında ölçülen zamana bağlı akım hızları Şekil 4.42 ve 4.43'te verilmektedir.

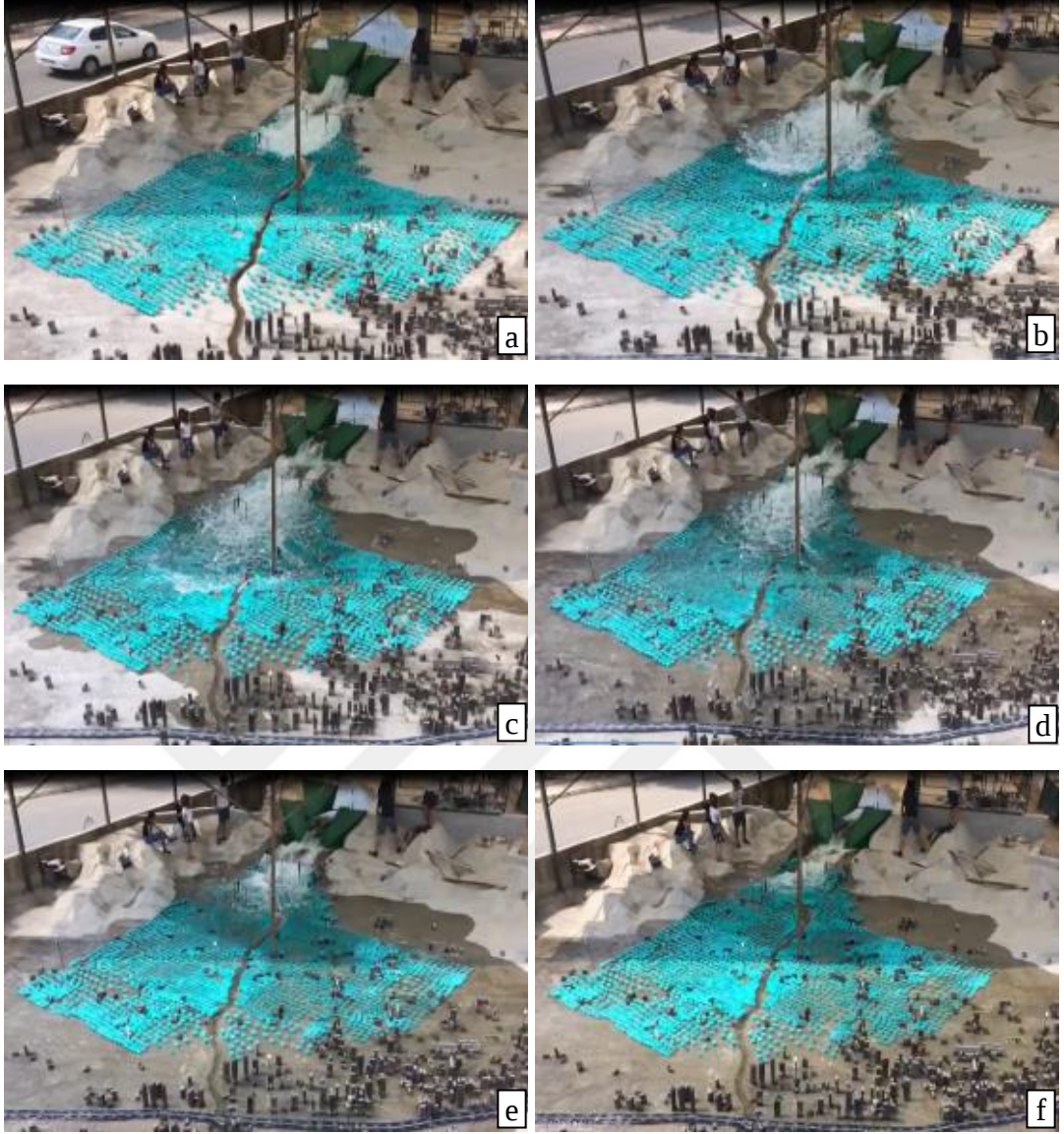


Şekil 4.42 Baraj gölünde farklı su derinlikleri durumunda gerçekleştirilen trapez gedik yıkılma deneylerinde V1 nolu ölçüm noktasında kaydedilen zamana bağlı akım hızları

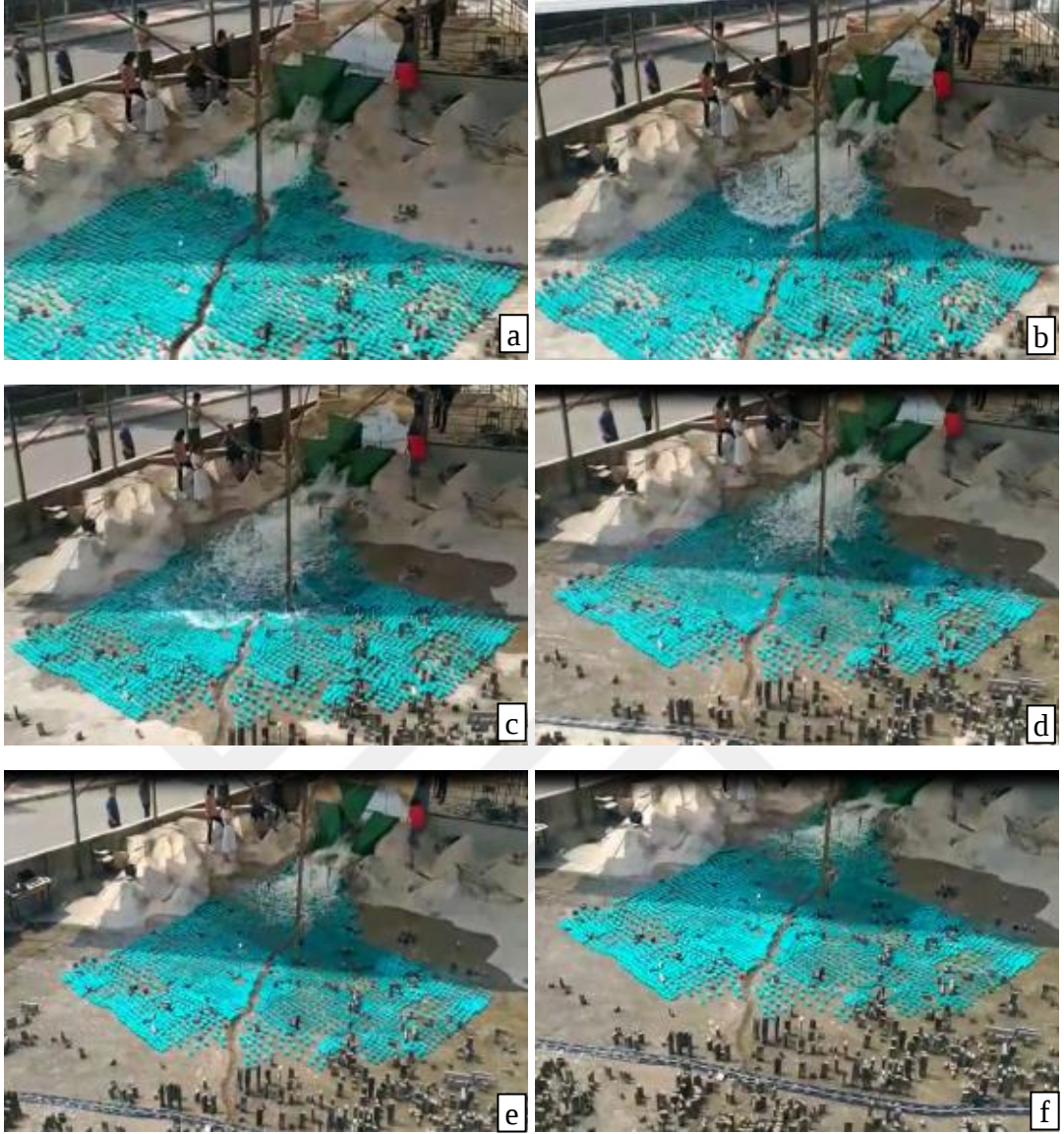


Şekil 4.43 Baraj gölünde farklı su derinlikleri durumunda gerçekleştirilen trapez gedik yıkılma deneylerinde V2 nolu ölçüm noktasında kaydedilen zamana bağlı akım hızları

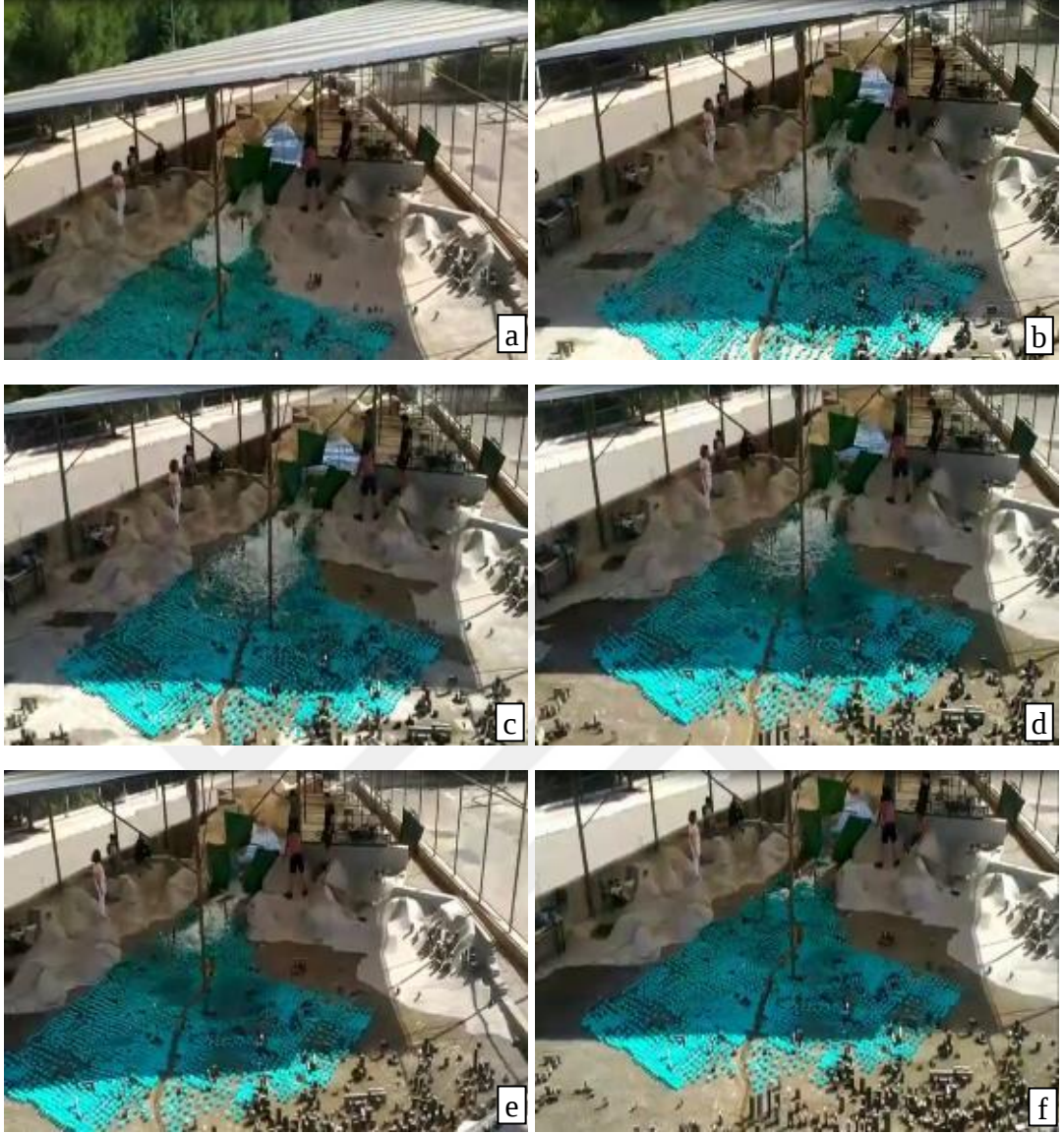
Şekil 4.44, 4.45 ve 4.46’da farklı baraj gölü seviyeleri için gerçekleştirilen deneyler sırasında deney başlangıcından 3, 6, 10,15, 25 ve 35 saniye sonra çekilen görüntüler yer almaktadır.



Şekil 4.44 Trapez gedik yıkılma durumunda baraj gölünde su derinliği 98 cm iken gerçekleştirilen deney için kapak açıldıktan a) 3 saniye b) 6 saniye c) 10 saniye d) 15 saniye e) 25 saniye f) 35 saniye sonra alınan görüntüler (TÜBİTAK 116M237, 2019)



Şekil 4.45 Trapez gedik yıkılma durumunda baraj gölünde su derinliği 88 cm iken gerçekleştirilen deney için kapak açıldıktan a) 3 saniye b) 6 saniye c) 10 saniye d) 15 saniye e) 25 saniye f) 35 saniye sonra alınan görüntüler (TÜBİTAK 116M237, 2019)



Şekil 4.46 Trapez gedik yıkılma durumunda baraj gölünde su derinliği 80 cm iken gerçekleştirilen deney için kapak açıldıktan a) 3 saniye b) 6 saniye c) 10 saniye d) 15 saniye e) 25 saniye f) 35 saniye sonra alınan görüntüler (TÜBİTAK 116M237, 2019)

Elde edilen görüntüler incelendiğinde, baraj gölü seviyesi azaldıkça taşkının ölçüm noktalarına ulaşma süresinin arttığı ve alansal yayılımın geciktiği görülmektedir.

4.3 Üçgen Şekilli Yıkılma Senaryosu

Trapez gedik yıkılma senaryosu deneyleri bittikten sonra gövde de üçgen şekilli gedik sonucu oluşacak yıkılma deneyleri için model baraj gövdesi değiştirilmiştir. Şekil 4.47 ve 4.48’de baraj gövdesi, üçgen gedik ve motor aksamı verilmektedir. Deneylerde, trapez gedik durumundakine benzer şekilde üçgen gedik kısmı motor yardımıyla yukarı kaldırılarak yıkılma senaryosu gerçekleştirilmiştir.

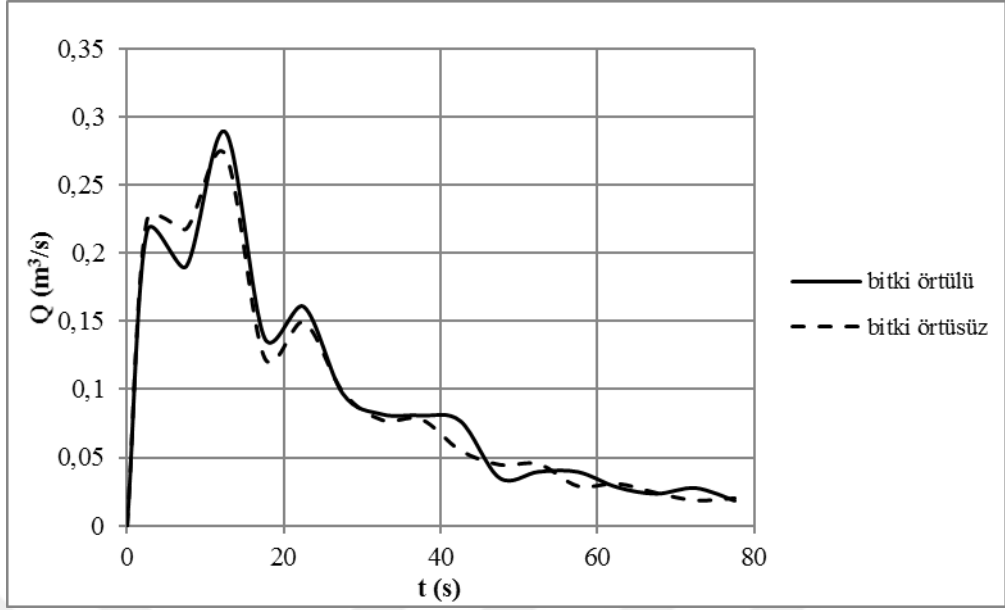


Şekil 4.47 Baraj gövdesi ve üçgen gedik (TÜBİTAK 116M237, 2019)

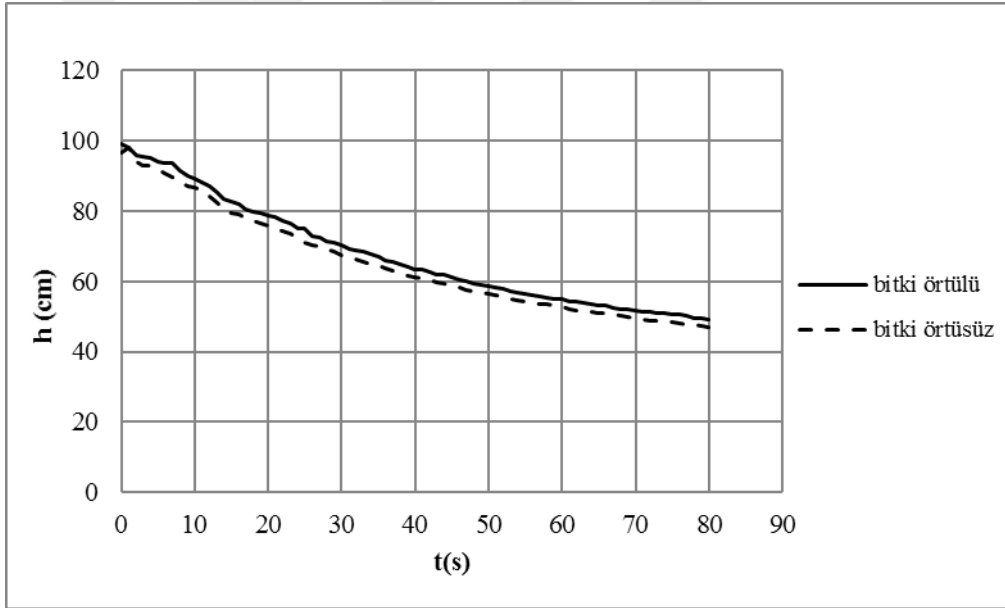


Şekil 4.48 Deney esnasında baraj gövdesinden ayrılmış durumdaki üçgen gedik görüntüsü (TÜBİTAK 116M237, 2019)

Gövdede üçgen gedik açılması sonucu yıkılma deneylerine ilk olarak 2013 yılında tamamlanmış TÜBİTAK 110M240 projesi kapsamında bitki örtüsüz olarak gerçekleştirilmiş olan deney koşulu sağlanarak başlanmıştır. Bu deney kapsamında modelde baraj gölü maksimum seviyede olup su derinliği 98 cm'dir. Şekil 4.49 ve 4.50'de bitki örtüsüz ve bitki örtülü deneylerin çıkış hidrografları ve deney sırasında baraj gölündeki su derinliğinin zamana bağlı değişimi verilmektedir. . Bu grafiklerden bitki örtülü gerçekleştirilen deneylerde kullanılan çıkış hidrografı ile bitki örtüsüz olarak gerçekleştirilen deneylerin çıkış hidrografının benzer olduğu görülmektedir. Böylece aynı deney koşulları sağlanmıştır.

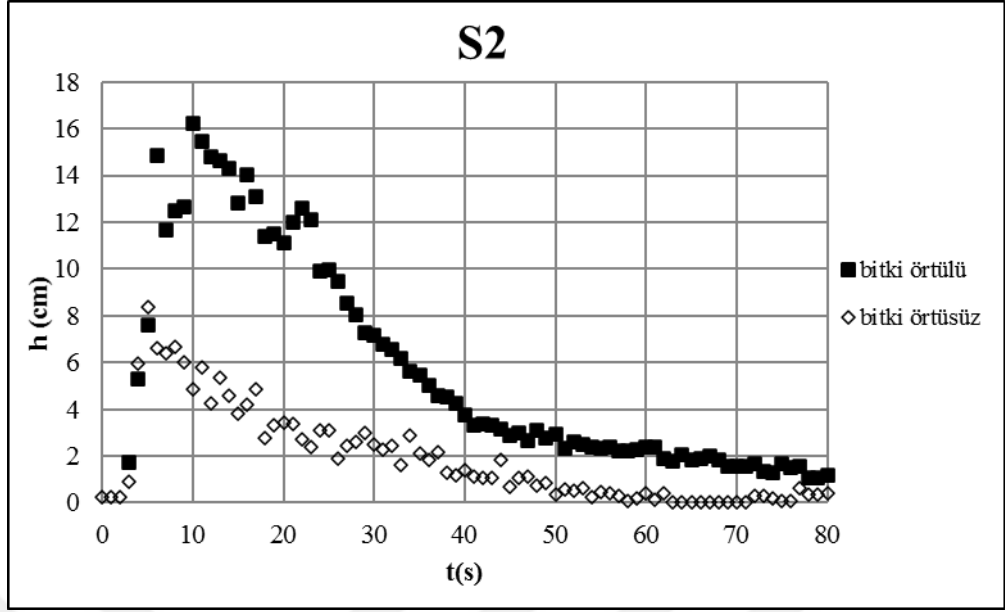


Şekil 4.49 Bitki örtülü ve bitki örtüsüz deneylere ait çıkış hidrografları

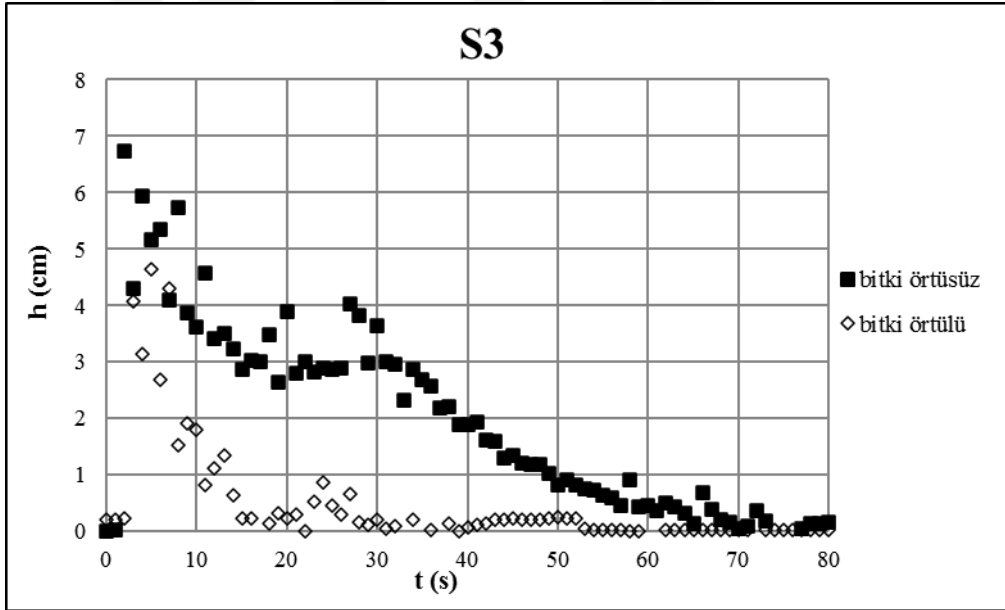


Şekil 4.50 Bitki örtülü ve bitki örtüsüz deneylere ait baraj gölünde ölçülen zamana bağlı su derinlikleri

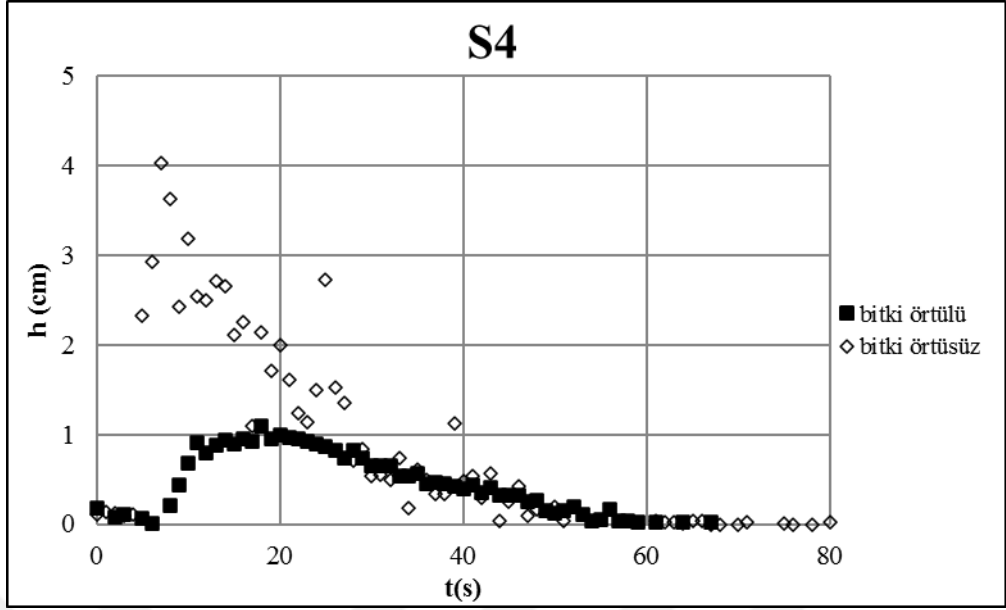
Şekil 4.51, 4.52, 4.53, 4.54 ve 4.55'te bitki örtülü ve bitki örtüsüz şekilde yapılmış olan deneyler sırasında barajın mansabında ölçülen zamana bağlı su derinlikleri verilmektedir.



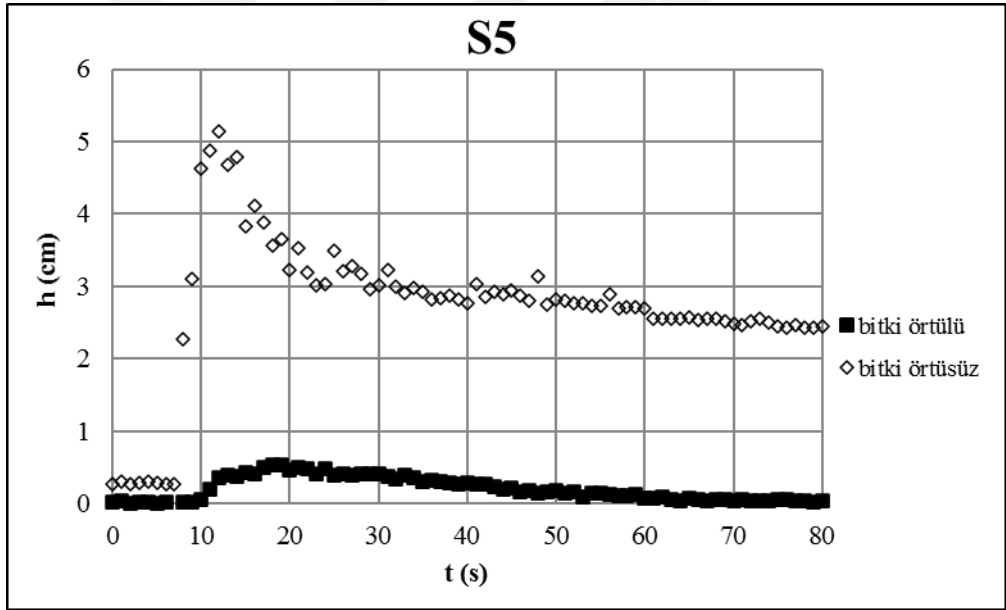
Şekil 4.51 Bitki örtülü ve bitki örtüsüz deneylere ait S2 nolu ölçüm noktasında kaydedilen seviye değişimleri



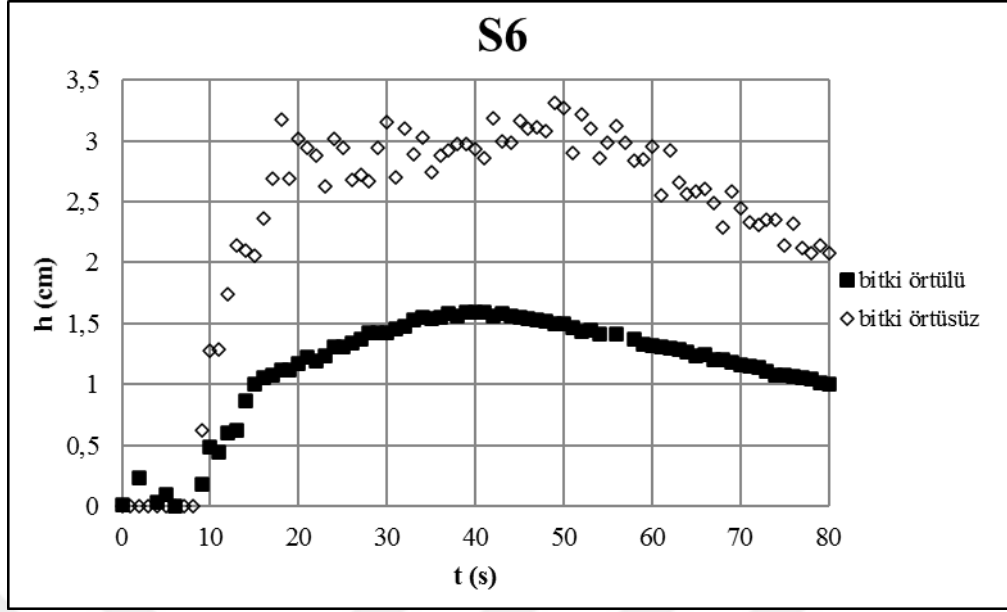
Şekil 4.52 Bitki örtülü ve bitki örtüsüz deneylere ait S3 nolu ölçüm noktasında kaydedilen seviye değişimleri



Şekil 4.53 Bitki örtülü ve bitki örtüsüz deneylere ait S4 nolu ölçüm noktasında kaydedilen seviye değişimleri



Şekil 4.54 Bitki örtülü ve bitki örtüsüz deneylere ait S5 nolu ölçüm noktasında kaydedilen seviye değişimleri



Şekil 4.55 Bitki örtülü ve bitki örtüsüz deneylere ait S6 nolu ölçüm noktasında kaydedilen seviye değişimleri

Deney sonuçlarına göre sağ sahilde baraj gövdesine yakın bir konumda bulunan S2 nolu ölçüm noktasında su derinliğinin 16,2 cm civarında olduğu görülmektedir. Bu değer prototipte 4,86 m su derinliğine karşılık gelmektedir. Bu değer bitki örtüsüz gerçekleştirilen deneyler sırasında 8 cm civarında ölçülmüş olup prototipte 2,4 m’lik bir su yüksekliğine karşılık gelmektedir. Bitki örtüsünün bu bölgede oldukça yoğun olması sebebiyle su derinliğinde 2 katı kadar bir artış olduğu görülmektedir. Taşkın dalgasının maksimum su derinliğine ulaşma süresi bitki örtülü ve bitki örtüsüz deneylerde sırasıyla 10 saniye ve 5 saniye olarak ölçülmüştür. Bu değerler prototipte sırasıyla 4,6 dakika ve 2,3 dakikaya karşılık gelmektedir.

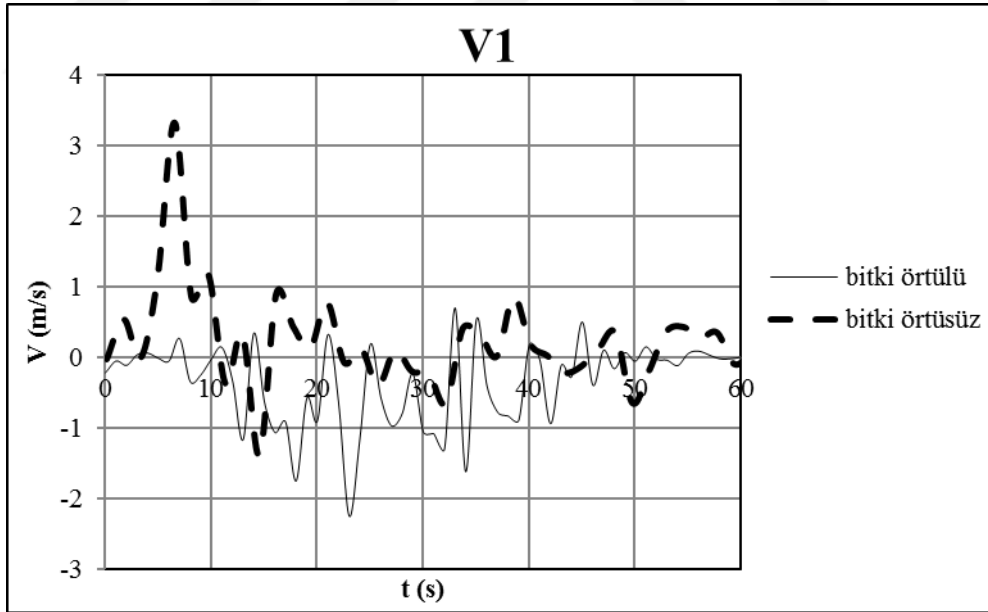
Baraj gövdesine çok yakın ve sol sahilde bulunan S3 ölçüm noktasında diğer iki yıkılma tipinde olduğu gibi ölçülen maksimum su derinlikleri birbirine çok yakındır. Gövdeye çok yakın olması sebebiyle bitki örtüsünün etkisi bu noktada beklendiği gibi görülmemektedir.

S4 nolu seviye ölçer modelde sağ sahilde mansap bölgesinin orta kısmında ve Ürkmez deresine yakın bir bölgede yer almaktadır. Model deneylerinde S4 nolu ölçüm noktasında maksimum su derinliği 0,91 cm civarında ölçülmüştür. Bu değer prototipte 0,27 m'lik bir su derinliğine karşı gelmektedir. Bu değer bitki örtüsüz gerçekleştirilen deneyler sonrasında 4 cm civarında ölçülmüş olup prototipte 1,2 m'lik bir su derinliğine karşılık gelmektedir. Taşkın dalgasının bu noktaya ulaşma süresi bitki örtüsüz ve bitki örtülü deneyler için sırasıyla 5 ve 8 saniye olarak ölçülmüştür. Bu değerler çarpıtılmış benzeşim modeli kanunları kullanılarak prototipe taşındığında bu noktaya bitki örtüsüz durumda 2,28 dakika sonra, bitki örtülü durumda ise 3,65 dakika sonra taşkın dalgasının ulaşacağı anlaşılmaktadır. Taşkın dalgasının maksimum su derinliğine ulaşması bitki örtüsüz model deneylerinde 7 saniye iken bu değer bitki örtülü deneylerde 11 saniye olarak ölçülmüştür. Bu değerler prototipte sırasıyla 3,2 dakika ve 5,0 dakika olarak belirlenmektedir. Bitki örtüsünün varlığı sadece taşkın dalgasının su derinliğini düşürmekle kalmamış aynı zamanda bu noktaya ulaşmasında da ciddi bir gecikme sağlamıştır.

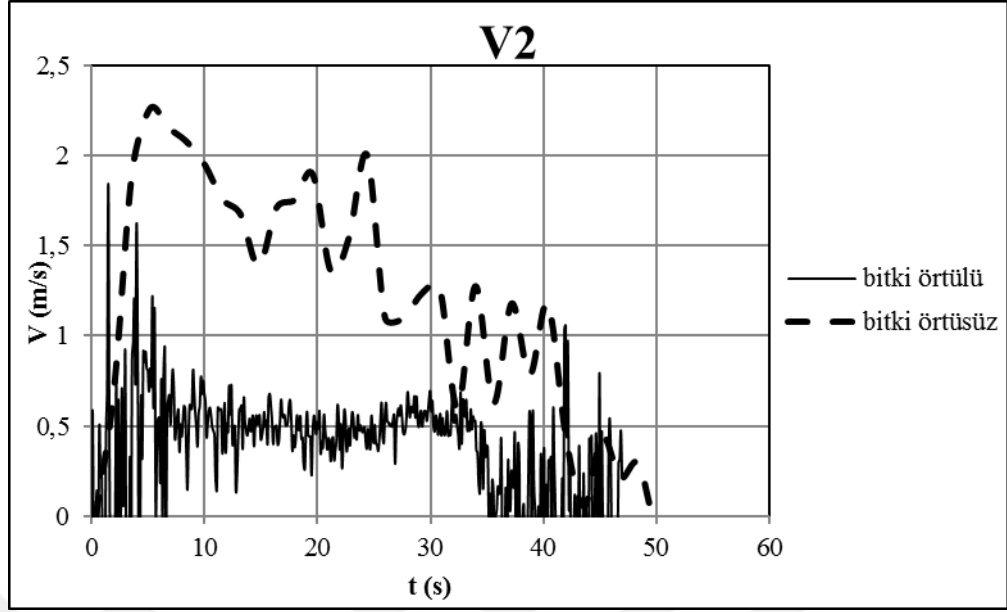
S5 nolu seviye ölçer modelde sağ sahilde mansap bölgesinin orta kısmında yer almakta olup seviye ölçerin mansap tarafında yerleşim yerleri mevcuttur. Model deneylerinde S5 nolu ölçüm noktasında maksimum su derinliği 0,54 cm civarında ölçülmüştür. Bu değer prototipte 0,16 m'lik bir su derinliğine karşı gelmektedir. Bu değer bitki örtüsüz gerçekleştirilen deneyler sonrasında 5,14 cm civarlarında ölçülmüş olup prototipte 1.54 m'lik bir su derinliğine karşılık gelmektedir. Taşkın dalgasının bu noktaya ulaşma süresi bitki örtüsüz ve bitki örtülü deneyler için sırasıyla 8 ve 11 saniye olarak ölçülmüştür. Bu değerler çarpıtılmış benzeşim modeli kanunları kullanılarak prototipe taşındığında bu noktaya bitki örtüsüz durumda 3,65 dakika sonra, bitki örtülü durumda ise 5,0 dakika sonra taşkın dalgasının ulaşacağı anlaşılmaktadır. Taşkın dalgasının maksimum su derinliğine ulaşması bitki örtüsüz model deneylerinde 12 saniye iken bu değer bitki örtülü deneylerde 18 saniye olarak ölçülmüştür. Bu değerler prototipte sırasıyla 5,48 dakika ve 8,2 dakika olarak belirlenmektedir. Bitki örtüsünün varlığı sadece taşkın dalgasının su derinliğini düşürmekle kalmamış aynı zamanda bu noktaya ulaşmasında da ciddi bir gecikme sağlamıştır.

S6 nolu seviye ölçer modelde sol sahilde mansap bölgesinin orta kısmında yer almaktadır. Bu bölgedeki yerleşim yoğunluğu, önceki sensörlerin ölçüm bölgelerindeki yerleşim yoğunluklarına oranla daha fazladır. S6 nolu ölçüm noktasında su derinliği maksimum 1,6 cm ölçülmüştür. Bu değer prototipte 0,38 m su derinliğine karşılık gelmektedir. Bu değer bitki örtüsüz gerçekleştirilen deneyler sonrasında 3 cm ölçülmüş olup prototipte 0,9 m'lik bir su derinliğine karşılık gelmektedir. Yerleşim yerlerinin daha yoğun olduğu bu bölgede bitki örtüsünün etkisiyle maksimum su derinliğinde bir azalma olduğu görülmektedir. Taşkın dalgasının maksimum su derinliğine ulaşması bitki örtüsüz model deneylerinde 24 saniye iken bu değer bitki örtülü deneylerde 38 saniye olarak ölçülmüştür. Bu değerler prototipte sırasıyla 11 dakika ve 17,4 dakika olarak belirlenmektedir.

Şekil 4.56 ve 4.57’de, bitki örtülü ve bitki örtüsüz gerçekleştirilen üçgen gedik baraj yıkılması deneyleri sırasında baraj mansabındaki V1 ve V2 nolu ölçüm noktalarında kaydedilen zamana bağlı akım hızları verilmektedir.

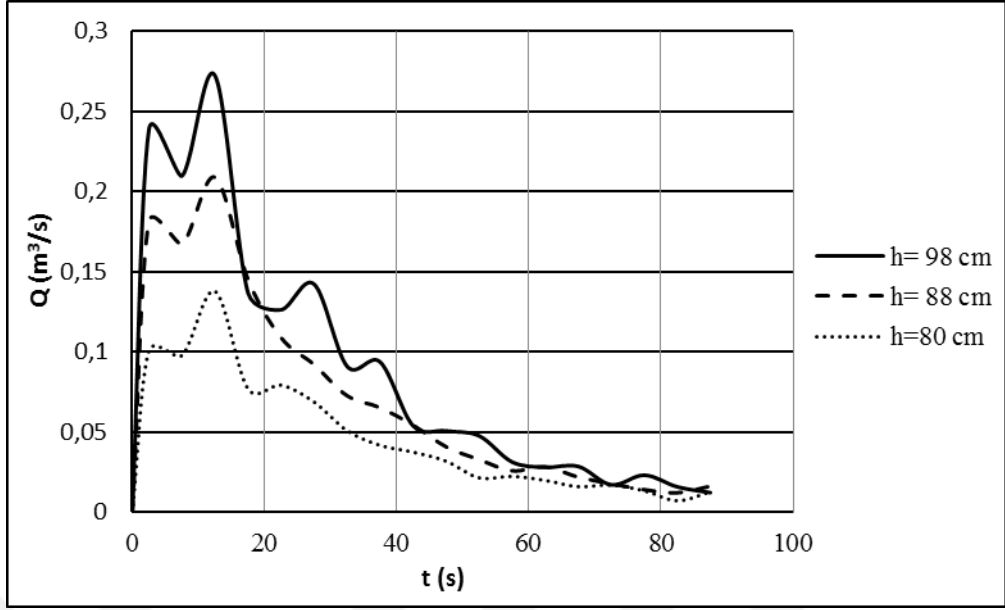


Şekil 4.56 Bitki örtülü ve bitki örtüsüz deneylere ait V1 ölçüm noktasında kaydedilen zamana bağlı akım hızları

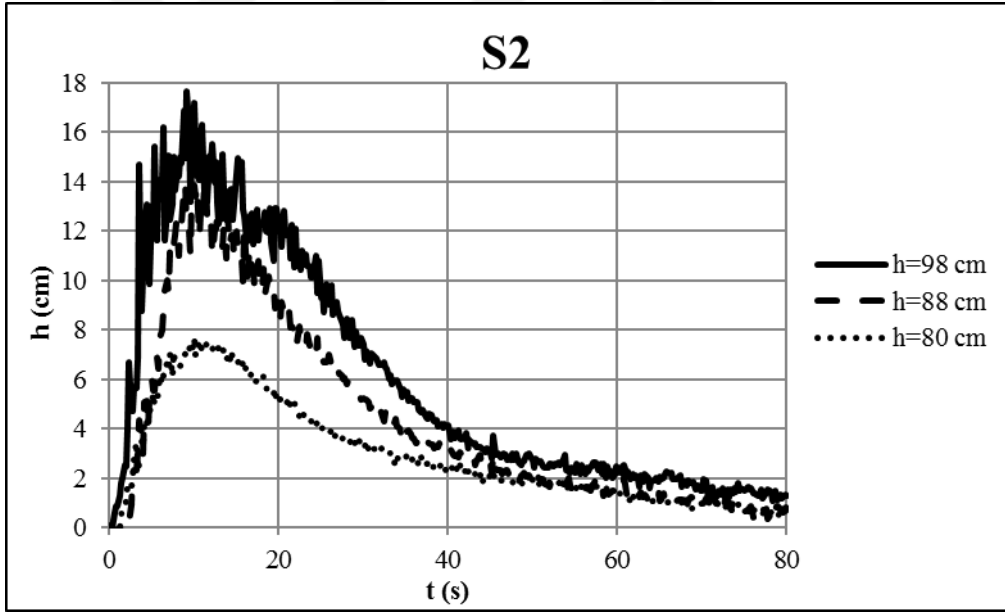


Şekil 4.57 Bitki örtülü ve bitki örtüsüz deneylere ait V2 ölçüm noktasında kaydedilen zamana bağlı akım hızları

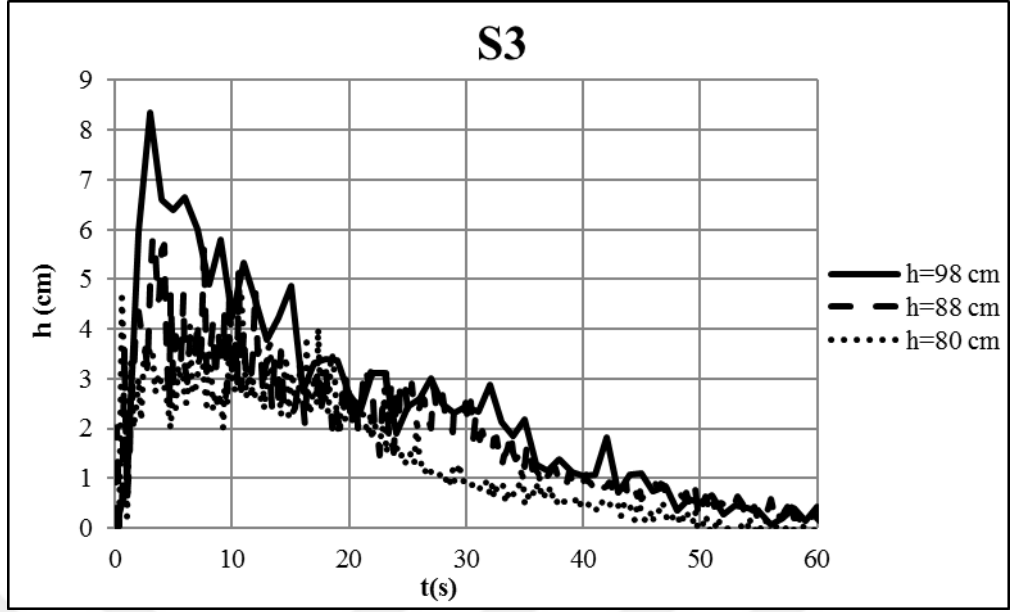
Barajın üçgen gedik şeklinde yıkılması durumunda baraj gölünün maksimum doluluk oranına karşılık gelen 98 cm'lik derinlik ile yapılan deneylere ek olarak baraj gölündeki su derinliğinin 88 cm ve 80 cm olduğu durumlar için de deneyler gerçekleştirilmiştir. Şekil 4.58'de baraj gölünde farklı su derinlikleri durumunda elde edilmiş çıkış hidrografları verilmektedir. Baraj gölünde farklı su derinlikleri durumunda gerçekleştirilen deneylere ait barajın mansabında ölçülen zamana bağlı su derinlikleri Şekil 4.59, 4.60, 4.61 ve 4.62'de yer almaktadır. Bitki örtüsüz olarak yapılan çalışma kapsamında yalnızca baraj gölünün tam dolu olması durumunda deneyler gerçekleştirildiğinden baraj gölünde 88 cm ve 80 cm su derinliklerinin bulunması durumları için karşılaştırma yapılamamıştır.



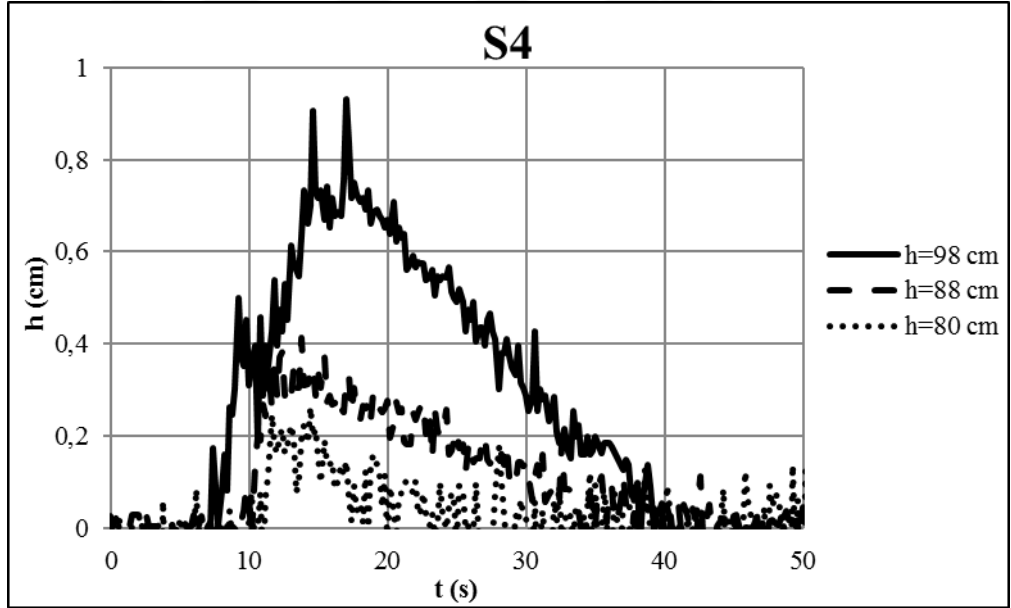
Şekil 4.58 Baraj gölünde farklı su derinlikleri durumunda gerçekleştirilen üçgen gedik yıkılma deneylerine ait çıkış hidrografları



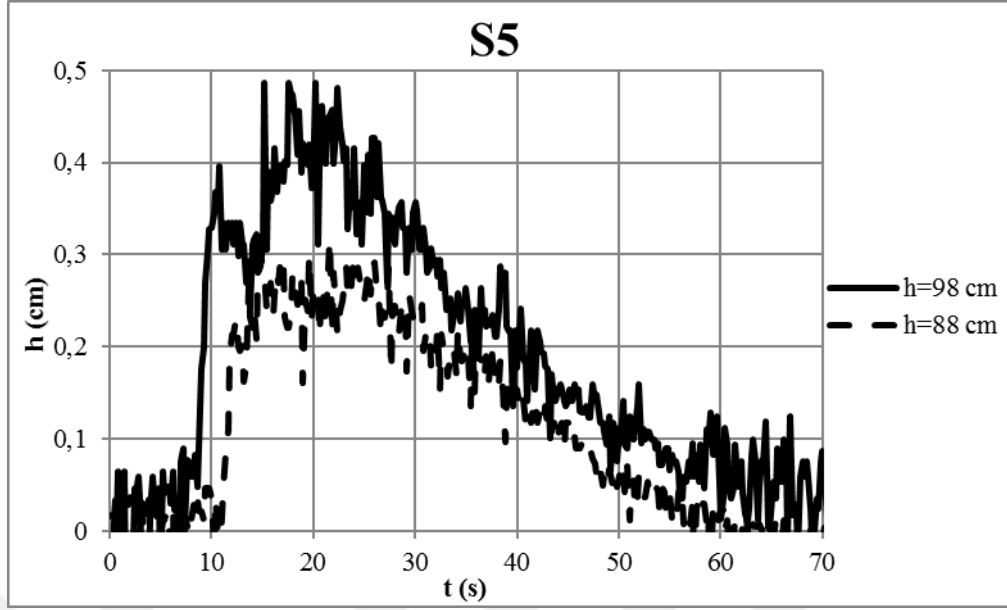
Şekil 4.59 Baraj gölünde farklı su derinlikleri durumunda gerçekleştirilen üçgen gedik yıkılma deneylerinde S2 nolu ölçüm noktasında kaydedilen zamana bağlı su derinlikleri



Şekil 4.60 Baraj gölünde farklı su derinlikleri durumunda gerçekleştirilen üçgen gedik yıkılma deneylerinde S3 nolu ölçüm noktasında kaydedilen zamana bağlı su derinlikleri



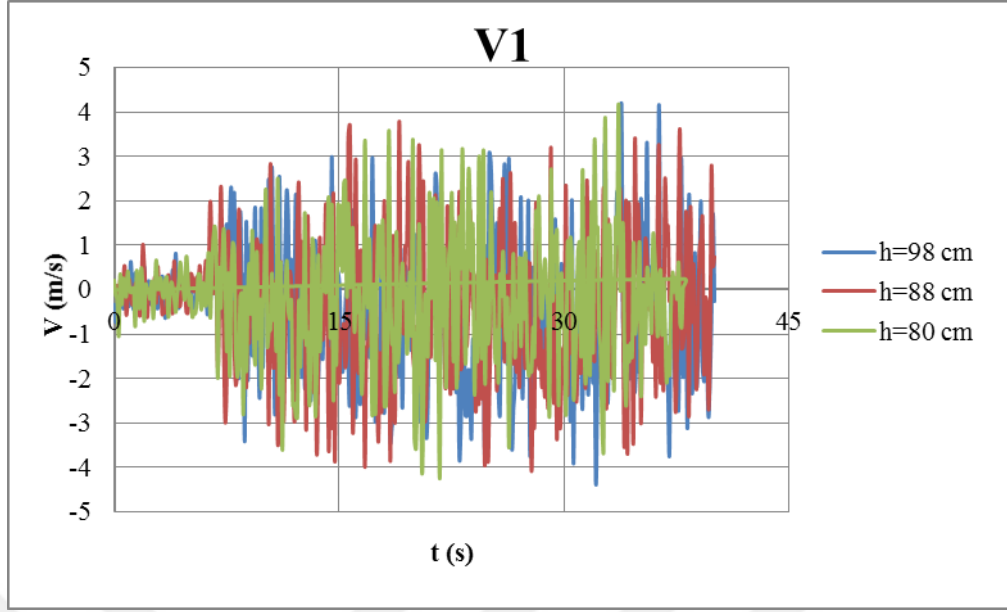
Şekil 4.61 Baraj gölünde farklı su derinlikleri durumunda gerçekleştirilen üçgen gedik yıkılma deneylerinde S4 nolu ölçüm noktasında kaydedilen zamana bağlı su derinlikleri



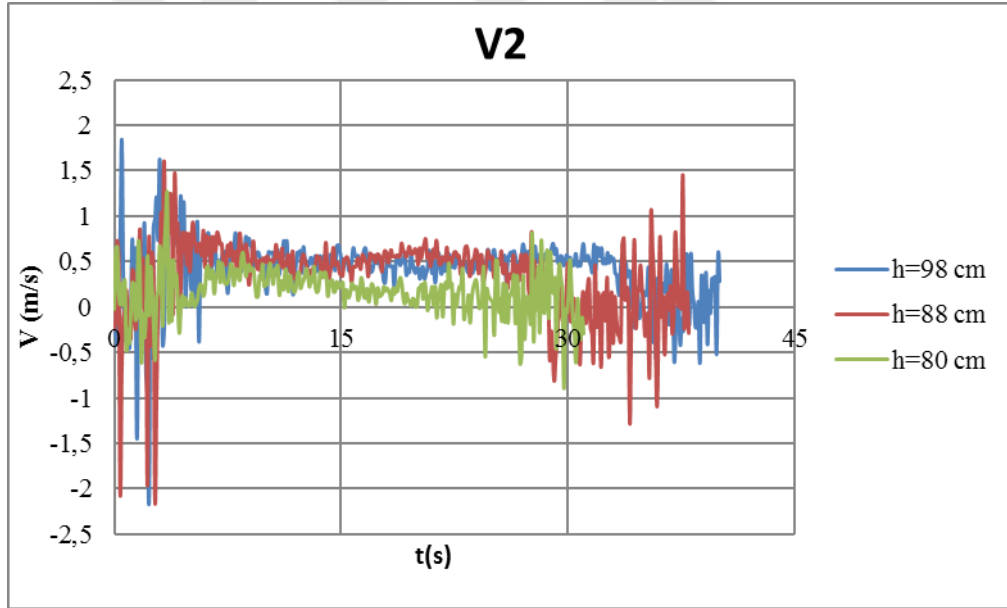
Şekil 4.62 Baraj gölünde farklı su derinlikleri durumunda gerçekleştirilen üçgen gedik yıkılma deneylerinde S5 nolu ölçüm noktasında kaydedilen zamana bağlı su derinlikleri

Üçgen gedik yıkılma durumunda çıkış hidrografı diğer yıkılma türlerinde gerçekleştirilen deney sonuçlarından elde edilen çıkış hidrograferına göre daha küçüktür. Bu sebeple taşkın dalgasının, barajın mansap bölgesinde ölçülen derinlikleri de diğer yıkılma tiplerine göre daha az ölçülmüştür. Üçgen gedik yıkılma durumunda ve baraj gölünde 88 cm ve 80 cm su derinliğinin bulunması durumunda gerçekleştirilen deneylerde S6 ölçüm noktasında kayda değer bir su derinliği ölçülememiştir.

Baraj gölünde farklı su derinlikleri durumunda gerçekleştirilen deneylere ait barajın mansabında ölçülen zamana bağlı akım hızları Şekil 4.63 ve 4.64'te verilmektedir.



Şekil 4.63 Baraj gölünde farklı su derinlikleri durumunda gerçekleştirilen üçgen gedik yıkılma deneylerinde V1 nolu ölçüm noktasında kaydedilen zamana bağlı akım hızları



Şekil 4.64 Baraj gölünde farklı su derinlikleri durumunda gerçekleştirilen üçgen gedik yıkılma deneylerinde V2 nolu ölçüm noktasında kaydedilen zamana bağlı akım hızları

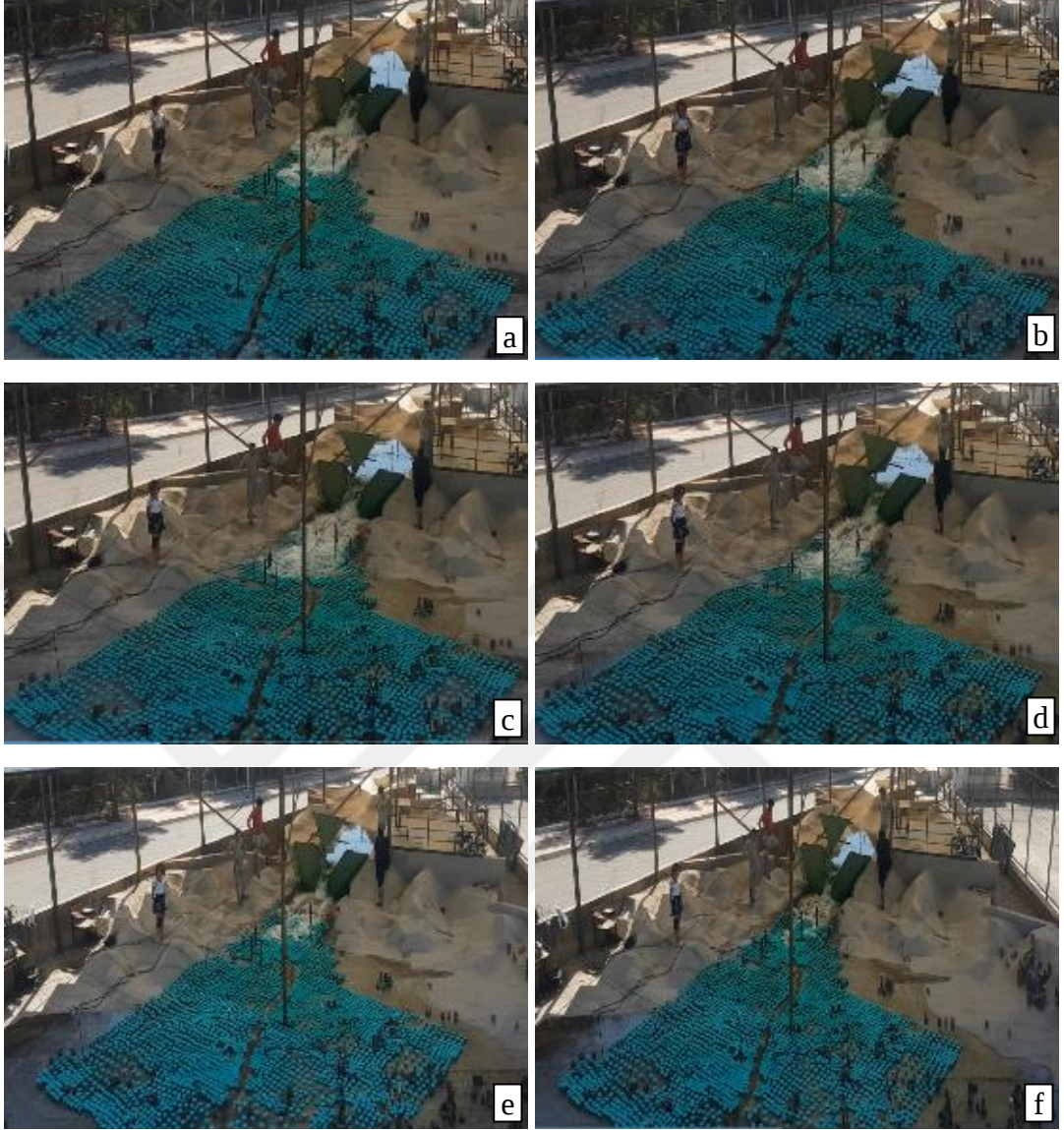
Şekil 4.65, 4.66 ve 4.67’de baraj gölünde farklı su derinlikleri durumunda gerçekleştirilen deneyler sırasında deney başlangıcından 3, 6, 10, 15, 25 ve 35 saniye sonra çekilen görüntüler verilmektedir.



Şekil 4.65 Üçgen gedik yıkılma durumunda baraj gölünde su derinliği 98 cm iken gerçekleştirilen deney için kapak açıldıktan a) 3 saniye b) 6 saniye c) 10 saniye d) 15 saniye e) 25 saniye f) 35 saniye sonra alınan görüntüler (TÜBİTAK 116M237, 2019)



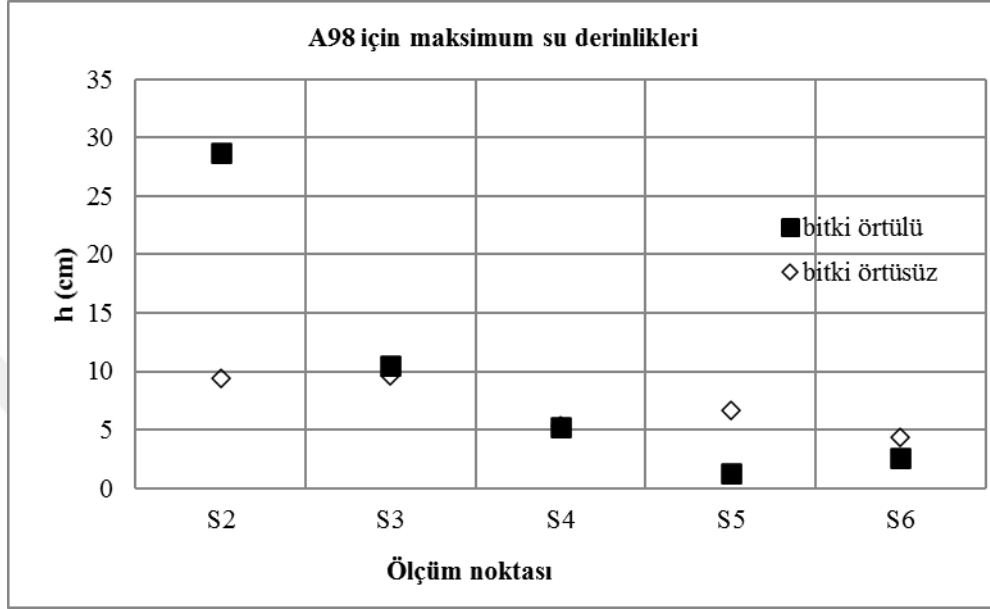
Şekil 4.66 Üçgen gedik yıkılma durumunda baraj gölünde su derinliği 88 cm iken gerçekleştirilen deney için kapak açıldıktan a) 3 saniye b) 6 saniye c) 10 saniye d) 15 saniye e) 25 saniye f) 35 saniye sonra alınan görüntüler (TÜBİTAK 116M237, 2019)



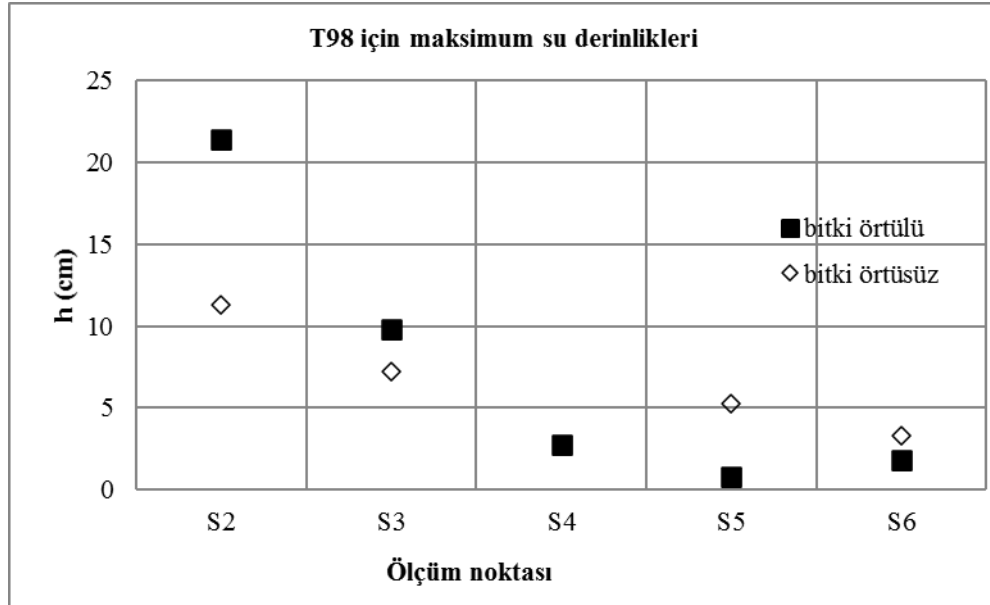
Şekil 4.67 Üçgen gedik yıkılma durumunda baraj gölünde su derinliği 80 cm iken gerçekleştirilen deney için kapak açıldıktan a) 3 saniye b) 6 saniye c) 10 saniye d) 15 saniye e) 25 saniye f) 35 saniye sonra alınan görüntüler (TÜBİTAK 116M237, 2019)

Elde edilen görüntüler incelendiğinde, baraj gölü seviyesi azaldıkça taşkının ölçüm noktalarına ulaşma süresinin arttığı ve alansal yayılımının geciktiği görülmektedir.

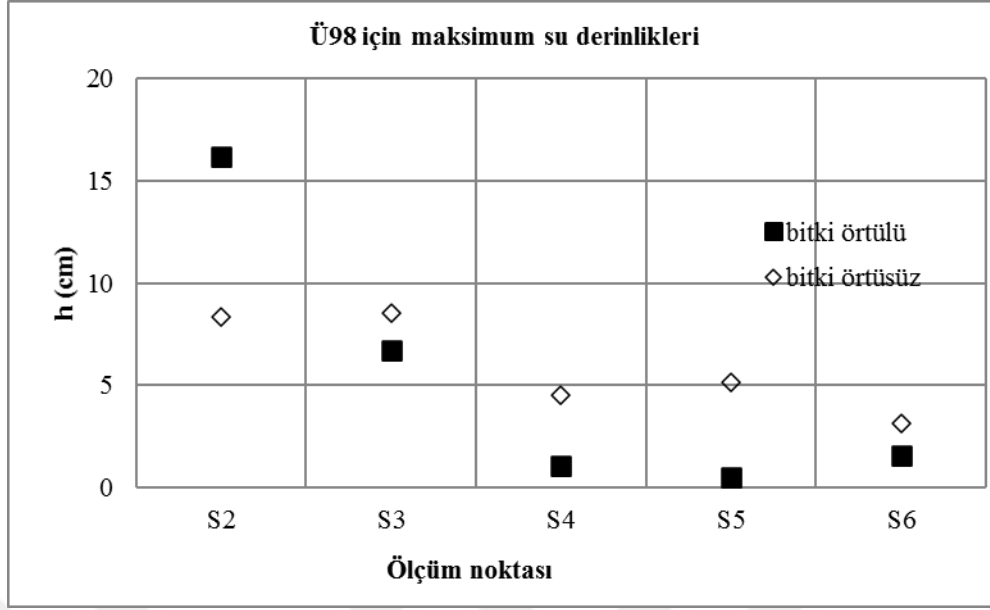
Ani, trapez gedik ve üçgen gedik yıkılma deneylerinde (A98, T98 ve Ü98) bitki örtülü ve bitki örtüsüz durumları için her bir ölçüm noktasında ölçülen maksimum su derinlikleri ve taşkın dalgasının ölçüm noktalarına ulaşma süreleri Şekil 4.68, 4.69, 4.70, 4.71, 4.72 ve 4.73'te verilmektedir.



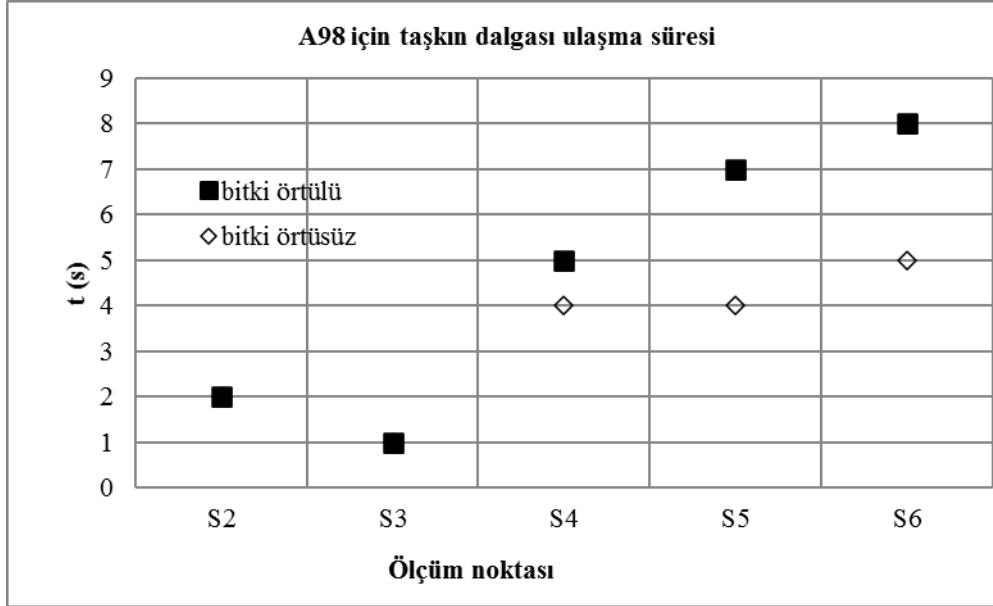
Şekil 4.68 Bitki örtülü ve bitki örtüsüz ani yıkılma deneylerine ait her bir ölçüm noktasındaki maksimum su derinlikleri



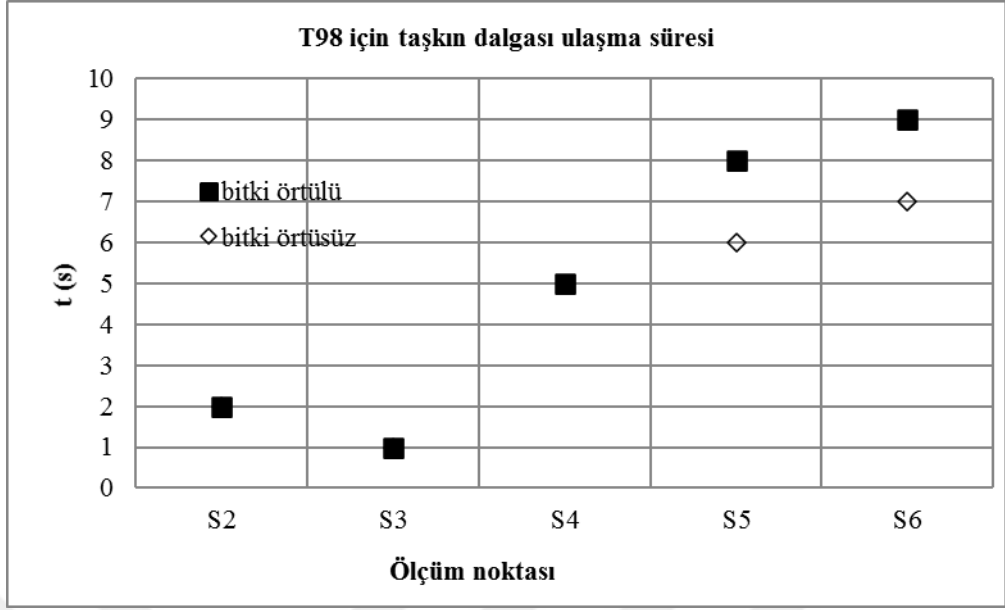
Şekil 4.69 Bitki örtülü ve bitki örtüsüz trapez gedik yıkılma deneylerine ait her bir ölçüm noktasındaki maksimum su derinlikleri



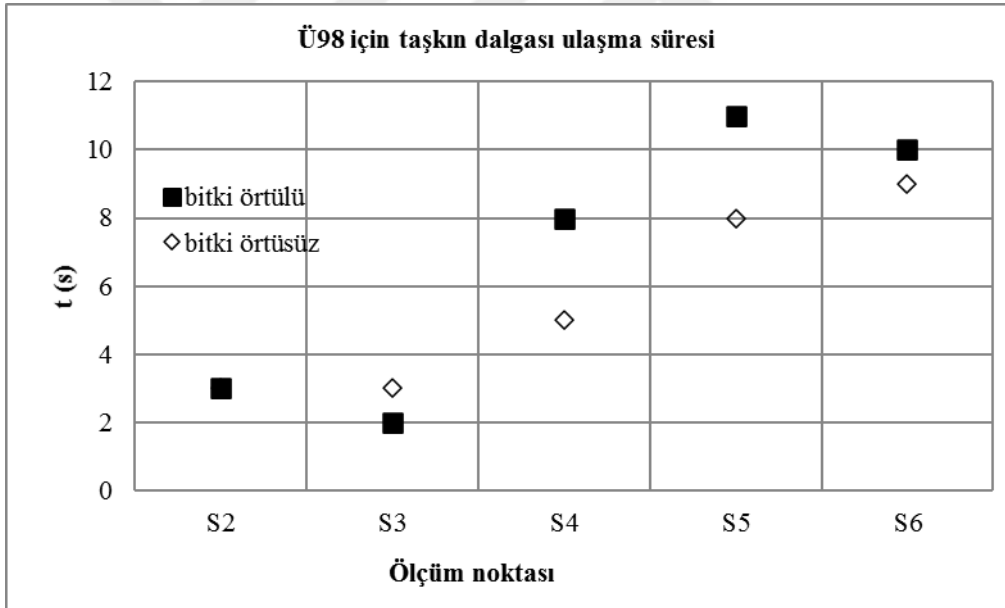
Şekil 4.70 Bitki örtülü ve bitki örtüsüz üçgen gedik yıkılma deneylerine ait her bir ölçüm noktasındaki maksimum su derinlikleri



Şekil 4.71 Bitki örtülü ve bitki örtüsüz ani yıkılma deneylerine ait her bir ölçüm noktasındaki taşkın dalgası ulaşma süresi

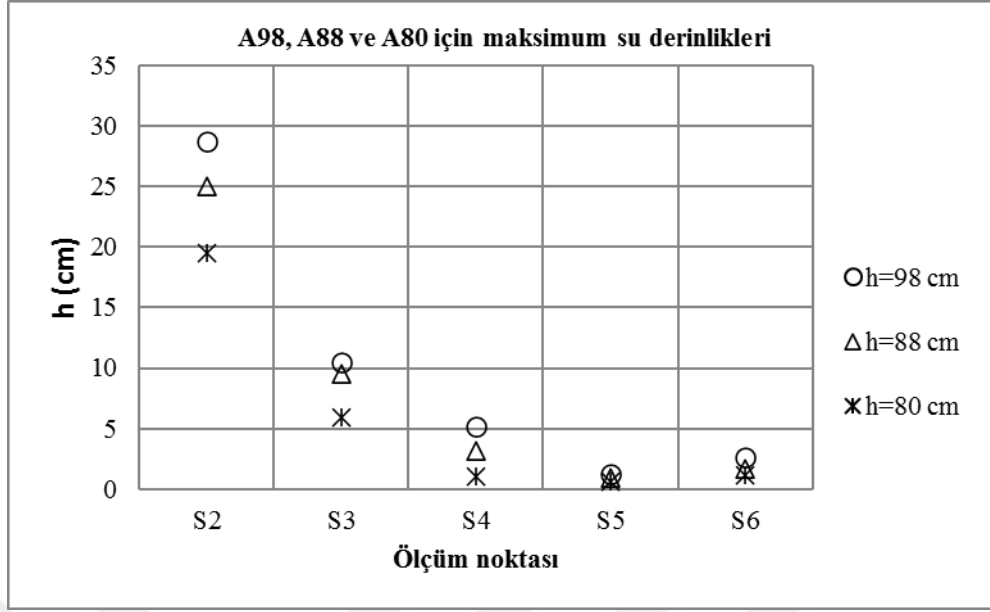


Şekil 4.72 Bitki örtülü ve bitki örtüsüz trapez gedik yıkılma deneylerine ait her bir ölçüm noktasındaki taşkın dalgası ulaşma süresi

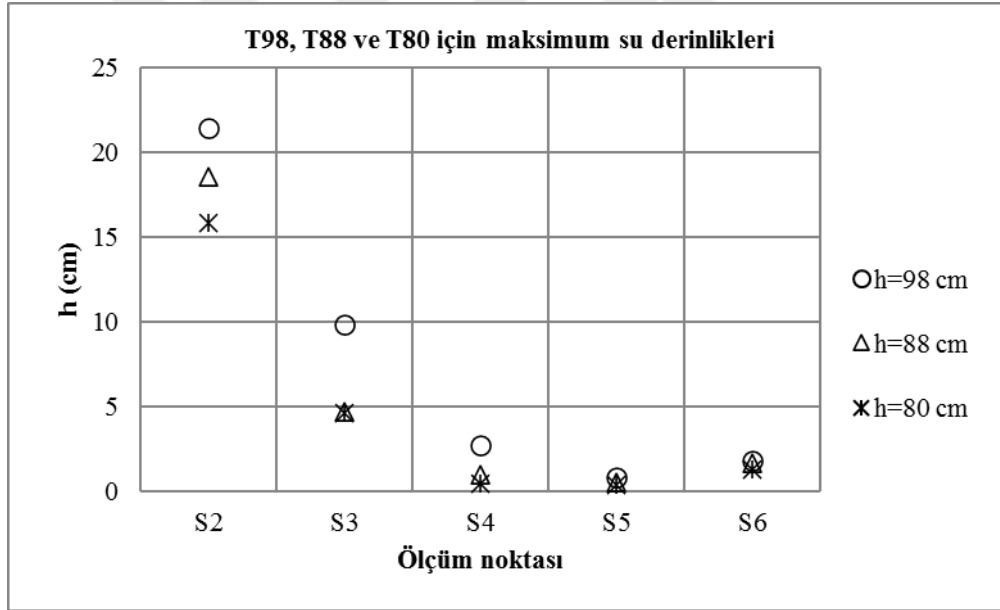


Şekil 4.73 Bitki örtülü ve bitki örtüsüz üçgen gedik yıkılma deneylerine ait her bir ölçüm noktasındaki taşkın dalgası ulaşma süresi

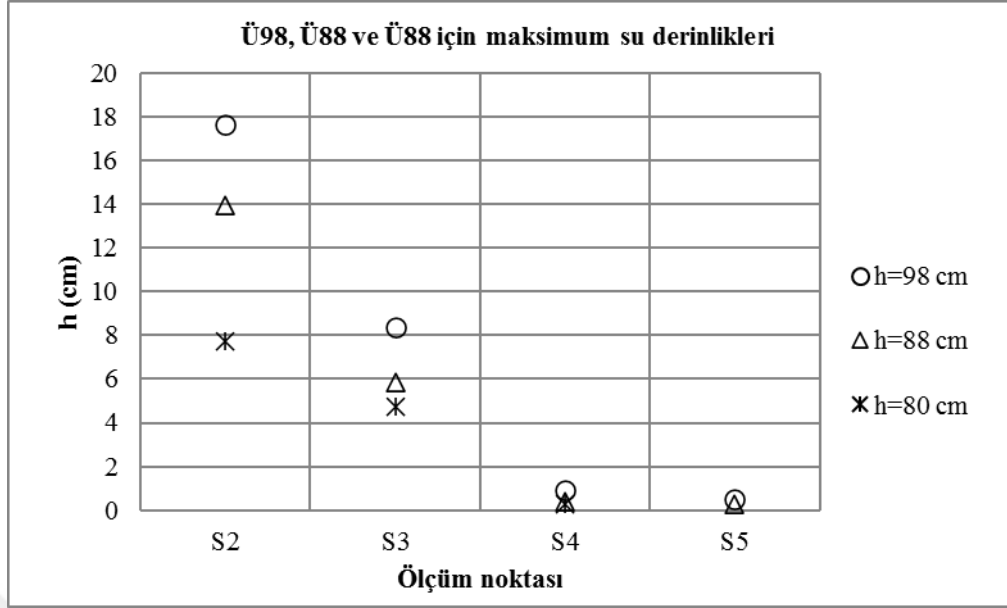
Şekil 4.74, 4.75, 4.76, 4.77, 4.78 ve 4.79’da baraj gölünde farklı su derinlikleri durumunda gerçekleştirilen ani, trapez gedik ve üçgen gedik yıkılma deneylerine ait her bir ölçüm noktasında ölçülen maksimum su derinlikleri ve taşkın dalgasının maksimum derinliğe ulaşma süresi verilmektedir.



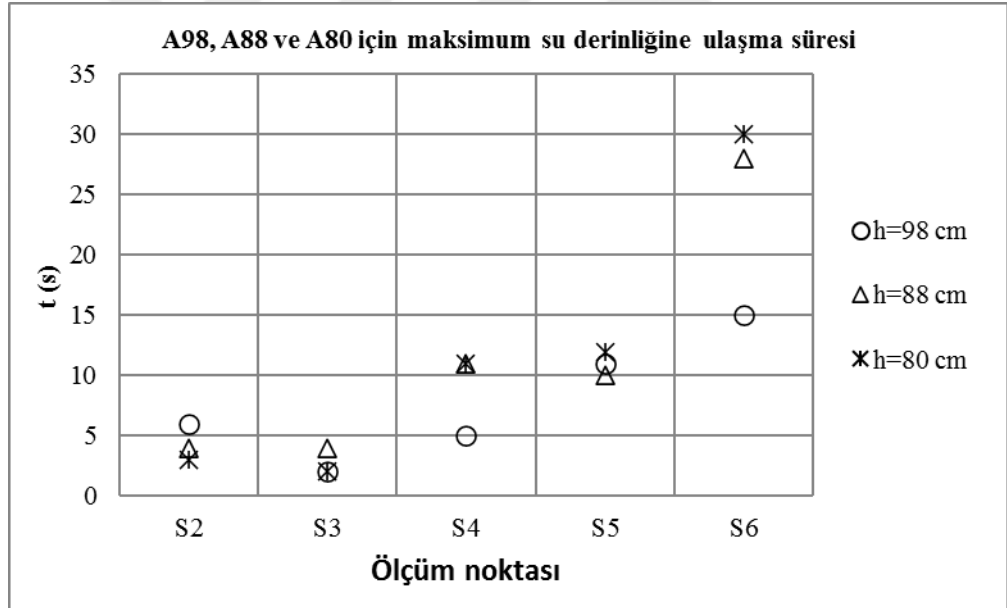
Şekil 4.74 Baraj gölünde farklı su derinlikleri durumunda gerçekleştirilen ani yıkılma deneylerine ait her bir ölçüm noktasındaki maksimum su derinlikleri



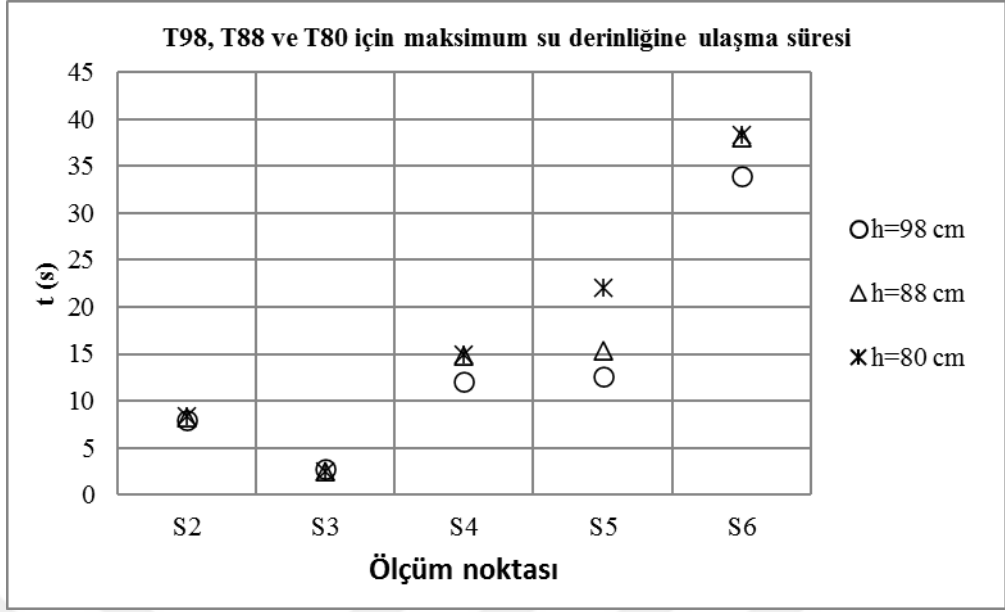
Şekil 4.75 Baraj gölünde farklı su derinlikleri durumunda gerçekleştirilen trapez gedik yıkılma deneylerine ait her bir ölçüm noktasındaki maksimum su derinlikleri



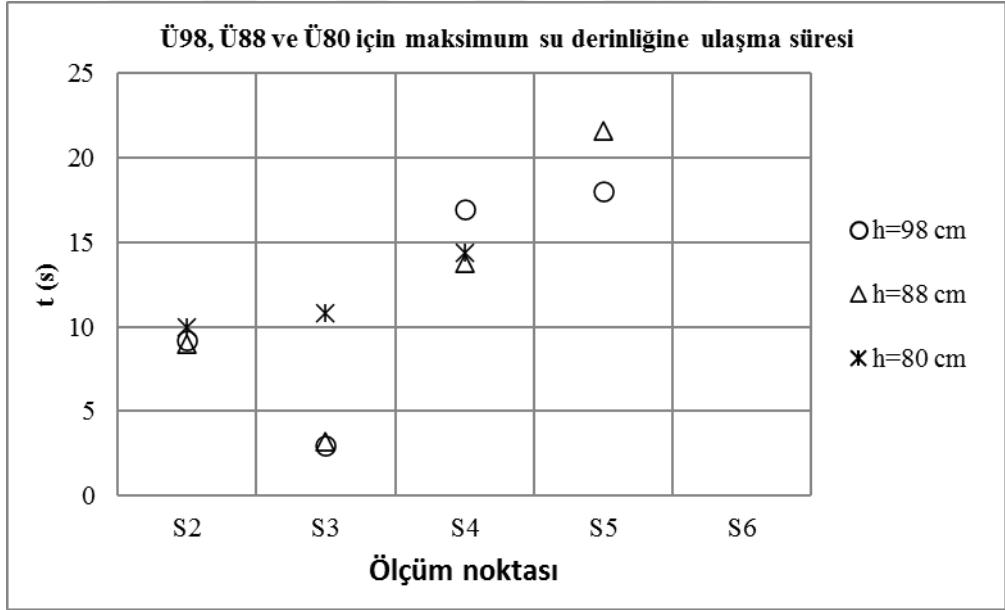
Şekil 4.76 Baraj gölünde farklı su derinlikleri durumunda gerçekleştirilen üçgen gedik yıkılma deneylerine ait her bir ölçüm noktasındaki maksimum su derinlikleri



Şekil 4.77 Baraj gölünde farklı su derinlikleri durumunda gerçekleştirilen ani yıkılma deneylerine ait her bir ölçüm noktasındaki maksimum su yüksekliğine ulaşma süresi

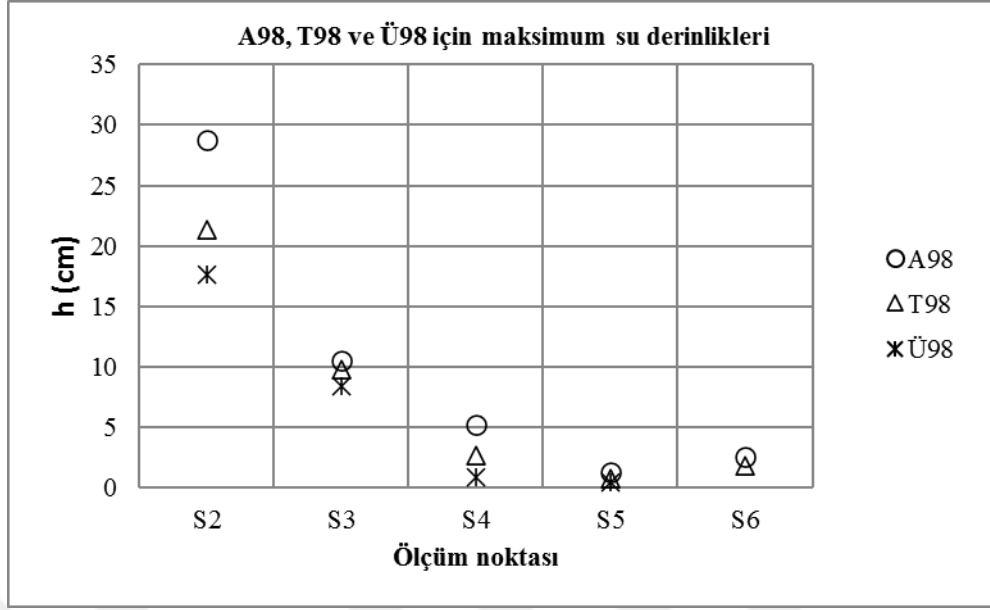


Şekil 4.78 Baraj gölünde farklı su derinlikleri durumunda gerçekleştirilen trapez gedik yıkılma deneylerine ait her bir ölçüm noktasındaki maksimum derinliğe ulaşma süresi

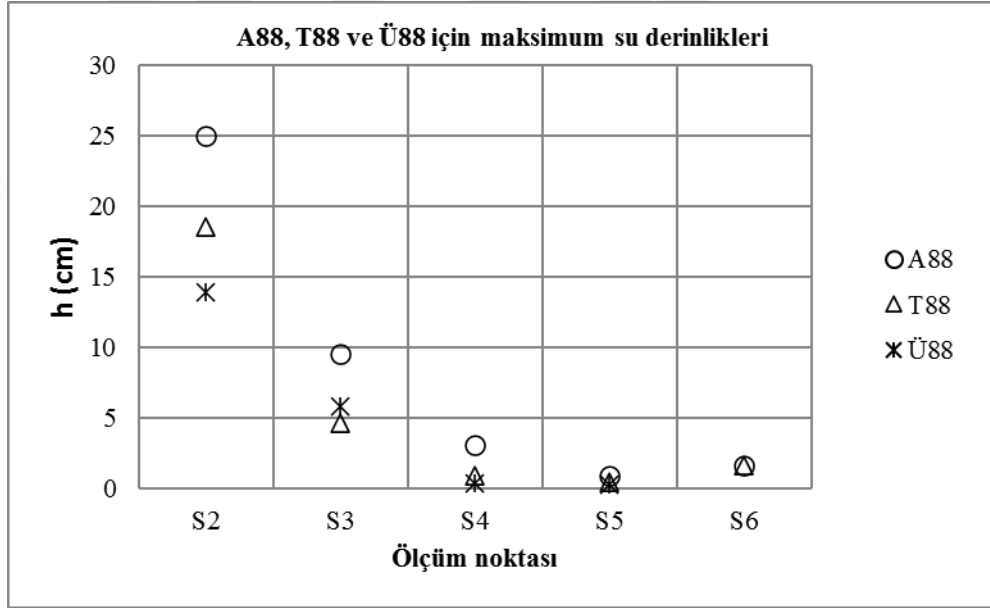


Şekil 4.79 Baraj gölünde farklı su derinlikleri durumunda gerçekleştirilen üçgen gedik yıkılma deneylerine ait her bir ölçüm noktasındaki maksimum derinliğe ulaşma süresi

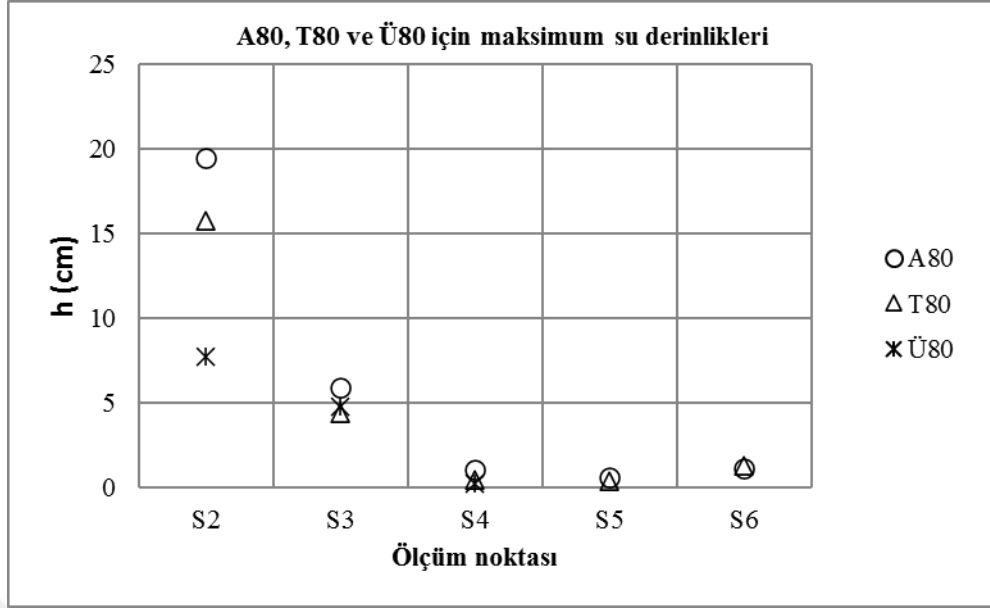
Şekil 4.80, 4.81, 4.82, 4.83, 4.84 ve 4.85’te farklı yıkılma senaryoları için her bir ölçüm noktasındaki maksimum su yüksekliği ve taşkın dalgası ulaşma süreleri verilmektedir.



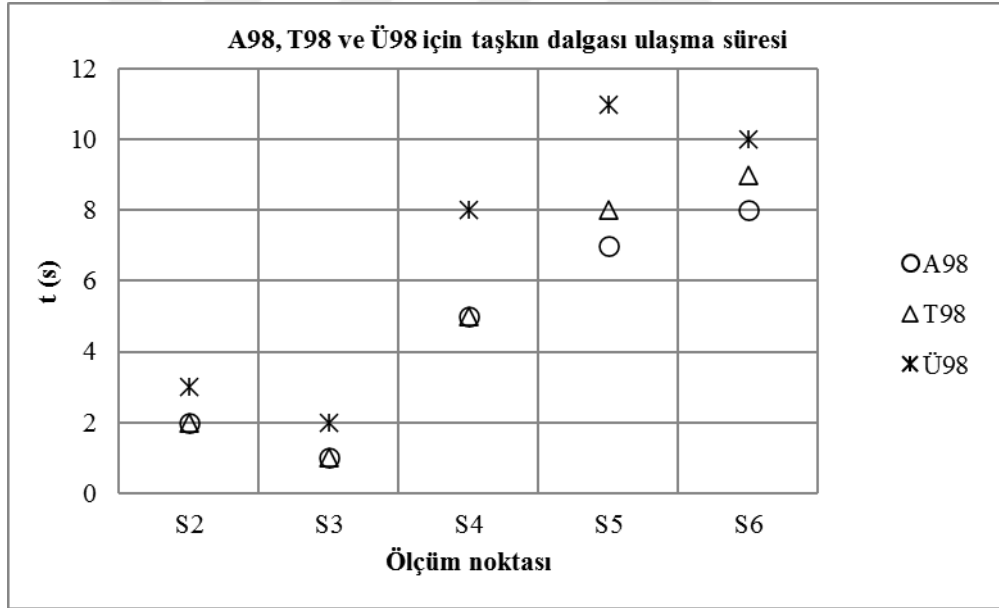
Şekil 4.80 Farklı tip baraj yıkılması ve baraj gölünde 98 cm su bulunması durumlarında gerçekleştirilen deneylerde her bir ölçüm noktasındaki maksimum su derinlikleri



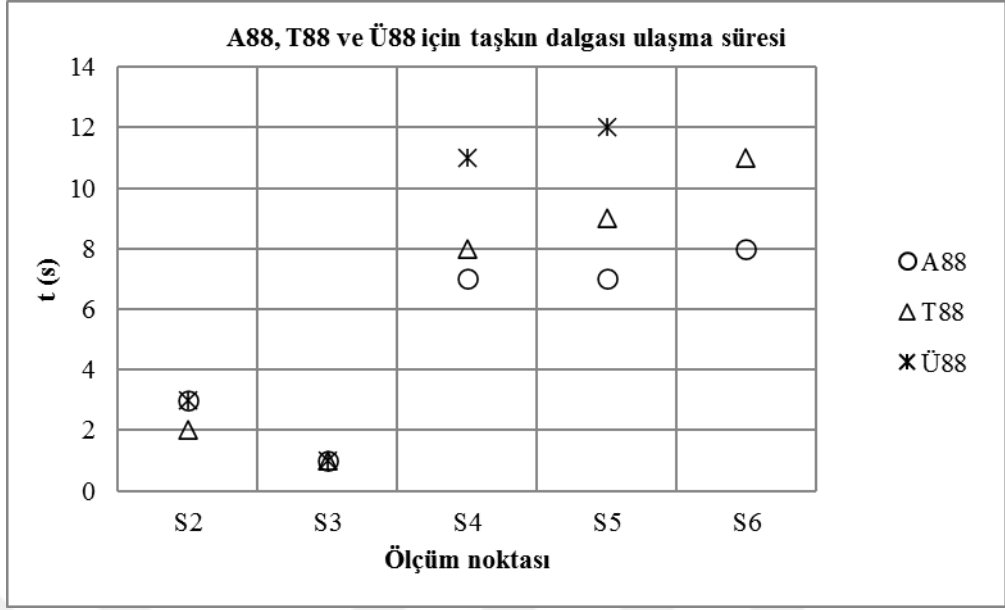
Şekil 4.81 Farklı tip baraj yıkılması ve baraj gölünde 88 cm su bulunması durumlarında gerçekleştirilen deneylerde her bir ölçüm noktasındaki maksimum su derinlikleri



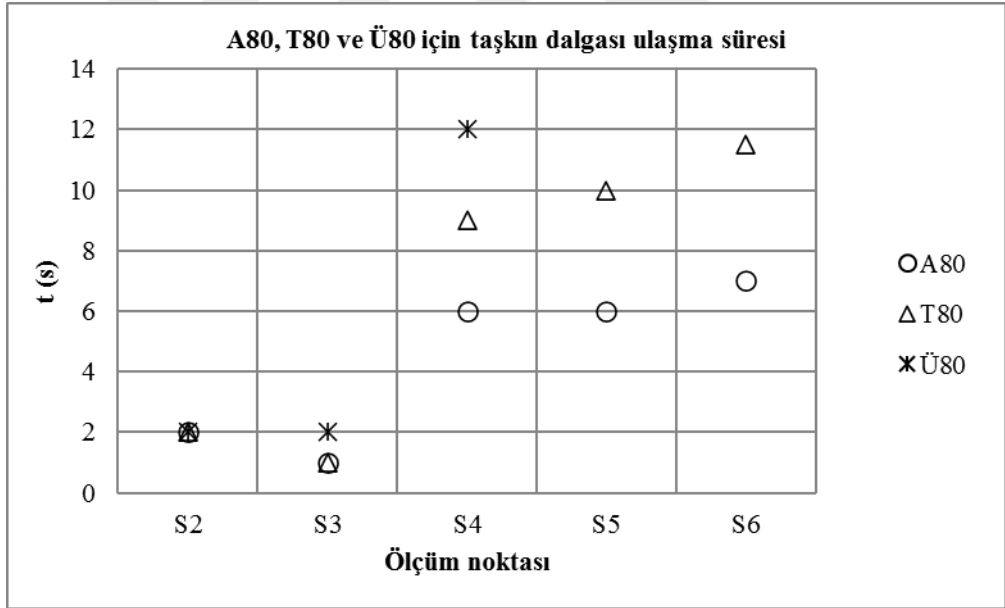
Şekil 4.82 Farklı tip baraj yıkılması ve baraj gölünde 80 cm su bulunması durumlarında gerçekleştirilen deneylerde her bir ölçüm noktasındaki maksimum su derinlikleri



Şekil 4.83 Farklı tip baraj yıkılması ve baraj gölünde 98 cm su bulunması durumlarında gerçekleştirilen deneylerde her bir ölçüm noktasındaki taşkın dalgası ulaşma süresi



Şekil 4.84 Farklı tip baraj yıkılması ve baraj gölünde 88 cm su bulunması durumlarında gerçekleştirilen deneylerde her bir ölçüm noktasındaki taşkın dalgası ulaşma süresi



Şekil 4.85 Farklı tip baraj yıkılması ve baraj gölünde 80 cm su bulunması durumlarında gerçekleştirilen deneylerde her bir ölçüm noktasındaki taşkın dalgası ulaşma süresi

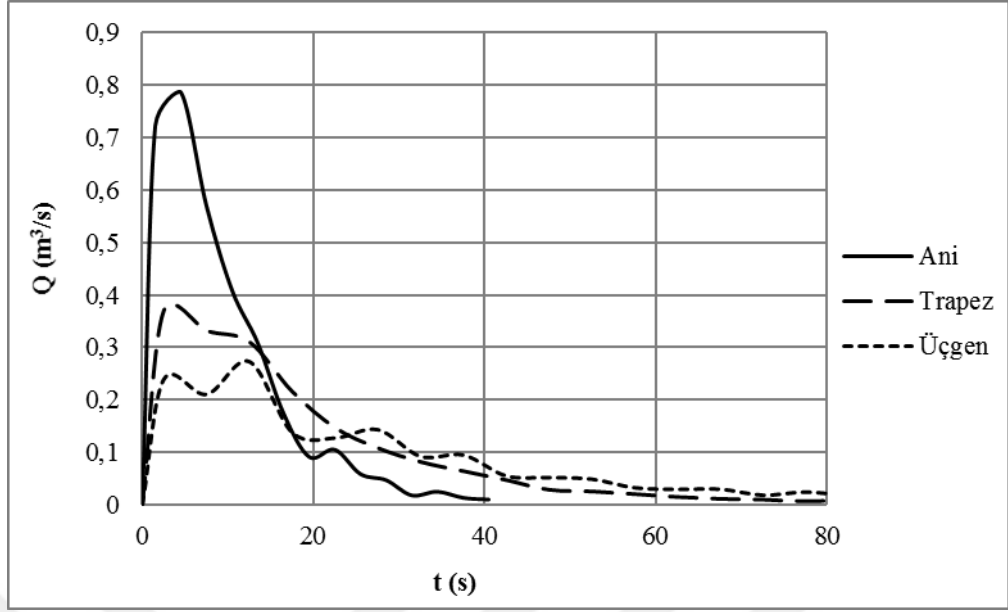
Deney sonuçları incelendiğinde, bitki örtüsünün yoğun olduğu S2 noktasında, yıkılma şekline bağımsız olarak bitki örtüsünün su derinliğinde neredeyse üç kat artışa sebep olduğu görülmektedir. S3 noktasında, bu noktanın baraj gövdesine çok yakın olması nedeniyle bitki örtüsünün maksimum su derinliğine etkisi

gözlenmemiştir. Taşkın dalgasının S2 ve S3 noktalarına ulaşma süresi bitki örtülü ve bitki örtüsüz deneyler için hemen hemen aynıdır. Bitki örtülü deneylerde sel dalgası S4, S5 ve S6 noktalarına hem daha az derinlikte hem de daha uzun sürede ulaşmaktadır. Böylece bitki örtüsünün varlığı yerleşim yerlerinde taşkın dalgasının etkilerini azaltmaktadır.

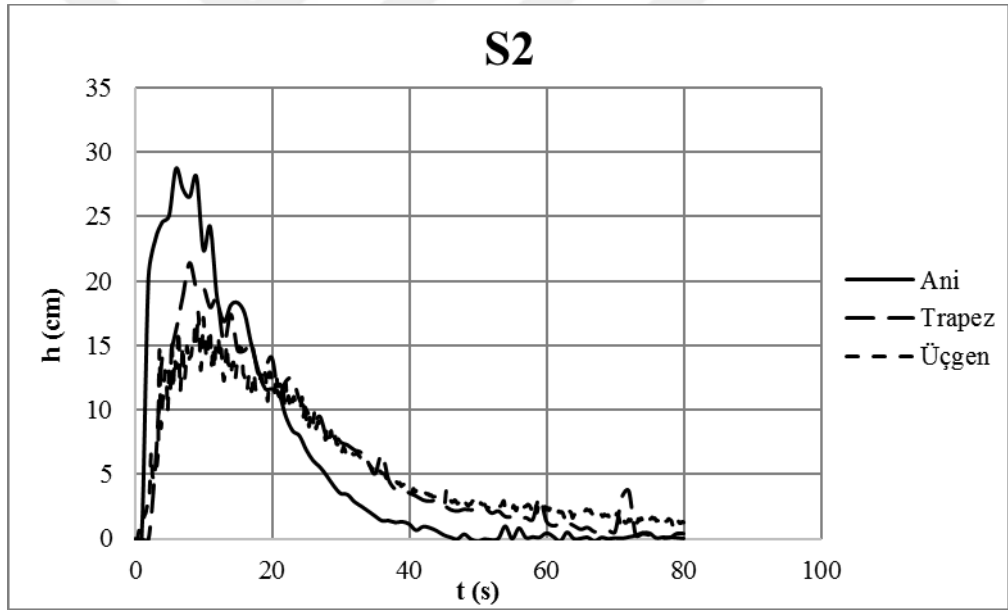
Baraj göl seviyesi azaldıkça mansap tarafında gözlemlenen maksimum su yüksekliklerinin, yıkılma şeklinden bağımsız olarak, baraja yakın olan S2 ve S3 ölçüm noktalarında azaldığı belirlenmiştir. Fakat baraj gövdesinden daha uzakta olan S4, S5 ve S6 noktalarında önemli bir değişiklik gözlenmemiştir. Farklı göl seviyelerinde taşkın dalgasının mansap bölgesinde maksimum derinliğe ulaşma süresinde ise baraja yakın ölçüm noktalarında kayda değer bir farklılık oluşmamakla birlikte baraj gövdesinden uzaklaştıkça baraj gölündeki su seviyesinin düşmesinin taşkın dalgasının maksimum derinliğine ulaşma süresini arttırdığı belirlenmiştir.

Baraj yıkılma şekilleri dikkate alındığı zaman, S2 ve S3 ölçüm noktalarında kaydedilen maksimum su derinlikleri ani yıkılma deneylerinde en fazladır. Bunu sırasıyla trapez şekilli ve üçgen şekilli yıkılma deneyleri takip etmektedir. Yerleşim bölgelerine yakın olan ölçüm noktalarında ise yıkılma şeklinin maksimum su yüksekliğine herhangi bir etkisi görülmemiştir. Ayrıca taşkın dalgası, üçgen şekilli baraj yıkılma deneylerinde yerleşim bölgelerine daha uzun sürede ulaşmaktadır. Bu süre ani yıkılma deneylerinde ise en kısadır.

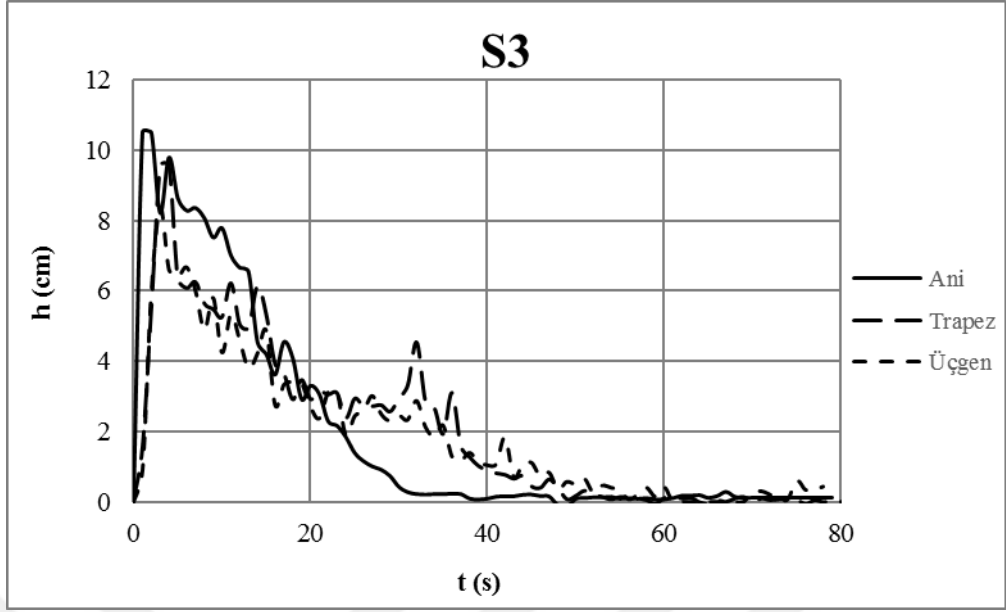
Baraj göl seviyesinin maksimum doluluk oranına karşılık gelen 98 cm'lik derinlik ile yapılan deneylerde ölçülen seviyeler ani yıkılma, trapez gedik ve üçgen gedik yıkılma senaryoları için de karşılaştırılmıştır. Şekil 4.86'da her bir yıkılma tipi için elde edilen çıkış hidrografları verilmektedir. Şekil 4.87, 4.88, 4.89 ve 4.90'da her üç baraj yıkılma tipi için elde edilen zamana bağlı su derinlikleri yer almaktadır.



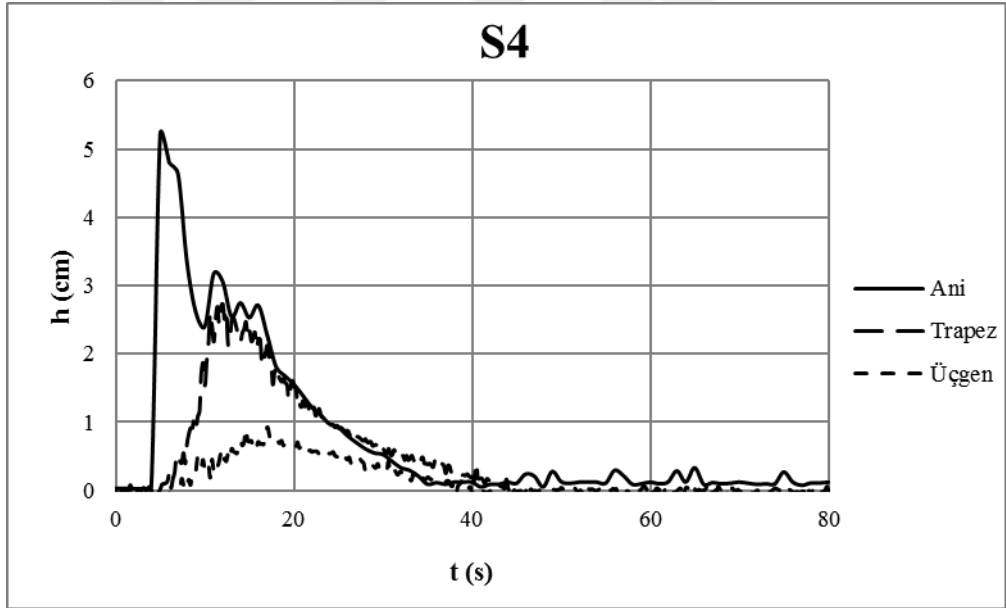
Şekil 4.86 Farklı tip baraj yıkılması durumlarında elde edilen çıkış hidrografları



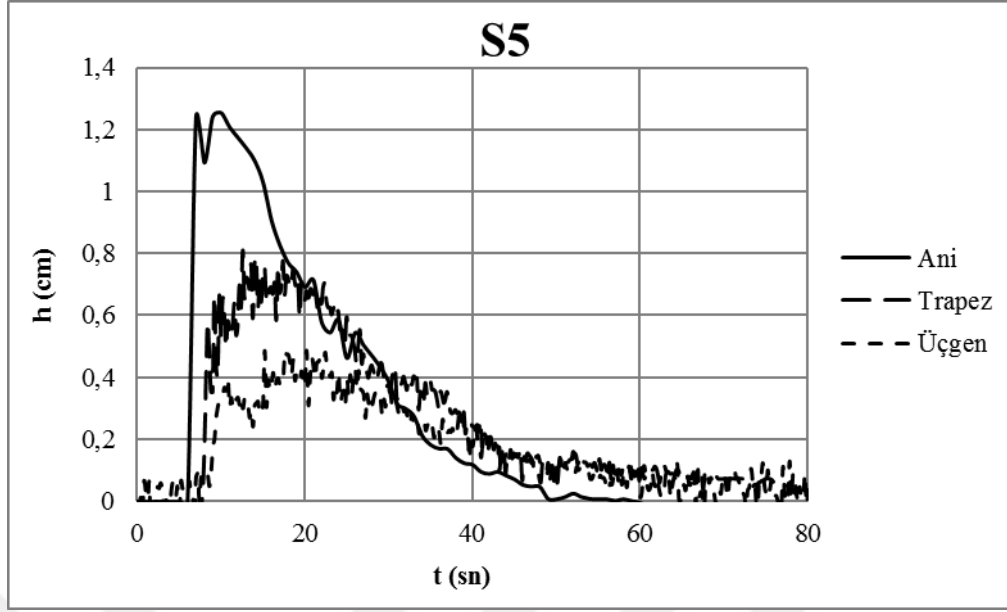
Şekil 4.87 Farklı tip baraj yıkılması durumlarında gerçekleştirilen deneylerde S2 nolu ölçüm noktasında kaydedilen zamana bağlı su derinlikleri



Şekil 4.88 Farklı tip baraj yıkılması durumlarında gerçekleştirilen deneylerde S3 nolu ölçüm noktasında kaydedilen zamana bağlı su derinlikleri



Şekil 4.89 Farklı tip baraj yıkılması durumlarında gerçekleştirilen deneylerde S4 nolu ölçüm noktasında kaydedilen zamana bağlı su derinlikleri



Şekil 4.90 Farklı tip baraj yıkılması durumlarında gerçekleştirilen deneylerde S5 nolu ölçüm noktasında kaydedilen zamana bağlı su derinlikleri

Bu grafikler incelendiğinde, baraj yıkılma tipinin ve dolayısı ile yıkılma mekanizmasının, çıkış hidrografı ve taşkın dalgasının mansap bölgesinde yayılımı üzerinde oldukça etkili olduğu anlaşılmaktadır.

BÖLÜM 5

SAYISAL ÇÖZÜM

Tez kapsamında baraj yıkılması sonucu oluşan taşkın, Ürkmez Barajı fiziksel modeli için sayısal olarak da modellenmesi hedeflenmiştir. Sayısal modelin amacı deneysel olarak gerçekleştirilemeyen değişik yıkılma senaryolarının sayısal olarak simülasyonunun gerçekleştirilebilmesidir. Sayısal modellerde en önemli süreç sayısal modelin kalibrasyonu ve doğrulanmasıdır. Bu süreç tez çalışması kapsamında yapılan deney sonuçlarıyla yapılmıştır.

Yürütülen tez kapsamında sayısal modelleme, lisanslı olarak DEÜ Hidrolik Laboratuvarı bünyesinde mevcut Flow3D paket programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Flow3D yazılımı zamana bağlı olarak değişen üç boyutlu akım problemlerini çözmek için geliştirilmiş sayısal teknikleri kullanmaktadır. Akışkan hareketi, doğrusal olmayan ve zamana bağımlı ikinci mertebeden diferansiyel denklemlerle tanımlanmaktadır. Sıvıya komşu gazın eylemsizliği ihmal edilmekte ve gaz tarafından işgal edilen hacim yerine üniform basınç ve sıcaklıkla temsil edilen kütle boşluğu yerleştirilmektedir.

Flow3D yazılımında üç boyutlu hareket (RANS: Reynolds Averaged Navier Stokes) ve süreklilik denklemleri eş zamanlı olarak çözülebilmektedir. Kartezyen koordinatlardaki süreklilik denklemi 5.1’de ve verilmektedir.

$$V_f \frac{\partial p}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} (\rho u A_x) + R \frac{\partial}{\partial y} (\rho v A_y) + \frac{\partial}{\partial z} (\rho w A_z) + \xi \frac{(\rho u A_x)}{x} = R_{DIF} + R_{SOR} \quad (5.1)$$

burada, V_f akıma açık kesirsel hacmi, ρ akışkan yoğunluğunu, R_{DIF} türbülans yayılım terimini ve R_{SOR} kütle kaynağını göstermektedir. u , v ve w ; sırasıyla x , y ve z koordinat doğrultusundaki hız bileşenleridir. A_x , A_y ve A_z ; sırasıyla x , y ve z doğrultularındaki akıma açık kesirsel alanlardır. R katsayısı koordinat sistemi seçimine bağlı bir katsayıdır. Kartezyen koordinatlarda R katsayısı 1 değerini, ξ ise 0 değerini alır. R_{DIF} türbülans yayılım terimi (5.2) denkleminde verilmektedir. R_{SOR} kütle kaynağı terimi,

gözenekli engelli yüzeylerden kütleli geçiş modellemesi için kullanılabilecek yoğunluk kaynağı terimidir.

$$R_{DIF} = \frac{\partial}{\partial x} \left(v_p A_x \frac{\partial p}{\partial x} \right) + R \frac{\partial}{\partial y} \left(v_p A_y R \frac{\partial p}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(v_p A_z \frac{\partial p}{\partial z} \right) + \xi \frac{v_p A_x}{x} \frac{\partial p}{\partial x} \quad (5.2)$$

(5.2) denkleminde $v\rho$ katsayısı $Sc\mu/\rho$ 'ya eşittir. μ momentum yayılım katsayısını (viskozite) ve Sc sabitinin tersi ise türbülans Schmidt sayısını göstermektedir.

Sıkıştırılamaz akışkanlar için, ρ sabit bir değerdir. (5.1) denklemini sıkıştırılamazlık durumu için (5.3) denklemindeki gibi yazılır.

$$\frac{\partial}{\partial x} (uA_x) + R \frac{\partial}{\partial y} (vA_y) + \frac{\partial}{\partial z} (wA_z) + \xi \frac{uA_x}{x} = \frac{R_{SOR}}{\rho} \quad (5.3)$$

Üç koordinat doğrultusundaki (u , v , w) akışkan hızı bileşenleri için hareket denklemleri, bazı ek terimler içeren Navier-Stokes denklemleridir (5.4a, 5.4b, 5.4c).

$$\frac{\partial u}{\partial t} + \frac{1}{V_f} \left\{ uA_x \frac{\partial u}{\partial x} + vA_y R \frac{\partial u}{\partial y} + wA_z \frac{\partial u}{\partial z} \right\} - \xi \frac{A_y v^2}{xV_f} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + G_x + f_x - b_x - \frac{R_{SOR}}{\rho V_f} (u - u_w - \delta u_s) \quad (5.4a)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + \frac{1}{V_f} \left\{ uA_x \frac{\partial v}{\partial x} + vA_y R \frac{\partial v}{\partial y} + wA_z \frac{\partial v}{\partial z} \right\} - \xi \frac{A_y uv}{xV_f} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} + G_y + f_y - b_y - \frac{R_{SOR}}{\rho V_f} (v - v_w - \delta v_s) \quad (5.4b)$$

$$\frac{\partial w}{\partial t} + \frac{1}{V_f} \left\{ uA_x \frac{\partial w}{\partial x} + vA_y R \frac{\partial w}{\partial y} + wA_z \frac{\partial w}{\partial z} \right\} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} + G_z + f_z - b_z - \frac{R_{SOR}}{\rho V_f} (w - w_w - \delta w_s) \quad (5.4c)$$

burada, G_x , G_y ve G_z kütleli ivmeleri, f_x , f_y , ve f_z viskoz ivmeleri ve b_x , b_y , ve b_z gözenekli ortamdaki akış kayıplarını ifade etmektedir.

Viskoz ivmeleri denklem 5.5a, 5.5b ve 5.5c'de verilmektedir.

$$\rho V_f f_x = wsx - \left(\frac{\partial}{\partial x} (A_x \tau_{xx}) + R \frac{\partial}{\partial y} (A_y \tau_{xy}) + \frac{\partial}{\partial z} (A_z \tau_{xz}) + \right.$$

$$\frac{\xi}{x}(A_x\tau_{xx} - A_y\tau_{yy}) \quad (5.5a)$$

$$\rho V_f f_y = wsy - \left(\frac{\partial}{\partial x}(A_x\tau_{xy}) + R\frac{\partial}{\partial y}(A_y\tau_{yy}) + \frac{\partial}{\partial z}(A_z\tau_{yz}) + \right. \\ \left. \frac{\xi}{x}(A_x\tau_{xx} - A_y\tau_{xy}) \right) \quad (5.5b)$$

$$\rho V_f f_z = wsz - \frac{\partial}{\partial x}(A_x\tau_{xz}) + R\frac{\partial}{\partial y}(A_y\tau_{yz}) + \frac{\partial}{\partial z}(A_z\tau_{zz}) + \\ \frac{\xi}{x}(A_x\tau_{xz}) \quad (5.5c)$$

burada, wsx, wsy, wsz cidar kayma gerilmelerini ifade etmekte olup parantes içerisindeki gerilmeler aşağıdaki gibi verilmektedir (5.6).

$$\tau_{xx} = -2\mu \left\{ \frac{\partial u}{\partial x} - \frac{1}{3} \left(\frac{\partial u}{\partial x} + R\frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} + \frac{\xi u}{x} \right) \right\}$$

$$\tau_{yy} = -2\mu \left\{ R\frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\xi u}{x} - \frac{1}{3} \left(\frac{\partial u}{\partial x} + R\frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} + \frac{\xi u}{x} \right) \right\}$$

$$\tau_{zz} = -2\mu \left\{ \frac{\partial w}{\partial z} - \frac{1}{3} \left(\frac{\partial u}{\partial x} + R\frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} + \frac{\xi u}{x} \right) \right\}$$

$$\tau_{xy} = -\mu \left\{ \frac{\partial v}{\partial x} + R\frac{\partial u}{\partial y} - \frac{\xi v}{x} \right\} \quad (5.6)$$

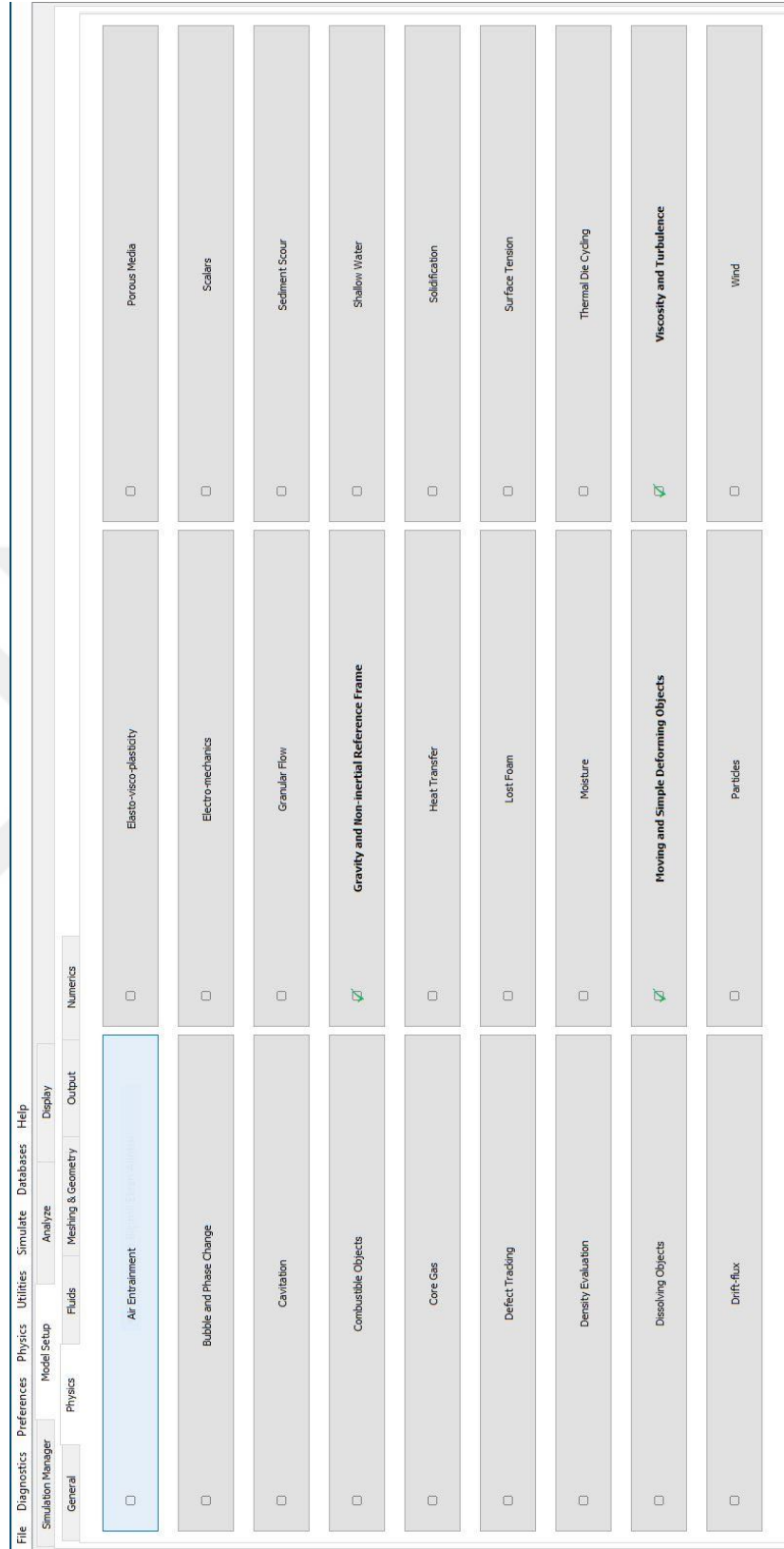
$$\tau_{xz} = -\mu \left\{ \frac{\partial u}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial x} \right\}$$

$$\tau_{yz} = -\mu \left\{ \frac{\partial v}{\partial z} + R\frac{\partial w}{\partial y} \right\}$$

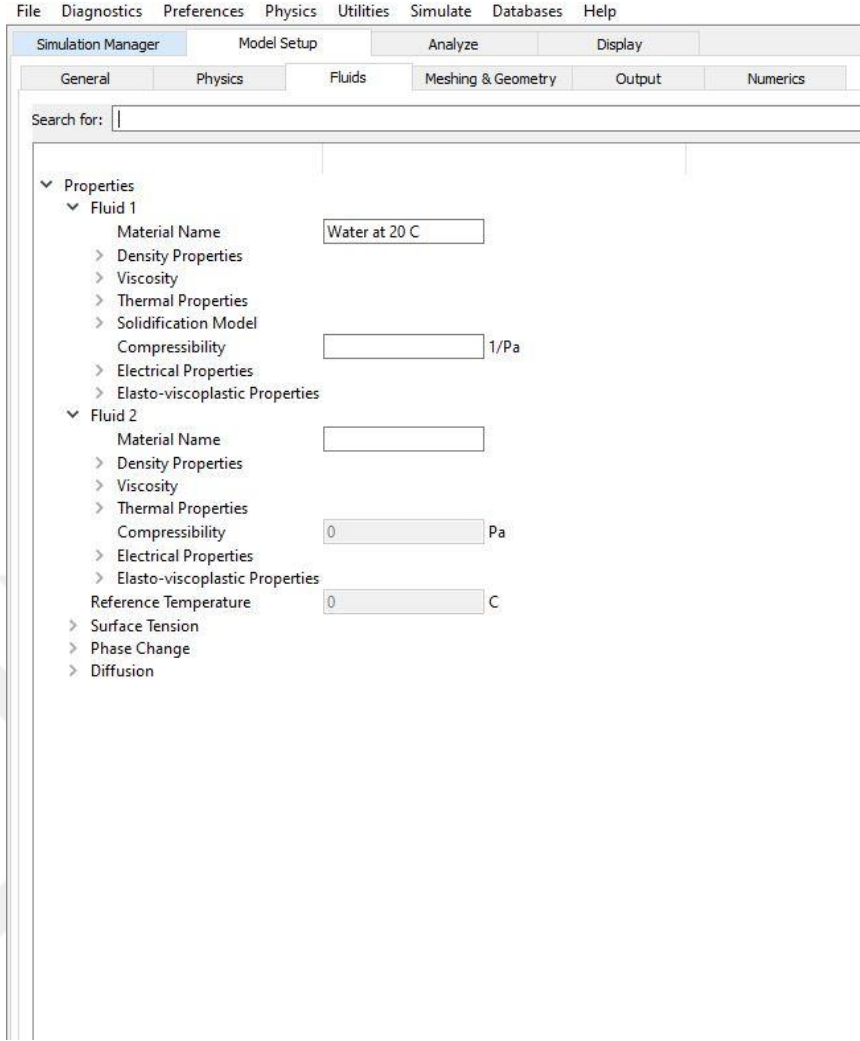
Flow3D yazılımında denklemlerin çözümü için sonlu hacimler yöntemi kullanılmaktadır. Çözüm ağı dikdörtgen hücrelerden oluşur ve akışkana ait özellikler (basınç, viskozite, yoğunluk, vb...) dikdörtgen hücrelerin merkezinde yer alırken akıma ait özellik olan hızlar (u, v, w) hücrelerin yüzeyinde dikkate alınmaktadır (Kocaman, 2007).

Yazılım, FAVOR (fractional area/volume obstacle representation) yöntemiyle hücre içerisinde bulunan bir engelin hücrenin ne kadarını kapladığını belirler. Hücre tamamen engel ile dolu ise değer sıfır, tamamen boş ise bir değerini alır. Eğer bir hücre kısmen akışkan ile dolu ise bu değer hücrede kapladığı yüzdeye bağlı olarak sıfır ile bir arasında bir değer alır. Bu yöntem, arazi geometrisi CAD yazılımları ile oluşturulup Flow3D yazılımında çözüm ağı oluşturulmasına imkân vermektedir. Yazılımda su-hava arakesitine sahip serbest yüzeylerin belirlenmesi için akışkan hacmi (VOF; Volume of Fluid) yöntemi kullanılmaktadır. Bu yöntemde FAVOR yönteminde olduğu gibi hücre içerisindeki akışkan hacmi belirlenmektedir (Flow Science, 2007).

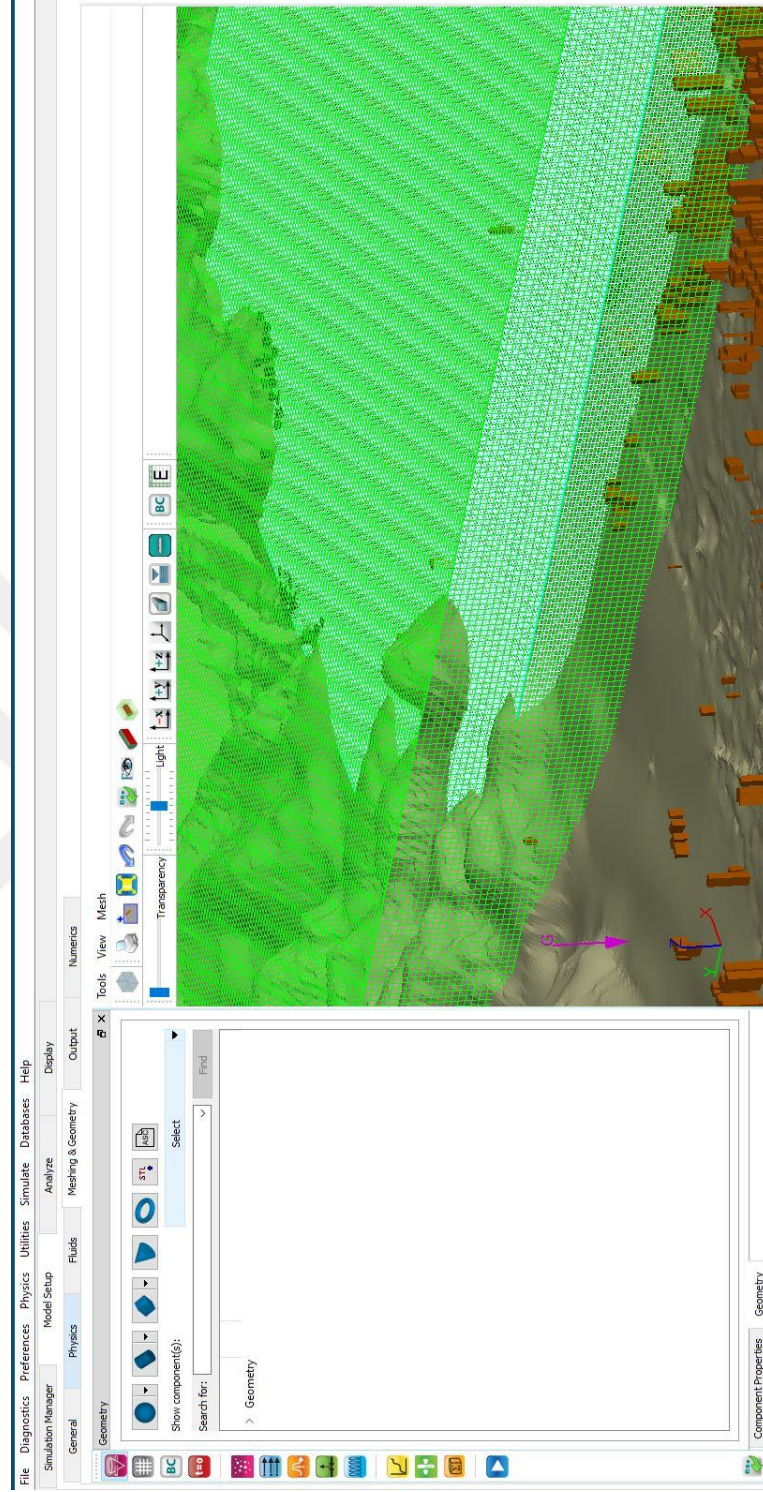
Flow3D programında yer alan menülerinin açıklamaları aşağıda verilmektedir. Şekil 5.1’de gösterilen alt menüde olaya etkin parametreler seçilmektedir. Şekil 5.2’de kullanılan akışkan ve bu akışkanın özelliklerinin verildiği alt menü yer almaktadır. Şekil 5.3’te problemin çözümü için kurulan çözüm ağı alt menüsü bulunmaktadır. Şekil 5.4’te gösterilen alt menüde ise sayısal analiz sonucunda elde edilmek istenen çıktılar seçilebilmektedir.



Şekil 5.1 Flow3D fizik alt menüsü ve ayrıntıları



Şekil 5.2 Akışkan alt menüsü



Şekil 5.3 Ağ ve geometri alt menüsü

File Diagnostics Preferences Physics Utilities Simulate Databases Help

Simulation Manager Model Setup Physics Fluids Meshing & Geometry Output Numerics

Selected data interval: 0.01 s

Fraction interval: 0.01

Events

☐ Fluid fraction

☒ Fluid velocities

☒ Hydraulic data

☐ Mass source rate

☐ Particle information (for 2D and 3D plots)

☐ Pressure

☐ Turbulent quantities (tke/dtke)

Additional output

☐ Dynamic viscosity

☐ Fluid tracer(s)

☐ Fluid vorticity & Q-criterion

☐ Strain rate

☐ Total hydraulic head 3D

☒ Hydraulic data (depth averaged values and assuming gravity in -Z direction)

Flow depth

Maximum flow depth

Free surface elevation

Velocity

Offset velocity: 0

Distance from bottom:

Froude number

Specific hydraulic head

Total hydraulic head

☐ Shear stress

☐ Distance travelled by fluid

☐ Fluid arrival time

☐ Fluid residence time

☐ Wall contact time

FSI/FSI Tecplot output format: No Output

FSI/FSI EICOLUS output format: No Output

Additional options

Debug level: Standard

☐ Activate solver wall clock timing (output written at the end of the Solver Summary file)

☐ Output on failure

Batch Mode

Batch Post-Processing

Auto Select Check All Uncheck All Toggle Selected

Basics for output

☒ Time

☐ Fill fraction

☐ Solidified fraction

Plot output controls

Restart data

☐ Restart data interval: 0.1 s

Fraction interval: 0.1

☐ Do not write initial state

Events

History data

☐ History data interval: 0.1 s

Events

Solidification data

Time interval: 0.1 s

Print output controls

Short prints

☐ Short print interval: 0.1 s

Maximum elapsed time interval: 10 s

Long prints

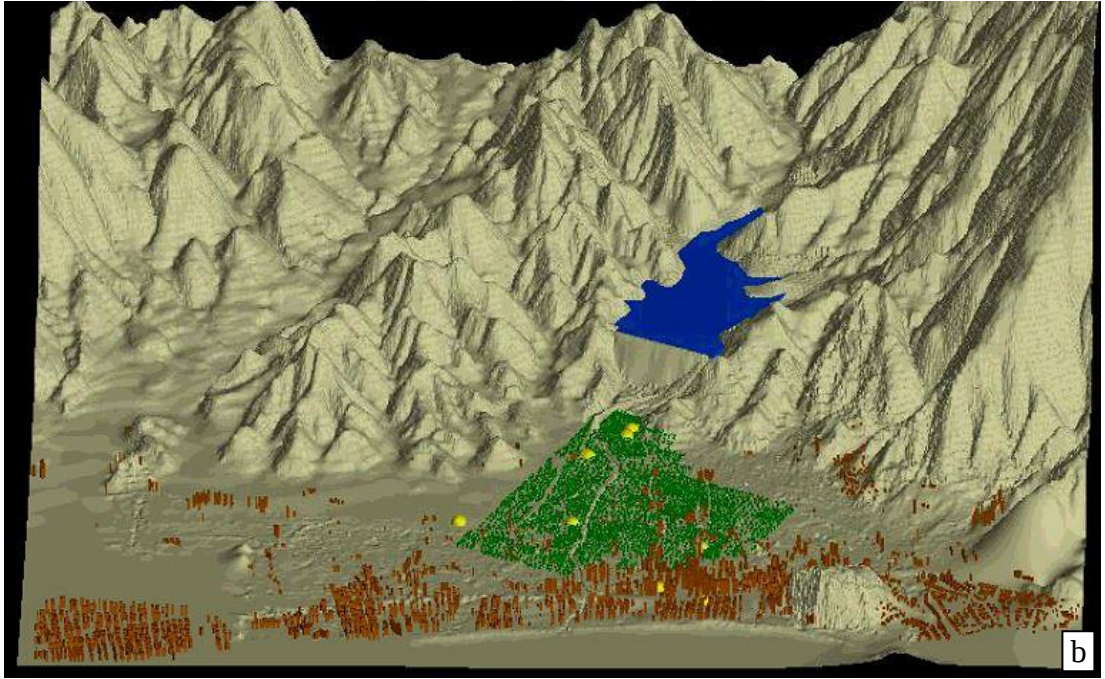
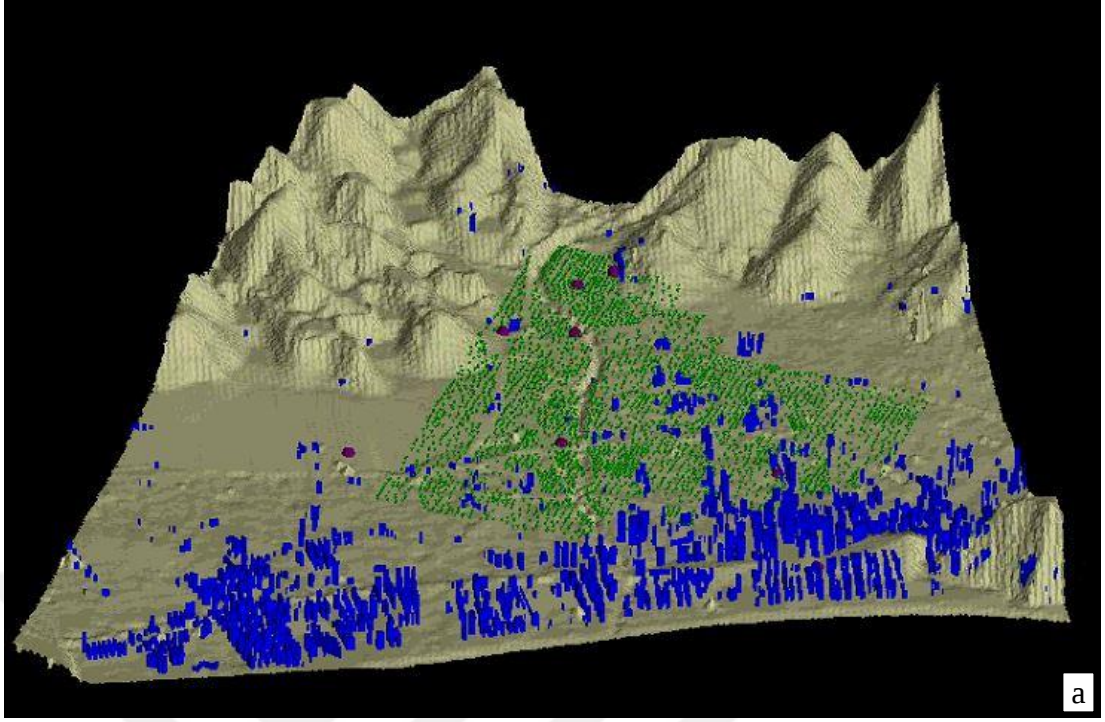
☐ Long print interval: 0.1 s

Fraction interval: 0.1

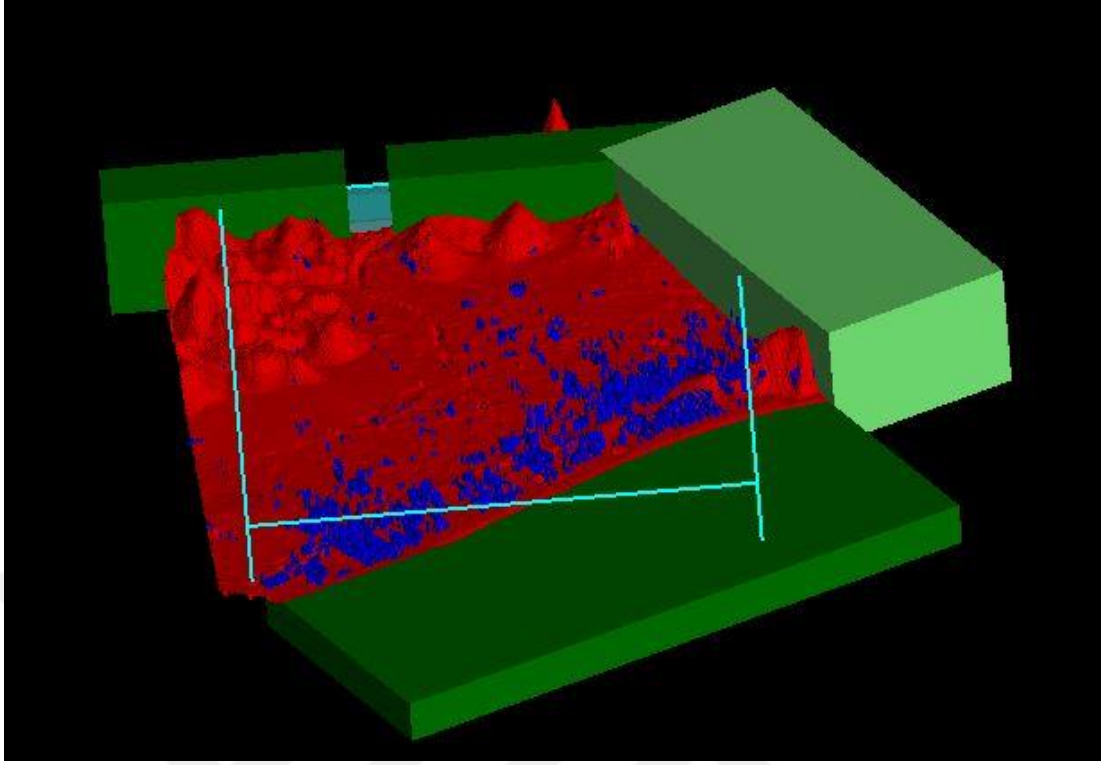
Şekil 5.4 Çıktı alt menüsü

Bu tez kapsamında, Flow3D yazılımına baraj fiziksel modeli iki farklı şekilde tanımlanmıştır. İlk olarak barajın yalnızca mansap kesiminin sayısal modeli

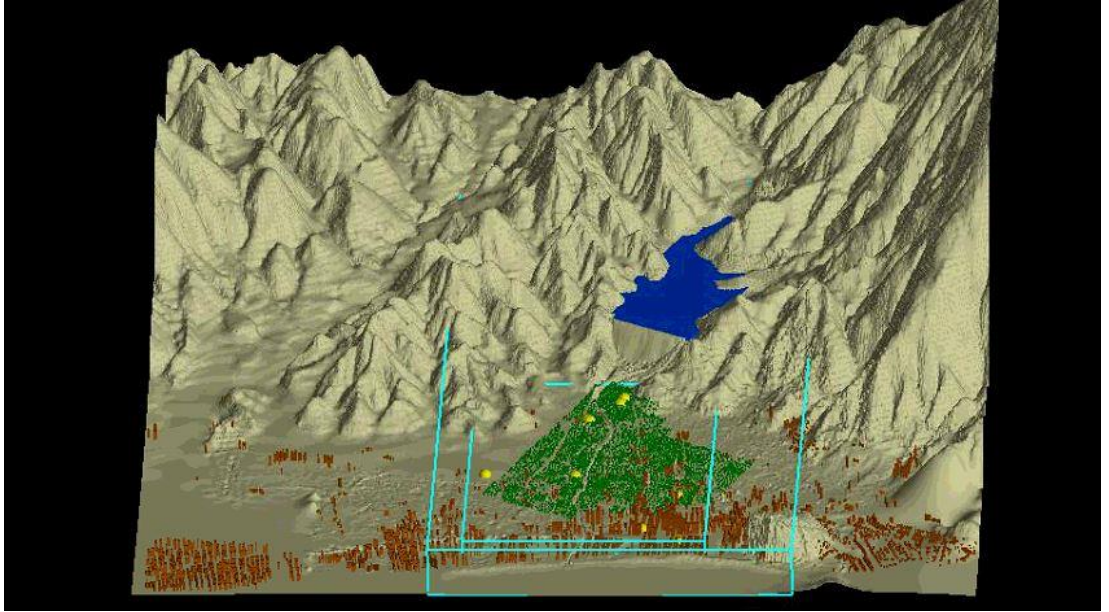
oluşturulmuş daha sonra baraj gölü dahil edilerek ikinci sayısal model oluşturulmuştur. Her iki sayısal model sırasıyla Şekil 5.5a ve şekil 5.5b’de görülmektedir. Sayısal modellerin ızgara sisteminin boyutları modelin bitki örtüsü içermesi veya pürüzlülük yüksekliği tanımlanmasına göre değişmektedir. Pürüzlülük yüksekliği tanımlanmış modelde boyutları 5 cm x 5 cm olan hücelere bölünerek sayısal analiz için ızgara sistemi oluşturulmuştur (Şekil 5.6). Bitki örtülü modelde ağaçların modele tam olarak yansıtılması için daha küçük boyutlarda hücrelerle çözüm yapılması gerekmektedir. Modelin tamamında hücre boyutlarının küçültülmesi çözüm yapılacak hücre sayısını çok arttırmaktadır. Hücre sayısının artması analizlerin çözüm sürelerini uzattığı için bitki örtülü modelde iç içe oluşturulmuş iki ızgara sistemi (conform mesh) kullanılmıştır (Şekil 5.7). Dış tarafta bulunan ızgara sisteminde, 5 cm x 5 cm boyutlarında hücreler kullanılmıştır. İç tarafta bulunan ızgaralar için ise 2,5 x 2,5 cm boyutlarında hücreler kullanılmıştır. Izgara sistemi, Şekil 5.6 için toplam 1.303.260 adet hücreden oluşurken bu değer Şekil 5.7 için toplam 6.686.400 adettir.



Şekil 5.5 Flow3D yazılımına aktarılan baraj fiziksel modeli a) sadece baraj mansap topoğrafyası b) baraj gölü dahil edilmiş baraj fiziksel modeli



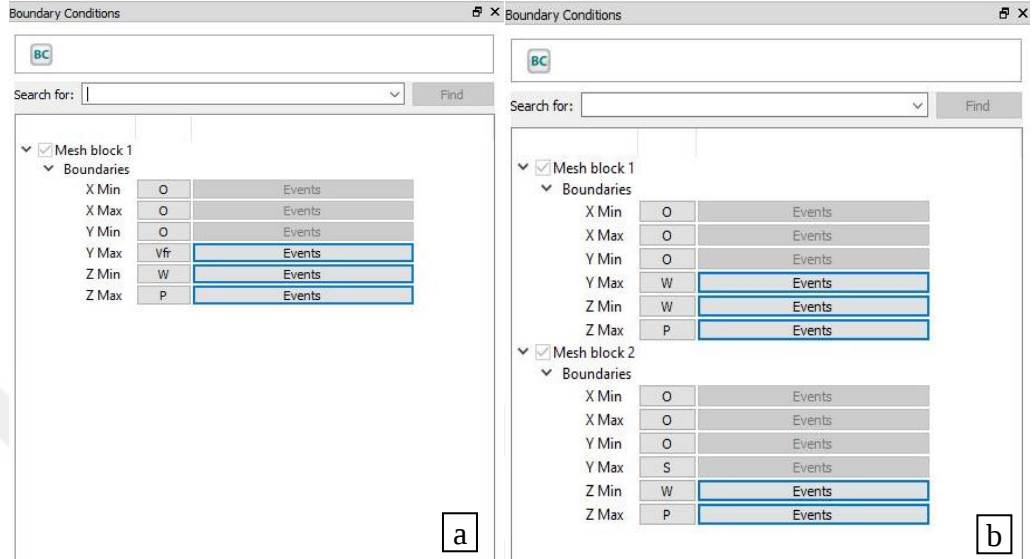
Şekil 5.6 Flow3D yazılımına aktarılan baraj fiziksel modeli mansap topoğrafyası ve ızgara sistemi



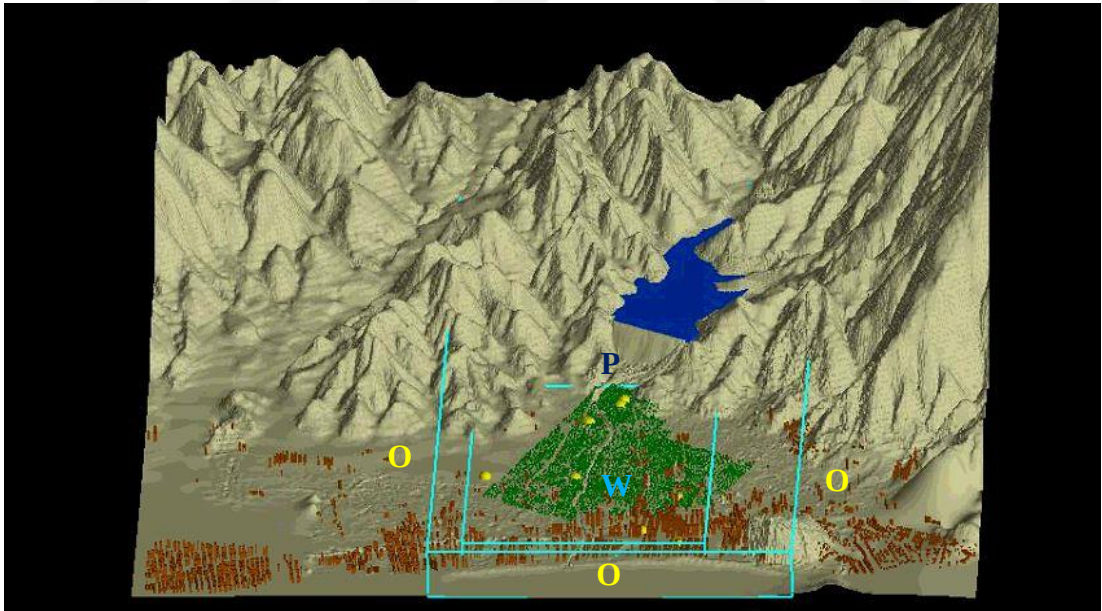
Şekil 5.7 Flow3D yazılımına aktarılan baraj gölü dâhil edilmiş baraj fiziksel modeli ve ızgara sistemi

Baraj gölünün dahil edildiği ve edilmediği sayısal modele sınır koşulları sırasıyla Şekil 5.8a ve Şekil 5.8b gösterilen şekilde tanımlanmıştır. Şekil 5.9’da sınır koşullarının model üzerinde gösterimi verilmektedir. Haznesiz olarak tanımlanmış

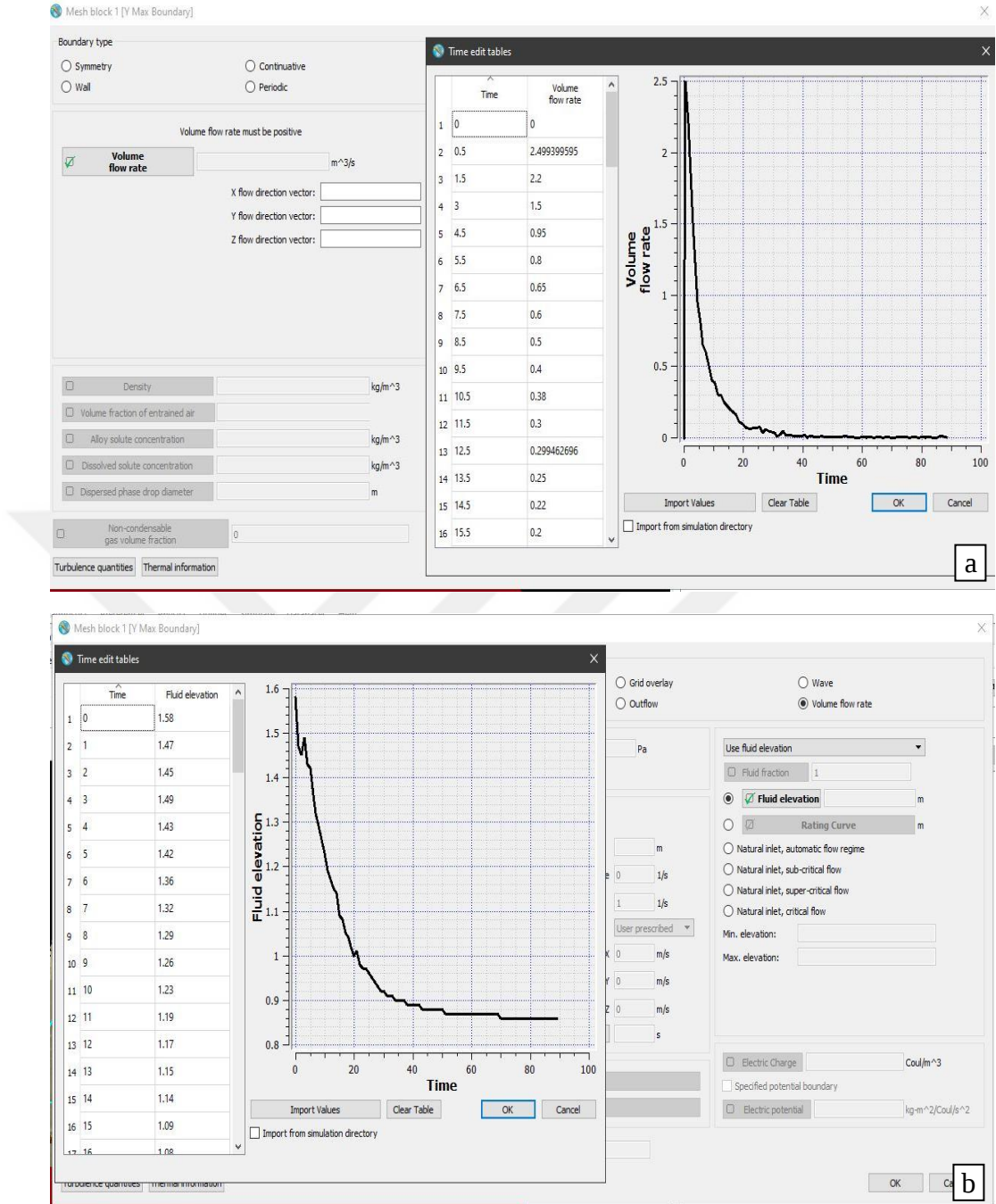
baraj sayısal modelinde sınır koşulu olarak akış yönünde deneysel çalışmalardan elde edilen çıkış hidrografi ve zamana bağlı hazne su yüksekliği tanımlanmaktadır (Şekil 5.10a ve 5.10b).



Şekil 5.8 Sınır koşullarının baraj gölünün a) dahil edilmediği b) dahil edildiği modelde programa tanımlanması



Şekil 5.9 Sınır koşullarının sayısal model üzerinde gösterimi



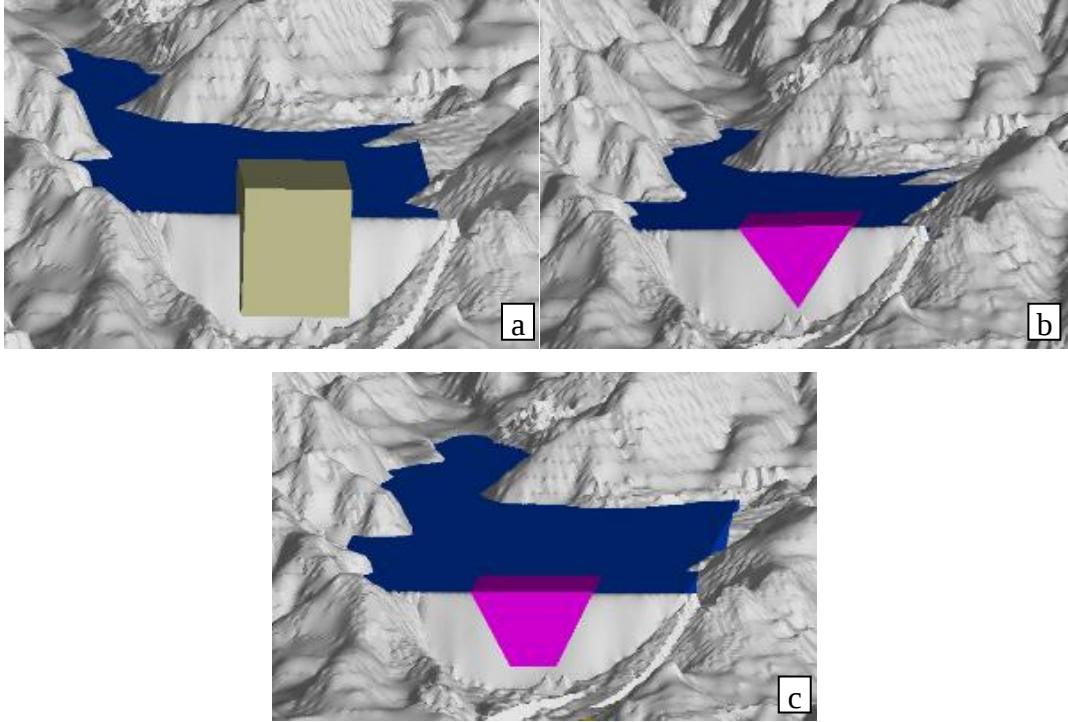
Şekil 5.10 Sayısal modele başlangıç koşulu olarak tanımlanan a) çıkış hidrografı b) zamana bağlı hazne su yüksekliği (Kişisel arşiv, 2020)

Baraj gölü sayısal modeli Flow3D yazılımına aktarıldıktan sonra sayısal modelde başlangıç koşulu olarak deneysel çalışmalarındaki yıkılma senaryoları (baraj göl haznesinin boşalımı) tanımlanarak sayısal çözüm tekrarlanmıştır. Baraj gölünün ani ve kısmi (trapez ve üçgen gedik) yıkılma senaryoları için sayısal modelde hareketli nesne

(moving object) tanımlanmıştır (Şekil 5.11). Sayısal modelde hareketli nesnelerin kalkış süresi deneyde ölçüldüğü gibi tanımlanmıştır. Tablo 5.1’de gerçekleştirilen sayısal çözümlere ait özellikler yer almaktadır. Yıkılma tipi yanında yazan k_s notasyonu sayısal çözümde bitki örtüsü yerine pürüzlülük yüksekliğinin kullanıldığı anlamında kullanılmıştır. Sayısal çözümde kullanılan k_s pürüzlülük yüksekliği Strickler formülü yardımı ile hesaplanmıştır (Chow, 1959).

$$n = 0,034 \cdot k_s^{1/6} \quad (5.7)$$

Burada n ; Manning pürüzlülük katsayısı, k_s pürüzlülük yüksekliğini göstermektedir. n değeri 0,0195 olarak seçilmiş olup, yüzey pürüzlülük yüksekliği k_s değeri 0,035m olarak belirlenmiştir (Chow,1959).



Şekil 5.11 Baraj gölünün ani, trapez ve üçgen gedik yıkılma senaryoları için sayısal modele tanımlanan a) dikdörtgen b) trapez c) üçgen şekilli hareketli nesne görüntüleri (TÜBİTAK 116M237, 2019)

Tablo 5.1 Gerçekleştirilen sayısal modellere ait özellikleri

Simülasyon No	Yıkılma Tipi	Baraj Gölü Su Derinliği (cm)	Kullanılan Denklem	Türbülans Modeli	Sınır Şartı
A98-1	Ani- k_s	98	RANS	RNG	Çıkış Hidrografi
A98-2	Ani- k_s	98	RANS	$k- \varepsilon$	Çıkış Hidrografi
A98-3	Ani- k_s	98	RANS	$k- \omega$	Çıkış Hidrografi
A98-4	Ani- k_s	98	RANS	LES	Çıkış Hidrografi
A98-5	Ani- k_s	98	RANS	RNG	Hazne Boşalımı
A98-6	Ani-bitkili	98	RANS	RNG	Hazne Boşalımı
A88-1	Ani- k_s	88	RANS	RNG	Çıkış Hidrografi
A88-2	Ani- k_s	88	RANS	$k- \varepsilon$	Çıkış Hidrografi
A88-3	Ani- k_s	88	RANS	$k- \omega$	Çıkış Hidrografi
A88-4	Ani- k_s	88	RANS	LES	Çıkış Hidrografi
A88-5	Ani- k_s	88	RANS	RNG	Hazne Boşalımı
A88-6	Ani-bitkili	88	RANS	RNG	Hazne Boşalımı
A80-1	Ani- k_s	80	RANS	RNG	Çıkış Hidrografi
A80-2	Ani- k_s	80	RANS	$k- \varepsilon$	Çıkış Hidrografi
A80-3	Ani- k_s	80	RANS	$k- \omega$	Çıkış Hidrografi
A80-4	Ani- k_s	80	RANS	LES	Çıkış Hidrografi
A80-5	Ani- k_s	80	RANS	RNG	Hazne Boşalımı
A80-6	Ani-bitkili	80	RANS	RNG	Hazne Boşalımı
T98-1	Trapez- k_s	98	RANS	RNG	Çıkış Hidrografi
T98-2	Trapez- k_s	98	RANS	$k- \varepsilon$	Çıkış Hidrografi
T98-3	Trapez- k_s	98	RANS	$k- \omega$	Çıkış Hidrografi
T98-4	Trapez- k_s	98	RANS	LES	Çıkış Hidrografi
T98-5	Trapez- k_s	98	RANS	RNG	Hazne Boşalımı
T98-6	Trapez-bitkili	98	RANS	RNG	Hazne Boşalımı
T88-1	Trapez- k_s	88	RANS	RNG	Çıkış Hidrografi

Tablo 5.1 Devamı

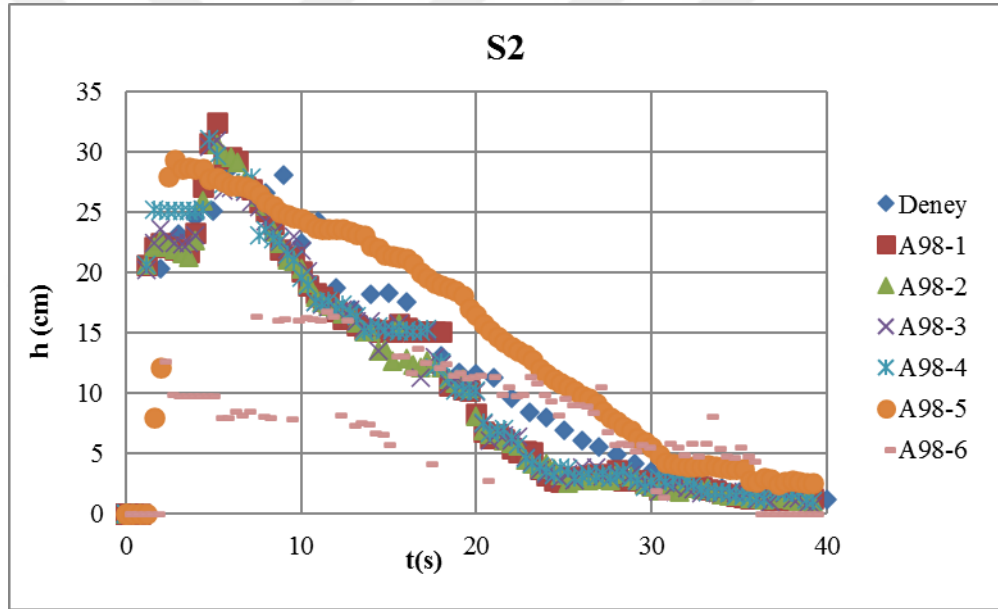
T88-2	Trapez- k_s	88	RANS	$k- \varepsilon$	Çıkış Hidrografi
T88-3	Trapez- k_s	88	RANS	$k- \omega$	Çıkış Hidrografi
T88-4	Trapez- k_s	88	RANS	LES	Çıkış Hidrografi
T88-5	Trapez- k_s	88	RANS	RNG	Hazne Boşalımı
T88-6	Trapez- bitkili	88	RANS	RNG	Hazne Boşalımı
T80-1	Trapez- k_s	80	RANS	RNG	Çıkış Hidrografi
T80-2	Trapez- k_s	80	RANS	$k- \varepsilon$	Çıkış Hidrografi
T80-3	Trapez- k_s	80	RANS	$k- \omega$	Çıkış Hidrografi
T80-4	Trapez- k_s	80	RANS	LES	Çıkış Hidrografi
T80-5	Trapez- k_s	80	RANS	RNG	Hazne Boşalımı
T80-6	Trapez- bitkili	80	RANS	RNG	Hazne Boşalımı
Ü98-1	Üçgen- k_s	98	RANS	RNG	Çıkış Hidrografi
Ü98-2	Üçgen- k_s	98	RANS	$k- \varepsilon$	Çıkış Hidrografi
Ü98-3	Üçgen- k_s	98	RANS	$k- \omega$	Çıkış Hidrografi
Ü98-4	Üçgen- k_s	98	RANS	LES	Çıkış Hidrografi
Ü98-5	Üçgen- k_s	98	RANS	RNG	Hazne Boşalımı
Ü98-6	Üçgen- Bitkili	98	RANS	RNG	Hazne Boşalımı
Ü88-1	Üçgen- k_s	88	RANS	RNG	Çıkış Hidrografi
Ü88-2	Üçgen- k_s	88	RANS	K-e	Çıkış Hidrografi
Ü88-3	Üçgen- k_s	88	RANS	K-w	Çıkış Hidrografi
Ü88-4	Üçgen- k_s	88	RANS	LES	Çıkış Hidrografi
Ü88-5	Üçgen- k_s	88	RANS	RNG	Hazne Boşalımı
Ü88-6	Üçgen- Bitkili	88	RANS	RNG	Hazne Boşalımı
Ü80-1	Üçgen- k_s	80	RANS	RNG	Çıkış Hidrografi
Ü80-2	Üçgen- k_s	80	RANS	$k- \varepsilon$	Çıkış Hidrografi
Ü80-3	Üçgen- k_s	80	RANS	$k- \omega$	Çıkış Hidrografi

Tablo 5. 1 Devamı

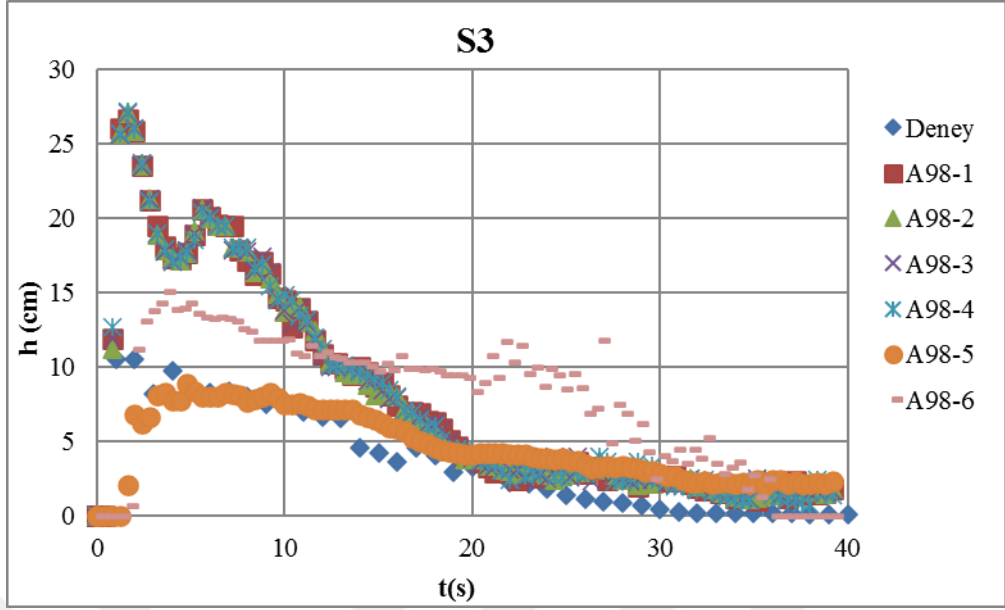
Ü80-4	Üçgen- k_s	80	RANS	LES	Çıkış Hidrografi
Ü80-5	Üçgen- k_s	80	RANS	RNG	Hazne Boşalımı
Ü80-6	Üçgen- Bitkili	80	RANS	RNG	Hazne Boşalımı

5.1 Ani Yıkılma Sayısal Çözüm Sonuçları

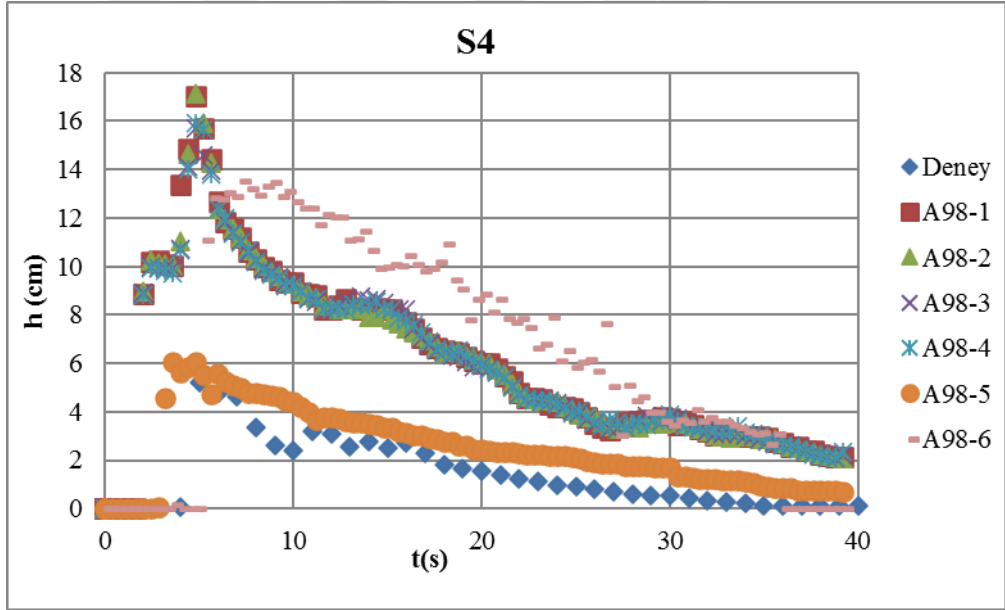
Şekil 5.12, 5.13, 5.14, 5.15 ve 5.16’da barajın ani yıkılması durumunda ve baraj gölünde maksimum su derinliği söz konusu iken gerçekleştirilen sayısal model sonuçlarıyla deneyler sırasında ölçülen su derinlikleri karşılaştırmalı olarak verilmektedir.



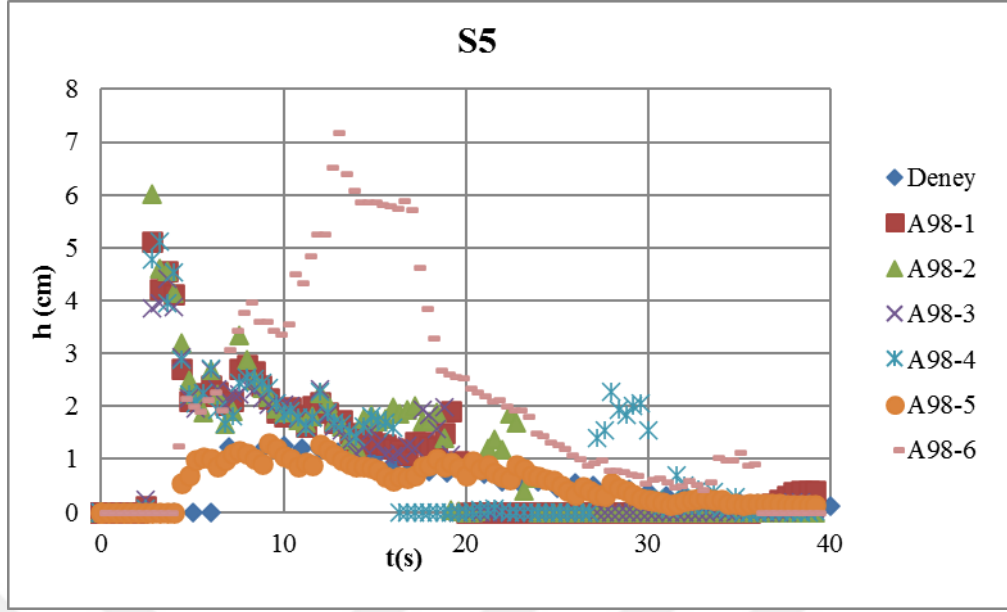
Şekil 5.12 Ani baraj yıkılması ve baraj gölünde maksimum su derinliği durumunda S2 nolu ölçüm noktasında zamana bağlı deneysel su derinlikleri ile sayısal model yardımıyla hesaplanan su derinlikleri



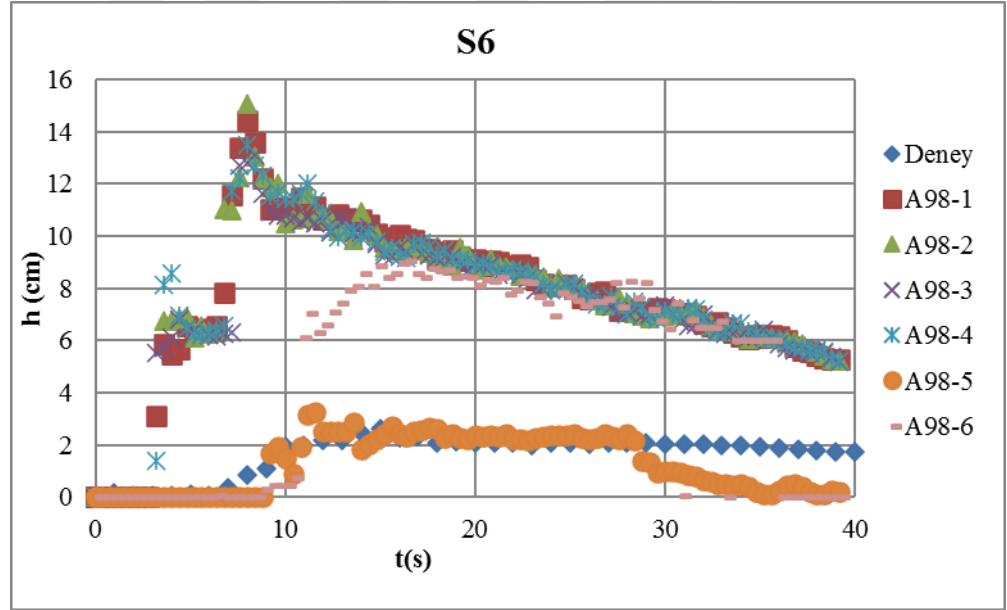
Şekil 5.13 Ani baraj yıkılması ve baraj gölünde maksimum su derinliği durumunda S3 nolu ölçüm noktasında zamana bağlı deneysel su derinlikleri ile sayısal model yardımıyla hesaplanan su derinlikleri



Şekil 5.14 Ani baraj yıkılması ve baraj gölünde maksimum su derinliği durumunda S4 nolu ölçüm noktasında zamana bağlı deneysel su derinlikleri ile sayısal model yardımıyla hesaplanan su derinlikleri



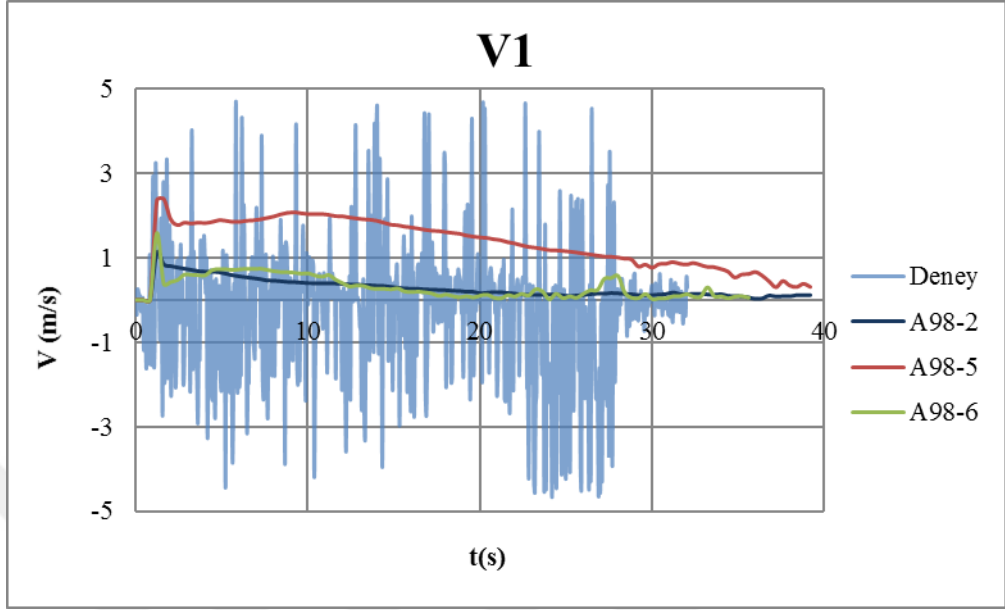
Şekil 5.15 Ani baraj yıkılması ve baraj gölünde maksimum su derinliği durumunda S5 nolu ölçüm noktasında zamana bağlı deneysel su derinlikleri ile sayısal model yardımıyla hesaplanan su derinlikleri



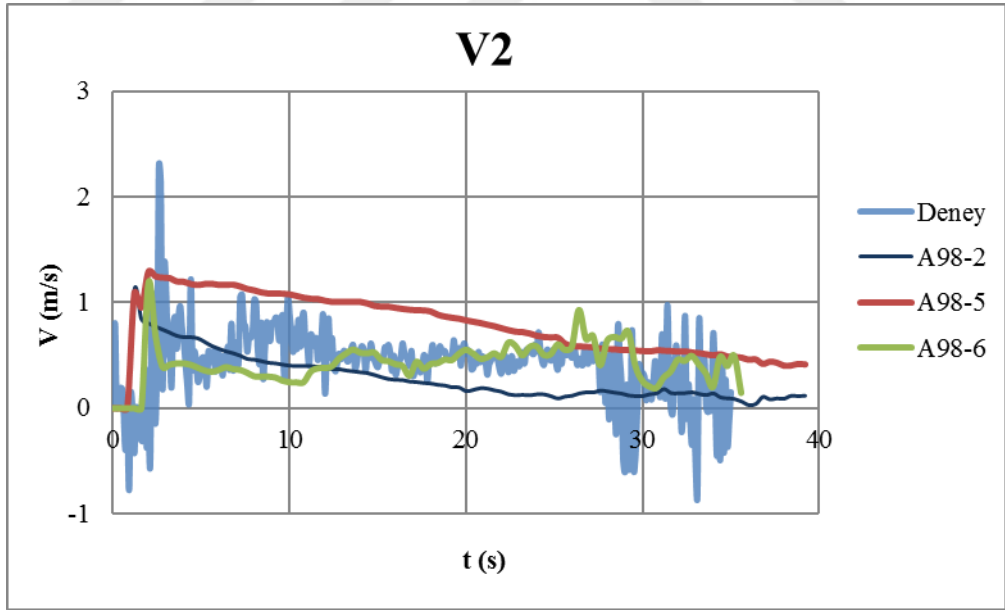
Şekil 5.16 Ani baraj yıkılması ve baraj gölünde maksimum su derinliği durumunda S6 nolu ölçüm noktasında zamana bağlı deneysel su derinlikleri ile sayısal model yardımıyla hesaplanan su derinlikleri

Şekil 5.17 ve 5.18’de barajın ani yıkılması durumunda ve baraj gölünde 98 cm su derinliği söz konusu iken gerçekleştirilen sayısal model hızlarıyla deneyler sırasında ölçülen akım hızları karşılaştırmalı olarak verilmektedir. A98-3 ve A98-4 sayısal

analizlerinin hız sonuçları A98-2 analizinin hız sonuçlarıyla çok benzer olduğundan bu sonuçlara hız grafiklerinde yer verilmemiştir.

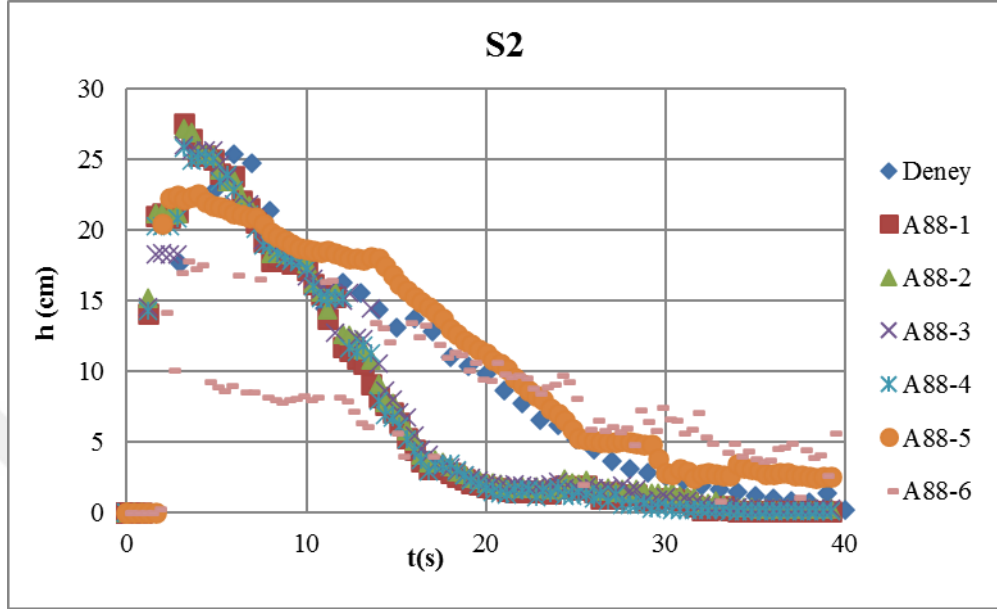


Şekil 5.17 Ani baraj yıkılması ve baraj gölünde 98 cm su derinliği durumunda V1 nolu ölçüm noktasında zamana bağlı deneysel akım hızı ile sayısal model yardımıyla hesaplanan akım hızları

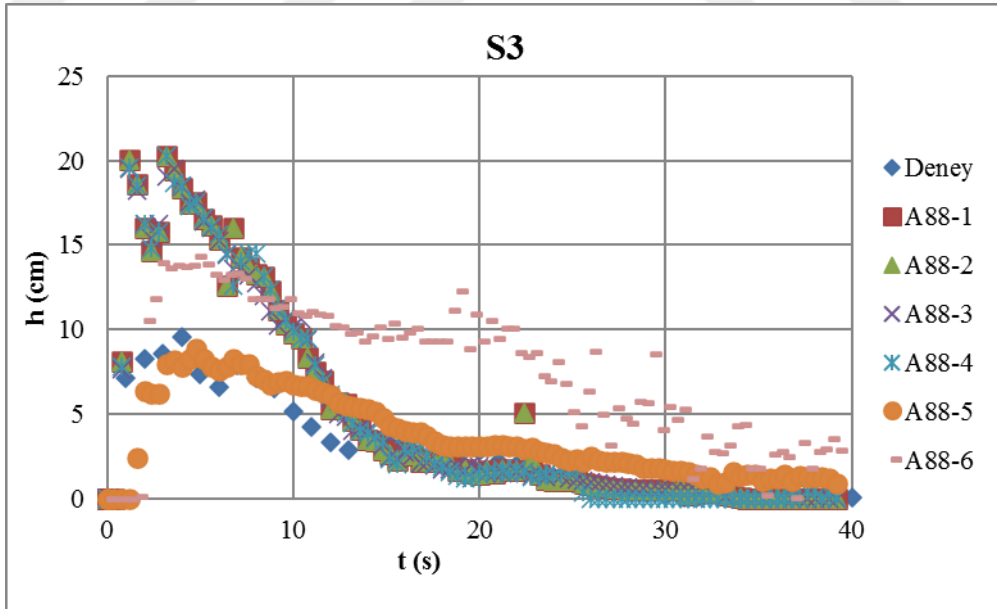


Şekil 5.18 Ani baraj yıkılması ve baraj gölünde 98 cm su derinliği durumunda V2 nolu ölçüm noktasında zamana bağlı deneysel akım hızı ile sayısal model yardımıyla hesaplanan akım hızları

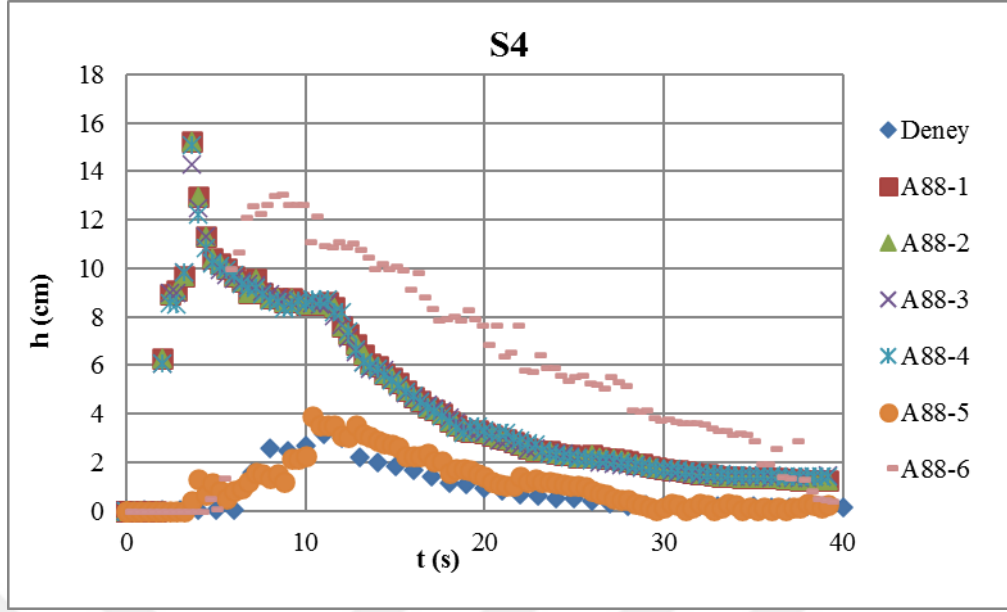
Şekil 5.19, 5.20, 5.21, 5.22 ve 5.23’de barajın ani yıkılması durumunda ve baraj gölünde 88 cm su derinliği söz konusu iken gerçekleştirilen sayısal model sonuçlarıyla deneyler sırasında ölçülen su derinlikleri karşılaştırmalı olarak verilmektedir.



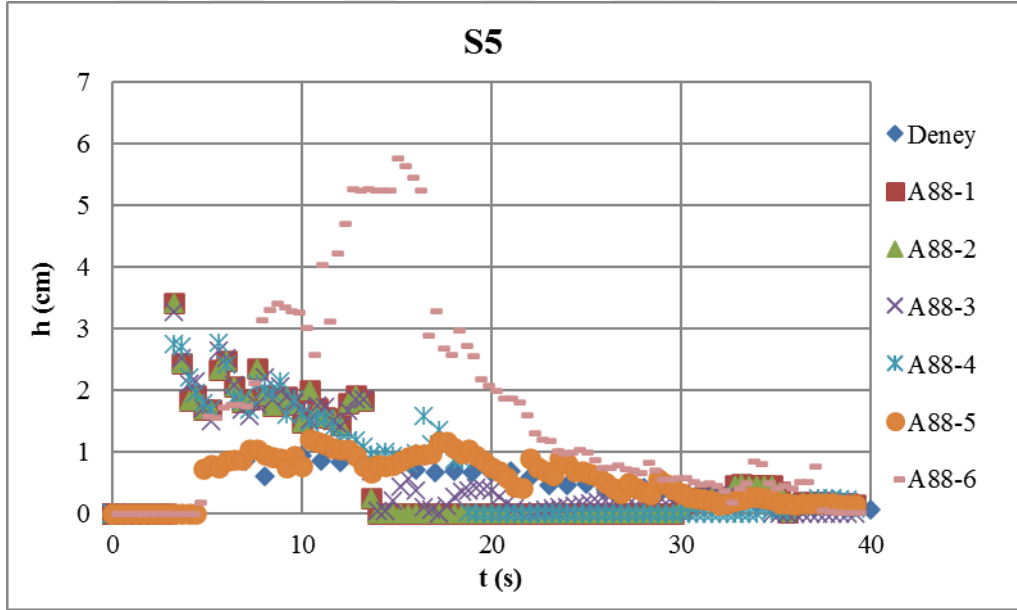
Şekil 5.19 Ani baraj yıkılması ve baraj gölünde 88 cm su derinliği durumunda S2 nolu ölçüm noktasında zamana bağlı deneysel su derinlikleri ile sayısal model yardımıyla hesaplanan su derinlikleri



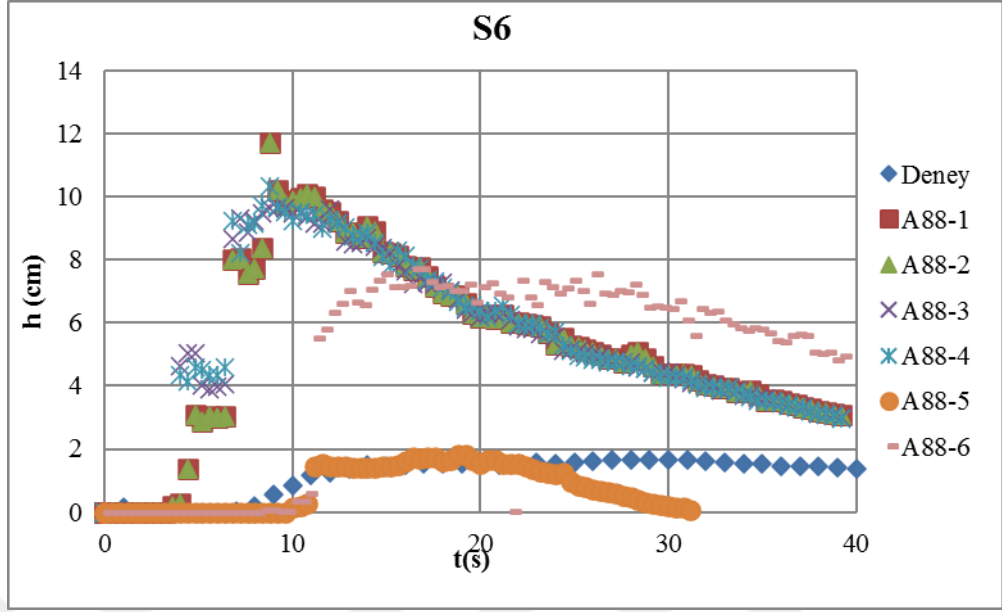
Şekil 5.20 Ani baraj yıkılması ve baraj gölünde 88 cm su derinliği durumunda S3 nolu ölçüm noktasında zamana bağlı deneysel su derinlikleri ile sayısal model yardımıyla hesaplanan su derinlikleri



Şekil 5.21 Ani baraj yıkılması ve baraj gölünde 88 cm su derinliği durumunda S4 nolu ölçüm noktasında zamana bağlı deneysel su derinlikleri ile sayısal model yardımıyla hesaplanan su derinlikleri

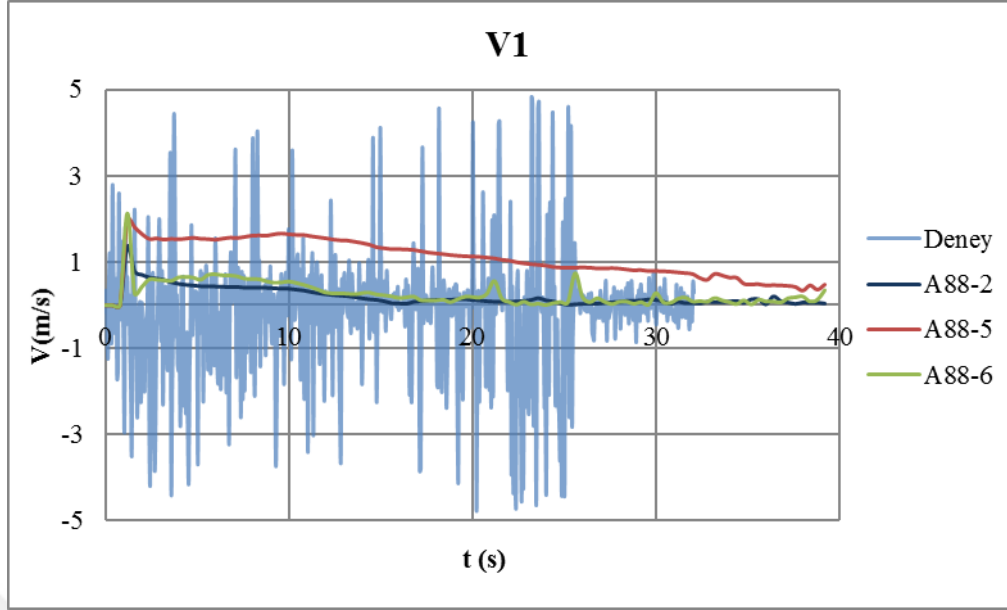


Şekil 5.22 Ani baraj yıkılması ve baraj gölünde 88 cm su derinliği durumunda S5 nolu ölçüm noktasında zamana bağlı deneysel su derinlikleri ile sayısal model yardımıyla hesaplanan su derinlikleri

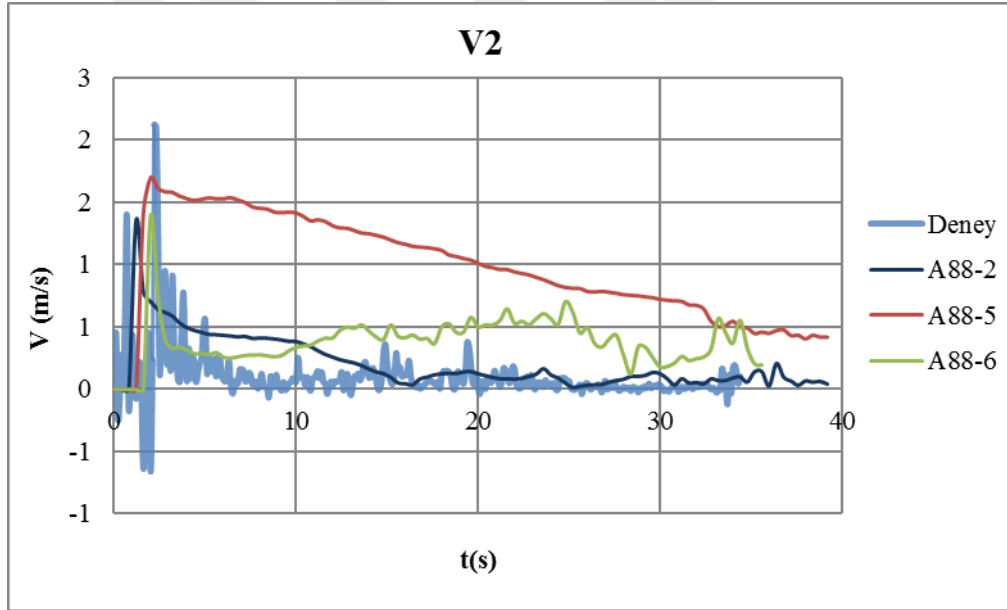


Şekil 5.23 Ani baraj yıkılması ve baraj gölünde 88 cm su derinliği durumunda S6 nolu ölçüm noktasında zamana bağlı deneysel su derinlikleri ile sayısal model yardımıyla hesaplanan su derinlikleri

Şekil 5.24 ve 5.25’de barajın ani yıkılması durumunda ve baraj gölünde 88 cm su derinliği söz konusu iken gerçekleştirilen sayısal model hızlarıyla deneyler sırasında ölçülen akım hızları karşılaştırmalı olarak verilmektedir. A88-3 ve A88-4 sayısal analizlerinin hız sonuçları A88-2 analizinin hız sonuçlarıyla çok benzer olduğundan bu sonuçlara hız grafiklerinde yer verilmemiştir.

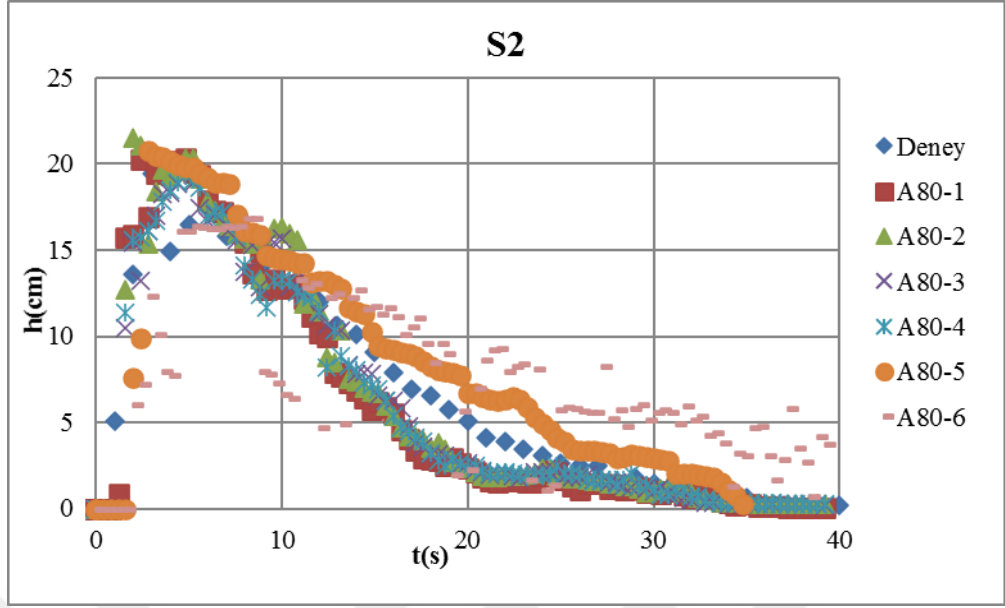


Şekil 5.24 Ani baraj yıkılması ve baraj gölünde 88 cm su derinliği durumunda V1 nolu ölçüm noktasında zamana bağlı deneysel akım hızı ile sayısal model yardımıyla hesaplanan akım hızları

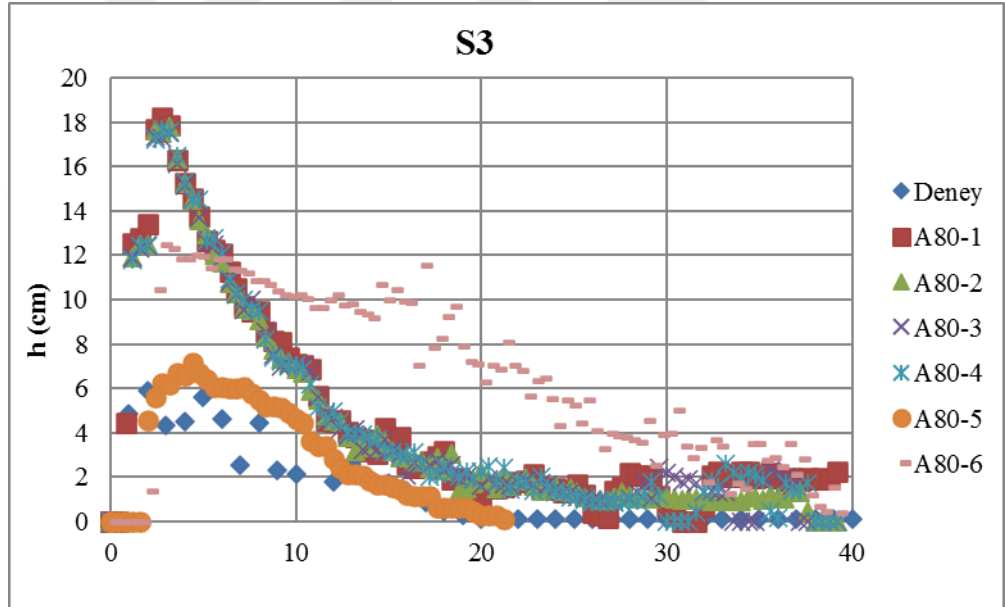


Şekil 5.25 Ani baraj yıkılması ve baraj gölünde 88 cm su derinliği durumunda V2 nolu ölçüm noktasında zamana bağlı deneysel akım hızı ile sayısal model yardımıyla hesaplanan akım hızları

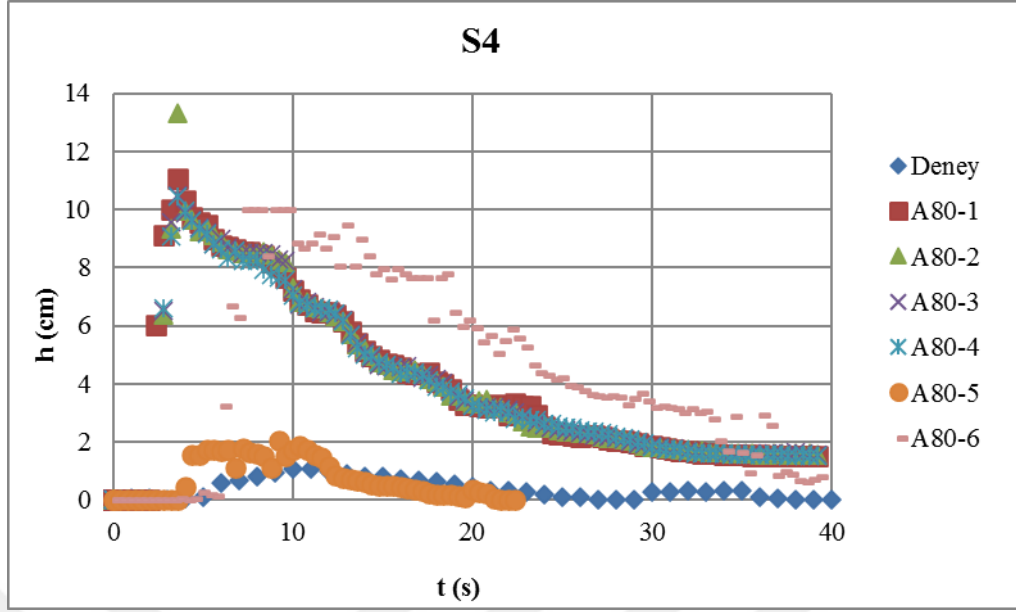
Şekil 5.26, 5.27, 5.28, 5.29 ve 5.30’da barajın ani yıkılması durumunda ve baraj gölünde 80 cm su derinliği söz konusu iken gerçekleştirilen sayısal model sonuçlarıyla deneyler sırasında ölçülen su derinlikleri karşılaştırmalı olarak verilmektedir.



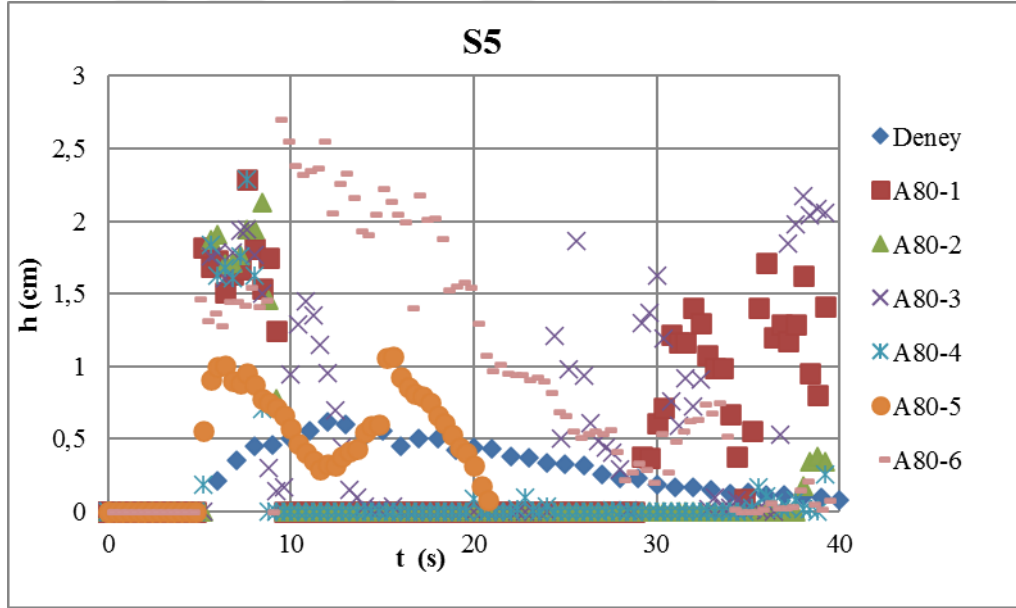
Şekil 5.26 Ani baraj yıkılması ve baraj gölünde 80 cm su derinliği durumunda S2 nolu ölçüm noktasında zamana bağlı deneysel su derinlikleri ile sayısal model yardımıyla hesaplanan su derinlikleri



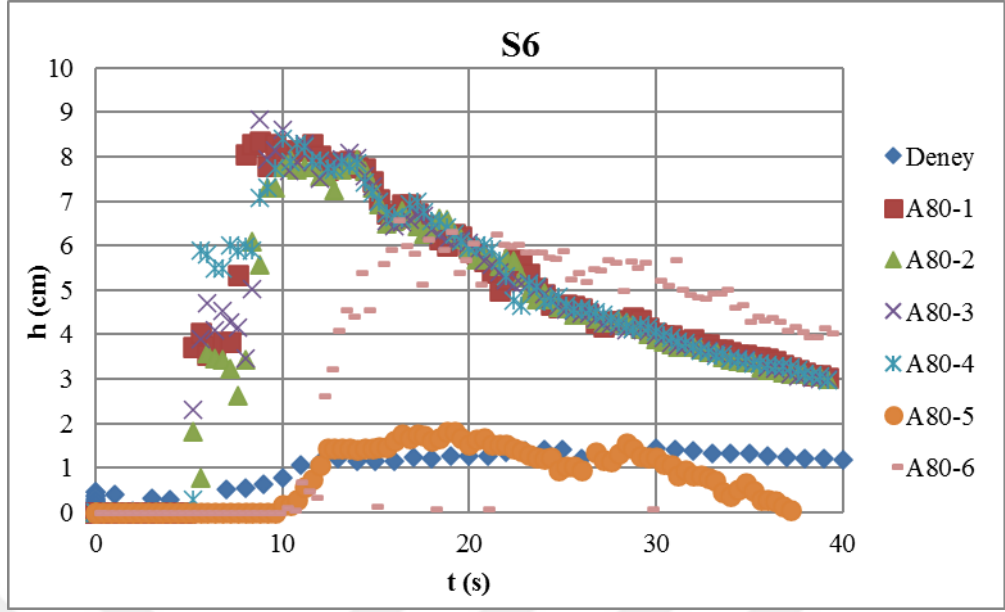
Şekil 5.27 Ani baraj yıkılması ve baraj gölünde 80 cm su derinliği durumunda S3 nolu ölçüm noktasında zamana bağlı deneysel su derinlikleri ile sayısal model yardımıyla hesaplanan su derinlikleri



Şekil 5.28 Ani baraj yıkılması ve baraj gölünde 80 cm su derinliği durumunda S4 nolu ölçüm noktasında zamana bağlı deneysel su derinlikleri ile sayısal model yardımıyla hesaplanan su derinlikleri

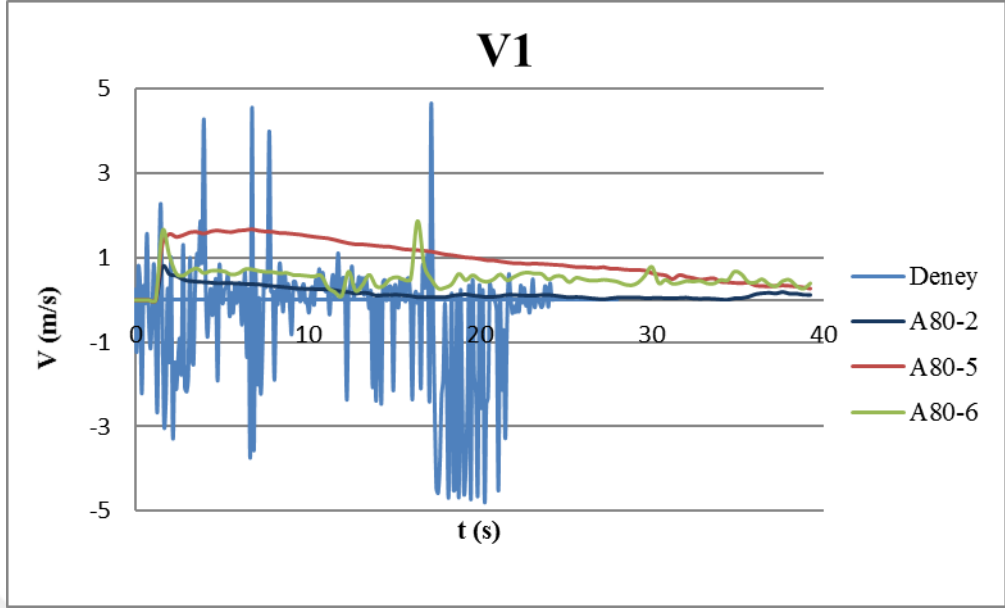


Şekil 5.29 Ani baraj yıkılması ve baraj gölünde 80 cm su derinliği durumunda S5 nolu ölçüm noktasında zamana bağlı deneysel su derinlikleri ile sayısal model yardımıyla hesaplanan su derinlikleri

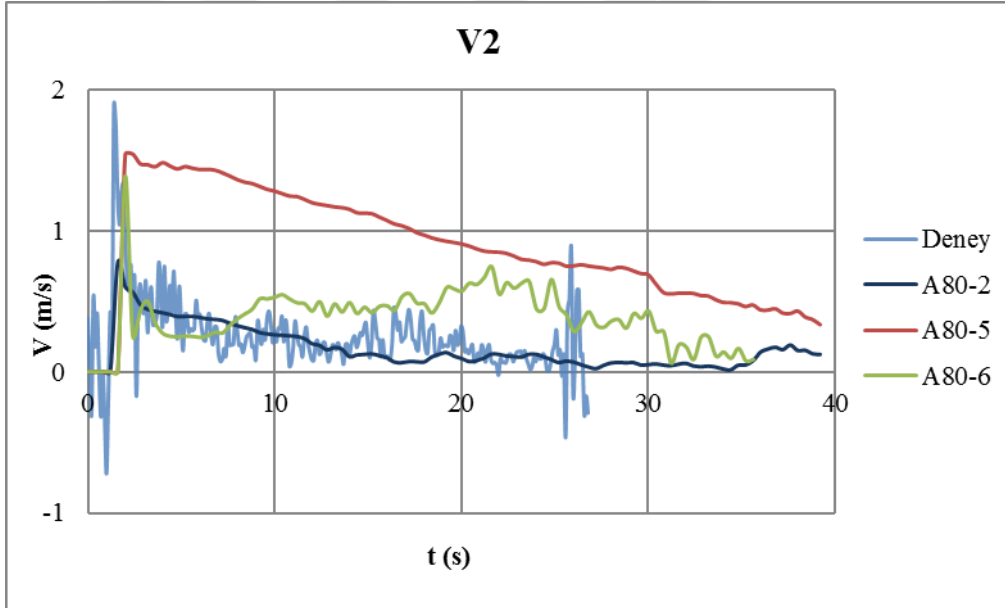


Şekil 5.30 Ani baraj yıkılması ve baraj gölünde 80 cm su derinliği durumunda S6 nolu ölçüm noktasında zamana bağlı deneysel su derinlikleri ile sayısal model yardımıyla hesaplanan su derinlikleri

Şekil 5.31 ve 5.32’de barajın ani yıkılması durumunda ve baraj gölünde 80 cm su derinliği söz konusu iken gerçekleştirilen sayısal model hızlarıyla deneyler sırasında ölçülen akım hızları karşılaştırmalı olarak verilmektedir A80-3 ve A80-4 sayısal analizlerinin hız sonuçları A80-2 analizinin hız sonuçlarıyla çok benzer olduğundan bu sonuçlara hız grafiklerinde yer verilmemiştir.



Şekil 5.31 Ani baraj yıkılması ve baraj gölünde 80 cm su derinliği durumunda V1 nolu ölçüm noktasında zamana bağlı deneysel akım hızı ile sayısal model yardımıyla hesaplanan akım hızları



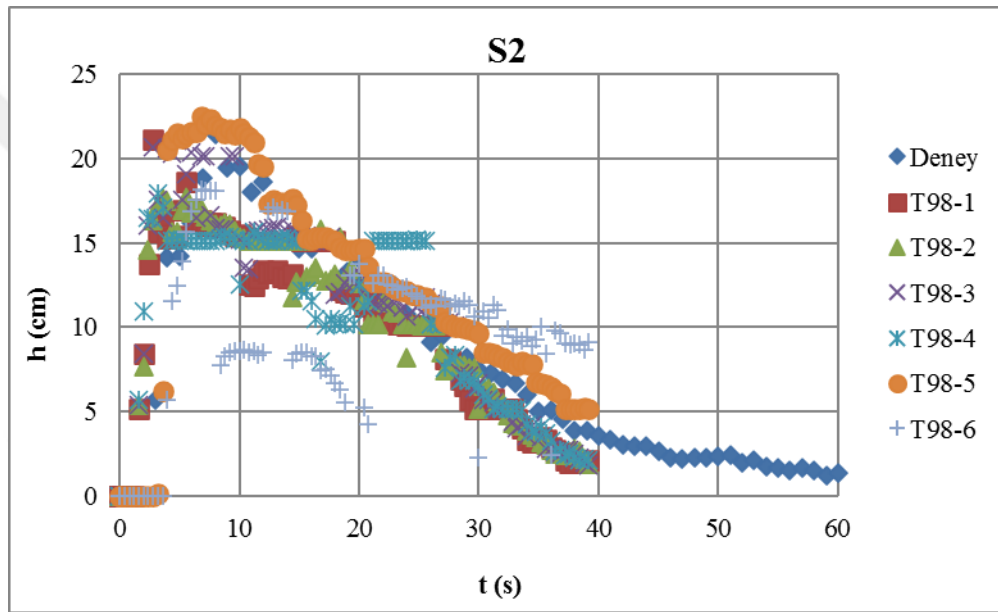
Şekil 5.32 Ani baraj yıkılması ve baraj gölünde 80 cm su derinliği durumunda V2 nolu ölçüm noktasında zamana bağlı deneysel akım hızı ile sayısal model yardımıyla hesaplanan akım hızları

Elde edilen grafikler incelendiğinde, barajın ani yıkılması durumunda sınır koşulu olarak baraj haznesinin ve bitki örtüsü yerine pürüzlülük yüksekliğinin tanımlandığı model sonuçlarının deneysel sonuçlarla en uyumlu olduğu gözlemlenmektedir. Bitki örtüsü yerine pürüzlülük yüksekliği tanımlanan modelin deney sonuçlarına daha

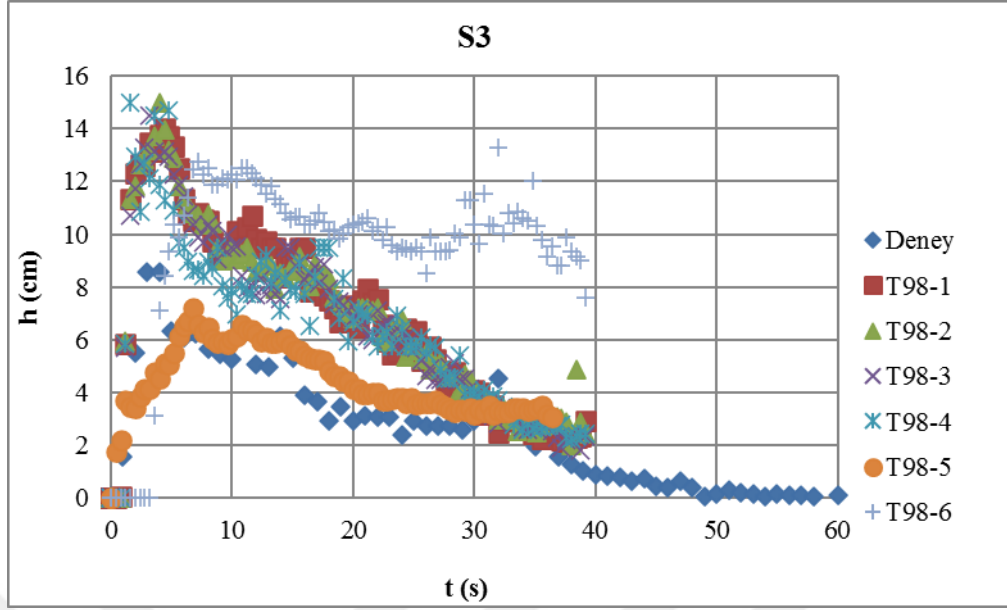
uyumlu olması pürüzlülük yüksekliğinin modelin her yerinde mevcut olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

5.2 Trapez Şekilli Yıkılma Sayısal Çözüm Sonuçları

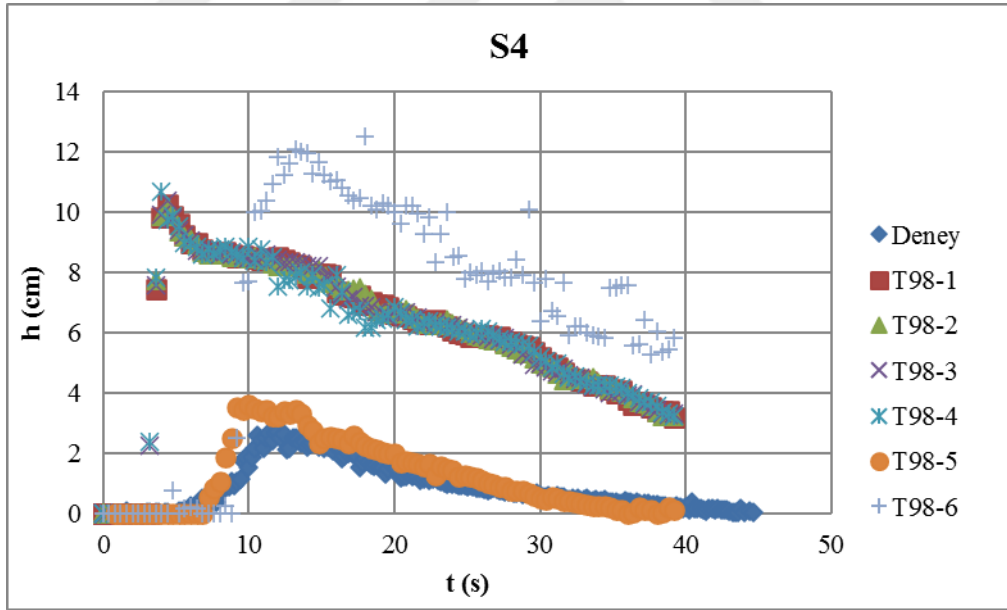
Şekil 5.33, 5.34, 5.35, 5.36 ve 5.37’de barajın trapez gedik şeklinde yıkılması durumunda ve baraj gölünde maksimum su derinliği söz konusu iken gerçekleştirilen sayısal model sonuçlarıyla deneyler sırasında ölçülen su derinlikleri karşılaştırmalı olarak verilmektedir.



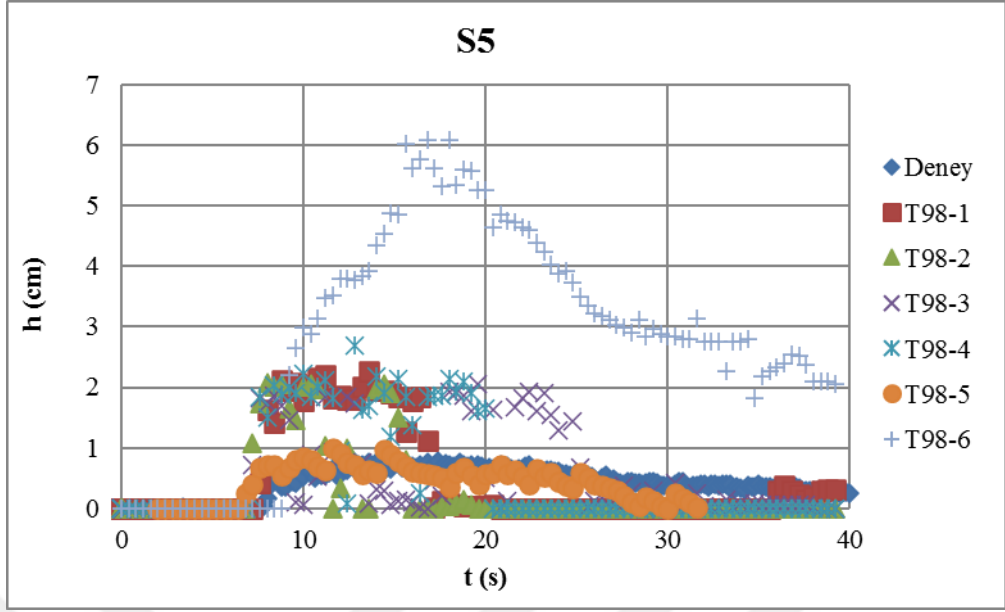
Şekil 5.33 Barajın trapez gedik şeklinde yıkılması ve baraj gölünde maksimum su derinliği durumunda S2 nolu ölçüm noktasında zamana bağlı deneysel su derinlikleri ile sayısal model yardımıyla hesaplanan su derinlikleri



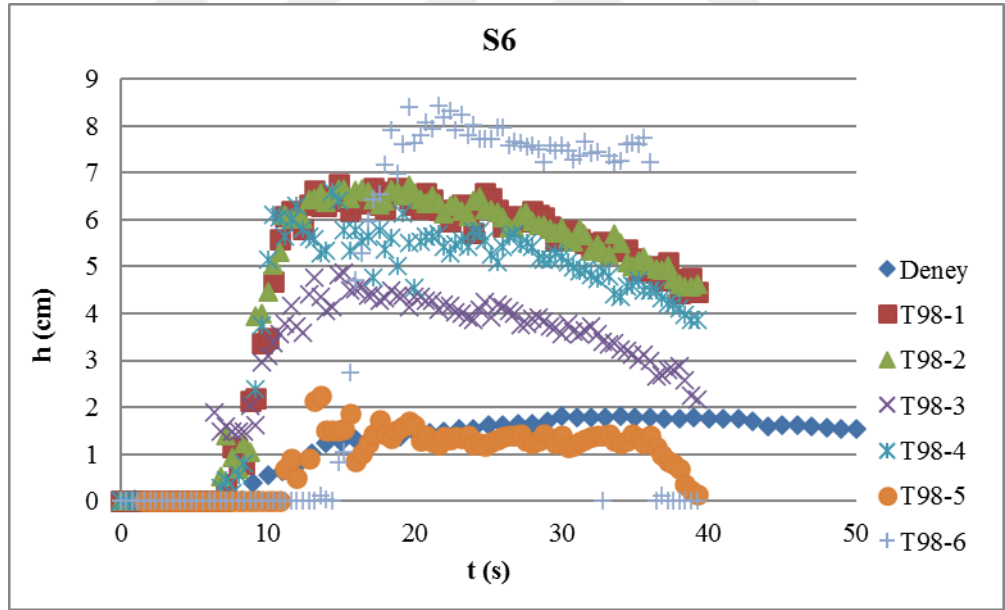
Şekil 5.34 Barajın trapez gedik şeklinde yıkılması ve baraj gölünde maksimum su derinliği durumunda S3 nolu ölçüm noktasında zamana bağlı deneysel su derinlikleri ile sayısal model yardımıyla hesaplanan su derinlikleri



Şekil 5.35 Barajın trapez gedik şeklinde yıkılması ve baraj gölünde maksimum su derinliği durumunda S4 nolu ölçüm noktasında zamana bağlı deneysel su derinlikleri ile sayısal model yardımıyla hesaplanan su derinlikleri



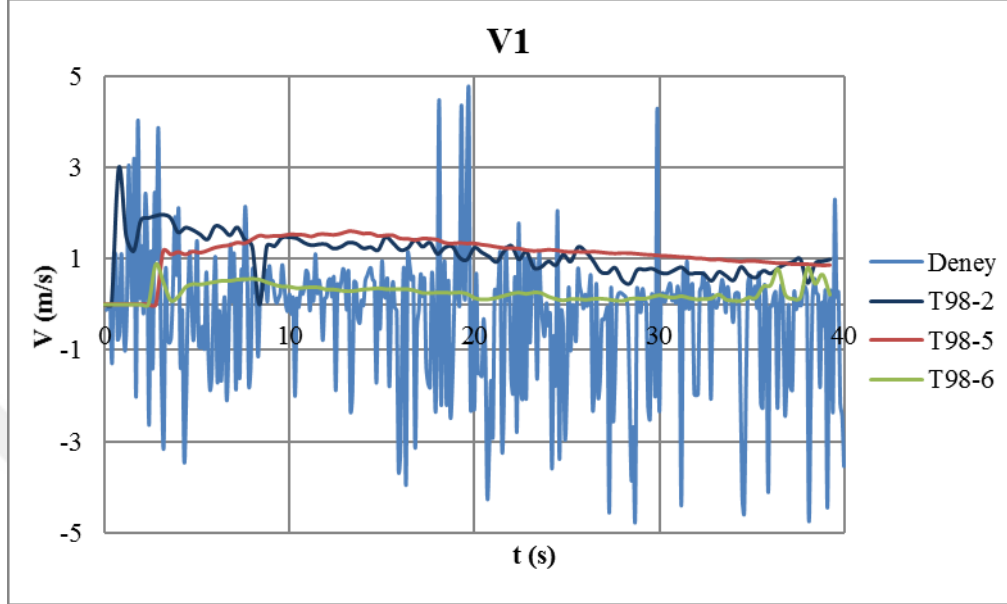
Şekil 5.36 Barajın trapez gedik şeklinde yıkılması ve baraj gölünde maksimum su derinliği durumunda S5 nolu ölçüm noktasında zamana bağlı deneysel su derinlikleri ile sayısal model yardımıyla hesaplanan su derinlikleri



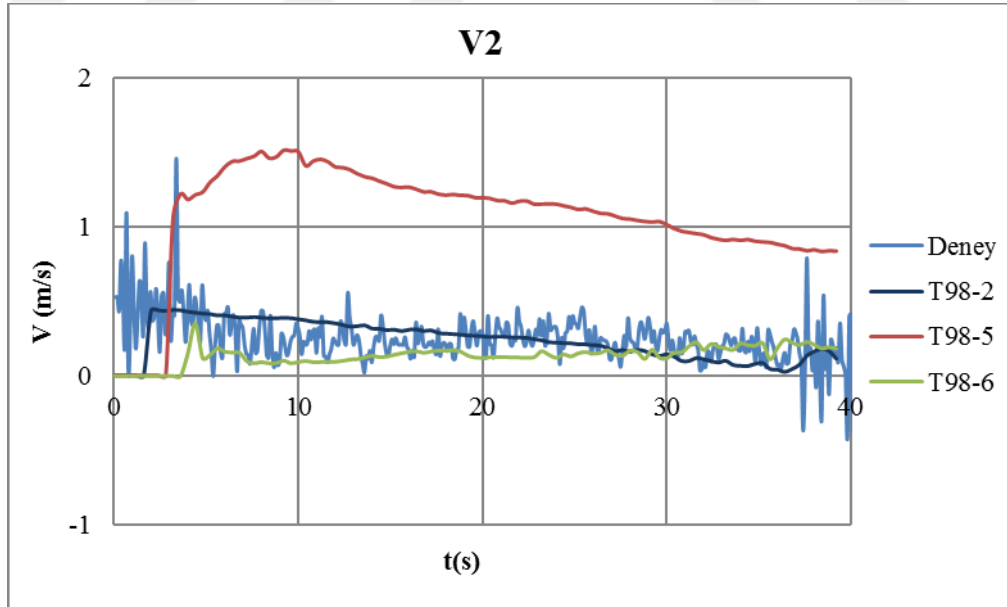
Şekil 5.37 Barajın trapez gedik şeklinde yıkılması ve baraj gölünde maksimum su derinliği durumunda S6 nolu ölçüm noktasında zamana bağlı deneysel su derinlikleri ile sayısal model yardımıyla hesaplanan su derinlikleri

Şekil 5.38 ve 5.39’da barajın trapez şekilli yıkılması durumunda ve baraj gölünde 98 cm su derinliği söz konusu iken gerçekleştirilen sayısal model hızlarıyla deneyler

sırasında ölçülen akım hızları karşılaştırmalı olarak verilmektedir. T98-3 ve T98-4 sayısal analizlerinin hız sonuçları T98-2 analizinin hız sonuçlarıyla çok benzer olduğundan bu sonuçlara hız grafiklerinde yer verilmemiştir.



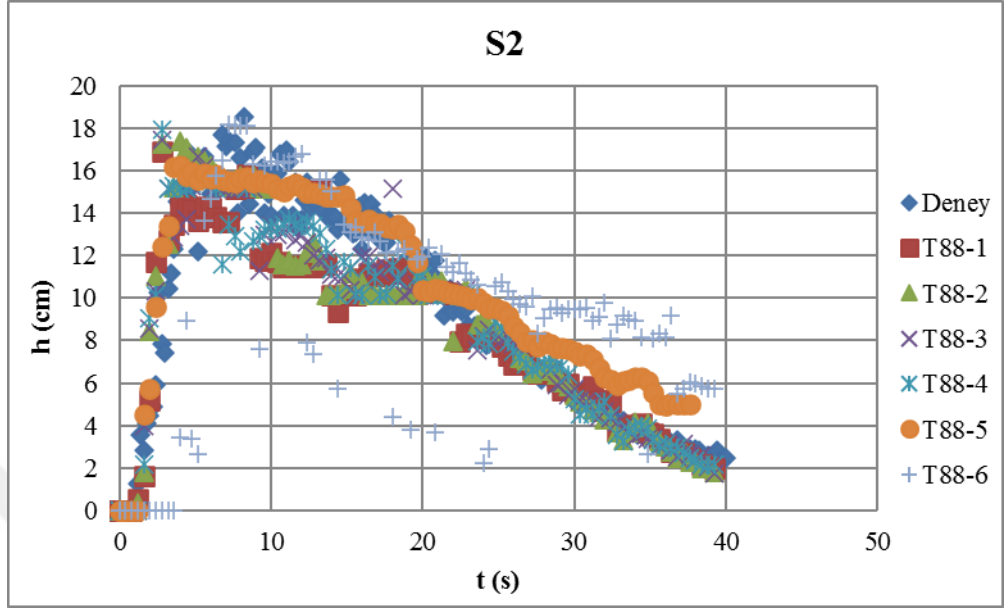
Şekil 5.38 Trapez şekilli baraj yıkılması ve baraj gölünde 98 cm su derinliği durumunda V1 nolu ölçüm noktasında zamana bağlı deneysel akım hızı ile sayısal model yardımıyla hesaplanan akım hızlar



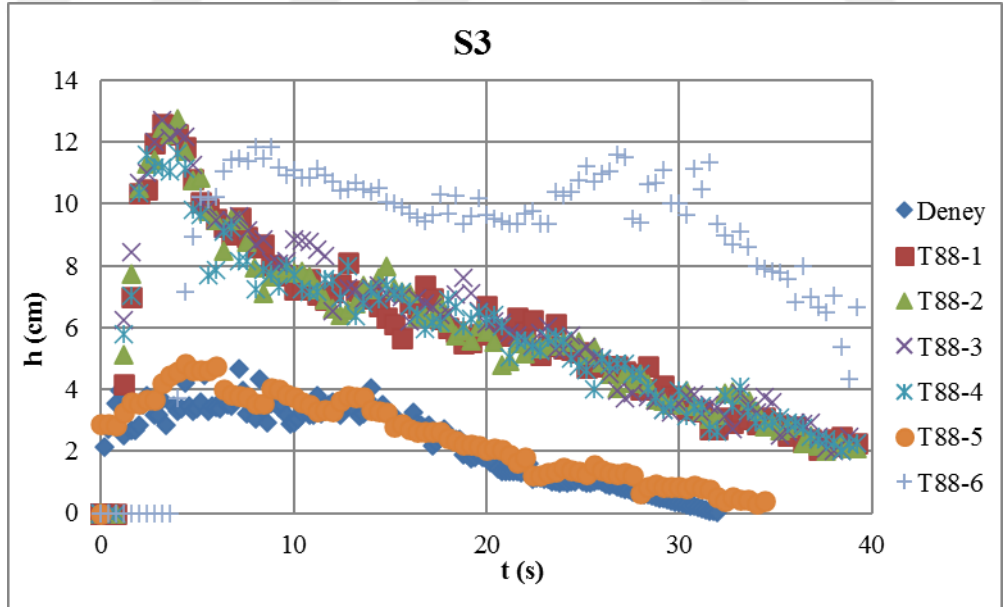
Şekil 5.39 Trapez şekilli baraj yıkılması ve baraj gölünde 98 cm su derinliği durumunda V2 nolu ölçüm noktasında zamana bağlı deneysel akım hızı ile sayısal model yardımıyla hesaplanan akım hızlar

Şekil 5.40, 5.41, 5.42, 5.43 ve 5.44’da barajın trapez gedik şeklinde yıkılması durumunda ve baraj gölünde 88 cm su derinliği söz konusu iken gerçekleştirilen

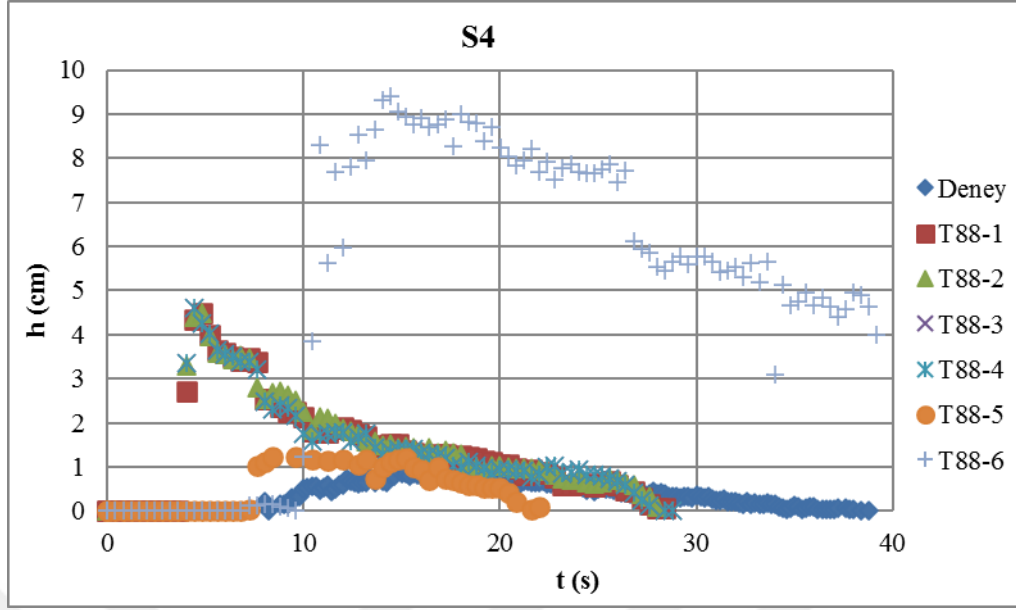
sayısal model sonuçlarıyla deneyler sırasında ölçülen su derinlikleri karşılaştırmalı olarak verilmektedir.



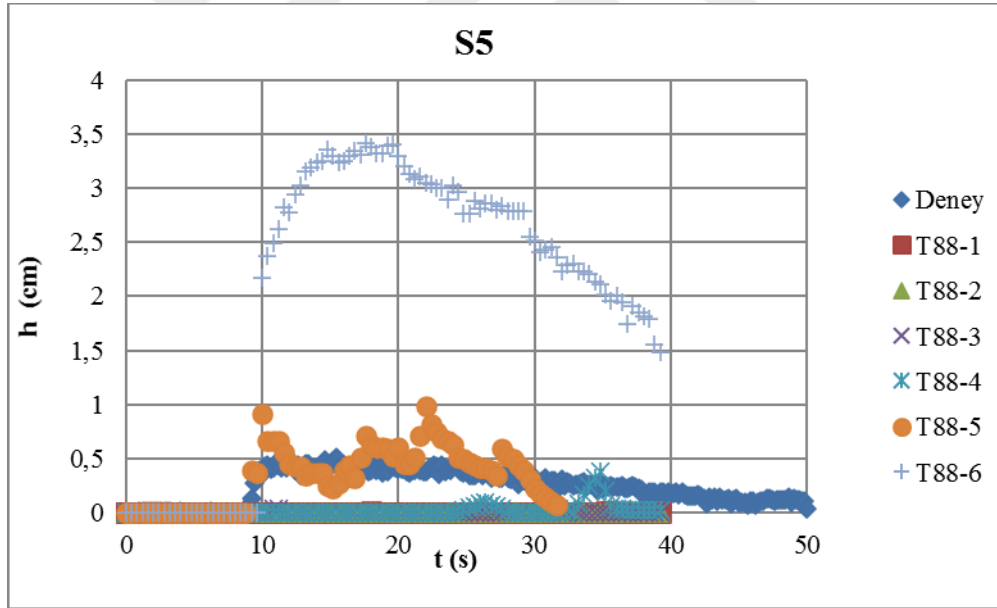
Şekil 5.40 Barajın trapez gedik şeklinde yıkılması ve baraj gölünde 88 cm su derinliği durumunda S2 nolu ölçüm noktasında zamana bağlı deneysel su derinlikleri ile sayısal model yardımıyla hesaplanan su derinlikleri



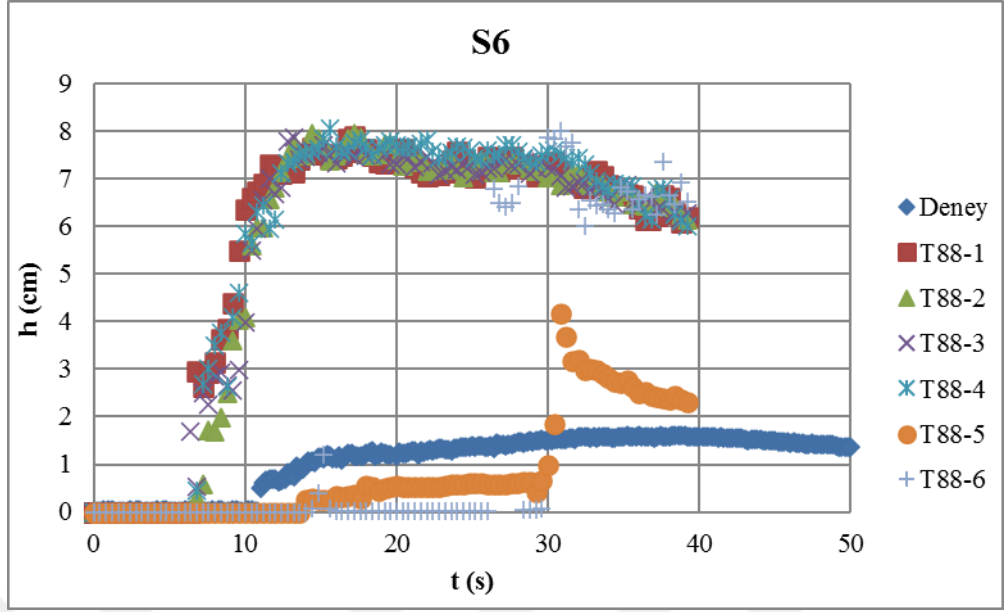
Şekil 5.41 Barajın trapez gedik şeklinde yıkılması ve baraj gölünde 88 cm su derinliği durumunda S3 nolu ölçüm noktasında zamana bağlı deneysel su derinlikleri ile sayısal model yardımıyla hesaplanan su derinlikleri



Şekil 5.42 Barajın trapez gedik şeklinde yıkılması ve baraj gölünde 88 cm su derinliği durumunda S4 nolu ölçüm noktasında zamana bağlı deneysel su derinlikleri ile sayısal model yardımıyla hesaplanan su derinlikleri

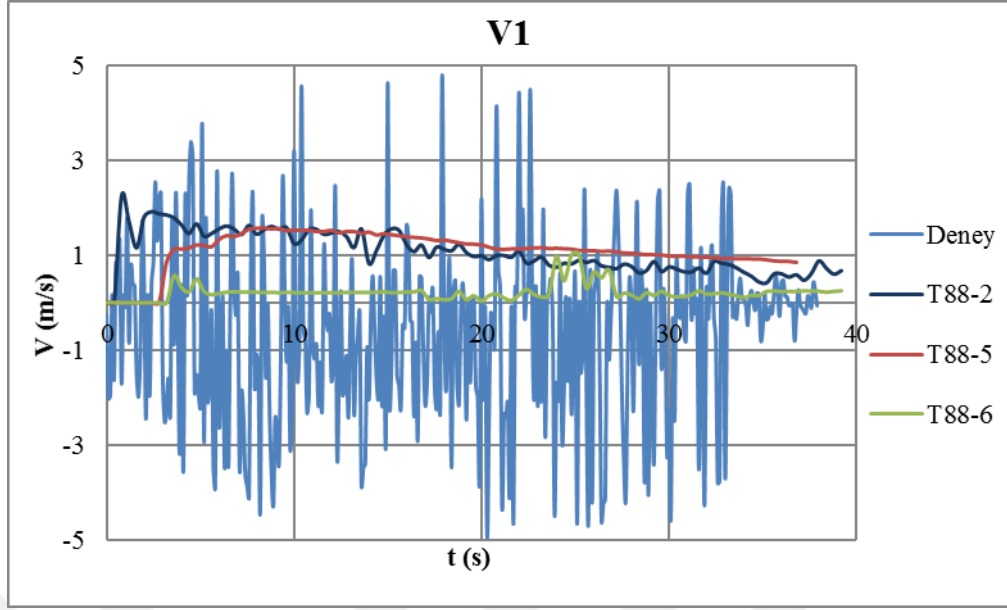


Şekil 5.43 Barajın trapez gedik şeklinde yıkılması ve baraj gölünde 88 cm su derinliği durumunda S5 nolu ölçüm noktasında zamana bağlı deneysel su derinlikleri ile sayısal model yardımıyla hesaplanan su derinlikleri

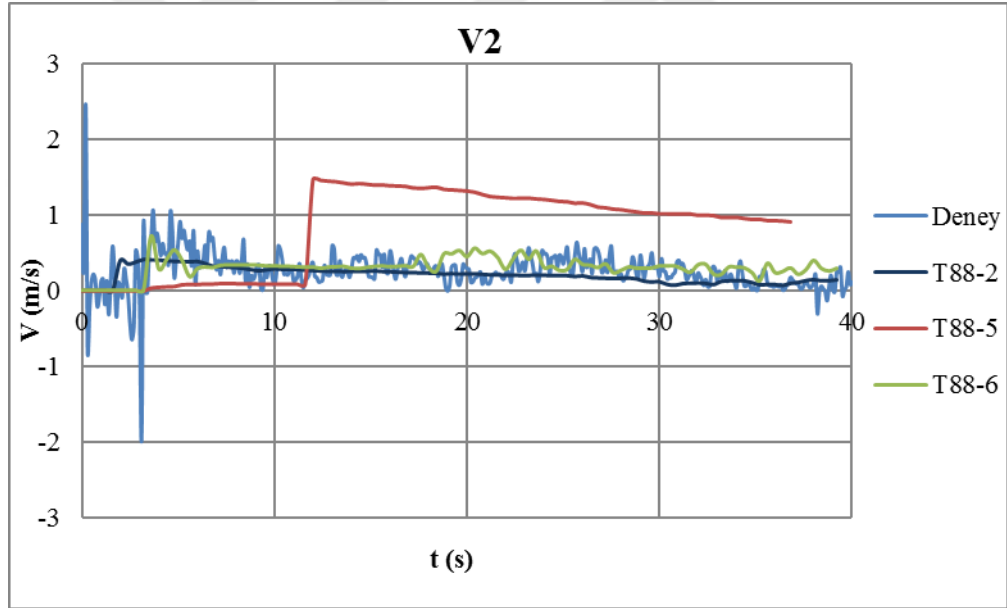


Şekil 5.44 Barajın trapez gedik şeklinde yıkılması ve baraj gölünde 88 cm su derinliği durumunda S6 nolu ölçüm noktasında zamana bağlı deneysel su derinlikleri ile sayısal model yardımıyla hesaplanan su derinlikleri

Şekil 5.45 ve 5.46’da barajın trapez şekilli yıkılması durumunda ve baraj gölünde 88 cm su derinliği söz konusu iken gerçekleştirilen sayısal model hızlarıyla deneyler sırasında ölçülen akım hızları karşılaştırmalı olarak verilmektedir. T88-3 ve T88-4 sayısal analizlerinin hız sonuçları T88-2 analizinin hız sonuçlarıyla çok benzer olduğundan bu sonuçlara hız grafiklerinde yer verilmemiştir.

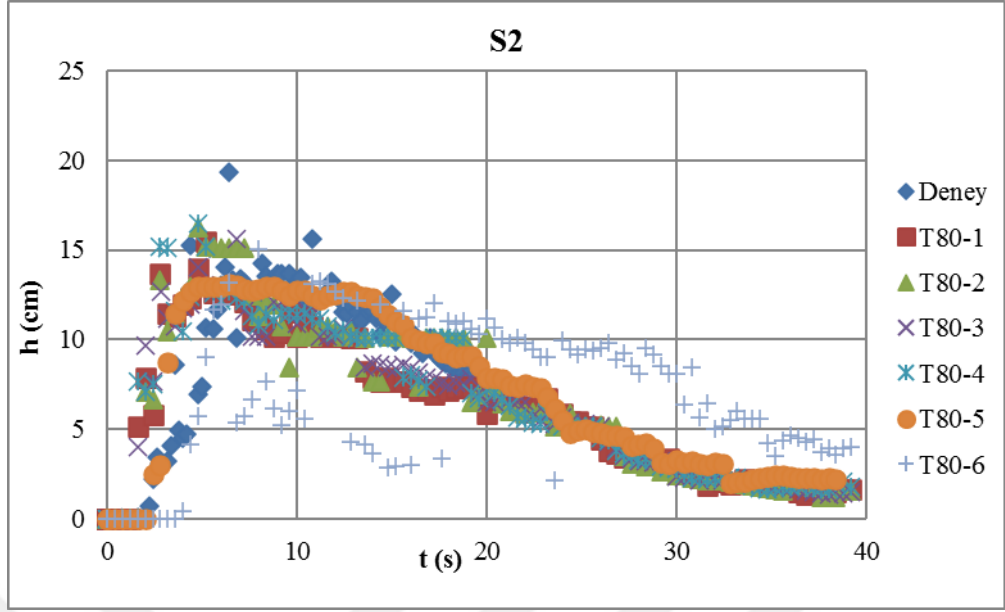


Şekil 5.45 Trapez şekilli baraj yıkılması ve baraj gölünde 88 cm su derinliği durumunda V1 nolu ölçüm noktasında zamana bağlı deneysel akım hızı ile sayısal model yardımıyla hesaplanan akım hızlar

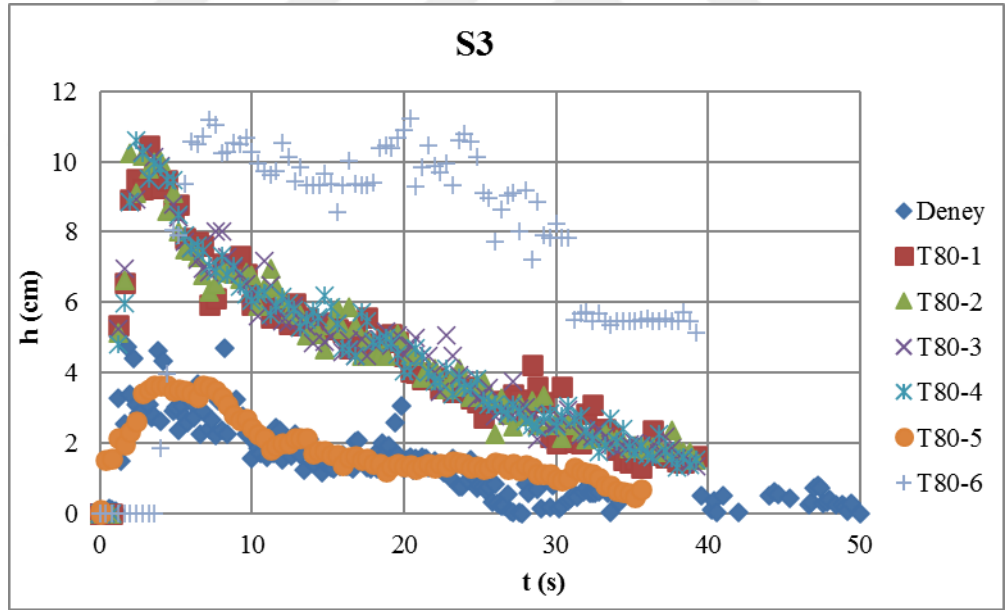


Şekil 5.46 Trapez şekilli baraj yıkılması ve baraj gölünde 88 cm su derinliği durumunda V2 nolu ölçüm noktasında zamana bağlı deneysel akım hızı ile sayısal model yardımıyla hesaplanan akım hızlar

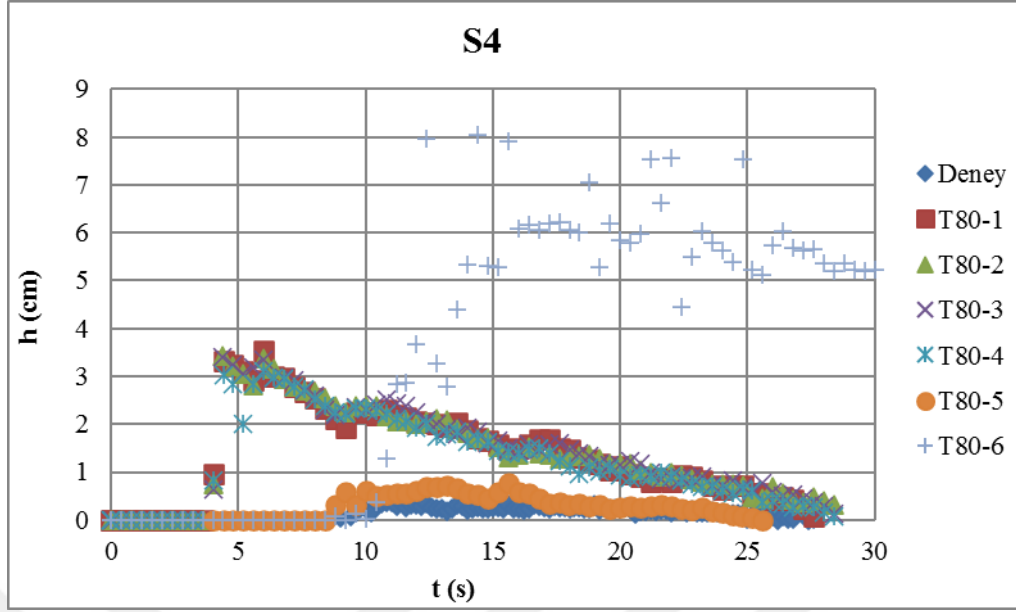
Şekil 5.47, 5.48, 5.49, 5.50 ve 5.51’de barajın trapez gedik şeklinde yıkılması durumunda ve baraj gölünde 80 cm su derinliği söz konusu iken gerçekleştirilen sayısal model sonuçlarıyla deneyler sırasında ölçülen su derinlikleri karşılaştırmalı olarak verilmektedir.



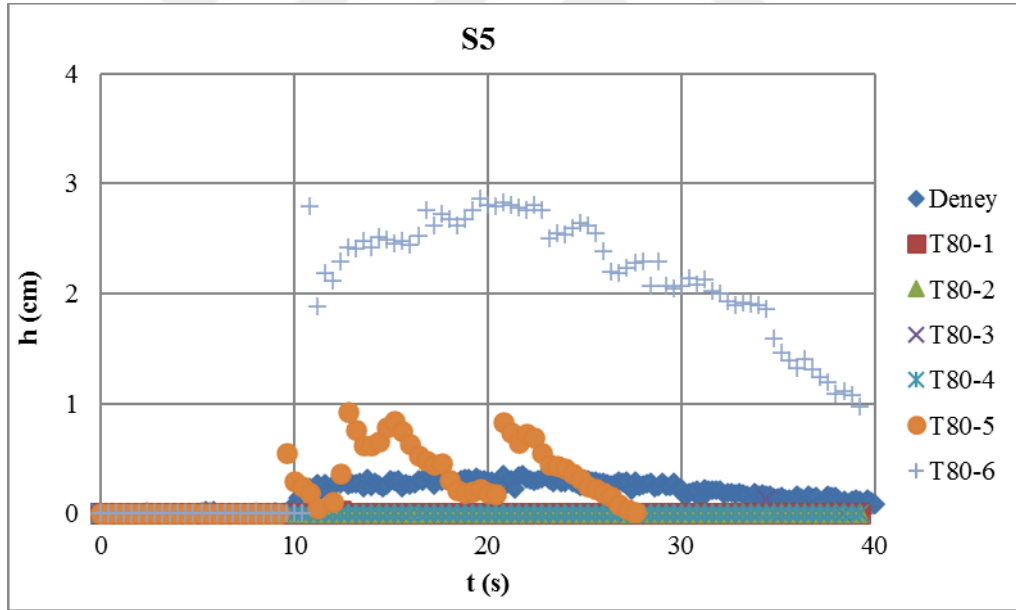
Şekil 5.47 Barajın trapez gedik şeklinde yıkılması ve baraj gölünde 80 cm su derinliği durumunda S2 nolu ölçüm noktasında zamana bağlı deneysel su derinlikleri ile sayısal model yardımıyla hesaplanan su derinlikleri



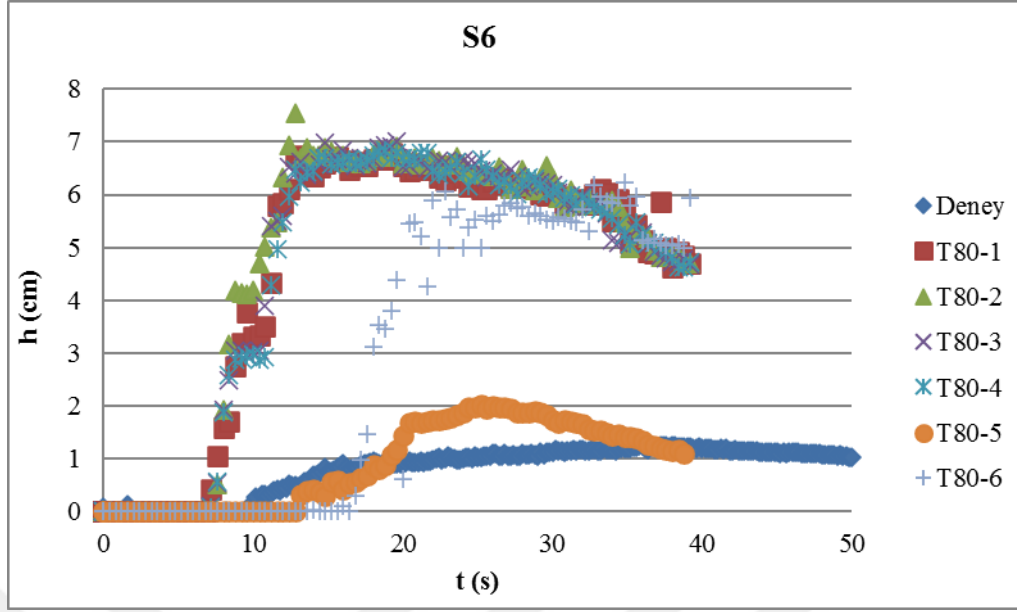
Şekil 5.48 Barajın trapez gedik şeklinde yıkılması ve baraj gölünde 80 cm su derinliği durumunda S3 nolu ölçüm noktasında zamana bağlı deneysel su derinlikleri ile sayısal model yardımıyla hesaplanan su derinlikleri



Şekil 5.49 Barajın trapez gedik şeklinde yıkılması ve baraj gölünde 80 cm su derinliği durumunda S4 nolu ölçüm noktasında zamana bağlı deneysel su derinlikleri ile sayısal model yardımıyla hesaplanan su derinlikleri

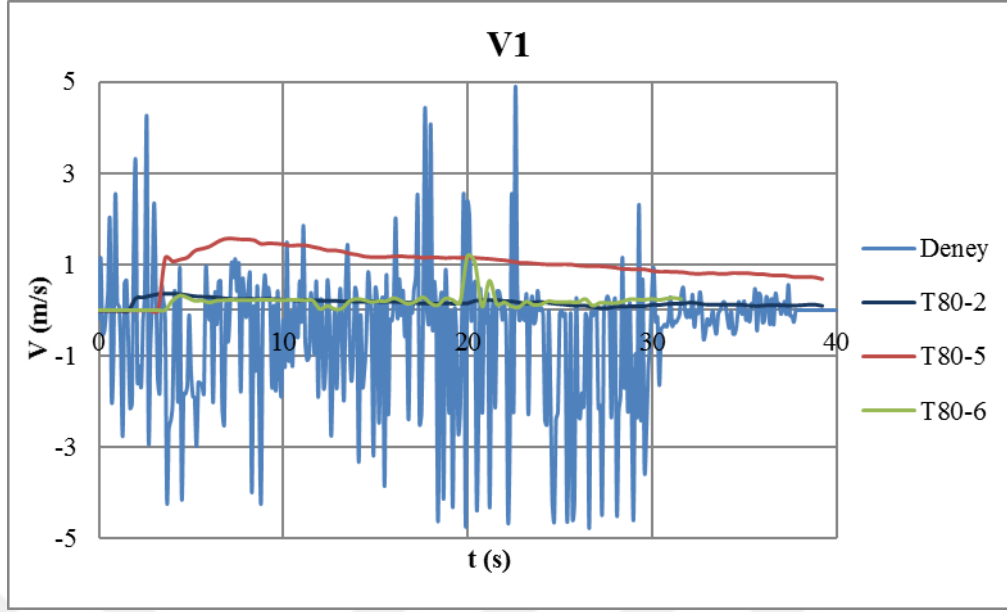


Şekil 5.50 Barajın trapez gedik şeklinde yıkılması ve baraj gölünde 80 cm su derinliği durumunda S5 nolu ölçüm noktasında zamana bağlı deneysel su derinlikleri ile sayısal model yardımıyla hesaplanan su derinlikleri

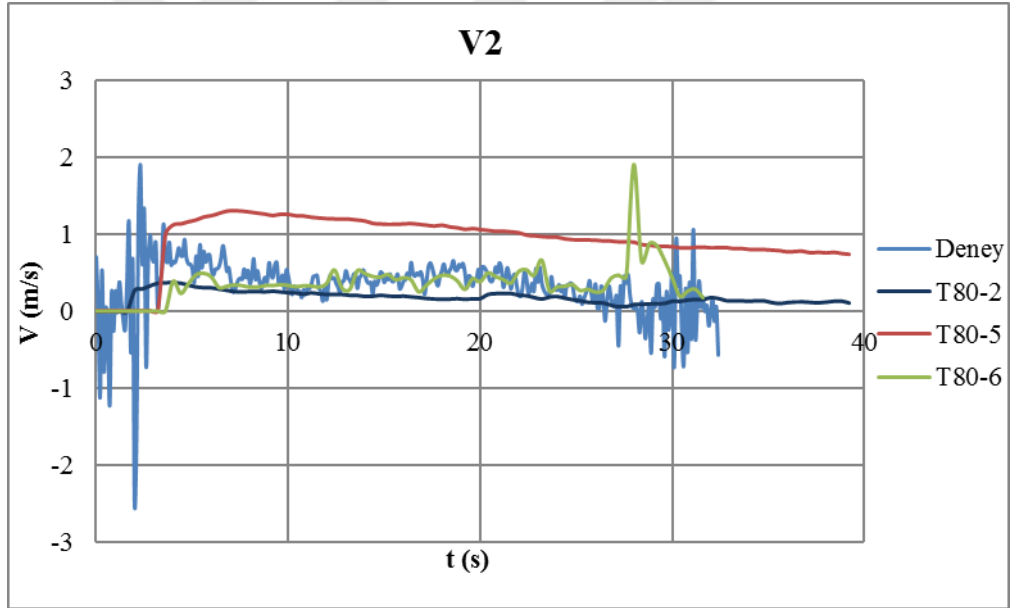


Şekil 5.51 Barajın trapez gedik şeklinde yıkılması ve baraj gölünde 80 cm su derinliği durumunda S6 nolu ölçüm noktasında zamana bağlı deneysel su derinlikleri ile sayısal model yardımıyla hesaplanan su derinlikleri

Şekil 5.52 ve 5.53’de barajın trapez şekilli yıkılması durumunda ve baraj gölünde 80 cm su derinliği söz konusu iken gerçekleştirilen sayısal model hızlarıyla deneyler sırasında ölçülen akım hızları karşılaştırmalı olarak verilmektedir. T80-3 ve T80-4 sayısal analizlerinin hız sonuçları T80-2 analizinin hız sonuçlarıyla çok benzer olduğundan bu sonuçlara hız grafiklerinde yer verilmemiştir.



Şekil 5.52 Trapez şekilli baraj yıkılması ve baraj gölünde 80 cm su derinliği durumunda V1 nolu ölçüm noktasında zamana bağlı deneysel akım hızı ile sayısal model yardımıyla hesaplanan akım hızlar



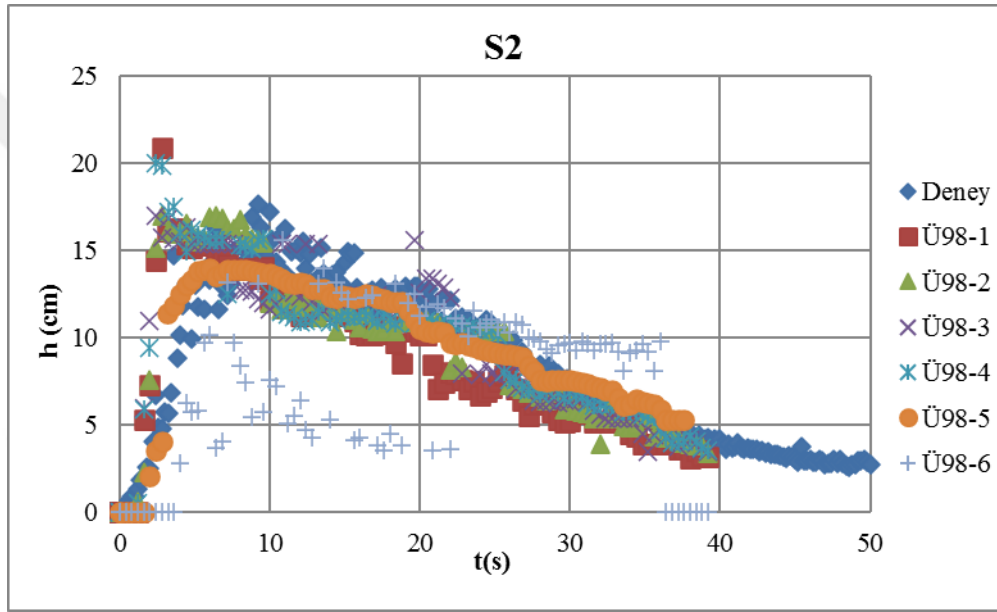
Şekil 5.53 Trapez şekilli baraj yıkılması ve baraj gölünde 80 cm su derinliği durumunda V2 nolu ölçüm noktasında zamana bağlı deneysel akım hızı ile sayısal model yardımıyla hesaplanan akım hızlar

Elde edilen grafikler incelendiğinde, barajın ani yıkılması durumunda sınır koşulu olarak baraj haznesinin ve bitki örtüsü yerine pürüzlülük yüksekliğinin tanımlandığı model sonuçlarının deneysel sonuçlarla en uyumlu olduğu gözlemlenmektedir. Bitki örtüsü yerine pürüzlülük yüksekliği tanımlanan modelin deney sonuçlarına daha

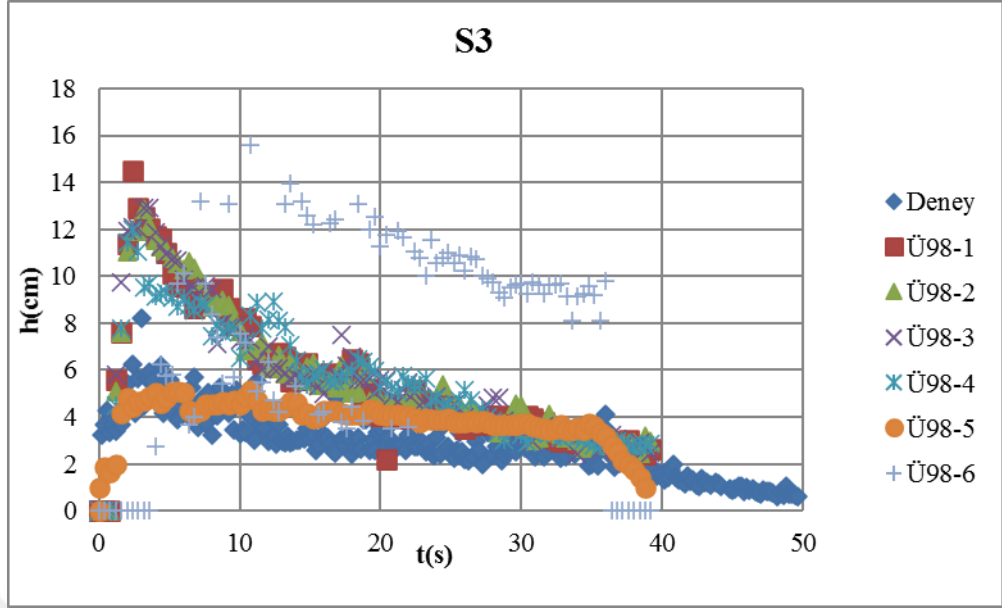
uyumlu olması pürüzlülük yüksekliğinin modelin her yerinde mevcut olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

5.3 Üçgen Şekilli Yıkılma Sayısal Çözüm Sonuçları

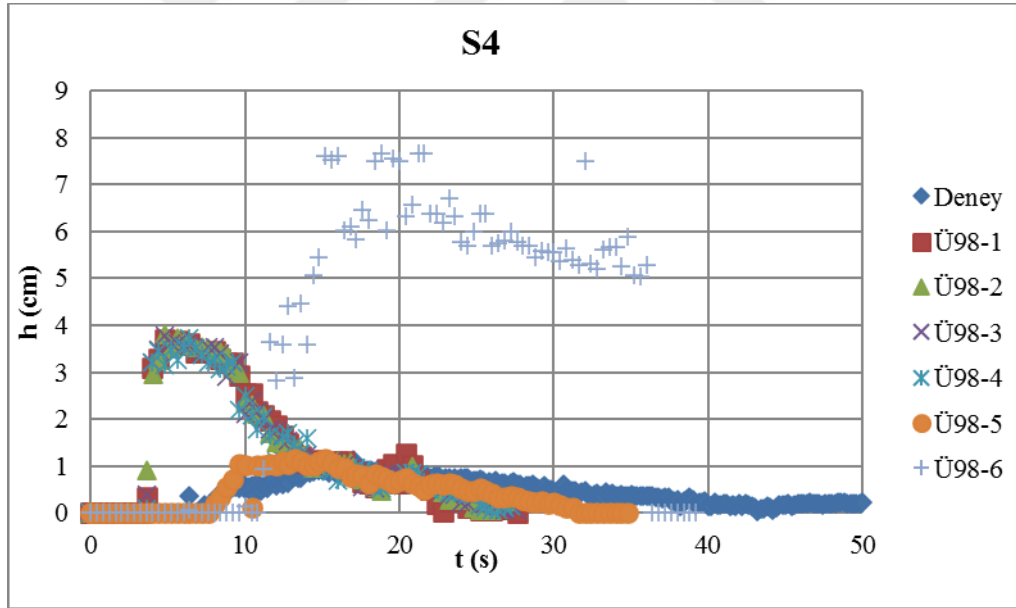
Şekil 5.54, 5.55, 5.56, 5.57 ve 5.58’de barajın üçgen gedik şeklinde yıkılması durumunda ve baraj gölünde maksimum derinliği söz konusu iken gerçekleştirilen sayısal model sonuçlarıyla deneyler sırasında ölçülen su derinlikleri karşılaştırmalı olarak verilmektedir.



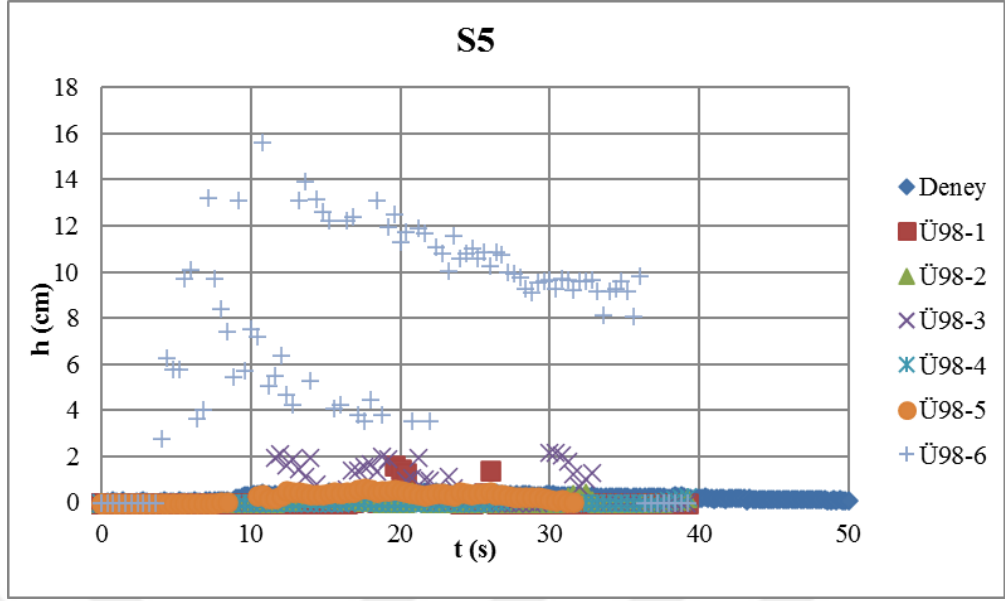
Şekil 5.54 Barajın üçgen gedik şeklinde yıkılması ve baraj gölünde maksimum su derinliği durumunda S2 nolu ölçüm noktasında zamana bağlı deneysel su derinlikleri ile sayısal model yardımıyla hesaplanan su derinlikleri



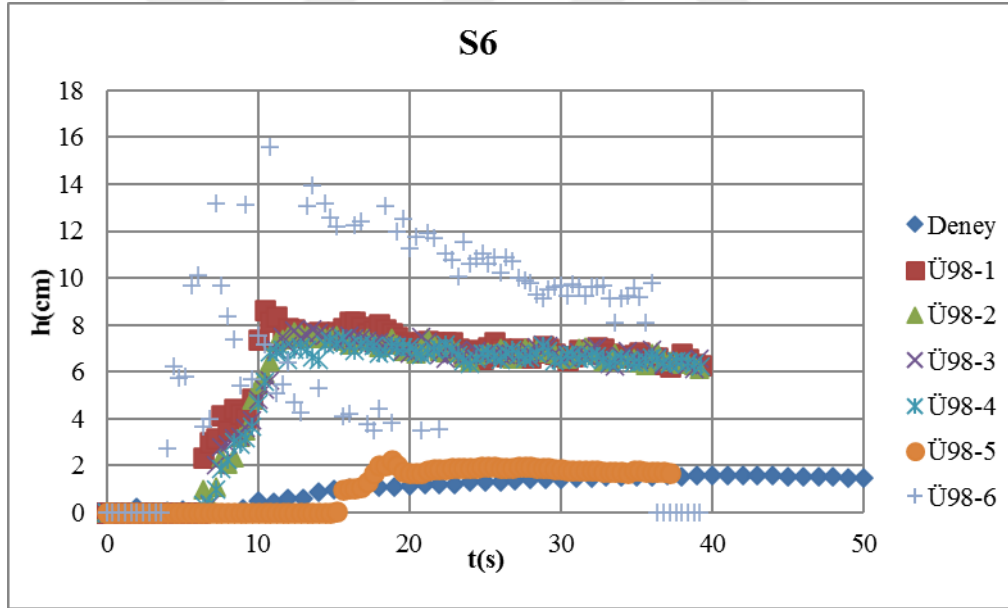
Şekil 5.55 Barajın üçgen gedik şeklinde yıkılması ve baraj gölünde maksimum su derinliği durumunda S3 nolu ölçüm noktasında zamana bağlı deneysel su derinlikleri ile sayısal model yardımıyla hesaplanan su derinlikleri



Şekil 5.56 Barajın üçgen gedik şeklinde yıkılması ve baraj gölünde maksimum su derinliği durumunda S4 nolu ölçüm noktasında zamana bağlı deneysel su derinlikleri ile sayısal model yardımıyla hesaplanan su derinlikleri



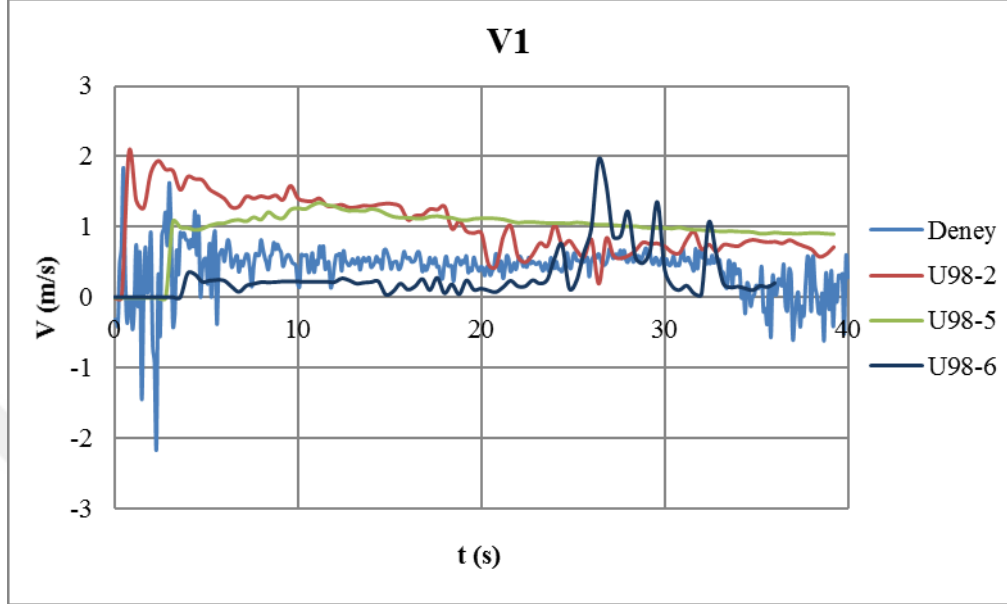
Şekil 5.57 Barajın üçgen gedik şeklinde yıkılması ve baraj gölünde maksimum su derinliği durumunda S5 nolu ölçüm noktasında zamana bağlı deneysel su derinlikleri ile sayısal model yardımıyla hesaplanan su derinlikleri



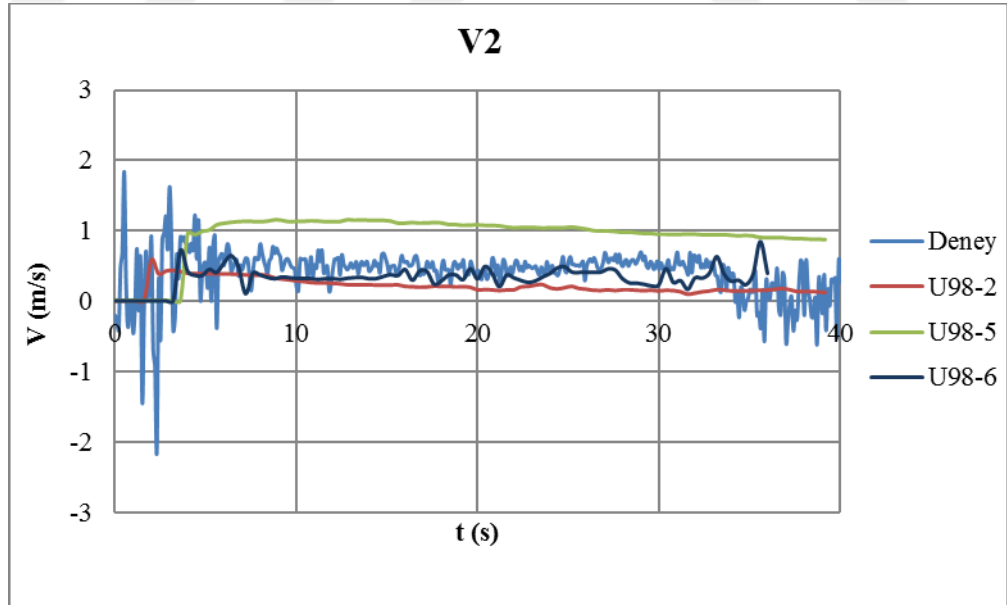
Şekil 5.58 Barajın üçgen gedik şeklinde yıkılması ve baraj gölünde maksimum su derinliği durumunda S6 nolu ölçüm noktasında zamana bağlı deneysel su derinlikleri ile sayısal model yardımıyla hesaplanan su derinlikleri

Şekil 5.59 ve 5.60'ta barajın üçgen şekilli yıkılması durumunda ve baraj gölünde 98 cm su derinliği söz konusu iken gerçekleştirilen sayısal model hızlarıyla deneyler

sırasında ölçülen akım hızları karşılaştırmalı olarak verilmektedir. Ü98-3 ve Ü98-4 sayısal analizlerinin hız sonuçları Ü98-2 analizinin hız sonuçlarıyla çok benzer olduğundan bu sonuçlara hız grafiklerinde yer verilmemiştir.

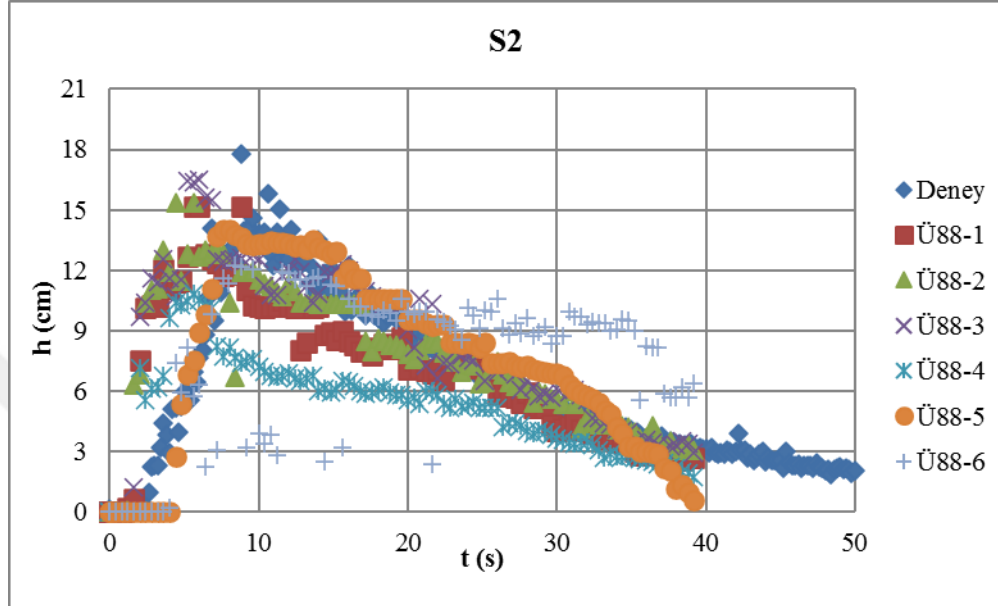


Şekil 5.59 Üçgen şekilli baraj yıkılması ve baraj gölünde 98 cm su derinliği durumunda V1 nolu ölçüm noktasında zamana bağlı deneysel akım hızı ile sayısal model yardımıyla hesaplanan akım hızları

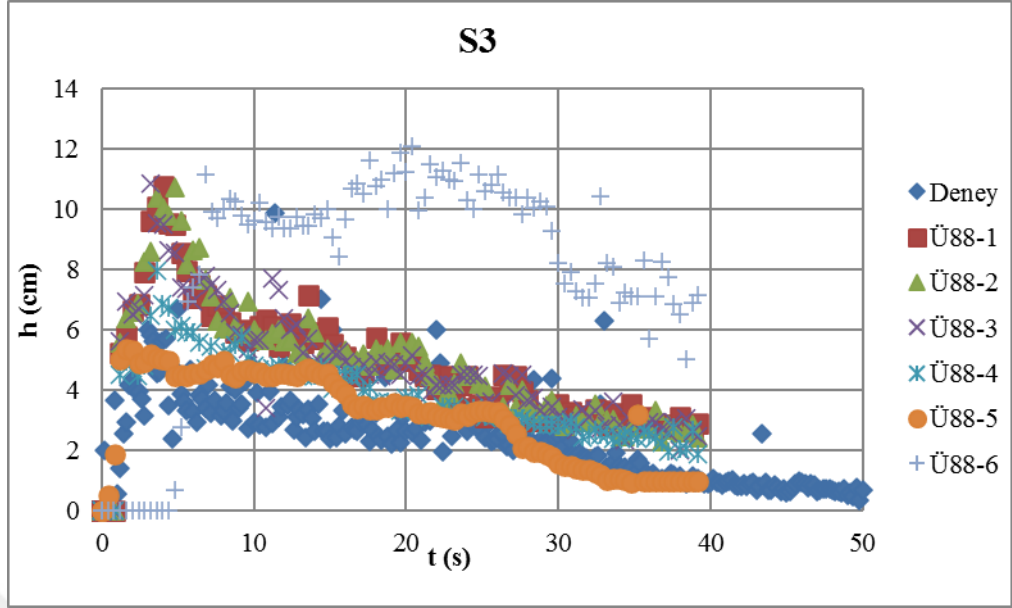


Şekil 5.60 Üçgen şekilli baraj yıkılması ve baraj gölünde 98 cm su derinliği durumunda V2 nolu ölçüm noktasında zamana bağlı deneysel akım hızı ile sayısal model yardımıyla hesaplanan akım hızları

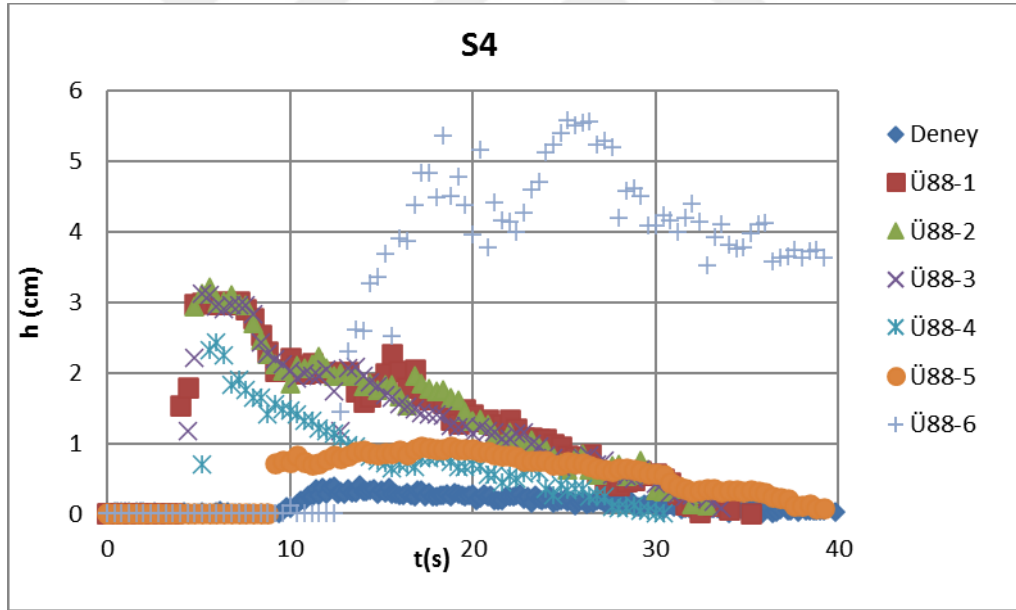
Şekil 5.61, 5.62, 5.63 ve 5.64’te barajın üçgen gedik şeklinde yıkılması durumunda ve baraj gölünde 88 cm su derinliği söz konusu iken gerçekleştirilen sayısal model sonuçlarıyla deneyler sırasında ölçülen su derinlikleri karşılaştırmalı olarak verilmektedir.



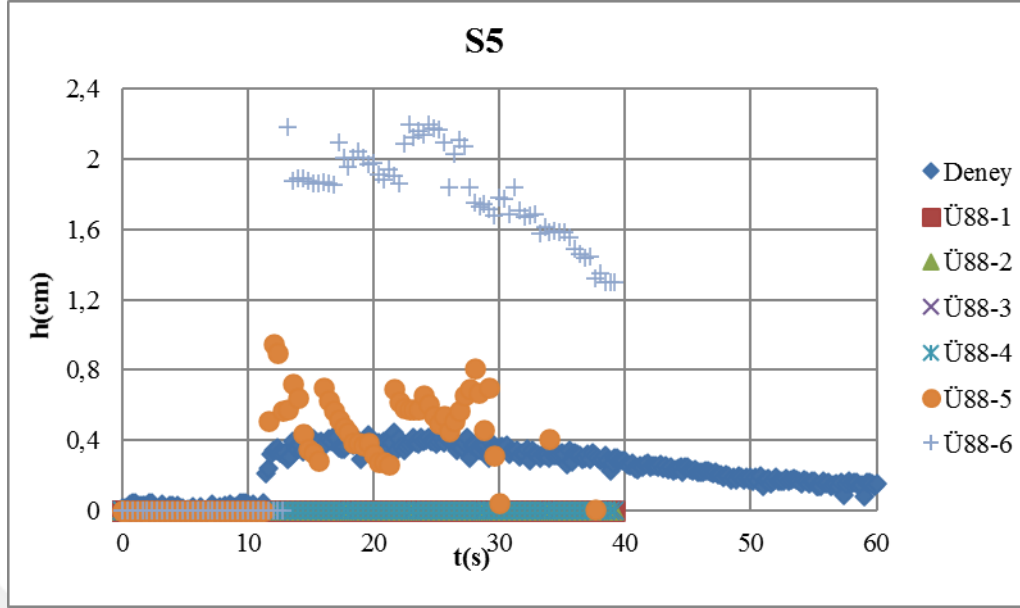
Şekil 5.61 Barajın üçgen gedik şeklinde yıkılması ve baraj gölünde 88 cm su derinliği durumunda S2 nolu ölçüm noktasında zamana bağlı deneysel su derinlikleri ile sayısal model yardımıyla hesaplanan su derinlikleri



Şekil 5.62 Barajın üçgen gedik şeklinde yıkılması ve baraj gölünde 88 cm su derinliği durumunda S3 nolu ölçüm noktasında zamana bağlı deneysel su derinlikleri ile sayısal model yardımıyla hesaplanan su derinlikleri



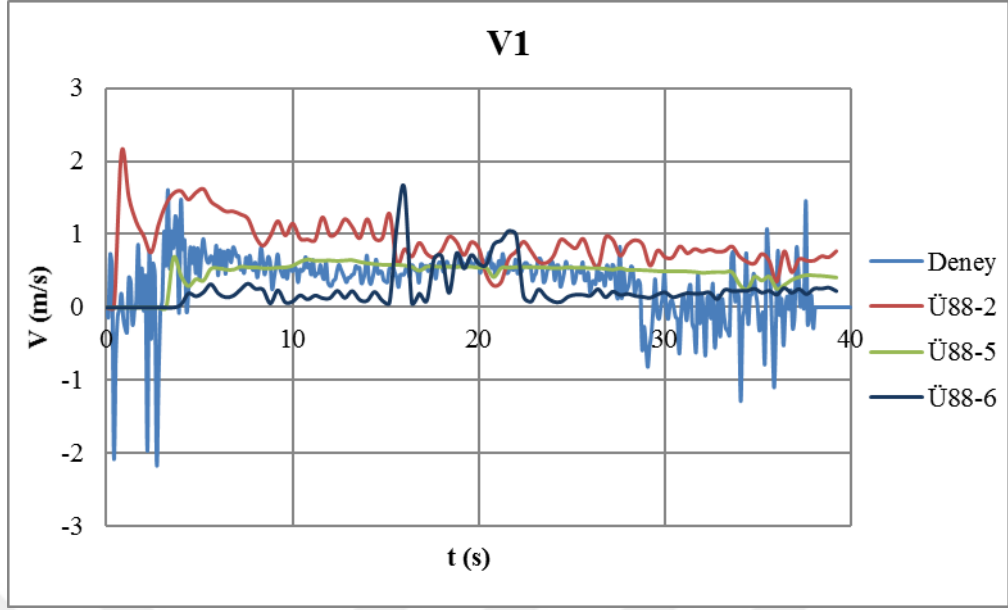
Şekil 5.63 Barajın üçgen gedik şeklinde yıkılması ve baraj gölünde 88 cm su derinliği durumunda S4 nolu ölçüm noktasında zamana bağlı deneysel su derinlikleri ile sayısal model yardımıyla hesaplanan su derinlikleri



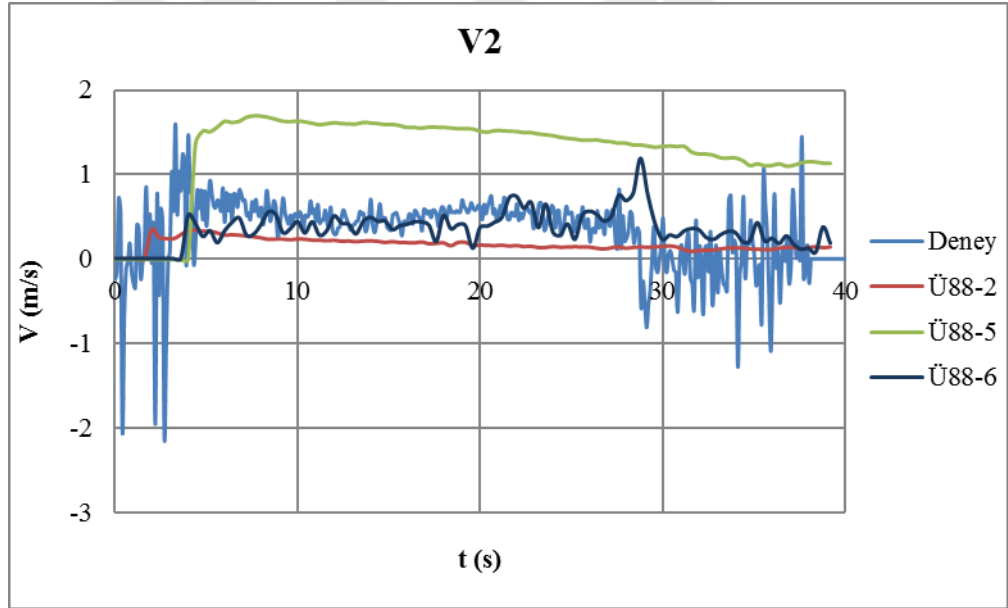
Şekil 5.64 Barajın üçgen gedik şeklinde yıkılması ve baraj gölünde 88 cm su derinliği durumunda S5 nolu ölçüm noktasında zamana bağlı deneysel su derinlikleri ile sayısal model yardımıyla hesaplanan su derinlikleri

Deneylerde S6 nolu noktada kayda değer bir su derinliği ölçülemediğinden sayısal modelde bu nokta göz önüne alınmamıştır.

Şekil 5.65 ve 5.66’da barajın üçgen şekilli yıkılması durumunda ve baraj gölünde 88 cm su derinliği söz konusu iken gerçekleştirilen sayısal model hızlarıyla deneyler sırasında ölçülen akım hızları karşılaştırmalı olarak verilmektedir. Ü88-3 ve Ü88-4 sayısal analizlerinin hız sonuçları Ü88-2 analizinin hız sonuçlarıyla çok benzer olduğundan bu sonuçlara hız grafiklerinde yer verilmemiştir.

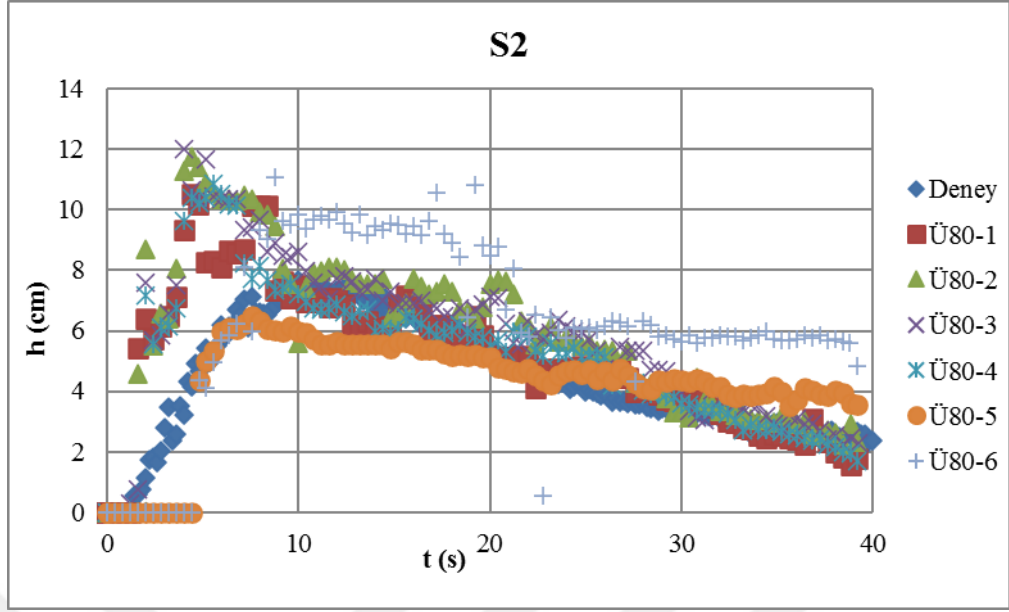


Şekil 5.65 Üçgen şekilli baraj yıkılması ve baraj gölünde 88 cm su derinliği durumunda V1 nolu ölçüm noktasında zamana bağlı deneysel akım hızı ile sayısal model yardımıyla hesaplanan akım hızları

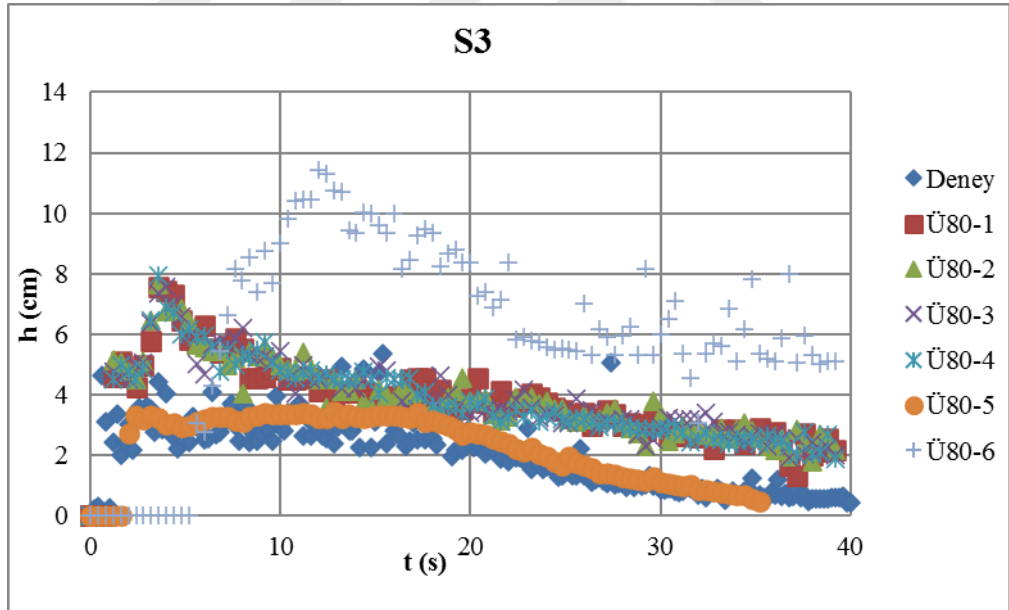


Şekil 5.66 Üçgen şekilli baraj yıkılması ve baraj gölünde 88 cm su derinliği durumunda V2 nolu ölçüm noktasında zamana bağlı deneysel akım hızı ile sayısal model yardımıyla hesaplanan akım hızları

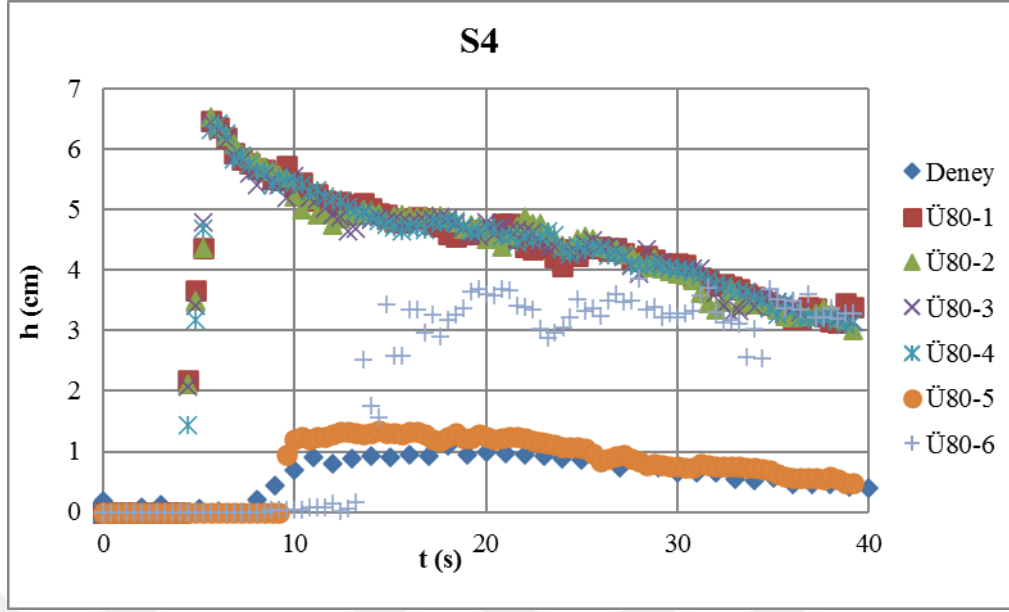
Şekil 5.67, 5.68 ve 5.69’da barajın üçgen gedik şeklinde yıkılması durumunda ve baraj gölünde 80 cm su derinliği söz konusu iken gerçekleştirilen sayısal model sonuçlarıyla deneyler sırasında ölçülen su derinlikleri karşılaştırmalı olarak verilmektedir.



Şekil 5.67 Barajın üçgen gedik şeklinde yıkılması ve baraj gölünde 80 cm su derinliği durumunda S2 nolu ölçüm noktasında zamana bağlı deneysel su derinlikleri ile sayısal model yardımıyla hesaplanan su derinlikleri



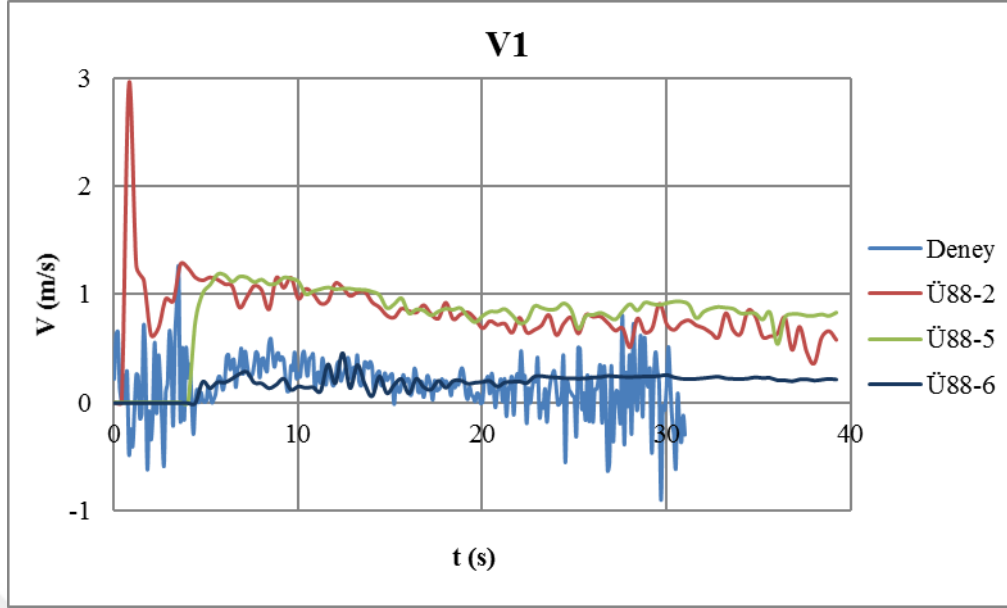
Şekil 5.68 Barajın üçgen gedik şeklinde yıkılması ve baraj gölünde 80 cm su derinliği durumunda S3 nolu ölçüm noktasında zamana bağlı deneysel su derinlikleri ile sayısal model yardımıyla hesaplanan su derinlikleri



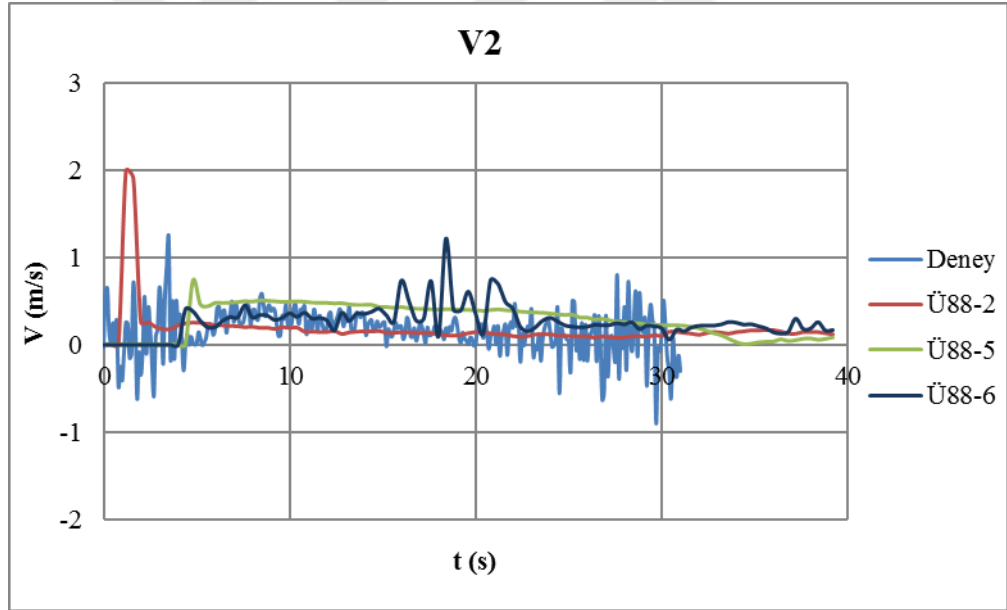
Şekil 5.69 Barajın üçgen gedik şeklinde yıkılması ve baraj gölünde 80 cm su derinliği durumunda S4 nolu ölçüm noktasında zamana bağlı deneysel su derinlikleri ile sayısal model yardımıyla hesaplanan su derinlikleri

Deneylerde S5 ve S6 nolu noktalarda kayda değer bir su derinliği ölçülemediğinden sayısal modelde bu noktalar göz önüne alınmamıştır.

Şekil 5.70 ve 5.71’de barajın üçgen şekilli yıkılması durumunda ve baraj gölünde 80 cm su derinliği söz konusu iken gerçekleştirilen sayısal model hızlarıyla deneyler sırasında ölçülen akım hızları karşılaştırmalı olarak verilmektedir. Ü80-3 ve Ü80-4 sayısal analizlerinin hız sonuçları Ü80-2 analizinin hız sonuçlarıyla çok benzer olduğundan bu sonuçlara hız grafiklerinde yer verilmemiştir.



Şekil 5.70 Üçgen şekilli baraj yıkılması ve baraj gölünde 80 cm su derinliği durumunda V1 nolu ölçüm noktasında zamana bağlı deneysel akım hızı ile sayısal model yardımıyla hesaplanan akım hızları



Şekil 5.71 Üçgen şekilli baraj yıkılması ve baraj gölünde 80 cm su derinliği durumunda V2 nolu ölçüm noktasında zamana bağlı deneysel akım hızı ile sayısal model yardımıyla hesaplanan akım hızları

Elde edilen grafikler incelendiğinde, barajın ani yıkılması durumunda sınır koşulu olarak baraj haznesinin ve bitki örtüsü yerine pürüzlülük yüksekliğinin tanımlandığı model sonuçlarının deneysel sonuçlarla en uyumlu olduğu gözlemlenmektedir. Bitki örtüsü yerine pürüzlülük yüksekliği tanımlanan modelin deney sonuçlarına daha

uyumlu olması pürüzlülük yüksekliğinin modelin her yerinde mevcut olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

5.4 Sayısal Model Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Sayısal modelin sonuçları, determinasyon katsayısı (R^2) ve saçılma indeksi (SI) açısından da değerlendirilmiştir. Bu parametreler şu şekilde tanımlanır:

$$R^2 = \frac{SSR}{SSR+SSE} \quad (5.4)$$

$$SSE = \sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2 \quad (5.5)$$

$$SSR = \sum_{i=1}^n (\hat{Y}_i - \bar{Y})^2 \quad (5.6)$$

$$SI = \frac{\sqrt{\frac{SSE}{n}}}{\bar{Y}} * 100 \quad (5.7)$$

$$RMSE = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(\hat{Y}_i - Y_i)^2}{n}} \quad (5.8)$$

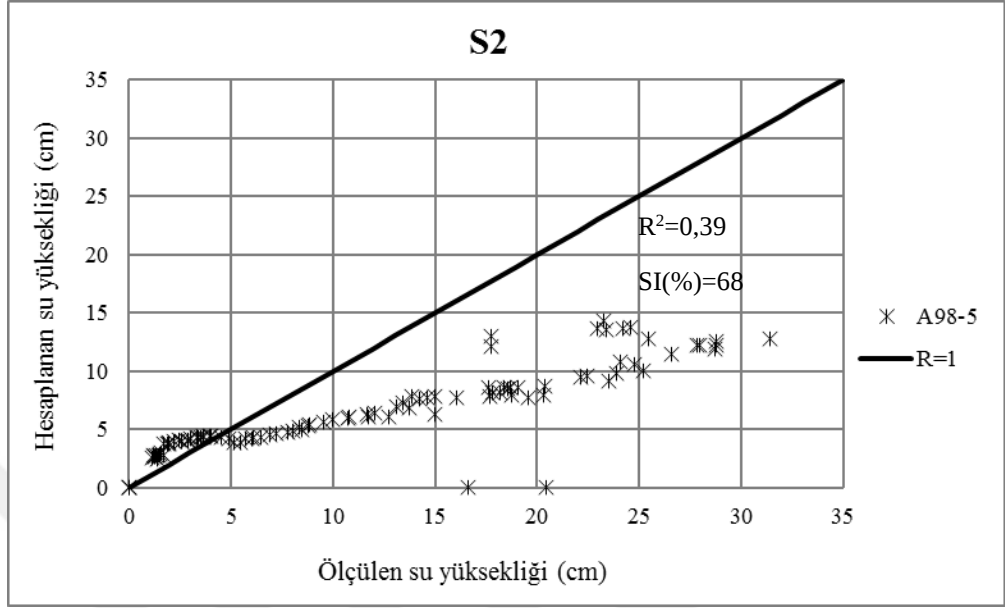
$$MAE = \frac{1}{n} \sum |Y - \hat{Y}| \quad (5.9)$$

burada n veri sayısı, Y_i deneysel değerler, $\hat{Y}_i$ ve $\bar{Y}$ sırasıyla hesaplanan değerler ve deneysel verilerin ortalama değeridir.

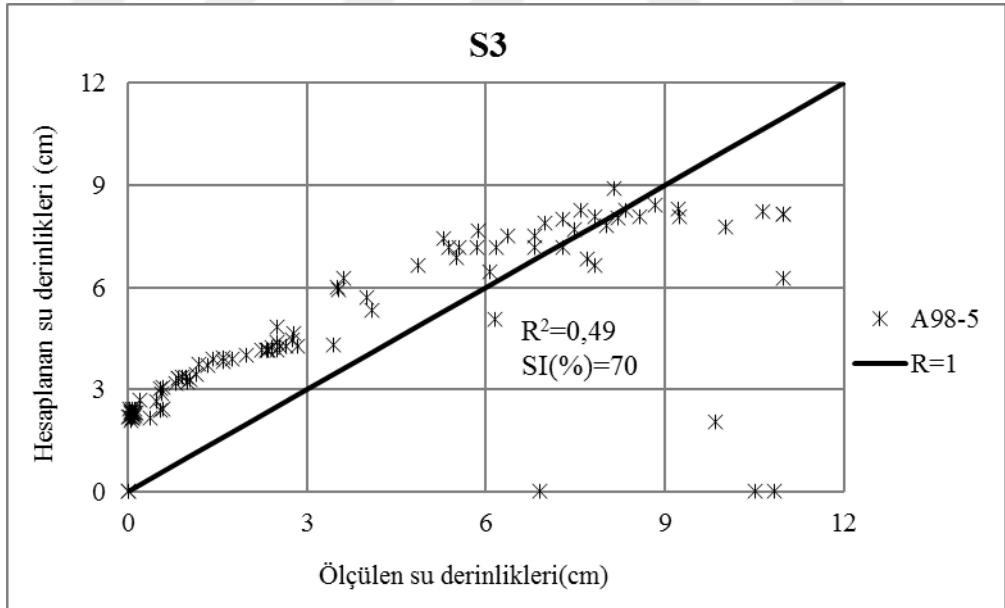
5.4.1 Ani Yıkılma Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Yukarıda verilen sayısal model ve deney sonuçlarını içeren grafikler incelendiğinde en uyumlu sonucun A98-5, A88-5 ve A80-5 analizlerinden elde edildiği gözükmemektedir. Bu sebeple sayısal model sonuçları değerlendirilirken bu analizlerin sonuçları dikkate alınmıştır. Ölçülen değerleri ve Flow3D tarafından hesaplanan

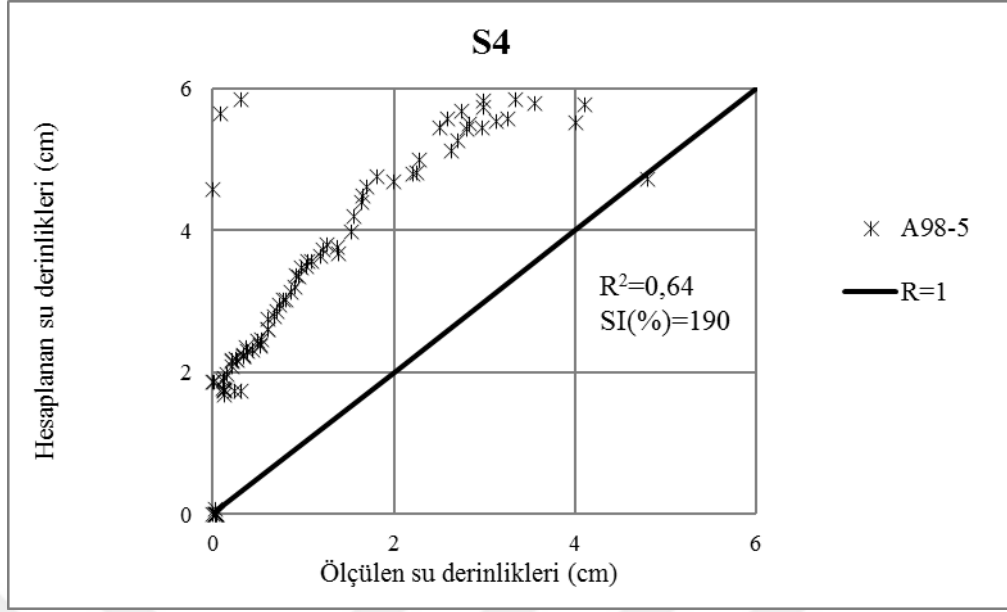
değerleri içeren saçılım diyagramı, A98 deneyi için Şekil 5.72, 5.73, 5.74, 5.75 ve 5.76'da verilmektedir.



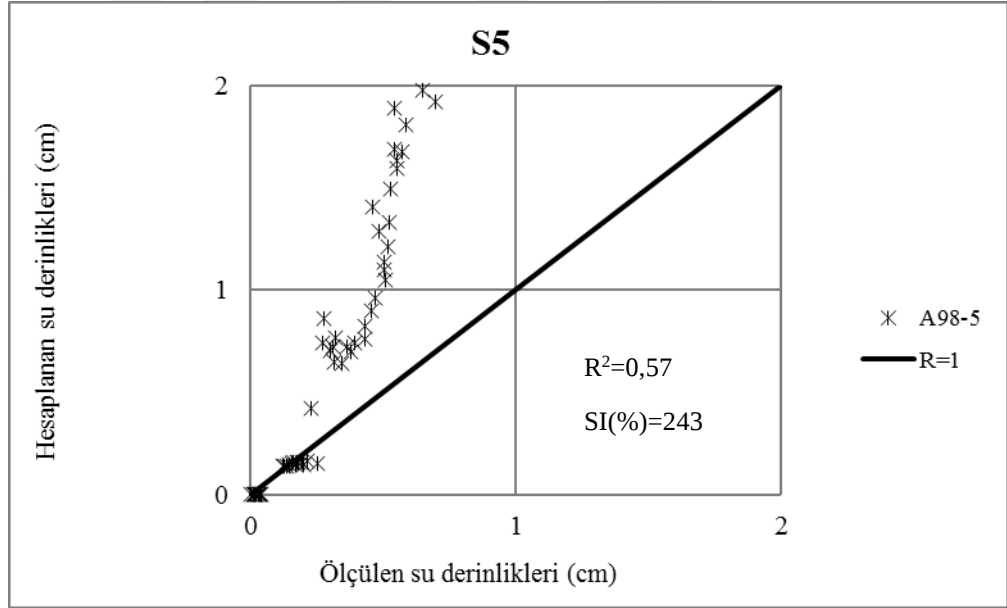
Şekil 5.72 Ani baraj yıkılması ve baraj gölünde 98 cm su derinliği durumunda S2 ölçüm noktasında ölçülen ve hesaplanan değerleri içeren saçılım diyagramı



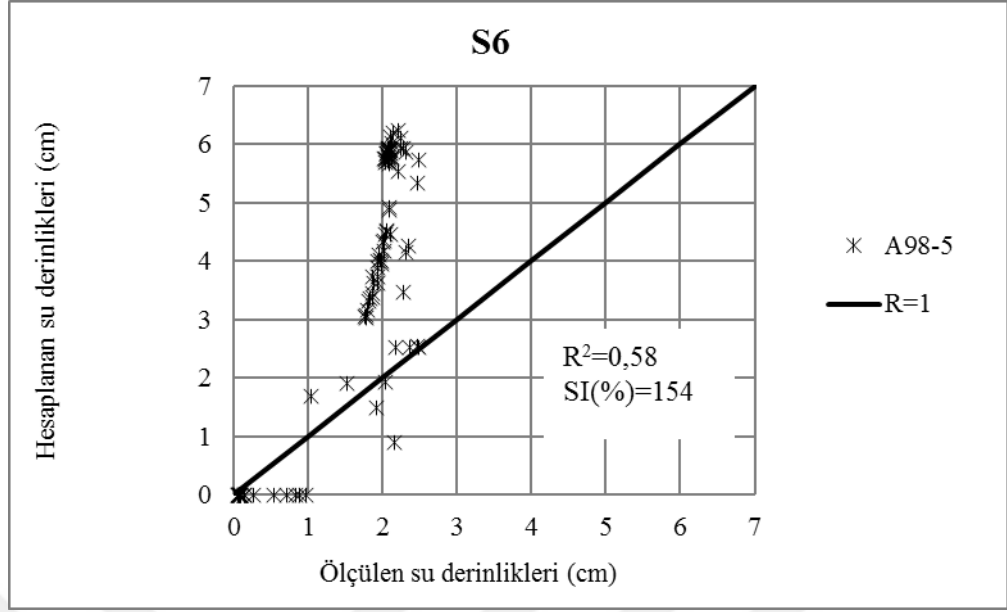
Şekil 5.73 Ani baraj yıkılması ve baraj gölünde 98 cm su derinliği durumunda S3 ölçüm noktasında ölçülen ve hesaplanan değerleri içeren saçılım diyagramı



Şekil 5.74 Ani baraj yıkılması ve baraj gölünde 98 cm su derinliği durumunda S4 ölçüm noktasında ölçülen ve hesaplanan değerleri içeren saçılım diyagramı



Şekil 5.75 Ani baraj yıkılması ve baraj gölünde 98 cm su derinliği durumunda S5 ölçüm noktasında ölçülen ve hesaplanan değerleri içeren saçılım diyagramı



Şekil 5.76 Ani baraj yıkılması ve baraj gölünde 98 cm su derinliği durumunda S6 ölçüm noktasında ölçülen ve hesaplanan değerleri içeren saçılım diyagramı

A98 deneyinde her bir ölçüm noktası için hesaplanan determinasyon katsayısı (R^2), saçılım indeksi değerleri (SI), hata karelerinin ortalamasının karekökü (RMSE) ve ortalama mutlak hata değerleri (MAE) Tablo 5.2'de verilmiştir.

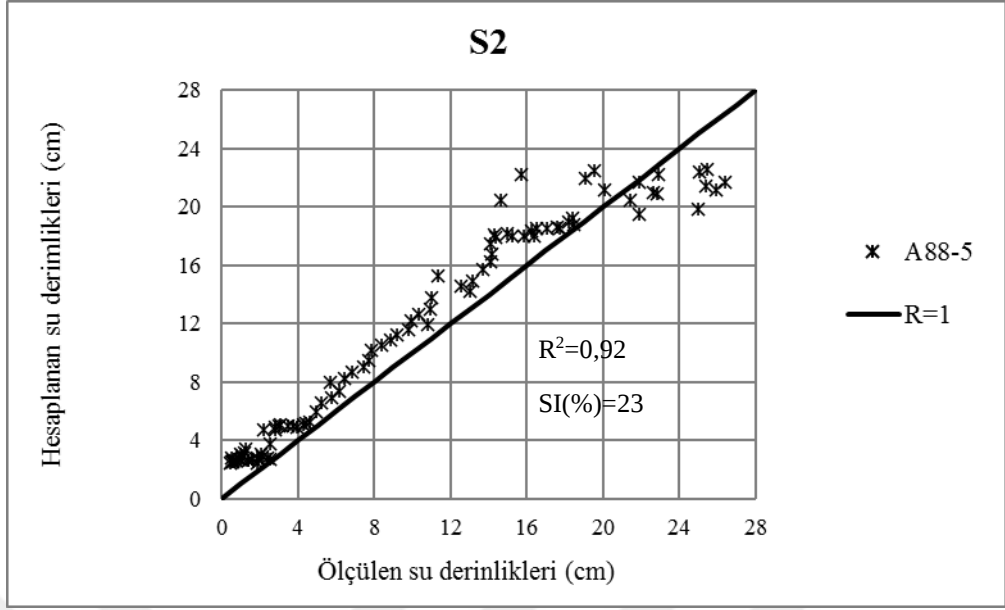
Tablo 5.2 A98 deneyinde her bir ölçüm noktası için hesaplanan için R^2 , SI, RMSE ve MAE değerleri

Simülasyon No	Ölçüm Noktası	SI(%)	R^2	RMSE (cm)	MAE (cm)
A98-1	S2	22	0,92	2,72	2,14
A98-2	S2	25	0,90	3,07	2,04
A98-3	S2	25	0,90	3,02	1,91
A98-4	S2	26	0,90	3,16	2,00
A98-5	S2	68	0,39	8,26	6,26
A98-6	S2	76	0,44	9,23	7,26
A98-1	S3	154	0,67	5,83	4,13
A98-2	S3	156	0,66	5,91	4,29
A98-3	S3	157	0,66	5,92	4,31
A98-4	S3	157	0,66	5,94	4,32

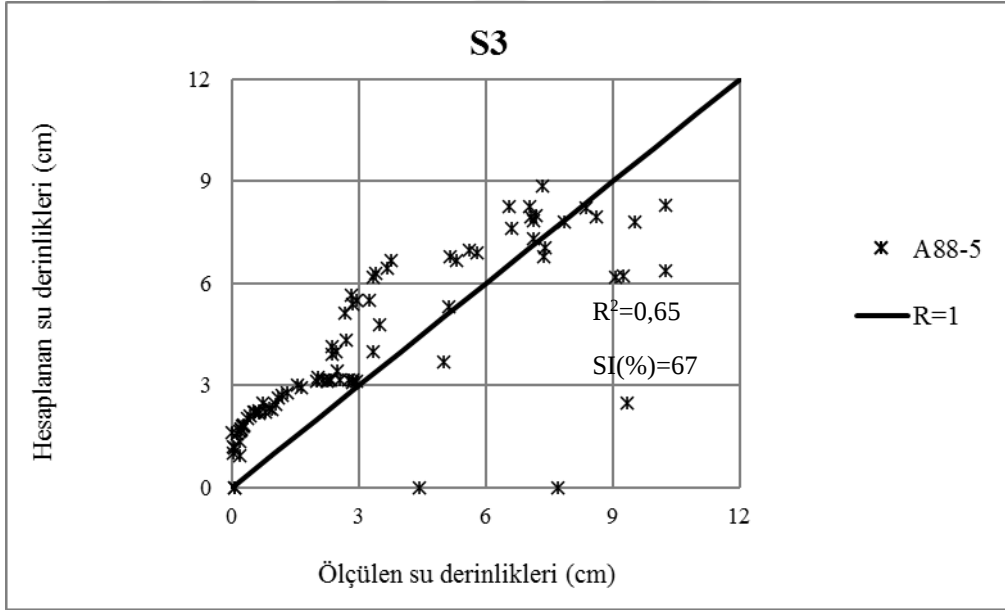
Tablo 5.2 Devamı

A98-5	S3	70	0,49	2,64	2,04
A98-6	S3	146	0,55	5,50	4,88
A98-1	S4	417	0,05	0,57	4,73
A98-2	S4	406	0,54	0,55	4,66
A98-3	S4	400	0,55	0,54	4,64
A98-4	S4	400	0,54	0,54	4,63
A98-5	S4	190	0,84	0,26	2,30
A98-6	S4	454	0,19	0,62	5,09
A98-1	S5	209	0,51	1,19	0,74
A98-2	S5	226	0,52	1,29	0,81
A98-3	S5	194	0,52	1,10	0,70
A98-4	S5	221	0,50	1,26	0,83
A98-5	S5	243	0,57	1,39	1,05
A98-6	S5	398	0,55	2,27	1,58
A98-1	S6	400	0,51	6,57	5,96
A98-2	S6	400	0,51	6,56	5,94
A98-3	S6	383	0,51	6,28	5,75
A98-4	S6	398	0,51	6,52	5,92
A98-5	S6	154	0,58	2,53	2,05
A98-6	S6	268	0,55	4,40	3,66

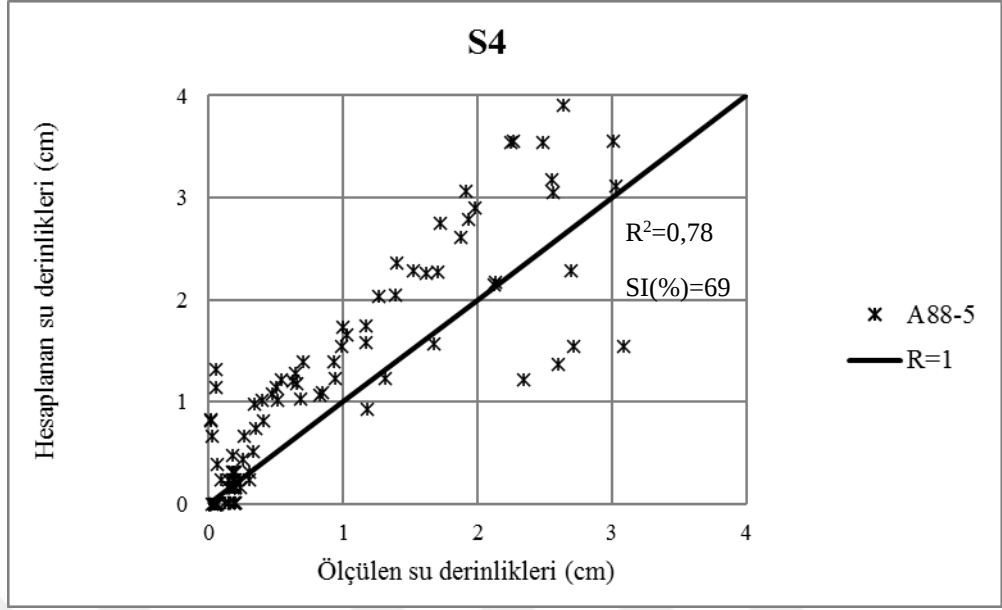
Ölçülen değerleri ve Flow3D tarafından hesaplanan değerleri içeren saçılım diyagramı, A88 deneyi için Şekil 5.77, 5.78, 5.79, 5.80 ve 5.81'de verilmektedir.



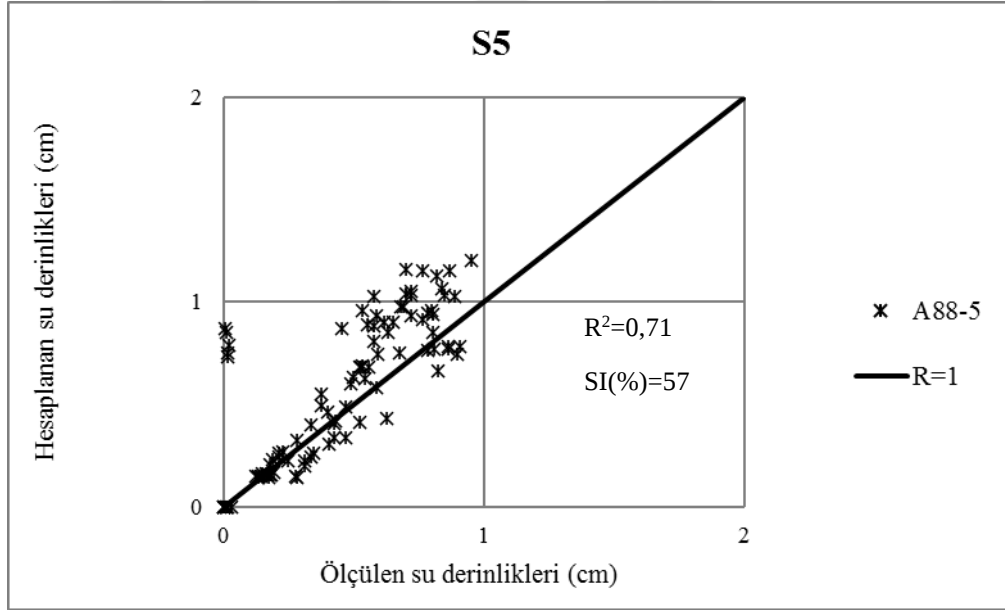
Şekil 5.77 Ani baraj yıkılması ve baraj gölünde 88 cm su derinliği durumunda S2 ölçüm noktasında ölçülen ve hesaplanan değerleri içeren saçılım diyagramı



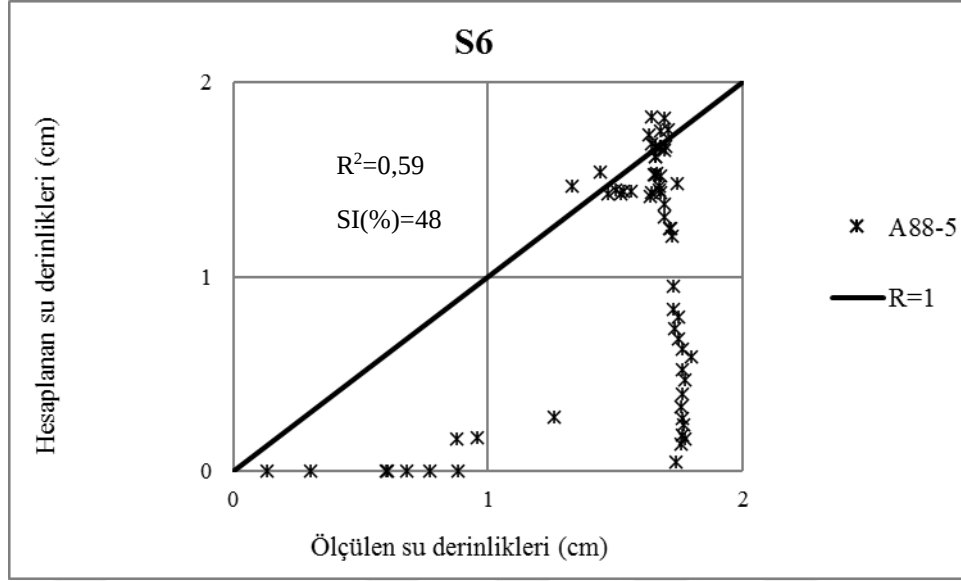
Şekil 5.78 Ani baraj yıkılması ve baraj gölünde 88 cm su derinliği durumunda S3 ölçüm noktasında ölçülen ve hesaplanan değerleri içeren saçılım diyagramı



Şekil 5.79 Ani baraj yıkılması ve baraj gölünde 88 cm su derinliği durumunda S4 ölçüm noktasında ölçülen ve hesaplanan değerleri içeren saçılım diyagramı



Şekil 5.80 Ani baraj yıkılması ve baraj gölünde 88 cm su derinliği durumunda S5 ölçüm noktasında ölçülen ve hesaplanan değerleri içeren saçılım diyagramı



Şekil 5.81 Ani baraj yıkılması ve baraj gölünde 88 cm su derinliği durumunda S6 ölçüm noktasında ölçülen ve hesaplanan değerleri içeren saçılım diyagramı

A88 deneyinde her bir ölçüm noktası için hesaplanan determinasyon katsayısı (R^2), saçılım indeksi değerleri (SI), hata karelerinin ortalamasının karekökü (RMSE) ve ortalama mutlak hata değerleri (MAE) Tablo 5.3'te verilmiştir.

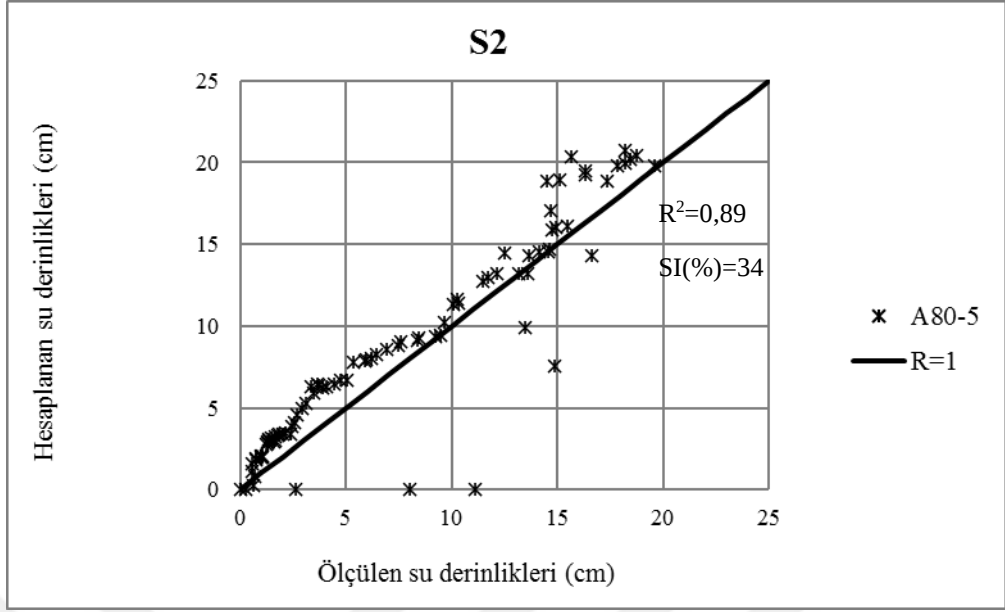
Tablo 5.3 A88 deneyinde her bir ölçüm noktası için hesaplanan için R^2 , SI, RMSE ve MAE değerleri

Simülasyon No	Ölçüm Noktası	SI(%)	R^2	RMSE (cm)	MAE (cm)
A88-1	S2	60	0,72	5,65	4,11
A88-2	S2	58	0,73	5,44	3,80
A88-3	S2	54	0,75	5,10	3,65
A88-4	S2	59	0,72	5,56	4,08
A88-5	S2	23	0,92	2,21	1,85
A88-6	S2	74	0,41	6,96	5,20
A88-1	S3	141	0,72	4,05	2,40
A88-2	S3	141	0,72	4,05	2,40
A88-3	S3	137	0,73	3,94	2,33
A88-4	S3	141	0,73	4,04	2,44

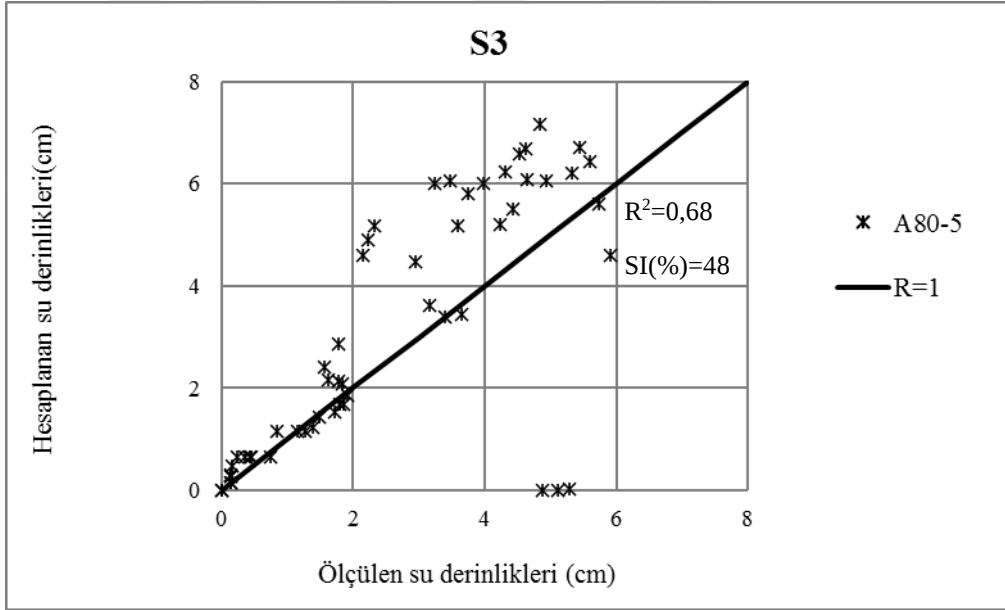
Tablo 5.3 Devamı

A88-5	S3	67	0,65	1,94	1,57
A88-6	S3	85	0,71	2,45	2,15
A88-1	S4	559	0,52	4,70	3,52
A88-2	S4	559	0,52	4,70	3,52
A88-3	S4	551	0,52	4,62	3,48
A88-4	S4	551	0,52	4,63	3,50
A88-5	S4	69	0,78	0,58	0,43
A88-6	S4	310	0,54	2,60	1,61
A88-1	S5	210	0,47	0,90	0,65
A88-2	S5	210	0,47	0,90	0,65
A88-3	S5	202	0,48	0,87	0,56
A88-4	S5	198	0,50	0,85	0,57
A88-5	S5	57	0,71	0,25	0,16
A88-6	S5	151	0,53	0,65	0,44
A88-1	S6	381	0,51	4,80	4,01
A88-2	S6	381	0,51	4,80	4,01
A88-3	S6	383	0,51	4,83	4,09
A88-4	S6	387	0,51	4,87	4,12
A88-5	S6	48	0,59	0,67	0,34
A88-6	S6	64	0,54	0,81	0,63

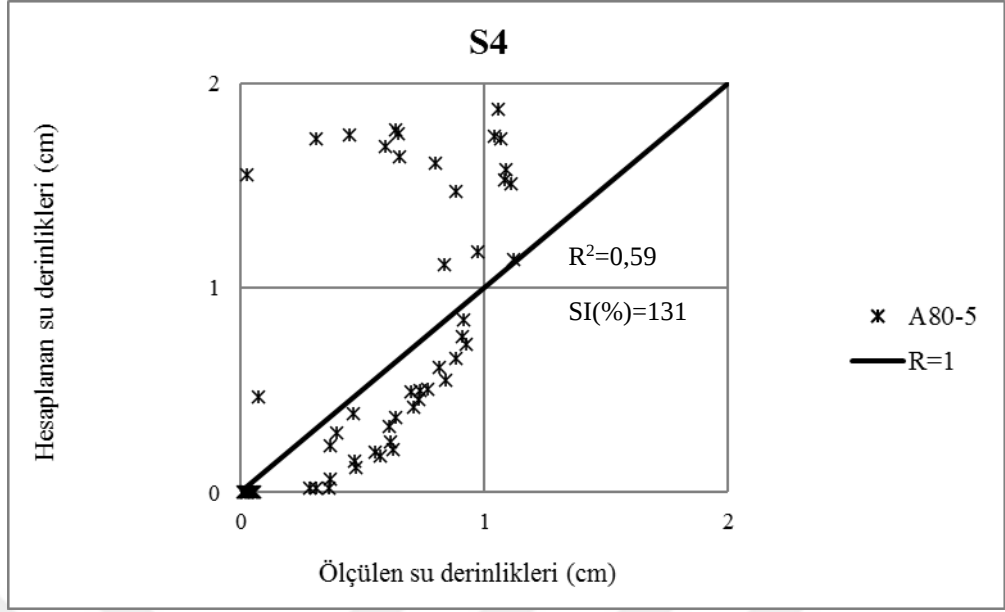
Ölçülen değerleri ve Flow3D tarafından hesaplanan değerleri içeren saçılım diyagramı, A80 deneyi için Şekil 5.82, 5.83, 5.84, 5.85 ve 5.86'da verilmektedir.



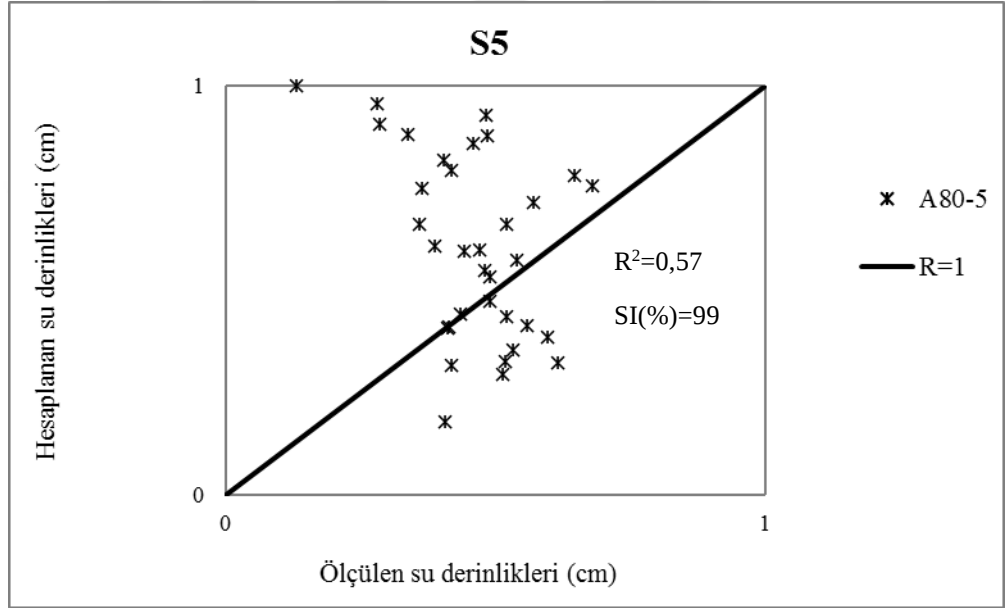
Şekil 5.82 Ani baraj yıkılması ve baraj gölünde 80 cm su derinliği durumunda S2 ölçüm noktasında ölçülen ve hesaplanan değerleri içeren saçılım diyagramı



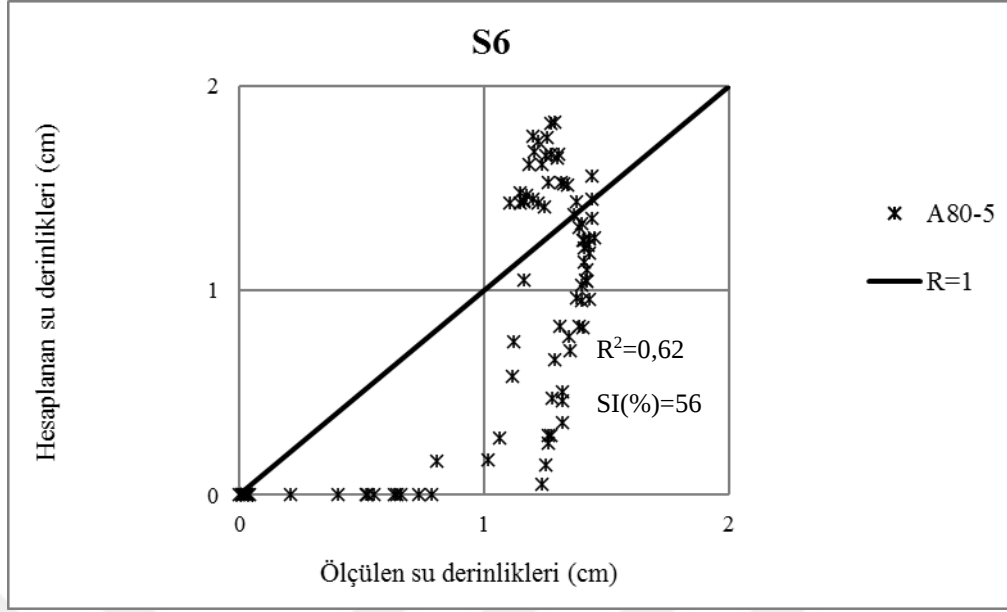
Şekil 5.83 Ani baraj yıkılması ve baraj gölünde 80 cm su derinliği durumunda S3 ölçüm noktasında ölçülen ve hesaplanan değerleri içeren saçılım diyagramı



Şekil 5.84 Ani baraj yıkılması ve baraj gölünde 80 cm su derinliği durumunda S4 ölçüm noktasında ölçülen ve hesaplanan değerleri içeren saçılım diyagramı



Şekil 5.85 Ani baraj yıkılması ve baraj gölünde 80 cm su derinliği durumunda S5 ölçüm noktasında ölçülen ve hesaplanan değerleri içeren saçılım diyagramı



Şekil 5.86 Ani baraj yıkılması ve baraj gölünde 80 cm su derinliği durumunda S6 ölçüm noktasında ölçülen ve hesaplanan değerleri içeren saçılım diyagramı

A80 deneyinde her bir ölçüm noktası için hesaplanan determinasyon katsayısı (R^2), saçılım indeksi değerleri (SI), hata karelerinin ortalamasının karekökü (RMSE) ve ortalama mutlak hata değerleri (MAE) Tablo 5.4'te verilmiştir.

Tablo 5.4 A80 deneyinde her bir ölçüm noktası için hesaplanan için R^2 , SI, RMSE ve MAE değerleri

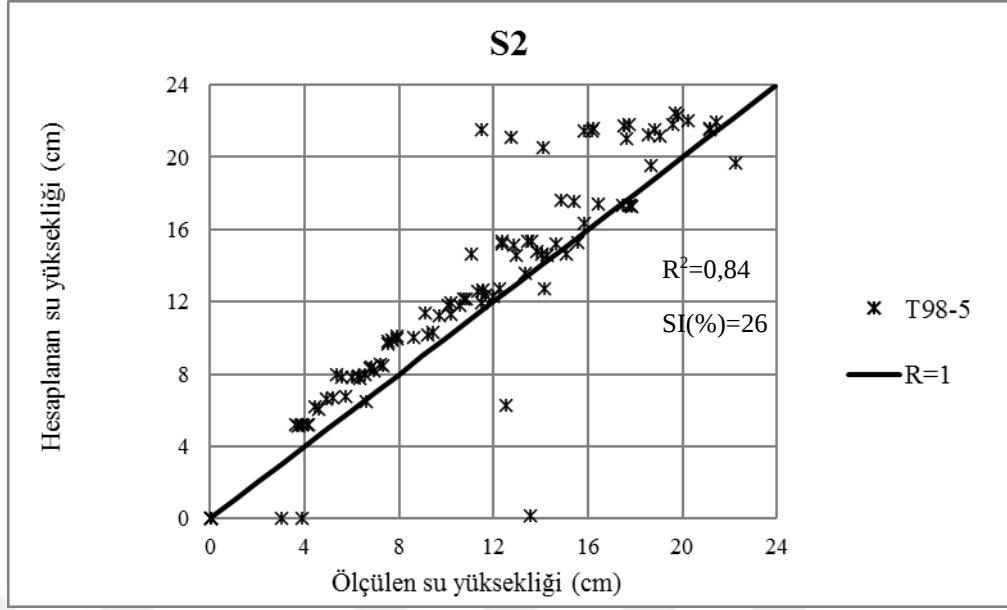
Simülasyon No	Ölçüm Noktası	SI(%)	R^2	RMSE (cm)	MAE (cm)
A80-1	S2	33	0,90	2,28	1,70
A80-2	S2	32	0,91	2,20	1,55
A80-3	S2	25	0,93	1,74	1,24
A80-4	S2	28	0,92	1,93	1,38
A80-5	S2	34	0,89	2,32	1,71
A80-6	S2	62	0,54	4,26	3,57
A80-1	S3	282	0,63	4,25	3,00
A80-2	S3	271	0,64	4,09	2,76
A80-3	S3	272	0,63	4,11	2,84
A80-4	S3	275	0,63	4,16	2,85

Tablo 5.4 Devamı

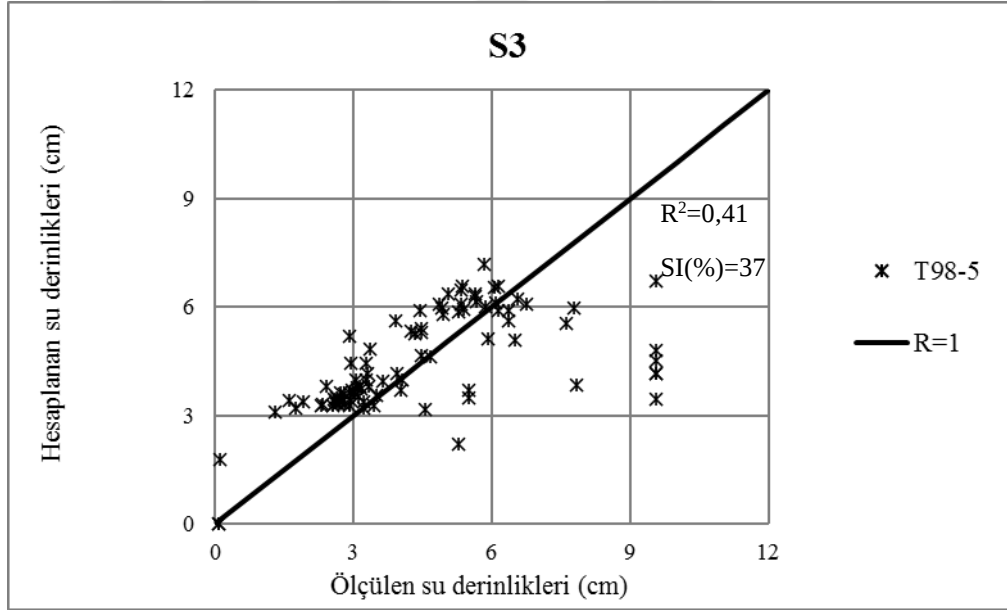
A80-5	S3	48	0,68	1,69	0,61
A80-6	S3	391	0,53	5,90	5,36
A80-1	S4	1345	0,51	4,57	3,70
A80-2	S4	1333	0,51	4,53	3,64
A80-3	S4	1310	0,51	4,45	3,61
A80-4	S4	1285	0,51	4,37	3,55
A80-5	S4	131	0,59	0,59	0,24
A80-6	S4	1480	0,52	5,03	4,15
A80-1	S5	303	0,45	0,76	0,59
A80-2	S5	219	0,49	0,55	0,38
A80-3	S5	319	0,48	0,80	0,57
A80-4	S5	206	0,46	0,52	0,35
A80-5	S5	99	0,57	0,34	0,13
A80-6	S5	389	0,55	0,97	0,72
A80-1	S6	418	0,51	4,23	3,61
A80-2	S6	388	0,52	3,92	3,34
A80-3	S6	404	0,51	4,08	3,48
A80-4	S6	416	0,51	4,21	3,60
A80-5	S6	56	0,62	0,57	0,43
A80-6	S6	315	0,54	3,18	2,65

5.4.2 Trapez Şekilli Yıkılma Sonuçlarının Değerlendirilmesi

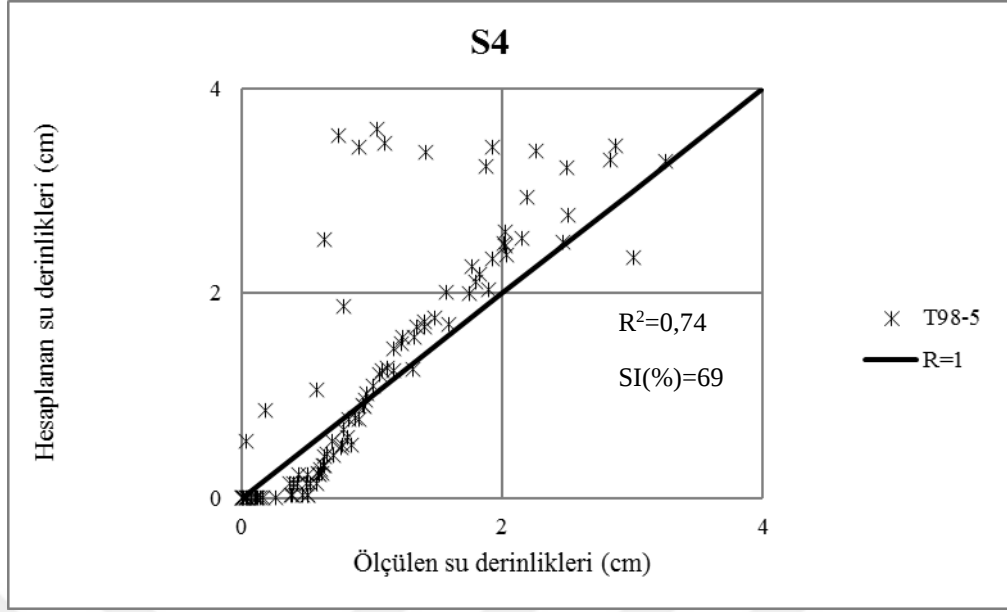
Yukarıda verilen sayısal model ve deney sonuçlarını içeren grafikler incelendiğinde en uyumlu sonuçların A98-5, A88-5 ve A80-5 analizlerinden elde edildiği gözükmemektedir. Bu sebeple sayısal model sonuçları değerlendirilirken bu analizlerin sonuçları dikkate alınmıştır. Ölçülen değerleri ve Flow3D tarafından hesaplanan değerleri içeren saçılım diyagramı, T98 deneyi için Şekil 5.87, 5.88, 5.89, 5.90 ve 5.91'de verilmektedir.



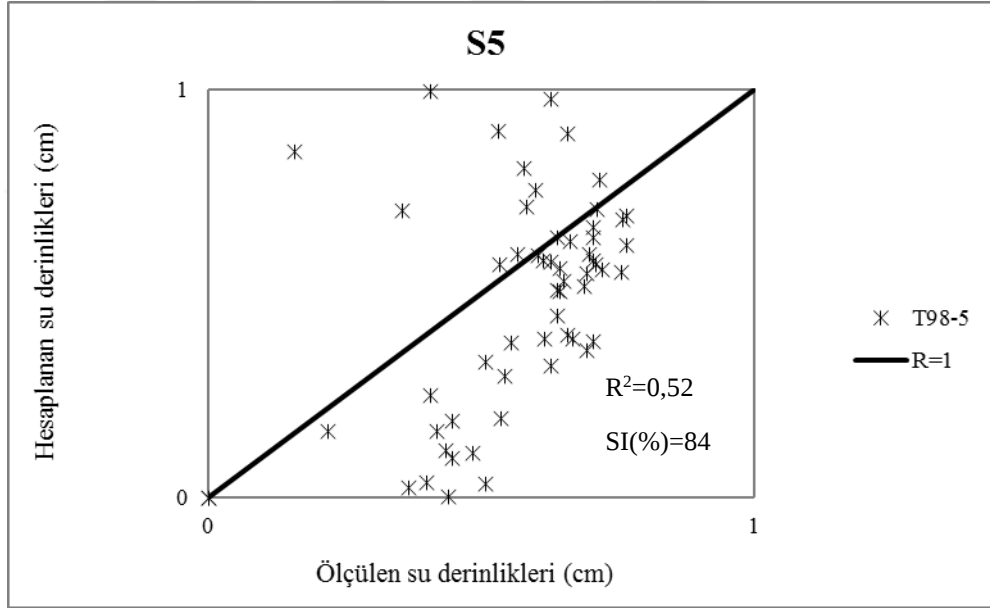
Şekil 5.87 Trapez şekilli baraj yıkılması ve baraj gölünde 98 cm su derinliği durumunda S2 ölçüm noktasında ölçülen ve hesaplanan değerleri içeren saçılım diyagramı



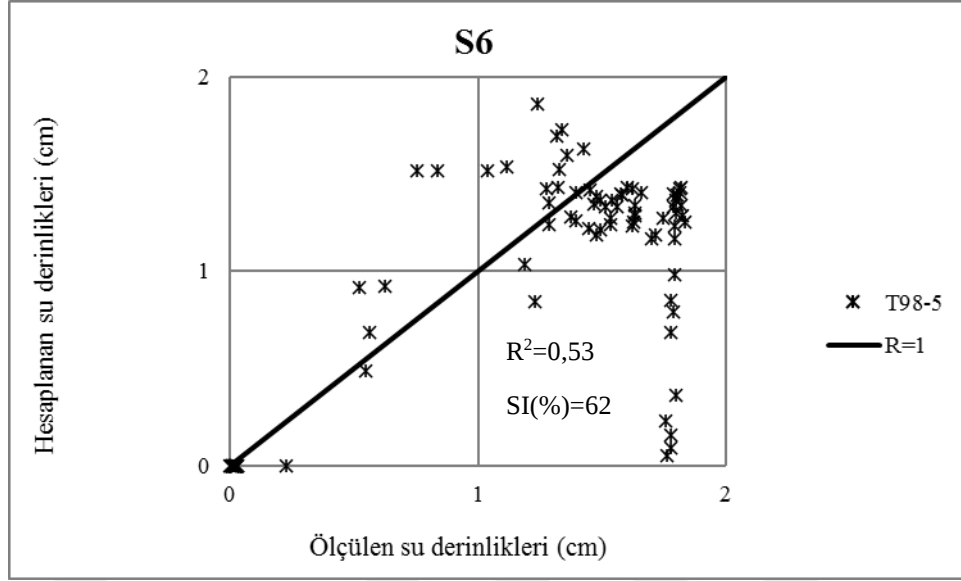
Şekil 5.88 Trapez şekilli baraj yıkılması ve baraj gölünde 98 cm su derinliği durumunda S3 ölçüm noktasında ölçülen ve hesaplanan değerleri içeren saçılım diyagramı



Şekil 5.89 Trapez şekilli baraj yıkılması ve baraj gölünde 98 cm su derinliği durumunda S4 ölçüm noktasında ölçülen ve hesaplanan değerleri içeren saçılım diyagramı



Şekil 5.90 Trapez şekilli baraj yıkılması ve baraj gölünde 98 cm su derinliği durumunda S5 ölçüm noktasında ölçülen ve hesaplanan değerleri içeren saçılım diyagramı



Şekil 5.91 Trapez şekilli baraj yıkılması ve baraj gölünde 98 cm su derinliği durumunda S6 ölçüm noktasında ölçülen ve hesaplanan değerleri içeren saçılım diyagramı

T98 deneyinde her bir ölçüm noktası için hesaplanan determinasyon katsayısı (R^2), saçılım indeksi değerleri (SI), hata karelerinin ortalamasının karekökü (RMSE) ve ortalama mutlak hata değerleri (MAE) Tablo 5.5'te verilmiştir.

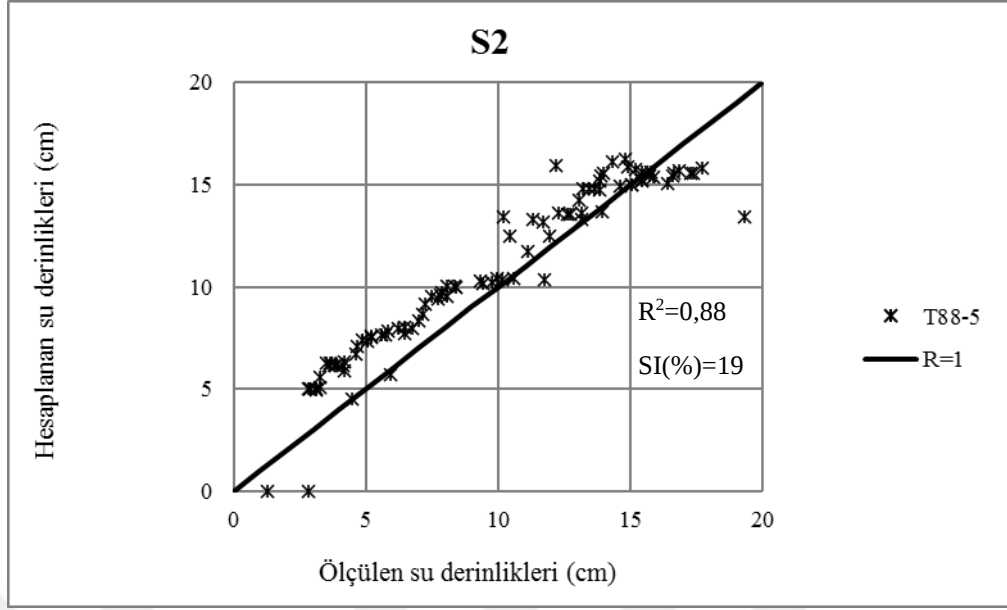
Tablo 5.5 T98 deneyinde her bir ölçüm noktası için hesaplanan için R^2 , SI, RMSE ve MAE değerleri

Simülasyon No	Ölçüm Noktası	SI(%)	R^2	RMSE (cm)	MAE (cm)
T98-1	S2	31	0,71	3,44	2,44
T98-2	S2	24	0,81	2,60	1,84
T98-3	S2	32	0,73	3,53	2,34
T98-4	S2	33	0,67	3,67	2,77
T98-5	S2	26	0,84	2,85	1,97
T98-6	S2	48	0,45	5,35	4,12
T98-1	S3	79	0,65	3,31	2,77
T98-2	S3	77	0,65	3,23	2,74
T98-3	S3	73	0,66	3,04	2,57
T98-4	S3	71	0,64	2,98	2,41

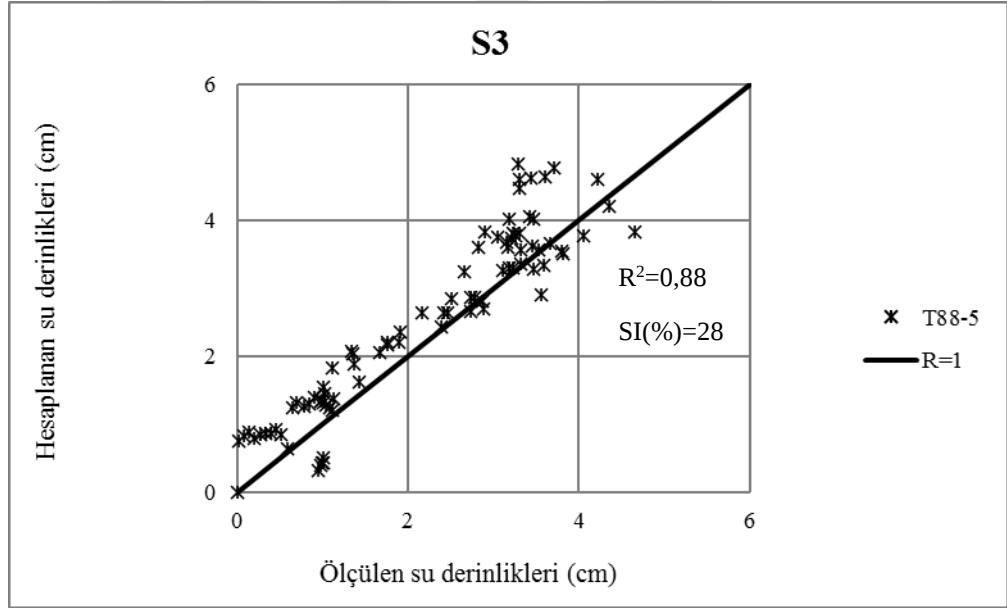
Tablo 5.5 Devamı

T98-5	S3	37	0,41	1,67	1,18
T98-6	S3	158	0,47	6,60	6,33
T98-1	S4	532	0,51	5,42	4,93
T98-2	S4	531	0,51	5,42	4,93
T98-3	S4	531	0,51	5,42	4,94
T98-4	S4	527	0,51	5,37	4,90
T98-5	S4	69	0,74	0,71	0,43
T98-6	S4	644	0,52	6,57	5,69
T98-1	S5	175	0,54	0,72	0,54
T98-2	S5	162	0,50	0,67	0,52
T98-3	S5	151	0,56	0,62	0,45
T98-4	S5	189	0,56	0,77	0,60
T98-5	S5	84	0,52	0,35	0,28
T98-6	S5	700	0,52	2,87	2,39
T98-1	S6	336	0,54	3,83	3,33
T98-2	S6	341	0,54	3,89	3,40
T98-3	S6	189	0,55	2,16	1,87
T98-4	S6	292	0,54	3,33	2,86
T98-5	S6	62	0,53	0,71	0,44
T98-6	S6	373	0,54	4,25	3,27

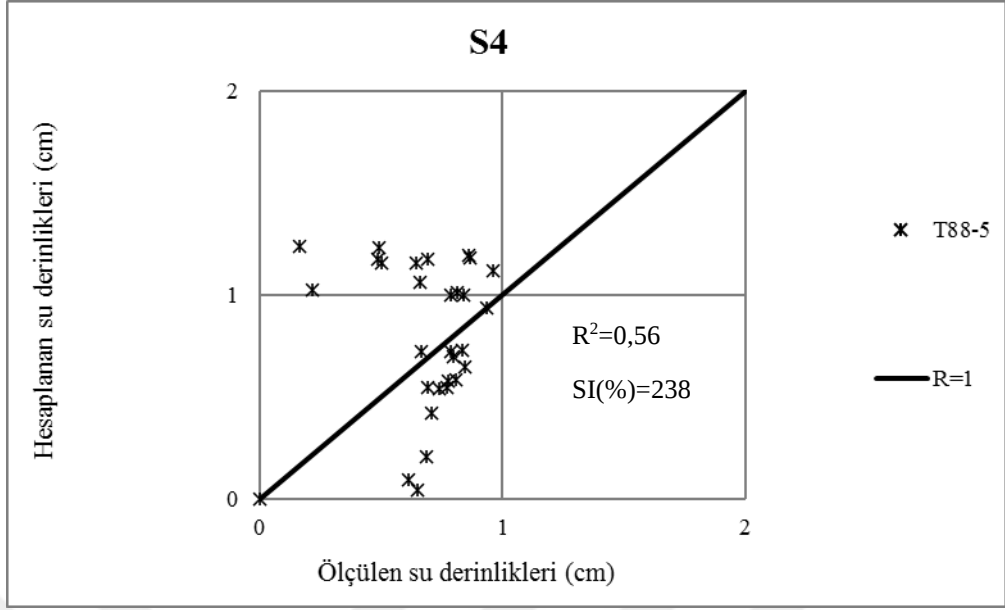
Ölçülen değerleri ve Flow3D tarafından hesaplanan değerleri içeren saçılım diyagramı, T88 deneyi için Şekil 5.92, 5.93, 5.94, 5.95 ve 5.96'da verilmektedir.



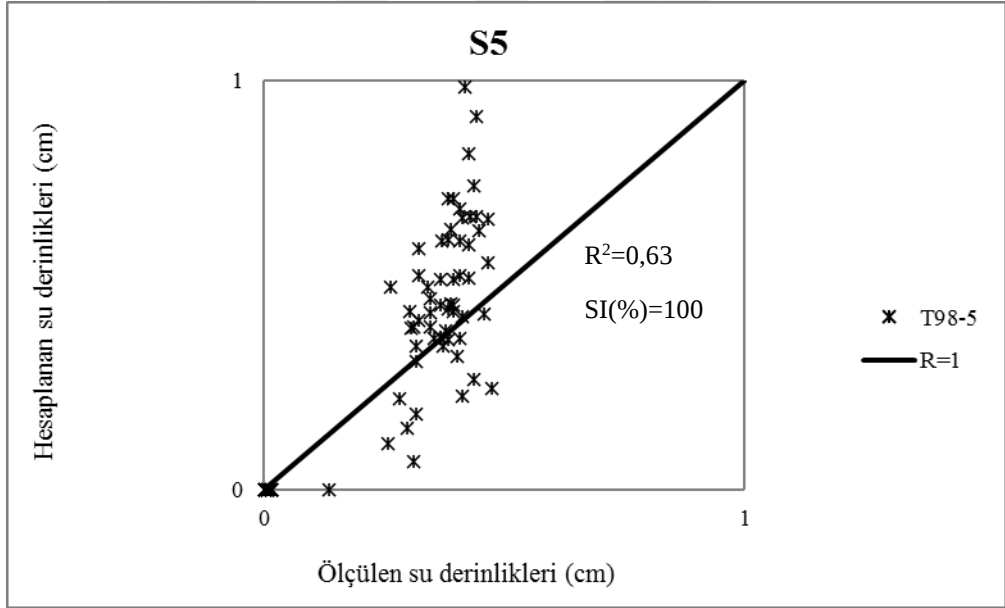
Şekil 5.92 Trapez şekilli baraj yıkılması ve baraj gölünde 88 cm su derinliği durumunda S2 ölçüm noktasında ölçülen ve hesaplanan değerleri içeren saçılım diyagramı



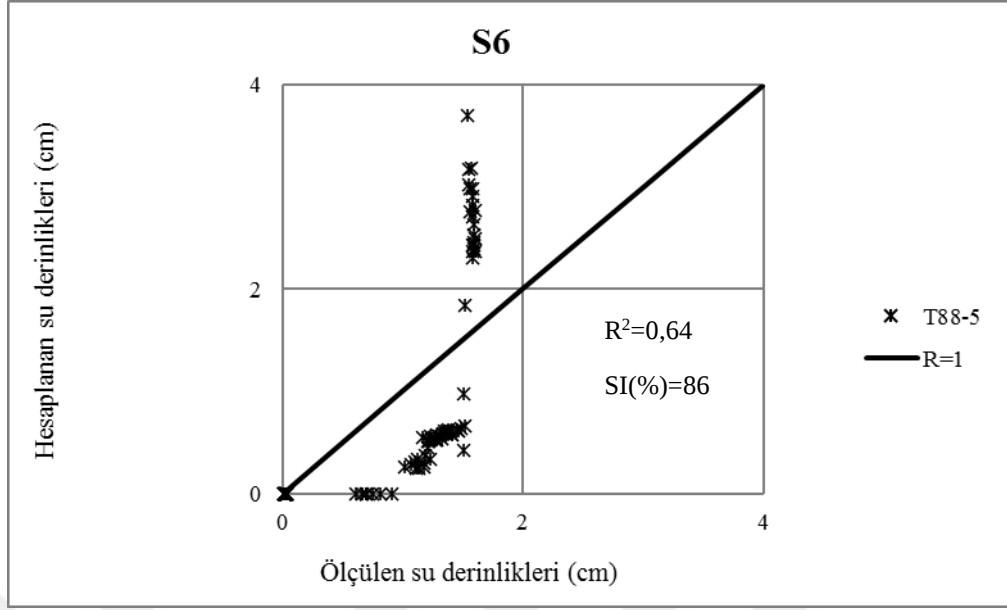
Şekil 5.93 Trapez şekilli baraj yıkılması ve baraj gölünde 88 cm su derinliği durumunda S3 ölçüm noktasında ölçülen ve hesaplanan değerleri içeren saçılım diyagramı



Şekil 5.94 Trapez şekilli baraj yıkılması ve baraj gölünde 88 cm su derinliği durumunda S4 ölçüm noktasında ölçülen ve hesaplanan değerleri içeren saçılım diyagramı



Şekil 5.95 Trapez şekilli baraj yıkılması ve baraj gölünde 88 cm su derinliği durumunda S5 ölçüm noktasında ölçülen ve hesaplanan değerleri içeren saçılım diyagramı



Şekil 5.96 Trapez şekilli baraj yıkılması ve baraj gölünde 88 cm su derinliği durumunda S6 ölçüm noktasında ölçülen ve hesaplanan değerleri içeren saçılım diyagramı

T88 deneyinde her bir ölçüm noktası için hesaplanan determinasyon katsayısı (R^2), saçılım indeksi değerleri (SI), hata karelerinin ortalamasının karekökü (RMSE) ve ortalama mutlak hata değerleri (MAE) Tablo 5.6'da verilmiştir.

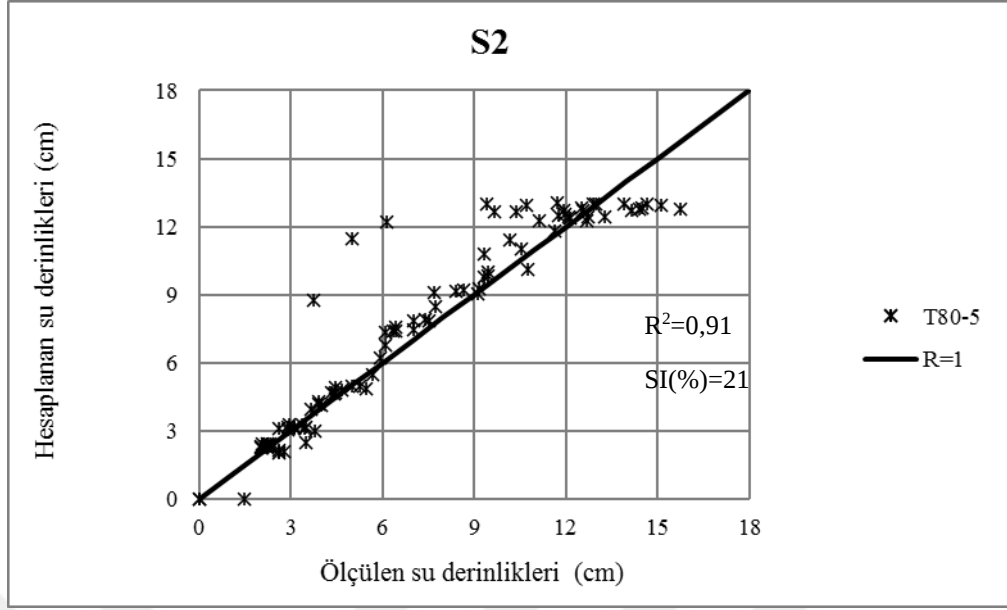
Tablo 5.6 T88 deneyinde her bir ölçüm noktası için hesaplanan için R^2 , SI, RMSE ve MAE değerleri

Simülasyon No	Ölçüm Noktası	SI(%)	R^2	RMSE (cm)	MAE (cm)
T88-1	S2	37	0,63	3,39	2,10
T88-2	S2	36	0,67	3,32	2,06
T88-3	S2	33	0,68	3,10	1,89
T88-4	S2	35	0,66	3,26	1,98
T88-5	S2	19	0,88	1,77	1,44
T88-6	S2	45	0,60	4,14	3,00
T88-1	S3	228	0,55	4,34	4,02
T88-2	S3	228	0,55	4,33	4,03
T88-3	S3	240	0,55	4,56	4,25

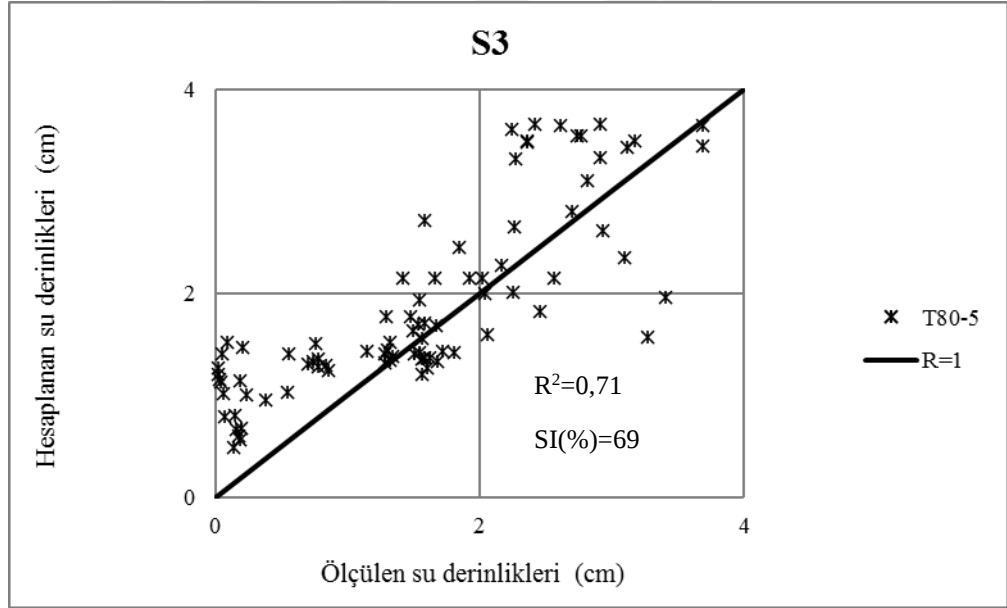
Tablo 5.6 Devamı

T88-4	S3	220	0,55	4,17	3,93
T88-5	S3	28	0,88	0,53	0,44
T88-6	S3	405	0,49	7,69	7,37
T88-1	S4	422	0,50	1,48	1,00
T88-2	S4	429	0,50	1,50	1,02
T88-3	S4	416	0,51	1,45	0,98
T88-4	S4	416	0,51	1,45	0,98
T88-5	S4	238	0,56	0,83	0,65
T88-6	S4	1586	0,51	5,55	4,65
T88-5	S5	100	0,63	0,26	0,18
T88-6	S5	799	0,52	2,08	1,76
T88-1	S6	540	0,52	5,18	4,66
T88-2	S6	529	0,52	5,08	4,50
T88-3	S6	527	0,52	5,06	4,52
T88-4	S6	548	0,52	5,26	4,70
T88-5	S6	86	0,64	0,82	0,66
T88-6	S6	307	0,55	2,95	2,02

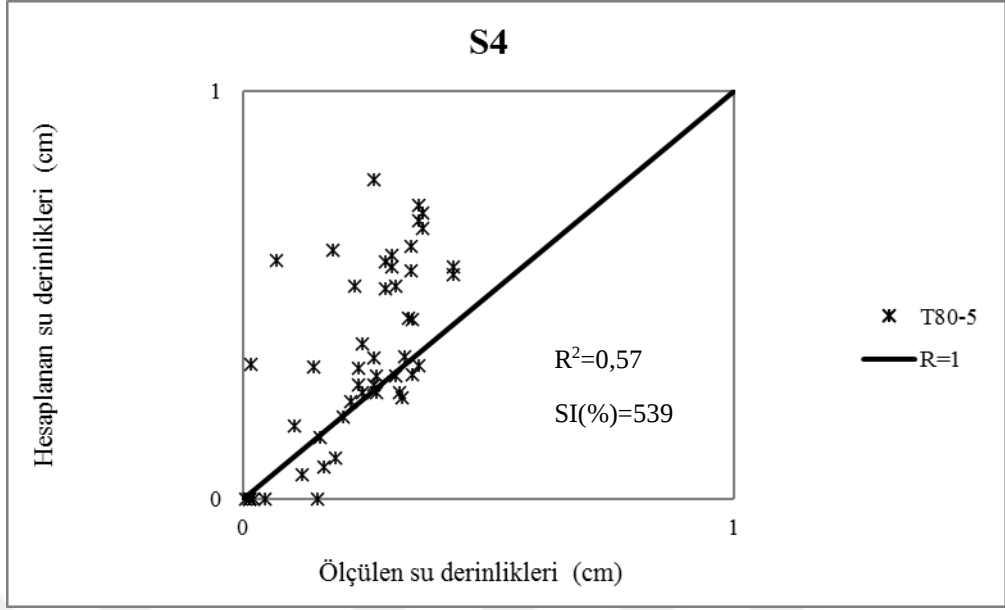
Ölçülen değerleri ve Flow3D tarafından hesaplanan değerleri içeren saçılım diyagramı, T80 deneyi için Şekil 5.97, 5.98, 5.99, 5.100 ve 5.101'de verilmektedir.



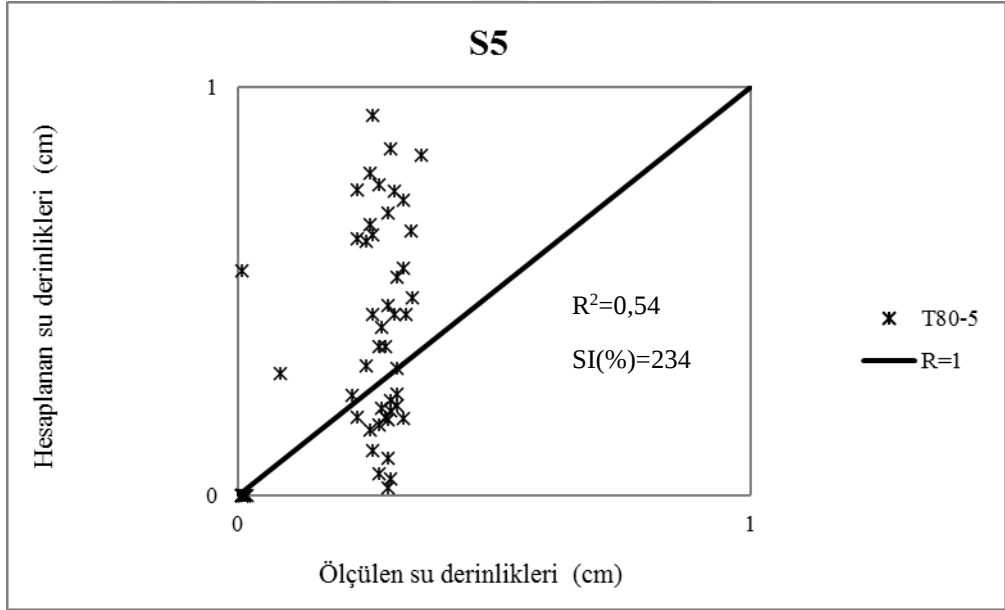
Şekil 5.97 Trapez şekilli baraj yıkılması ve baraj gölünde 80 cm su derinliği durumunda S2 ölçüm noktasında ölçülen ve hesaplanan değerleri içeren saçılım diyagramı



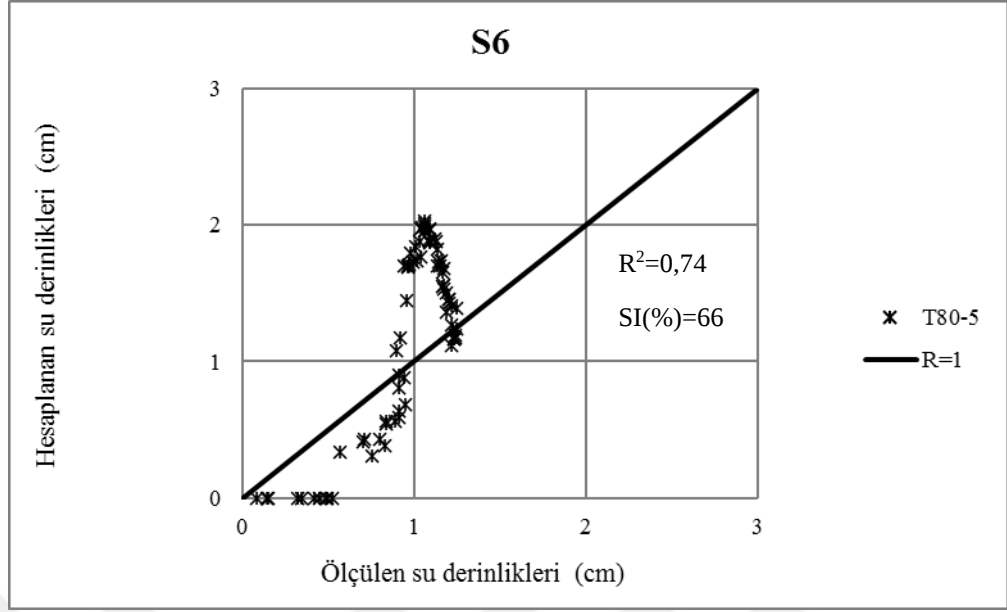
Şekil 5.98 Trapez şekilli baraj yıkılması ve baraj gölünde 80 cm su derinliği durumunda S3 ölçüm noktasında ölçülen ve hesaplanan değerleri içeren saçılım diyagramı



Şekil 5.99 Trapez şekilli baraj yıkılması ve baraj gölünde 80 cm su derinliği durumunda S4 ölçüm noktasında ölçülen ve hesaplanan değerleri içeren saçılım diyagramı



Şekil 5.100 Trapez şekilli baraj yıkılması ve baraj gölünde 80 cm su derinliği durumunda S5 ölçüm noktasında ölçülen ve hesaplanan değerleri içeren saçılım diyagramı



Şekil 5.101 Trapez şekilli baraj yıkılması ve baraj gölünde 80 cm su derinliği durumunda S6 ölçüm noktasında ölçülen ve hesaplanan değerleri içeren saçılım diyagramı

T80 deneyinde her bir ölçüm noktası için hesaplanan determinasyon katsayısı (R^2), saçılım indeksi değerleri (SI), hata karelerinin ortalamasının karekökü (RMSE) ve ortalama mutlak hata değerleri (MAE) Tablo 5.7'de verilmiştir.

Tablo 5.7 T80 deneyinde her bir ölçüm noktası için hesaplanan R^2 , SI, RMSE ve MAE değerleri

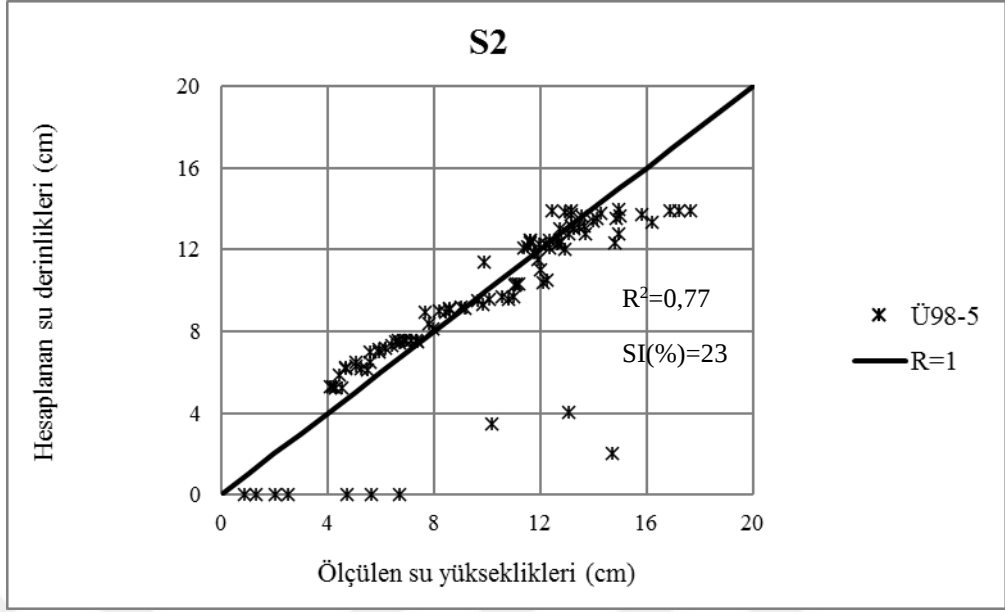
Simülasyon No	Ölçüm Noktası	SI(%)	R^2	RMSE (cm)	MAE (cm)
T80-1	S2	46	0,62	3,04	1,99
T80-2	S2	46	0,68	3,04	1,93
T80-3	S2	44	0,66	2,90	1,88
T80-4	S2	47	0,64	3,14	1,87
T80-5	S2	21	0,91	1,38	0,78
T80-6	S2	60	0,48	4,01	3,20
T80-1	S3	274	0,56	3,51	3,20
T80-2	S3	277	0,56	3,55	3,23
T80-3	S3	279	0,56	3,57	3,25
T80-4	S3	279	0,56	3,58	3,24

Tablo 5.7 Devamı

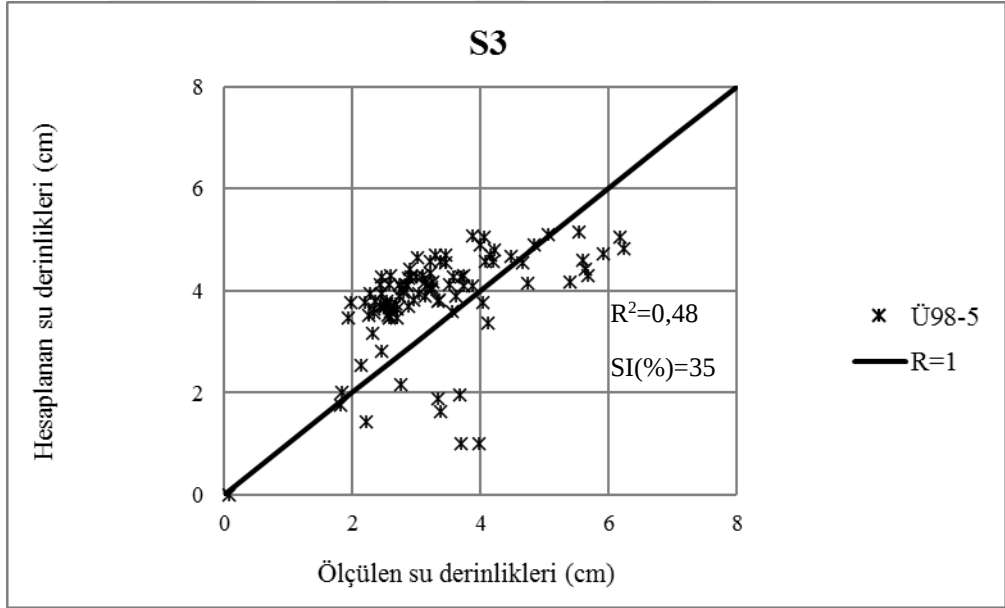
T80-5	S3	94	0,44	1,21	0,93
T80-6	S3	559	0,50	7,16	6,79
T80-1	S4	1280	0,52	1,41	1,11
T80-2	S4	1295	0,52	1,42	1,13
T80-3	S4	1300	0,52	1,43	1,13
T80-4	S4	1209	0,52	1,33	1,04
T80-5	S4	539	0,57	0,59	0,41
T80-6	S4	3922	0,51	4,31	3,57
T80-5	S5	234	0,54	0,42	0,29
T80-6	S5	955	0,52	1,72	1,43
T80-1	S6	622	0,52	4,41	3,90
T80-2	S6	647	0,52	4,59	4,06
T80-3	S6	628	0,52	4,46	3,93
T80-4	S6	620	0,52	4,40	3,87
T80-5	S6	66	0,74	0,47	0,37
T80-6	S6	444	0,55	3,15	2,40

5.4.3 Üçgen Şekilli Yıkılma Şekillerinin Değerlendirilmesi

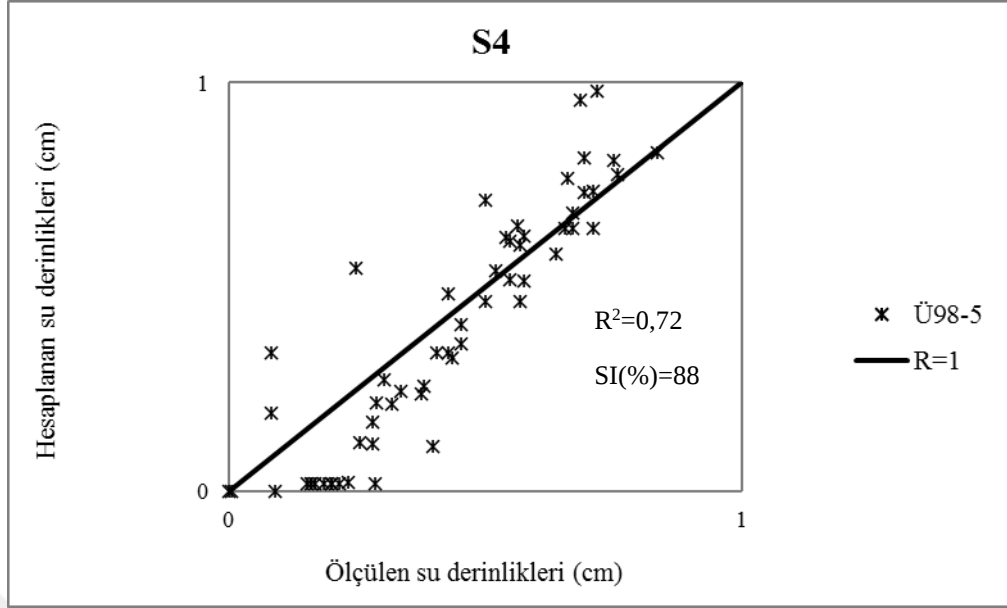
Yukarıda verilen sayısal model ve deney sonuçlarını içeren grafikler incelendiğinde en uyumlu sonucun Ü98-5, Ü88-5 ve Ü80-5 analizlerinden elde edildiği görülmektedir. Bu sebeple sayısal model sonuçları değerlendirilirken bu analizlerin sonuçları dikkate alınmıştır. Ölçülen değerleri ve Flow3D tarafından hesaplanan değerleri içeren saçılım diyagramı, Ü98 deneyi için Şekil 5.102, 5.103, 5.104 ve 5.105'te verilmektedir.



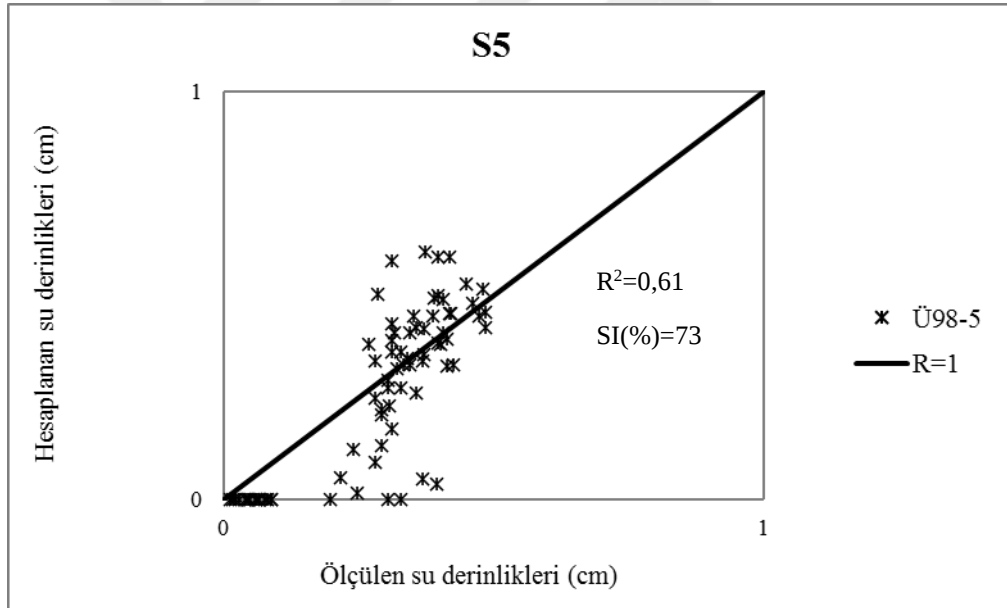
Şekil 5.102 Üçgen şekilli baraj yıkılması ve baraj gölünde 98 cm su derinliği durumunda S2 ölçüm noktasında ölçülen ve hesaplanan değerleri içeren saçılım diyagramı



Şekil 5.103 Üçgen şekilli baraj yıkılması ve baraj gölünde 98 cm su derinliği durumunda S3 ölçüm noktasında ölçülen ve hesaplanan değerleri içeren saçılım diyagramı



Şekil 5.104 Üçgen şekilli baraj yıkılması ve baraj gölünde 98 cm su derinliği durumunda S4 ölçüm noktasında ölçülen ve hesaplanan değerleri içeren saçılım diyagramı



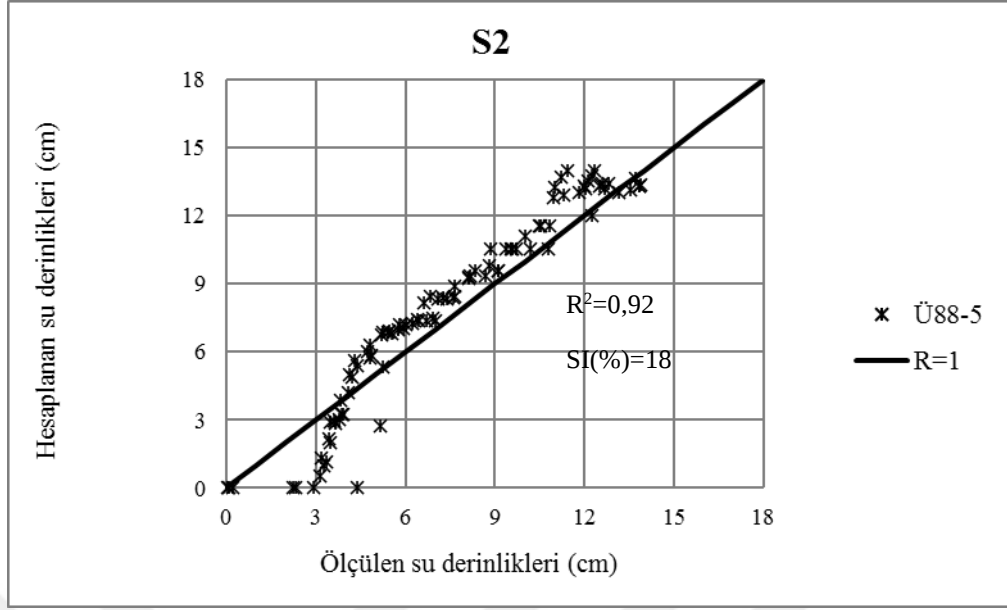
Şekil 5.105 Üçgen şekilli baraj yıkılması ve baraj gölünde 98 cm su derinliği durumunda S5 ölçüm noktasında ölçülen ve hesaplanan değerleri içeren saçılım diyagramı

Ü98 deneyinde her bir ölçüm noktası için hesaplanan determinasyon katsayısı (R^2), saçılım indeksi değerleri (SI), hata karelerinin ortalamasının karekökü (RMSE) ve ortalama mutlak hata değerleri (MAE) Tablo 5.8'de verilmiştir.

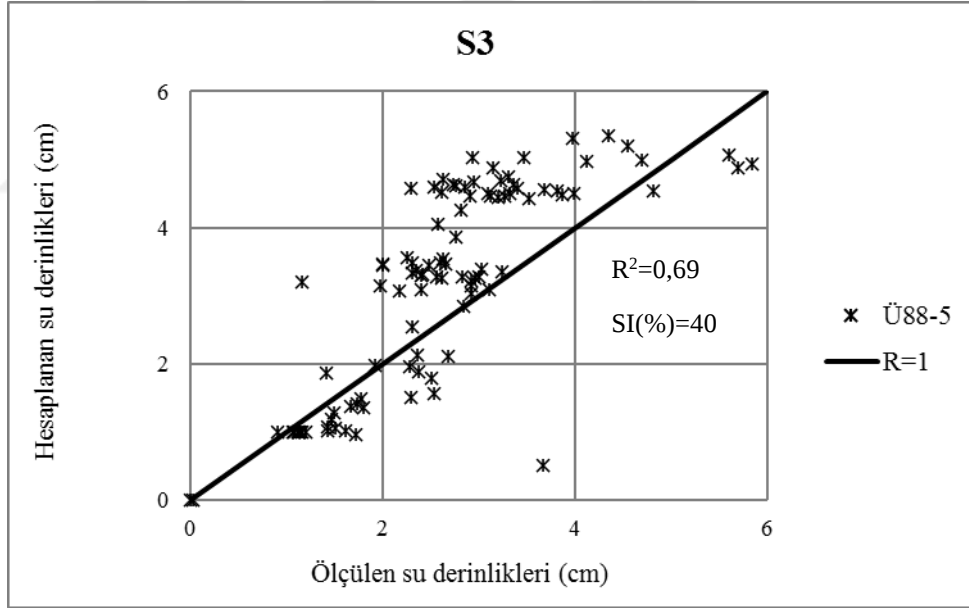
Tablo 5.8 Ü98 deneyinde her bir ölçüm noktası için hesaplanan için R^2 , SI, RMSE ve MAE değerleri

Simülasyon No	Ölçüm Noktası	SI(%)	R^2	RMSE (cm)	MAE (cm)
Ü98-1	S2	33	0,65	3,24	2,46
Ü98-2	S2	29	0,72	2,78	1,92
Ü98-3	S2	29	0,71	2,82	1,85
Ü98-4	S2	32	0,66	3,07	1,81
Ü98-5	S2	23	0,77	2,28	1,33
Ü98-6	S2	53	0,49	5,11	3,87
Ü98-1	S3	97	0,58	3,18	2,50
Ü98-2	S3	96	0,58	3,14	2,51
Ü98-3	S3	98	0,57	3,21	2,58
Ü98-4	S3	90	0,57	2,94	2,47
Ü98-5	S3	35	0,48	1,14	1,01
Ü98-6	S3	189	0,48	6,19	5,35
Ü98-1	S4	482	0,48	1,49	1,02
Ü98-2	S4	491	0,48	1,52	1,04
Ü98-3	S4	487	0,48	1,51	1,02
Ü98-4	S4	460	0,48	1,43	0,94
Ü98-5	S4	88	0,72	0,27	0,20
Ü98-6	S4	1394	0,52	4,32	3,42
Ü98-5	S5	73	0,61	0,19	0,13
Ü98-6	S5	3178	0,50	8,26	7,08

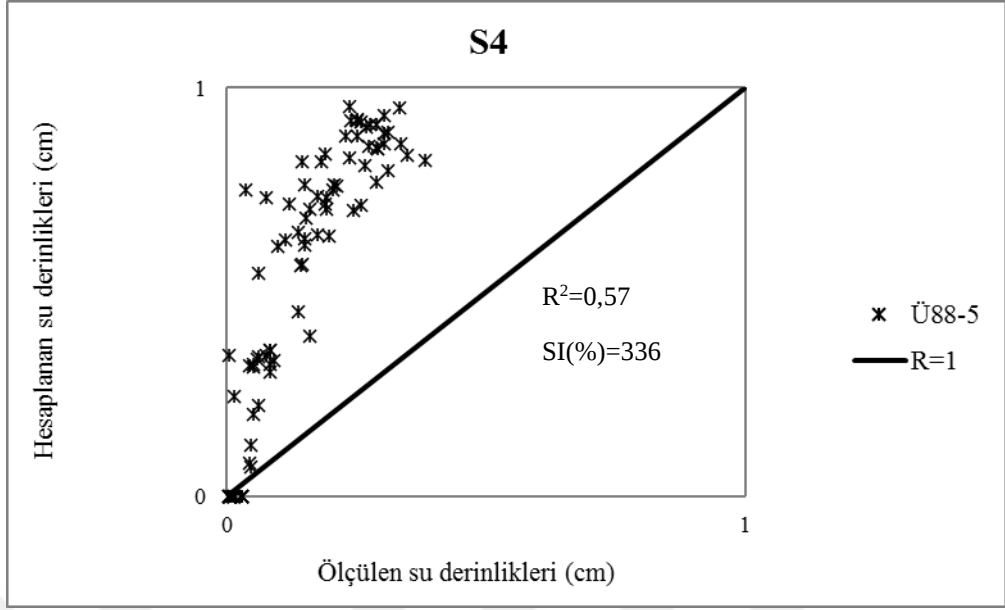
Ölçülen değerleri ve Flow3D tarafından hesaplanan değerleri içeren saçılım diyagramı, Ü88 deneyi için Şekil 5.106, 5.107, 5.108 ve 5.109'da verilmektedir.



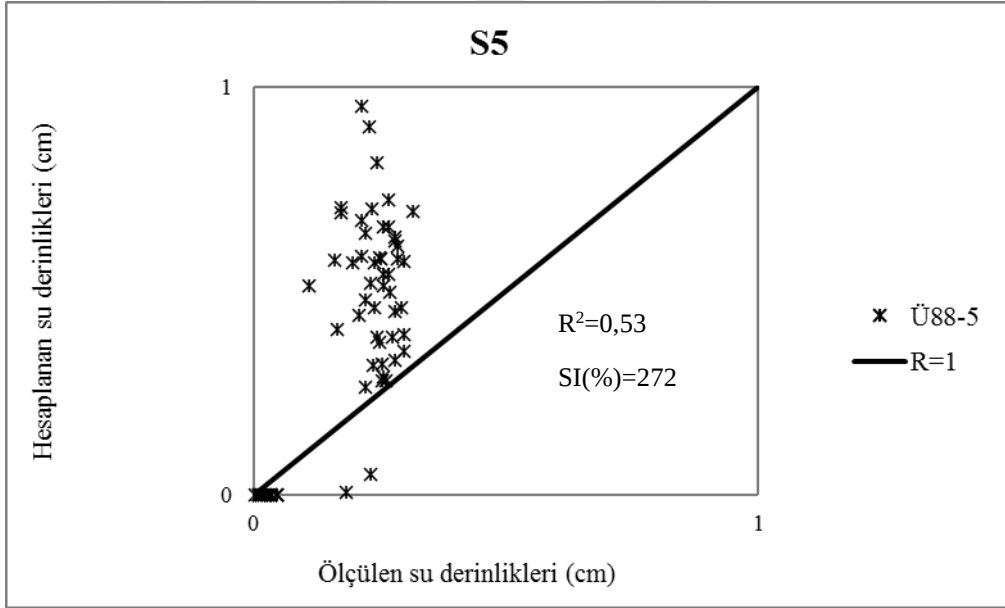
Şekil 5.106 Üçgen şekilli baraj yıkılması ve baraj gölünde 88 cm su derinliği durumunda S2 ölçüm noktasında ölçülen ve hesaplanan değerleri içeren saçılım diyagramı



Şekil 5.107 Üçgen şekilli baraj yıkılması ve baraj gölünde 88 cm su derinliği durumunda S3 ölçüm noktasında ölçülen ve hesaplanan değerleri içeren saçılım diyagramı



Şekil 5.108 Üçgen şekilli baraj yıkılması ve baraj gölünde 88 cm su derinliği durumunda S4 ölçüm noktasında ölçülen ve hesaplanan değerleri içeren saçılım diyagramı



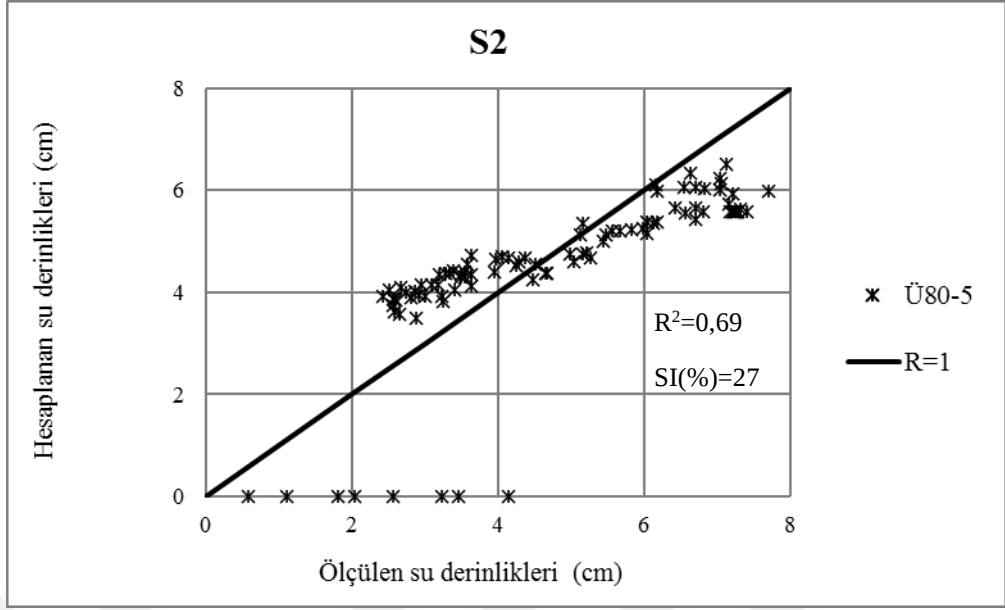
Şekil 5.109 Üçgen şekilli baraj yıkılması ve baraj gölünde 88 cm su derinliği durumunda S5 ölçüm noktasında ölçülen ve hesaplanan değerleri içeren saçılım diyagramı

Ü88 deneyinde her bir ölçüm noktası için hesaplanan determinasyon katsayısı (R^2), saçılım indeksi değerleri (SI), hata karelerinin ortalamasının karekökü (RMSE) ve ortalama mutlak hata değerleri (MAE) Tablo 5.9'da verilmiştir.

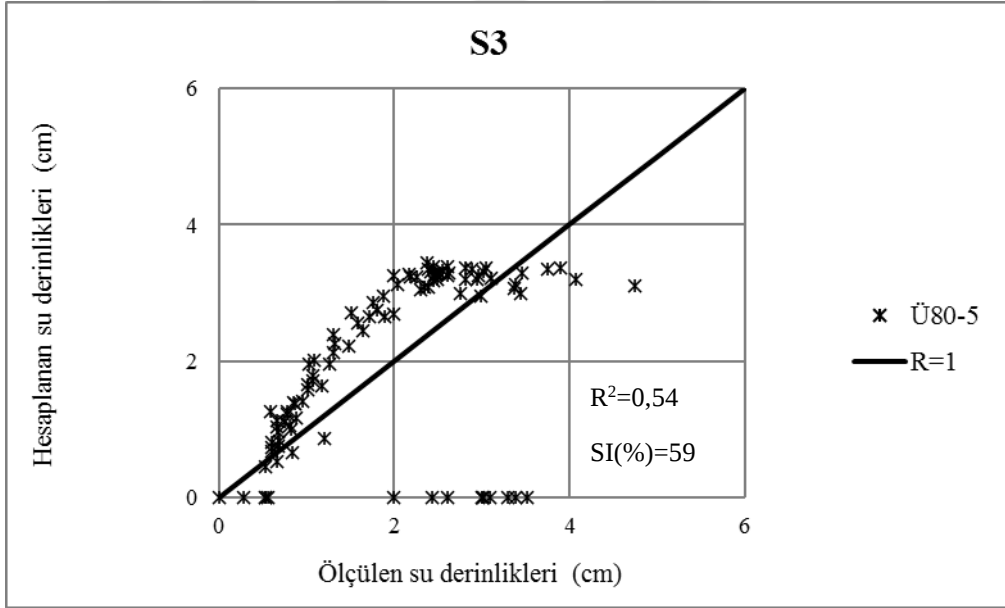
Tablo 5.9 Ü88 deneyinde her bir ölçüm noktası için hesaplanan R^2 , SI, RMSE ve MAE değerleri

Simülasyon No	Ölçüm Noktası	SI(%)	R^2	RMSE (cm)	MAE (cm)
Ü88-1	S2	42	0,58	3,03	1,97
Ü88-2	S2	43	0,56	3,10	1,75
Ü88-3	S2	45	0,62	3,22	1,73
Ü88-4	S2	50	0,43	3,60	3,02
Ü88-5	S2	18	0,92	1,31	1,09
Ü88-6	S2	54	0,48	3,83	2,84
Ü88-1	S3	98	0,57	2,56	2,26
Ü88-2	S3	101	0,57	2,65	2,29
Ü88-3	S3	93	0,58	2,45	2,16
Ü88-4	S3	55	0,61	1,43	1,22
Ü88-5	S3	40	0,69	1,05	0,84
Ü88-6	S3	254	0,49	6,65	6,36
Ü88-1	S4	1055	0,51	1,37	1,04
Ü88-2	S4	1038	0,51	1,35	1,01
Ü88-3	S4	991	0,51	1,29	0,97
Ü88-4	S4	610	0,51	0,79	0,57
Ü88-5	S4	336	0,57	0,44	0,36
Ü88-6	S4	2588	0,50	3,36	2,73
Ü88-5	S5	272	0,53	0,44	0,31
Ü88-6	S5	818	0,52	1,31	1,08

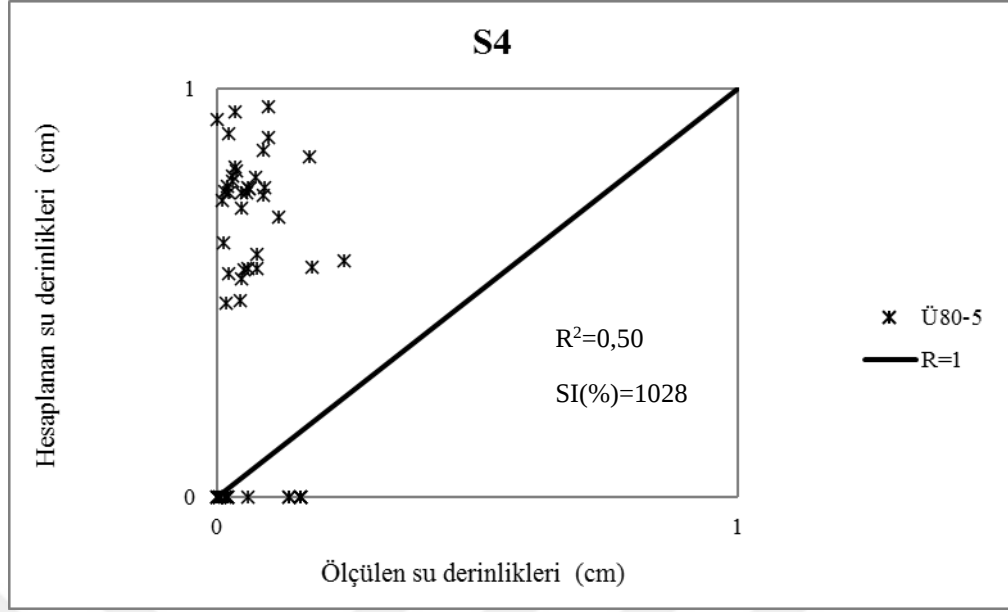
Ölçülen değerleri ve Flow3D tarafından hesaplanan değerleri içeren saçılım diyagramı, Ü80 deneyi için Şekil 5.110, 5.111 ve 5.112’de verilmektedir.



Şekil 5.110 Üçgen şekilli baraj yıkılması ve baraj gölünde 80 cm su derinliği durumunda S2 ölçüm noktasında ölçülen ve hesaplanan değerleri içeren saçılım diyagramı



Şekil 5.111 Üçgen şekilli baraj yıkılması ve baraj gölünde 80 cm su derinliği durumunda S3 ölçüm noktasında ölçülen ve hesaplanan değerleri içeren saçılım diyagramı



Şekil 5.112 Üçgen şekilli baraj yıkılması ve baraj gölünde 80 cm su derinliği durumunda S4 ölçüm noktasında ölçülen ve hesaplanan değerleri içeren saçılım diyagramı

Ü80 deneyinde her bir ölçüm noktası için hesaplanan determinasyon katsayısı (R^2), saçılım indeksi değerleri (SI), hata karelerinin ortalamasının karekökü (RMSE) ve ortalama mutlak hata değerleri (MAE) Tablo 5.10'da verilmiştir.

Tablo 5.10 Ü80 deneyinde her bir ölçüm noktası için hesaplanan için R^2 , SI, RMSE ve MAE değerleri

Simülasyon No	Ölçüm Noktası	SI(%)	R^2	RMSE (cm)	MAE (cm)
Ü80-1	S2	40	0,66	1,78	1,02
Ü80-2	S2	53	0,63	2,36	1,53
Ü80-3	S2	49	0,65	2,18	1,40
Ü80-4	S2	42	0,66	1,85	1,05
Ü80-5	S2	27	0,69	1,18	0,95
Ü80-6	S2	57	0,65	2,54	2,33
Ü80-1	S3	107	0,55	2,08	1,90
Ü80-2	S3	109	0,54	2,11	1,91
Ü80-3	S3	109	0,55	2,12	1,95

Tablo 5.10 Devamı

Ü80-4	S3	105	0,56	2,04	1,87
Ü80-5	S3	59	0,54	1,15	0,84
Ü80-6	S3	267	0,50	5,19	4,85
Ü80-1	S4	5245	0,50	4,20	3,89
Ü80-2	S4	5233	0,50	4,19	3,88
Ü80-3	S4	5203	0,50	4,16	3,86
Ü80-4	S4	5219	0,50	4,18	3,87
Ü80-5	S4	1028	0,50	0,82	0,70
Ü80-6	S4	3234	0,50	2,59	2,10

Sayısal model sonuçları deneysel bulgular ile karşılaştırmalı olarak değerlendirildiğinde, başlangıç koşulu olarak baraj çıkış hidrografi verilmesi durumunda elde edilen su derinliklerinin deneysel sonuçlarla uyumlu olduğu görülmektedir. Farklı türbülans modelleri kullanılmasının, incelenen problem açısından, sayısal çözüm sonuçları üzerinde önemli derecede bir etki oluşturmadığı anlaşılmıştır. Sayısal modelde başlangıç koşulu olarak, fiziksel modelde olduğu gibi bir baraj gölünün tanımlanması durumunda ise çözüm sonuçlarının deneysel sonuçlarla daha yüksek oranda uyum gösterdiği belirlenmiştir.

Farklı türbülans modellerinin kullanılmasının hız verileri üzerinde de kayda değer bir etki oluşturmadığı görülmüştür. Sayısal modele başlangıç koşulu olarak çıkış hidrografi tanımlanması durumunda elde edilen hız verileri ile deneysel veriler arasında bir uyumluluk olduğu gözlemlenmiştir. Fakat başlangıç koşulu olarak baraj gölünün tanımlandığı durumda elde edilen hız verilerini deneylerle daha fazla uyumlu olduğunu söylemek mümkündür.

BÖLÜM 6

ACİL EYLEM PLANI

Baraj yıkılması katastrofik bir olaydır. Baraj güvenliği ve buna bağlı olarak barajların inşası ve işletilmesi için, iyi mühendislik uygulamalarına göre, düzenleyici yasaların ve acil durum planlarının uygulanması ile ilgili endişeler, geçmişte meydana gelen ciddi kazalardan sonra ortaya çıkmaya başlamıştır (Veról ve diğer., 2011).

Baraja yakın yerleşim yerlerinde yaşayan insanlar, baraj işletimi veya baraj yıkılmasından kaynaklanabilecek olası taşkınlardan ötürü yaralanma, can ve mal kaybı riskiyle karşı karşıya kalabilirler. Baraj işletmeleri için acil durum, insan yaşamı için potansiyel risk taşıyan ve mansaptaki taşınmazlara zarar verebilecek ani ve kontrolsüz su boşaltımı olarak tanımlanabilir. Baraj yıkılması sonucu oluşacak taşkın dalgasının, baraj mansabında herhangi bir yerleşim yeri veya tarımsal alanın olması durumunda hidrodinamik özelliklerinin saptanması çok önemlidir. Olası baraj yıkılmalarını önlemek imkânsız olsa dahi oluşacak zararları azaltmak mümkündür. Taşkın dalgasının yerleşim bölgesine ulaşmadan bu bölgelerin tahliye edilmesi can kayıplarını büyük ölçüde engelleyebilecektir.

6.1 Acil Eylem Planına Genel Bakış

Baraj güvenliği için acil durum eylem planı (AEP), yüksek tehlikeye sahip barajların mansap bölgesinde baraj arızasından kaynaklanan özellikle sel baskını olduğu varsayılan aşırı taşkınların yönetimi için bir yol haritasıdır. Bu plan dahilinde taşkından etkilenecek bölgeler belirlenip, bu bölgelerin taşkından ne kadar etkileneceği belirlenebilmektedir. Hasar gördüğünde insan yaşamını tehdit edebilecek olan barajlar, yüksek tehlike potansiyeli olan yapılar sınıfına girmektedir. Bu sınıfta yer alan barajların mutlaka bir acil eylem planına sahip olması gerekmektedir.

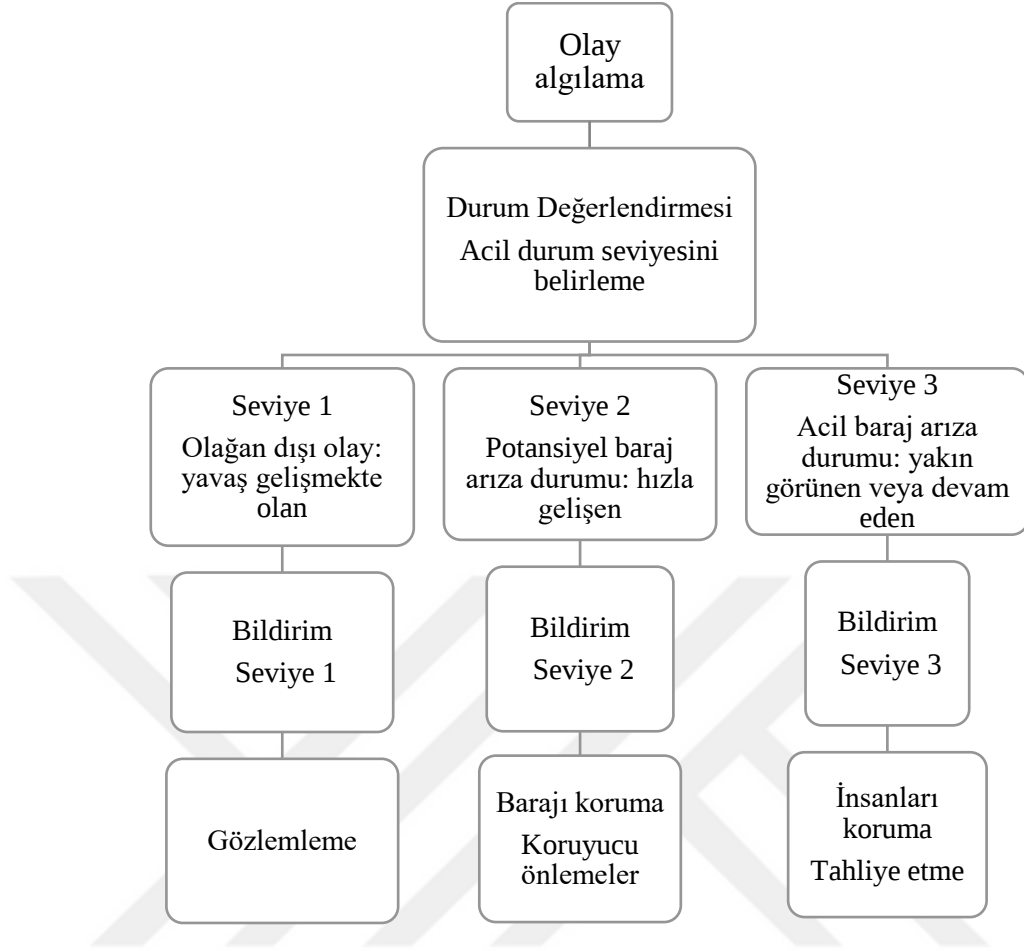
Acil eylem planı (AEP), bir barajdaki olası acil durumları tanımlayan ve can ve mal kaybını en aza indirmek için izlenecek eylemleri belirleyen resmi bir belgedir. AEP şunları içerir:

- Bildirim akış şeması
- Acil durum tespit, değerlendirme ve sınıflandırması
- Sorumluluklar
- Hazırlık çalışmaları
- Taşkın haritaları
- Ekler

Tüm bu unsurlar bir acil eylem planına mutlaka dahil edilmelidir (Fema, n.d., 2013).

6.1.1 Bildirim Akış Şeması

Bildirim akış şeması, baraj güvenliğiyle ilgili bir sorun olduğunda, bu sorunun kime, kim tarafından ve hangi sırayla bildirileceğini gösteren şemadır. Akış şemasındaki bilgiler, acil önlem almaktan sorumlu kişilerin zamanında bilgilendirilmesi için kritik öneme sahiptir. Bildirim akış şeması, isimler, pozisyonlar ve telefon numaraları gibi uygun iletişim bilgilerini içermelidir. Aşağıdaki akış şeması, her acil durum seviyesi için uygun iletişim zincirini gösterir.



Şekil 6.1 Bildirim akış şeması (Fema, n.d., 2013)

6.1.2 Acil Durum Tespiti, Değerlendirme ve Sınıflandırma

Bir acil durum meydana geldiğinde, bu durumu başlatan veya tetikleyen olayın tespit edilmesi ve değerlendirilmesi son derece önemlidir. Bu olayın değerlendirilmesi, acil durumun seviyesinin tanımlanması için gerekli bir adımdır. Acil durum seviye 1, yavaş gelişen, acil olmayan durumları tanımlamak için kullanılmaktadır. Bu seviyede gelişen olaylar, barajın işletimini veya yapısal bütünlüğünü tehdit etmez, ancak gelişmeye devam ederse potansiyel olarak tehdit edebilir. Acil durum seviye 2, acil bir tehdit olmasa da barajın yıkılmasına ve akıntı yönünde ani sele yol açabilecek hızla gelişen bir durumun söz konusu olabileceğini gösterir. Baraj işletmecisi, barajın durumunu yakından izlemeli ve ilgili kurumlara periyodik olarak rapor etmelidir. Acil durum seviye 3, bu seviye acil bir tehdittir. Baraj yıkılmasının yakın görüldüğü veya devam etmekte olduğu anlamına gelir. Bu durum, önüne geçilemeyecek son derece acil bir durumdur; Barajın mansabında ani su baskının meydana geleceğini gösterir.

Bu acil durum seviyesi, ana veya yardımcı dolusavaktan geçen akışın mansaptaki insanların ve yolların su basmasına neden olduğu durumlarda da geçerlidir (Fema, n.d., 2013).

6.1.3 Sorumluluklar

Baraj yıkılması olayı ve felaketi sırasında acil eylem planında olması gereken iki büyük sorumluluk vardır. Birincisi, baraj yöneticileri acil eylem planının geliştirilmesinden, sürdürülmesinden ve uygulanmasından sorumludur. İkincisi, kent yöneticileri ve yerel acil durum yönetimi yetkilileri, etkilenen alanlarda uyarı ve tahliyeden sorumludur. Oluşturulan acil eylem planında, barajda bir acil durum meydana geldiğinde, etkin ve zamanında önlem alınmasını sağlamak için baraj yöneticisinin sorumluluklarını açıkça belirtmelidir (Gazioğlu ve diğer., 2016).

6.1.4 Hazırlık Aşaması

Acil eylem planının bu bölümünde, baraj üzerinde beklenmedik bir acil durum oluşmadan önce yapılması gereken eylemler tanımlanır. Baraj yıkılması veya dolusavak üzerinden kontrolsüz salınım durumunda taşkın etkilerinin azaltılması için hazırlık eylemleri yapılır.

6.1.5 Taşkın Haritaları

Bir su baskını haritası, bir barajın yıkılması sonucunda sular altında kalacak alanları tanımlamalıdır. Su baskını haritaları, hem baraj sahibi hem de acil durum yönetim yetkilileri tarafından, baraj arızası veya taşkınlarından etkilenen alanların zamanında bildirilmesini ve boşaltılmasını kolaylaştırmak için kullanılır (Fema, n.d., 2013).

6.2 Ürkmez Barajı ve Taşkın Etki Alanı

Ürkmez barajı, Seferihisar ilçesinin Ürkmez beldesinde içme suyu, sulama ve taşkından korunma amacıyla DSİ tarafından 1985-1990 yılları arasında inşa edilmiştir. Baraj tipi toprak dolgu barajdır ve gövde yüksekliği 32 m'dir. Şekil 6.2'de ürkmez barajının göl, gövde ve mansap bölgesinin yer aldığı harita verilmektedir. Barajın

mansap bölgesinde yer alan Bengiler mahallesi ve Mersinalanı mahallesi olası bir baraj yıkılması durumunda taşkından en fazla etkilenecek bölgelerdir. Bu bölgeler bu tez kapsamında yapılmış olan deneysel ve sayısal çalışmalarında sınırlarında yer almaktadırlar. Türkiye İstatistik Kurumunu (TÜİK) adrese dayalı nüfus kayıt sisteminde 2020 yılı için Bengiler mahallesi nüfusu 2469 ve Mersinalanı mahallesi nüfusu 2916 olarak verilmektedir. Buna bağlı olarak baraj yıkılması sonucu oluşacak taşkından toplam 5385 kişinin etkilenebileceğini söylemek mümkündür. Hasarların ve can kayıplarının önlenmesi amacıyla bu bölgede bir acil eylem planı hazırlığının yapılması önemlidir.



Şekil 6.2 Ürkmez Barajı göl, gövde ve mansap bölgesi

6.2.1 Metodoloji

Bu tez kapsamında yapılan deneysel ve sayısal çalışmalar acil eylem planlarında kullanılmaya oldukça müsaittir. Barajlar için yapılan acil eylem planlarında akış parametreleri kullanılmaktadır. Bu parametreler akım hızı, taşkın dalgası yüksekliği, taşkın dalgasının yerleşim bölgelerine ulaşma süresi ve taşkın hidrografıdır. Akış ile ilgili bu parametreler gerçekleştirilen deneysel ve sayısal çalışmalar sonucunda elde edilmiştir. Model deneyleri sonucunda elde edilen su yükseklikleri model teorisine göre prototipe taşınarak gerçek su derinlikleri elde edilmiştir. Böylelikle zamana bağlı olarak taşkın dalgası derinliklerinin ölçüm noktalarında nasıl değiştiği gözlenmiştir. Ayrıca yine deneysel çalışmalardan elde ettiğimiz taşkın dalgasının yerleşim bölgelerine ulaşma süresi model teorisi kullanılarak prototipe dönüştürülmüş ve arazide taşkın dalgası ulaşma süreleri tespit edilmiştir.

Rodrigues ve diğer., (2002) alışmalarında taşkın bölgesini, taşkın dalgasının ulaşma süresini dikkate alarak üç farklı alana ayırmışlardır. Bu alanlar kırmızı alan, turuncu alan ve yeşil alan olarak adlandırılmıştır. Kırmızı alan, taşkın dalgası ulaşma süresinin $t < 30$ dk. olduğu bölgeleri tanımlamak için kullanılmıştır. Turuncu alan, taşkın dalgası ulaşma süresinin $30 < t < 120$ dk. ya da $v.h > 0,5$ m²/s olduğu bölgeler için yeşil alan ise $t > 120$ dk. ya da $v.h < 0,5$ m²/s olan bölgeleri tanımlamak için kullanılmıştır. Ürkmez barajı için yapılan çalışmada ani yıkılma, trapez gedik açılması ve üçgen gedik açılması durumlarında, ölçüm noktalarına taşkın dalgasının ulaşma süreleri deneysel olarak belirlenmiştir. Deneysel olarak elde edilen süreler model teorisi kullanılarak prototipe taşınmıştır. Tablo 6.1’de taşkın dalgası yükseklikleri ve taşkın dalgası ulaşma sürelerinin model ve prototip değerleri verilmiştir. Bu veriler kullanılarak olası bir yıkılma veya taşkın durumunda mansap bölgesinde belirlenen noktaların hangi taşkın alanında olacağı belirlenmiştir.

Tablo 6.1 Taşkın dalgası yükseklikleri ve taşkın dalgası ulaşma süreleri

		Maks. su derinliği		Taşkın dalgası ulaş. sür.	
		Model (cm)	Prototip (cm)	Model (s)	Prototip (s)
Ani yıkılma	S2	28.8	864	2	54.8
	S3	10.52	316	2	54.8
	S4	5.21	156	5	137
	S5	1.3	39	7	192
	S6	2.6	78	7	192
	S8	2.1	63	12	329
Trapez gedik	S2	21	630	3	82.2
	S3	9.8	294	1	27.4
	S4	2.73	82	6	165
	S5	0.96	29	8	219
	S6	1.8	54	9	247
	S8	-	-	-	-
Üçgen gedik	S2	16.2	486	2	54.8
	S3	8.36	250.8	3	82.2
	S4	0.91	27	8	219
	S5	0.54	16	11	301
	S6	-	-	-	-
	S8	-	-	-	-

Trapez gedik açılması durumunda S8 noktasında, üçgen gedik açılmasında ise S6 ve S8 noktalarında ölçüm yapılamadığı için bu noktalardaki değerler verilememiştir.

Elde edilen bu veriler ışığında mansap bölgesinde ölçüm alınan bütün noktalar kırmızı alanda yer almaktadır.

Australian Disaster Resilience Guideline 7-3, (2014)'e göre sel tehlikesi, taşkın derinliği ve akım hızıyla kombinasyon halinde belirlenmelidir. Sel tehlikesi belirlenirken ve sınıflandırılırken tehlike derecesi ve taşkın davranışının önemli olduğunu belirtmişlerdir. Bu çalışmada altı adet tehlike sınıfı belirlenmiştir. Bu tehlike sınıfları;

H1: Araçlar, insanlar ve binalar için genellikle güvenlidir.

H2: Küçük araçlar için güvensiz.

H3: Araçlar, çocuklar ve yaşlılar için güvenli değildir.

H4: Araçlar ve insanlar için güvensiz.

H5: Araçlar ve insanlar için güvensiz. Tüm bina türleri yapısal hasara karşı savunmasız.

H6: Araçlar ve insanlar için güvensiz. Tüm bina türleri yıkılmaya karşı savunmasız kabul edilir.

Tehlike sınıfları sınır değerleri tablo 6.2'de verilmektedir.

Tablo 6.2 Sınıflandırma sınırları (Australian Disaster Resilience Guideline 7-3, 2014)

Tehlike sınıfı	Sınıflandırma		Hız sınırı (V) m/s
	sınırı (D ve V kombinasyonu) m ² /s	Durgun su derinliği sınırı (D) m	
H1	$D*V \leq 0,3$	0,3	2,0
H2	$D*V \leq 0,6$	0,5	2,0
H3	$D*V \leq 0,6$	1,2	2,0
H4	$D*V \leq 1,0$	2,0	2,0
H5	$D*V \leq 4,0$	4,0	4,0
H6	$D*V > 4,0$	-	-

Deneysel çalışmalar sırasında, mansap bölgesinde yedi noktada su derinliği ölçümleri yapılmıştır. Fakat akım hızları sadece iki noktada ölçülebilmektedir. Avusturalya sel riski yönetim kılavuzunda yer alan tehlike sınıflandırılmasını bizim çalışmamıza entegre edebilmek adına, deneysel olarak hız ölçümü yapılmayan noktalardaki akım hızları, Flow3D analizlerinden elde edilmiştir. Flow3D programı kullanılarak yapılan analizlerde, yedi noktada hem derinlik hem de hız sonuçlarına ulaşılabilmektedir. Buradan elde edilen sonuçlarla, model analizlerinin 3., 6., 10., 15., 25. ve 35. saniyelerinde ölçülen akım hızları ve derinlikleri kullanılarak taşkın sınıflandırılması yapılmıştır. Bu süreler prototipte sırasıyla 82,2., 164,4., 274., 411., 685. ve 959. saniyelere karşılık gelmektedir. Tablo 6.3, 6.4, 6.5, 6.6, 6.7 ve 6.8’de ani yıkılma 98 cm için tehlike sınıfları verilmiştir.

Tablo 6.3 Ani yıkılma 98 cm 82,2. s tehlike sınıfları

82.2. s (Modelde 3.s)				
	H*V (m ² /s)	H (m)	V (m/s)	Tehlike Sınıfı
S2	101,51	6,97	14,56	H6
S3	47,75	2,47	19,35	H6
S4	0,00	0,00	0,00	H1
S5	0,00	0,00	0,00	H1
S6	0,00	0,00	0,00	H1
S7	0,00	0,00	0,00	H1
S8	0,00	0,00	0,00	H1

Tablo 6.4 Ani yıkılma 98 cm 164,4. s tehlike sınıfları

164.4. s (Modelde 6.s)				
	H*V (m ² /s)	H (m)	V (m/s)	Tehlike Sınıfı
S2	69,36	8,63	8,04	H6
S3	22,08	2,49	8,87	H6
S4	15,54	1,44	10,79	H6
S5	0,00	0,00	0,00	H1
S6	0,00	0,00	0,00	H1
S7	0,00	0,00	0,00	H1
S8	0,00	0,00	0,00	H1

Tablo 6.5 Ani yıkılma 98 cm 274. s tehlike sınıfları

274. s (Modelde 10.s)				
	H*V (m ² /s)	H (m)	V (m/s)	Tehlike Sınıfı
S2	20,22	6,74	3,00	H6
S3	18,06	2,34	7,72	H6
S4	6,56	0,72	9,11	H6
S5	6,27	0,38	16,67	H6
S6	5,90	0,57	10,29	H6
S7	6,08	0,47	12,92	H6
S8	0,00	0,00	0,00	H1

Tablo 6.6 Ani yıkılma 98 cm 411. s tehlike sınıfları

411. s (Modelde 15.s)				
	H*V (m ² /s)	H (m)	V (m/s)	Tehlike Sınıfı
S2	30,91	5,50	5,61	H6
S3	4,23	1,26	3,35	H6
S4	8,32	0,76	10,95	H6
S5	2,85	0,31	9,21	H5
S6	5,61	0,78	7,19	H6
S7	3,65	0,51	7,16	H5
S8	1,83	0,48	3,83	H5

Tablo 6.7 Ani yıkılma 98 cm 685. s tehlike sınıfları

685. s (Modelde 25.s)				
	H*V (m ² /s)	H (m)	V (m/s)	Tehlike Sınıfı
S2	15,39	2,08	7,41	H6
S3	0,78	0,42	1,85	H4
S4	2,07	0,28	7,39	H5
S5	2,28	0,14	16,42	H5
S6	3,01	0,62	4,85	H5
S7	0,90	0,68	1,33	H4
S8	2,55	0,59	4,29	H5

Tablo 6.8 Ani yıkılma 98 cm 959. s tehlike sınıfları

959. s (Modelde 35.s)				
	H*V (m ² /s)	H (m)	V (m/s)	Tehlike Sınıfı
S2	2,65	0,54	4,89	H5
S3	0,11	0,07	1,62	H1
S4	0,19	0,03	6,49	H1
S5	0,09	0,06	1,61	H1
S6	2,37	0,57	4,12	H5
S7	2,01	0,60	3,36	H5
S8	2,92	0,53	5,50	H5

Tablo 6.9, 6.10, 6.11, 6.12, 6.13 ve 6.14'te ani yıkılma 88 cm için tehlike sınıfları verilmiştir.

Tablo 6.9 Ani yıkılma 88 cm 82,2. s tehlike sınıfları

82.2. s (Modelde 3.s)				
	H*V (m ² /s)	H (m)	V (m/s)	Tehlike Sınıfı
S2	21,34	5,29	4,03	H6
S3	18,35	2,58	7,10	H6
S4	0,00	0,00	0,00	H1
S5	0,00	0,00	0,00	H1
S6	0,00	0,00	0,00	H1
S7	0,00	0,00	0,00	H1
S8	0,00	0,00	0,00	H1

Tablo 6.10 Ani yıkılma 88 cm 164,4. s tehlike sınıfları

164,4. S (Modelde 6.s)				
	H*V (m ² /s)	H (m)	V (m/s)	Tehlike Sınıfı
S2	24,03	7,61	3,16	H6
S3	17,43	1,98	8,80	H6
S4	0,00	0,00	0,00	H1
S5	0,00	0,00	0,00	H1
S6	0,00	0,00	0,00	H1
S7	0,00	0,00	0,00	H1
S8	0,00	0,00	0,00	H1

Tablo 6.11 Ani yıkılma 88 cm 274. s tehlike sınıfları

274. s (Modelde 10.s)				
	H*V (m ² /s)	H (m)	V (m/s)	Tehlike Sınıfı
S2	22,82	5,54	4,12	H6
S3	10,49	1,55	6,78	H6
S4	7,10	0,81	8,80	H6
S5	3,40	0,28	12,09	H5
S6	3,65	0,26	14,26	H5
S7	2,38	0,27	8,96	H5
S8	0,00	0,00	0,00	H1

Tablo 6.12 Ani yıkılma 88 cm 411. s tehlike sınıfları

411. s (Modelde 15.s)				
	H*V (m ² /s)	H (m)	V (m/s)	Tehlike Sınıfı
S2	20,46	3,92	5,21	H6
S3	2,62	1,02	2,57	H5
S4	5,50	0,54	10,11	H6
S5	2,04	0,23	8,77	H5
S6	2,98	0,44	6,81	H5
S7	3,07	0,42	7,25	H5
S8	28,27	8,40	3,37	H6

Tablo 6.13 Ani yıkılma 88 cm 685. s tehlike sınıfları

685. s (Modelde 25.s)				
	H*V (m ² /s)	H (m)	V (m/s)	Tehlike Sınıfı
S2	11,73	1,55	7,57	H6
S3	0,23	0,28	0,81	H1
S4	1,09	0,15	7,13	H4
S5	2,09	0,14	14,84	H5
S6	5,56	0,47	11,89	H5
S7	1,73	0,54	3,18	H5
S8	0,50	0,17	3,00	H2

Tablo 6.14 Ani yıkılma 88 cm 959. s tehlike sınıfları

959. s (Modelde 35.s)				
	H*V (m ² /s)	H (m)	V (m/s)	Tehlike Sınıfı
S2	0,87	0,35	2,51	H4
S3	0,11	0,05	2,10	H1
S4	0,34	0,05	6,45	H2
S5	0,25	0,05	5,36	H1
S6	1,62	0,46	3,50	H5
S7	1,69	0,48	3,49	H5
S8	0,73	0,12	5,92	H3

Tablo 6.15, 6.16, 6.17, 6.18, 6.19 ve 6.20’de ani yıkılma 80 cm için tehlike sınıfları verilmiştir.

Tablo 6.15 Ani yıkılma 80 cm 82,2. s tehlike sınıfları

82,2. s (Modelde 3.s)				
	H*V (m ² /s)	H (m)	V (m/s)	Tehlike Sınıfı
S2	35,93	5,84	6,16	H6
S3	10,43	1,30	8,03	H6
S4	0,00	0,00	0,00	H1
S5	0,00	0,00	0,00	H1
S6	0,00	0,00	0,00	H1
S7	0,00	0,00	0,00	H1
S8	0,00	0,00	0,00	H1

Tablo 6.16 Ani yıkılma 80 cm 164. s tehlike sınıfları

164,4. S (Modelde 6.s)				
	H*V (m ² /s)	H (m)	V (m/s)	Tehlike Sınıfı
S2	15,73	5,24	3,00	H6
S3	10,86	1,39	7,79	H6
S4	2,07	0,18	11,65	H5
S5	0,43	0,06	6,69	H2
S6	0,00	0,00	0,00	H1
S7	0,00	0,00	0,00	H1
S8	0,00	0,00	0,00	H1

Tablo 6.17 Ani yıkılma 80 cm 274. s tehlike sınıfları

274. s (Modelde 10.s)				
	H*V (m ² /s)	H (m)	V (m/s)	Tehlike Sınıfı
S2	25,20	3,88	6,50	H6
S3	2,64	0,65	4,08	H5
S4	4,39	0,32	13,70	H6
S5	2,07	0,15	13,72	H5
S6	3,75	0,24	15,94	H5
S7	0,00	0,00	0,00	H1
S8	0,00	0,00	0,00	H1

Tablo 6.18 Ani yıkılma 80 cm 411. s tehlike sınıfları

411. s (Modelde 15.s)				
	H*V (m ² /s)	H (m)	V (m/s)	Tehlike Sınıfı
S2	13,98	2,71	5,15	H6
S3	0,76	0,52	1,47	H3
S4	1,98	0,25	7,95	H5
S5	0,89	0,17	5,34	H4
S6	2,23	0,35	6,40	H5
S7	2,32	0,34	6,92	H5
S8	0,16	0,05	3,51	H1

Tablo 6.19 Ani yıkılma 80 cm 685. s tehlike sınıfları

685. s (Modelde 25.s)				
	H*V (m ² /s)	H (m)	V (m/s)	Tehlike Sınıfı
S2	4,48	0,79	5,68	H6
S3	0,09	0,04	2,19	H1
S4	0,22	0,03	7,01	H1
S5	1,12	0,10	11,40	H5
S6	2,30	0,42	5,45	H5
S7	1,75	0,41	4,26	H5
S8	0,34	0,09	3,88	H2

Tablo 6.20 Ani yıkılma 80 cm 959. s tehlike sınıfları

959. s (Modelde 35.s)				
	H*V (m ² /s)	H (m)	V (m/s)	Tehlike Sınıfı
S2	0,19	0,20	0,95	H1
S3	0,07	0,04	1,53	H1
S4	0,59	0,10	5,92	H2
S5	0,03	0,04	0,86	H1
S6	1,45	0,39	3,68	H4
S7	0,80	0,37	2,14	H4
S8	0,51	0,10	5,14	H2

Tablo 6.21, 6.22, 6.23, 6.24, 6.25 ve 6.26’da trapez şekilli yıkılma 98 cm için tehlike sınıfları verilmiştir.

Tablo 6.21 Trapez şekilli yıkılma 98 cm 82,2. s tehlike sınıfları

82,2. s				
	H*V (m ² /s)	H (m)	V (m/s)	Tehlike Sınıfı
S2	11,67	1,71	6,83	H6
S3	25,66	2,87	8,95	H6
S4	0,00	0,00	0,00	H1
S5	0,00	0,00	0,00	H1
S6	0,00	0,00	0,00	H1
S7	-	-	-	-
S8	-	-	-	-

Tablo 6.22 Trapez şekilli yıkılma 98 cm 164,4. s tehlike sınıfları

164,4. s				
	H*V (m ² /s)	H (m)	V (m/s)	Tehlike Sınıfı
S2	34,20	4,86	7,04	H6
S3	16,19	1,82	8,87	H6
S4	0,03	0,07	0,37	H1
S5	0,00	0,01	0,00	H1
S6	0,00	0,01	0,00	H1
S7	-	-	-	-
S8	-	-	-	-

Tablo 6.23 Trapez şekilli yıkılma 98 cm 274. s tehlike sınıfları

274. s				
	H*V (m ² /s)	H (m)	V (m/s)	Tehlike Sınıfı
S2	16,67	5,87	2,84	H6
S3	10,24	1,58	6,48	H6
S4	1,89	0,46	4,11	H6
S5	0,08	0,16	0,47	H1
S6	0,06	0,16	0,39	H1
S7	-	-	-	-
S8	-	-	-	-

Tablo 6.24 Trapez şekilli yıkılma 98 cm 411. s tehlike sınıfları

411. s				
	H*V (m ² /s)	H (m)	V (m/s)	Tehlike Sınıfı
S2	12,01	4,40	2,73	H6
S3	5,23	1,60	3,27	H6
S4	2,07	0,70	2,97	H6
S5	1,45	0,22	6,56	H6
S6	2,53	0,38	6,67	H6
S7	-	-	-	-
S8	-	-	-	-

Tablo 6.25 Trapez şekilli yıkılma 98 cm 685. s tehlike sınıfları

685. s				
	H*V (m ² /s)	H (m)	V (m/s)	Tehlike Sınıfı
S2	4,91	3,01	1,63	H6
S3	1,01	0,88	1,14	H4
S4	0,68	0,27	2,51	H5
S5	0,19	0,18	1,04	H1
S6	0,55	0,48	1,14	H2
S7	-	-	-	-
S8	-	-	-	-

Tablo 6.26 Trapez şekilli yıkılma 98 cm 959. s tehlike sınıfları

959. s				
	H*V (m ² /s)	H (m)	V (m/s)	Tehlike Sınıfı
S2	1,88	1,52	1,24	H5
S3	0,49	0,58	0,84	H3
S4	0,13	0,11	1,13	H1
S5	0,10	0,12	0,85	H1
S6	0,41	0,54	0,76	H3
S7	-	-	-	-
S8	-	-	-	-

Tablo 6.27, 6.28, 6.29, 6.30, 6.31 ve 6.32’de trapez şekilli yıkılma 88 cm için tehlike sınıfları verilmiştir.

Tablo 6.27 Trapez şekilli yıkılma 88 cm 82,2. s tehlike sınıfları

82,2. s				
	H*V (m ² /s)	H (m)	V (m/s)	Tehlike Sınıfı
S2	12,55	2,23	5,63	H6
S3	6,87	0,95	7,26	H6
S4	0,00	0,00	0,00	H1
S5	0,00	0,00	0,00	H1
S6	0,00	0,00	0,00	H1
S7	-	-	-	-
S8	-	-	-	-

Tablo 6.28 Trapez şekilli yıkılma 88 cm 164,4. s tehlike sınıfları

164,4. s				
	H*V (m ² /s)	H (m)	V (m/s)	Tehlike Sınıfı
S2	30,57	4,47	6,84	H6
S3	8,69	1,03	8,42	H6
S4	0,01	0,03	0,27	H1
S5	0,00	0,00	0,00	H1
S6	0,00	0,00	0,00	H1
S7	-	-	-	-
S8	-	-	-	-

Tablo 6.29 Trapez şekilli yıkılma 88 cm 274. s tehlike sınıfları

274. s				
	H*V (m ² /s)	H (m)	V (m/s)	Tehlike Sınıfı
S2	10,26	4,17	2,46	H6
S3	5,20	0,87	5,96	H6
S4	0,54	0,15	3,64	H5
S5	0,04	0,11	0,35	H1
S6	0,00	0,01	0,32	H1
S7	-	-	-	-
S8	-	-	-	-

Tablo 6.30 Trapez şekilli yıkılma 88 cm 411. s tehlike sınıfları

411. s				
	H*V (m ² /s)	H (m)	V (m/s)	Tehlike Sınıfı
S2	9,94	4,40	2,26	H6
S3	4,59	1,60	2,87	H6
S4	1,84	0,70	2,64	H5
S5	1,31	0,22	5,93	H6
S6	2,32	0,38	6,12	H6
S7	-	-	-	-
S8	-	-	-	-

Tablo 6.31 Trapez şekilli yıkılma 88 cm 685. s tehlike sınıfları

685. s				
	H*V (m ² /s)	H (m)	V (m/s)	Tehlike Sınıfı
S2	4,60	3,01	1,53	H6
S3	0,77	0,88	0,87	H4
S4	0,59	0,27	2,17	H5
S5	0,16	0,18	0,88	H1
S6	0,45	0,48	0,93	H2
S7	-	-	-	-
S8	-	-	-	-

Tablo 6.32 Trapez şekilli yıkılma 88 cm 959. s tehlike sınıfları

959. s				
	H*V (m ² /s)	H (m)	V (m/s)	Tehlike Sınıfı
S2	1,41	1,52	0,93	H5
S3	0,40	0,58	0,69	H3
S4	0,10	0,11	0,88	H1
S5	0,09	0,12	0,76	H1
S6	0,36	0,54	0,68	H3
S7	-	-	-	-
S8	-	-	-	-

Tablo 6.33, 6.34, 6.35, 6.36 ve 6.37’de trapez şekilli yıkılma 80 cm için tehlike sınıfları verilmiştir.

Tablo 6.33 Trapez şekilli yıkılma 80 cm 82,2. s tehlike sınıfları

82,2. s				
	H*V (m ² /s)	H (m)	V (m/s)	Tehlike Sınıfı
S2	2,52	0,65	3,89	H6
S3	5,95	0,96	6,19	H6
S4	0,00	0,02	0,00	H1
S5	0,00	0,00	0,00	H1
S6	0,00	0,01	0,00	H1
S7	-	-	-	-
S8	-	-	-	-

Tablo 6.34 Trapez şekilli yıkılma 80 cm 164,4. s tehlike sınıfları

164,4. s				
	H*V (m ² /s)	H (m)	V (m/s)	Tehlike Sınıfı
S2	17,93	3,21	5,58	H6
S3	9,90	0,95	10,40	H6
S4	0,00	0,00	0,00	H1
S5	0,00	0,00	0,00	H1
S6	0,00	0,00	0,00	H1
S7	-	-	-	-
S8	-	-	-	-

Tablo 6.35 Trapez şekilli yıkılma 80 cm 274. s tehlike sınıfları

274. s				
	H*V (m ² /s)	H (m)	V (m/s)	Tehlike Sınıfı
S2	26,46	4,32	6,12	H6
S3	1,55	0,47	3,28	H5
S4	0,01	0,05	0,19	H1
S5	0,01	0,02	0,23	H1
S6	0,00	0,00	0,00	H1
S7	-	-	-	-
S8	-	-	-	-

Tablo 6.36 Trapez şekilli yıkılma 80 cm 411. s tehlike sınıfları

411. s				
	H*V (m ² /s)	H (m)	V (m/s)	Tehlike Sınıfı
S2	14,73	3,11	4,73	H6
S3	1,13	0,47	2,38	H5
S4	0,05	0,10	0,50	H1
S5	0,04	0,09	0,43	H1
S6	0,15	0,23	0,64	H1
S7	-	-	-	-
S8	-	-	-	-

Tablo 6.37 Trapez şekilli yıkılma 80 cm 685. s tehlike sınıfları

685. s				
	H*V (m ² /s)	H (m)	V (m/s)	Tehlike Sınıfı
S2	12,36	3,11	3,97	H6
S3	0,73	0,47	1,53	H3
S4	0,05	0,10	0,46	H1
S5	0,04	0,09	0,45	H1
S6	0,29	0,23	1,25	H1
S7	-	-	-	-
S8	-	-	-	-

Tablo 6.38, 6.39, 6.40, 6.41, 6.42 ve 6.43'te üçgen şekilli yıkılma 98 cm için tehlike sınıfları verilmiştir.

Tablo 6.38 Üçgen şekilli yıkılma 98 cm 82,2. s tehlike sınıfları

82,2. s				
	H*V (m ² /s)	H (m)	V (m/s)	Tehlike Sınıfı
S2	9,83	1,71	5,73	H6
S3	18,71	2,51	7,46	H6
S4	0,00	0,00	0,00	H1
S5	0,00	0,00	0,00	H1
S6	-	-	-	-
S7	-	-	-	-
S8	-	-	-	-

Tablo 6.39 Üçgen şekilli yıkılma 98 cm 164,4. s tehlike sınıfları

164,4. s				
	H*V (m ² /s)	H (m)	V (m/s)	Tehlike Sınıfı
S2	29,74	3,98	7,47	H6
S3	16,24	2,00	8,13	H6
S4	0,00	0,00	0,00	H1
S5	0,00	0,00	0,00	H1
S6	-	-	-	-
S7	-	-	-	-
S8	-	-	-	-

Tablo 6.40 Üçgen şekilli yıkılma 98 cm 274,4. s tehlike sınıfları

274. s				
	H*V (m ² /s)	H (m)	V (m/s)	Tehlike Sınıfı
S2	11,77	5,16	2,28	H6
S3	8,06	1,27	6,34	H6
S4	3,61	0,93	3,88	H5
S5	0,03	0,10	0,28	H1
S6	-	-	-	-
S7	-	-	-	-
S8	-	-	-	-

Tablo 6.41 Üçgen şekilli yıkılma 98 cm 411. s tehlike sınıfları

411. s				
	H*V (m ² /s)	H (m)	V (m/s)	Tehlike Sınıfı
S2	10,98	4,29	2,56	H6
S3	4,59	1,46	3,15	H6
S4	6,12	2,15	2,85	H6
S5	0,28	0,09	2,95	H1
S6	-	-	-	-
S7	-	-	-	-
S8	-	-	-	-

Tablo 6.42 Üçgen şekilli yıkılma 98 cm 685. s tehlike sınıfları

685. s				
	H*V (m ² /s)	H (m)	V (m/s)	Tehlike Sınıfı
S2	4,30	2,79	1,54	H6
S3	0,76	0,73	1,04	H4
S4	3,43	1,47	2,33	H5
S5	0,09	0,12	0,79	H1
S6	-	-	-	-
S7	-	-	-	-
S8	-	-	-	-

Tablo 6.43 Üçgen şekilli yıkılma 98 cm 959. s tehlike sınıfları

959. s				
	H*V (m ² /s)	H (m)	V (m/s)	Tehlike Sınıfı
S2	1,78	1,59	1,12	H5
S3	0,51	0,65	0,78	H3
S4	0,76	0,60	1,27	H4
S5	0,04	0,08	0,56	H1
S6	-	-	-	-
S7	-	-	-	-
S8	-	-	-	-

Tablo 6.44, 6.45, 6.46, 6.47 ve 6.48’de üçgen şekilli yıkılma 88 cm için tehlike sınıfları verilmiştir.

Tablo 6.44 Üçgen şekilli yıkılma 88 cm 82,2. s tehlike sınıfları

82,2. s				
	H*V (m ² /s)	H (m)	V (m/s)	Tehlike Sınıfı
S2	0,89	0,69	1,28	H4
S3	6,63	1,47	4,51	H6
S4	0,00	0,00	0,00	H1
S5	0,00	0,00	0,00	H1
S6	-	-	-	-
S7	-	-	-	-
S8	-	-	-	-

Tablo 6.45 Üçgen şekilli yıkılma 88 cm 164,4. s tehlike sınıfları

164,4. s				
	H*V (m ² /s)	H (m)	V (m/s)	Tehlike Sınıfı
S2	17,23	2,30	7,49	H6
S3	6,49	0,98	6,61	H6
S4	0,00	0,00	0,00	H1
S5	0,00	0,00	0,00	H1
S6	-	-	-	-
S7	-	-	-	-
S8	-	-	-	-

Tablo 6.46 Üçgen şekilli yıkılma 88 cm 274. s tehlike sınıfları

274. s				
	H*V (m ² /s)	H (m)	V (m/s)	Tehlike Sınıfı
S2	8,93	4,15	2,15	H6
S3	5,17	0,89	5,84	H6
S4	0,01	0,02	0,59	H1
S5	0,002	0,01	0,22	H1
S6	-	-	-	-
S7	-	-	-	-
S8	-	-	-	-

Tablo 6.47 Üçgen şekilli yıkılma 88 cm 411. s tehlike sınıfları

411. s				
	H*V (m ² /s)	H (m)	V (m/s)	Tehlike Sınıfı
S2	8,80	3,59	2,45	H6
S3	2,13	0,71	2,98	H5
S4	0,28	0,10	2,76	H5
S5	0,04	0,09	0,45	H1
S6	-	-	-	-
S7	-	-	-	-
S8	-	-	-	-

Tablo 6.48 Üçgen şekilli yıkılma 88 cm 685. s tehlike sınıfları

685. s				
	H*V (m ² /s)	H (m)	V (m/s)	Tehlike Sınıfı
S2	2,05	1,43	1,43	H5
S3	0,66	0,69	0,96	H4
S4	0,14	0,06	2,26	H5
S5	0,06	0,08	0,75	H1
S6	-	-	-	-
S7	-	-	-	-
S8	-	-	-	-

Tablo 6.49, 6.50, 6.51, 6.52 ve 6.53'te üçgen şekilli yıkılma 80 cm için tehlike sınıfları verilmiştir.

Tablo 6.49 Üçgen şekilli yıkılma 80 cm 82,2. s tehlike sınıfları

82,2. s				
	H*V (m ² /s)	H (m)	V (m/s)	Tehlike Sınıfı
S2	3,03	0,83	3,64	H5
S3	4,59	1,09	4,22	H6
S4	0,00	0,00	0,00	H1
S5	-	-	-	-
S6	-	-	-	-
S7	-	-	-	-
S8	-	-	-	-

Tablo 6.50 Üçgen şekilli yıkılma 80 cm 164,4. s tehlike sınıfları

164,4. s				
	H*V (m ² /s)	H (m)	V (m/s)	Tehlike Sınıfı
S2	13,30	1,86	7,17	H6
S3	4,13	0,75	5,50	H6
S4	0,00	0,00	0,00	H1
S5	-	-	-	-
S6	-	-	-	-
S7	-	-	-	-
S8	-	-	-	-

Tablo 6.51 Üçgen şekilli yıkılma 80 cm 274. s tehlike sınıfları

274. s				
	H*V (m ² /s)	H (m)	V (m/s)	Tehlike Sınıfı
S2	4,71	2,31	2,04	H6
S3	4,94	0,89	5,56	H6
S4	0,00	0,00	0,00	H1
S5	-	-	-	-
S6	-	-	-	-
S7	-	-	-	-
S8	-	-	-	-

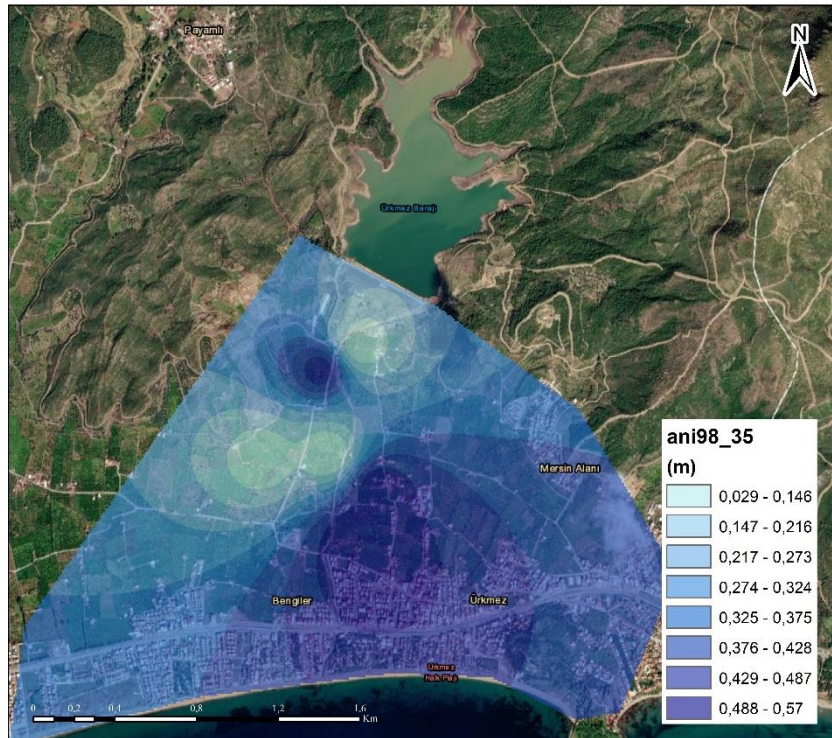
Tablo 6.52 Üçgen şekilli yıkılma 80 cm 411. s tehlike sınıfları

411. s				
	H*V (m ² /s)	H (m)	V (m/s)	Tehlike Sınıfı
S2	4,78	2,04	2,34	H6
S3	2,57	0,93	2,76	H5
S4	0,12	0,05	2,49	H5
S5	-	-	-	-
S6	-	-	-	-
S7	-	-	-	-
S8	-	-	-	-

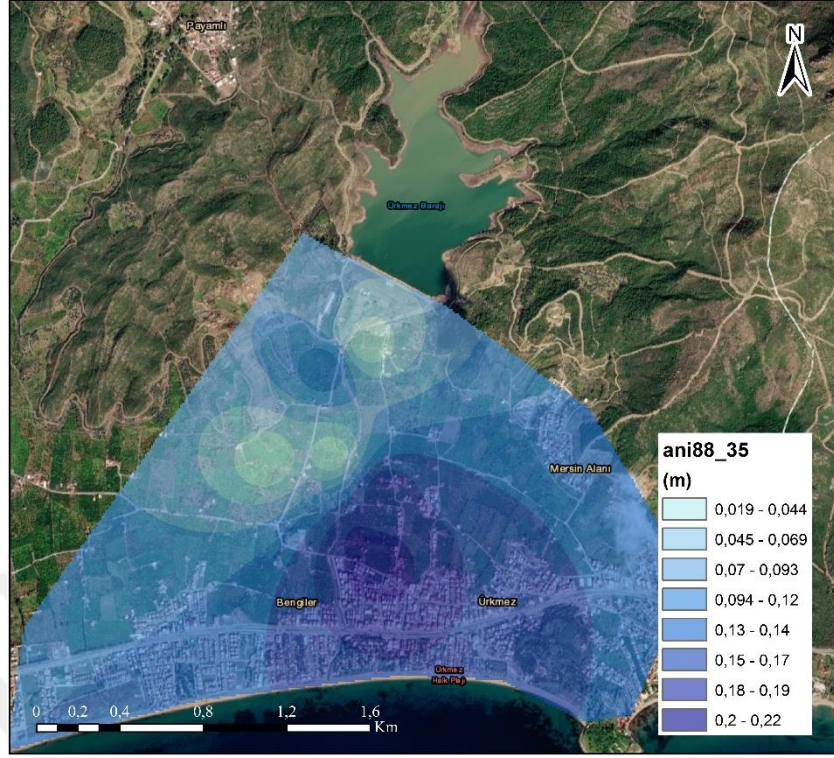
Tablo 6.53 Üçgen şekilli yıkılma 80 cm 411. s tehlike sınıfları

685. s				
	H*V (m ² /s)	H (m)	V (m/s)	Tehlike Sınıfı
S2	0,82	0,59	1,39	H3
S3	0,37	0,45	0,82	H2
S4	0,02	0,01	1,94	H1
S5	-	-	-	-
S6	-	-	-	-
S7	-	-	-	-
S8	-	-	-	-

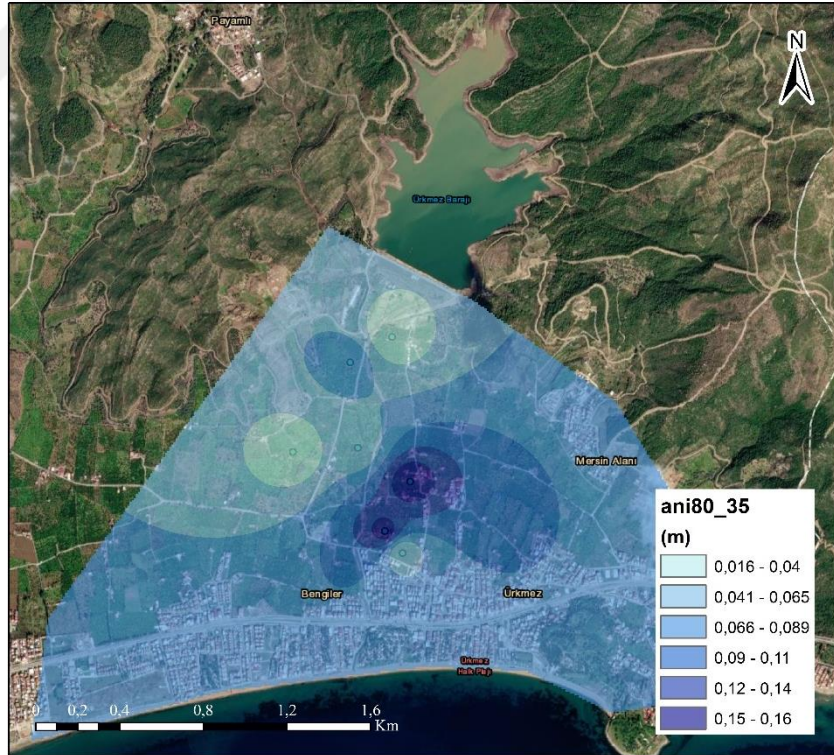
Deneysel çalışmalardan elde edilen derinlik verileri ile taşkın dalgasının mansap bölgesinde nasıl yayıldığını gösteren taşkın haritaları oluşturulmuştur. Bu haritalarda deneysel çalışmalar yapılırken dikkate alınan mansap bölgesi sınırları kullanılmıştır. Mansap bölgesindeki tüm yayılımı gözlemlemek amacıyla, yıkılma deneylerinin 35. saniyesinde (prototipte 959. saniye) elde edilen veriler prototipe çevrilerek bu haritalarda kullanılmıştır. Şekil 6.3, 6.4 ve 6.5'te ani yıkılma taşkın haritaları verilmektedir.



Şekil 6.3 Ani yıkılma 98 cm 959. saniye taşkın haritası

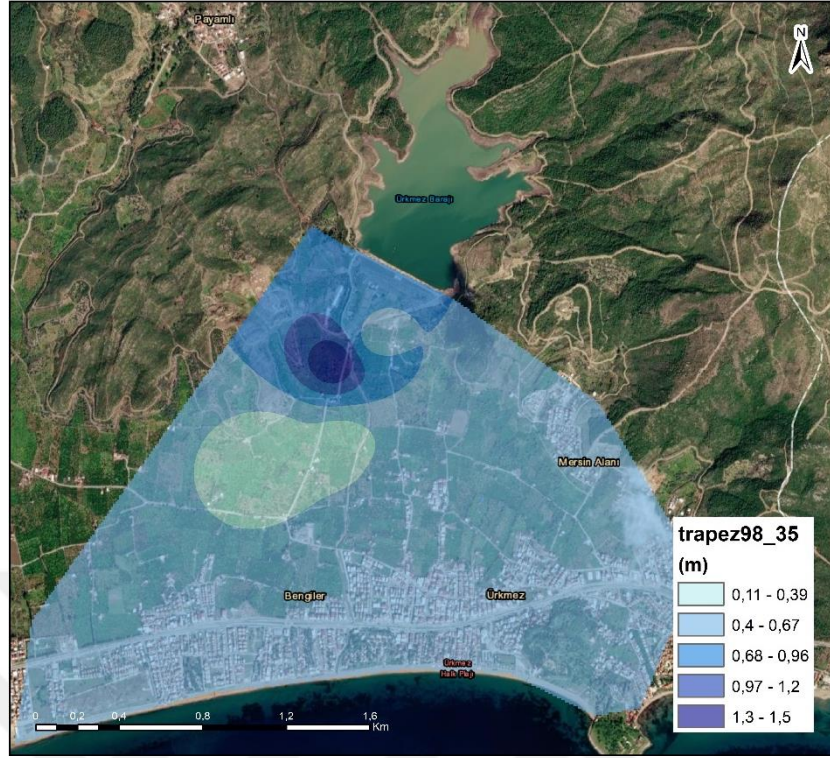


Şekil 6.4 Ani yıkılma 88 cm 959. saniye taşkın haritası

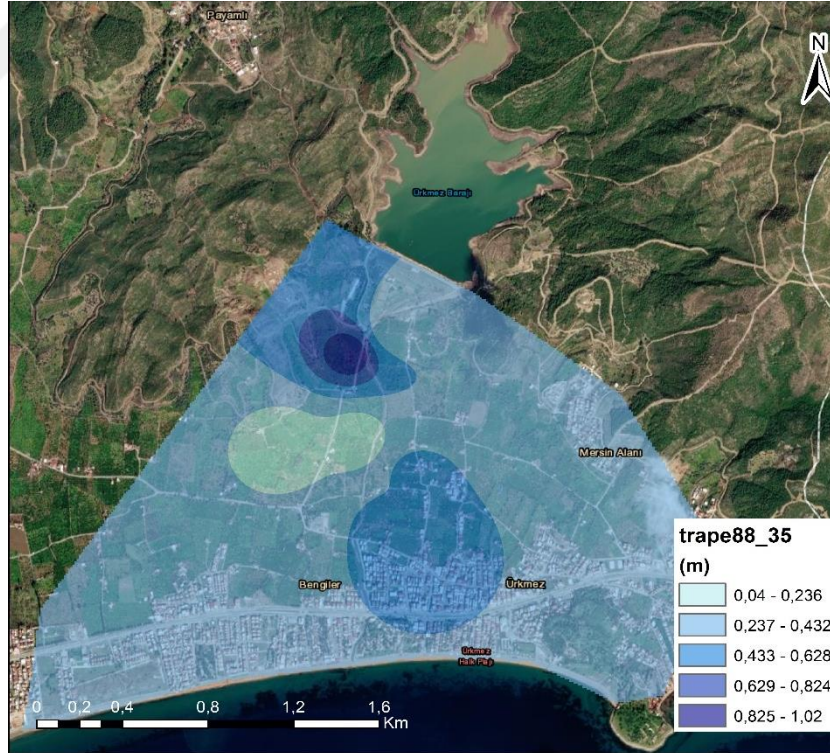


Şekil 6.5 Ani yıkılma 80 cm 959. saniye taşkın haritası

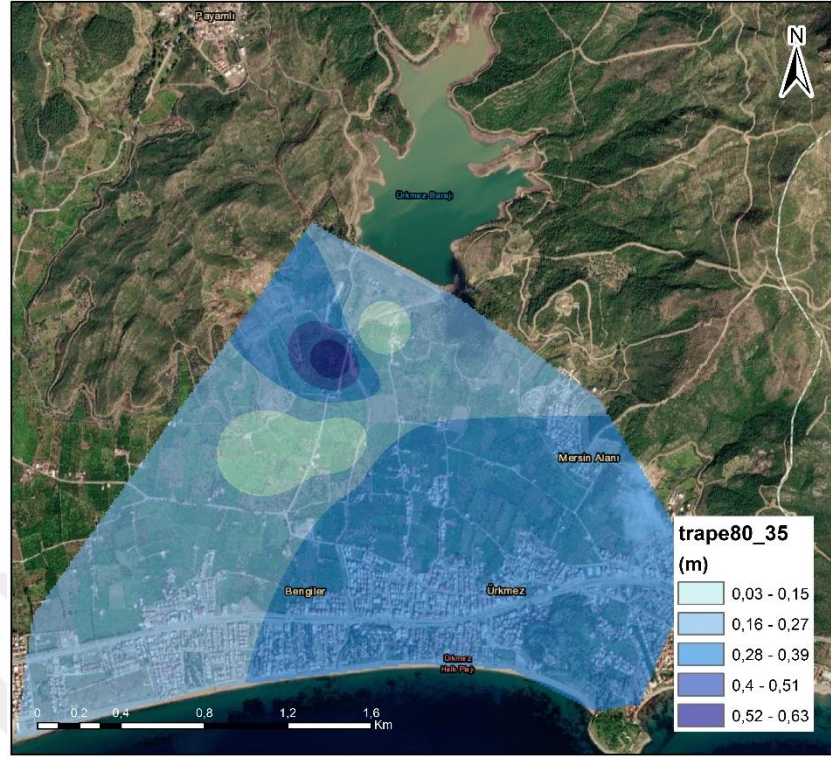
Trapez şekilli yıkılma taşkın haritaları şekil 6.6, 6.7 ve 6.8’de verilmektedir.



Şekil 6.6 Trapez şekilli yıkılma 98 cm 959. saniye taşkın haritası

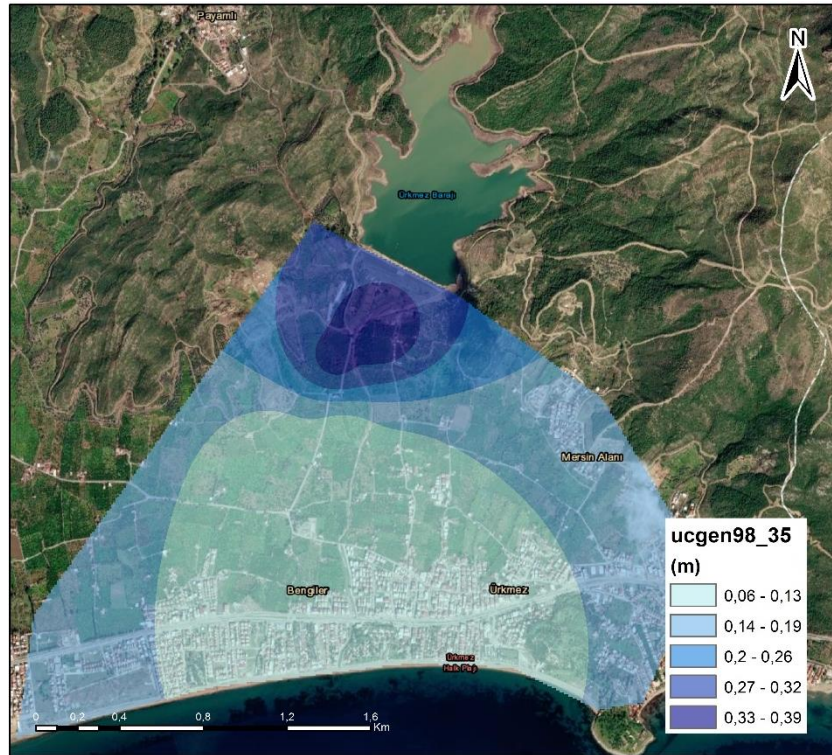


Şekil 6.7 Trapez şekilli yıkılma 88 cm 959. saniye taşkın haritası

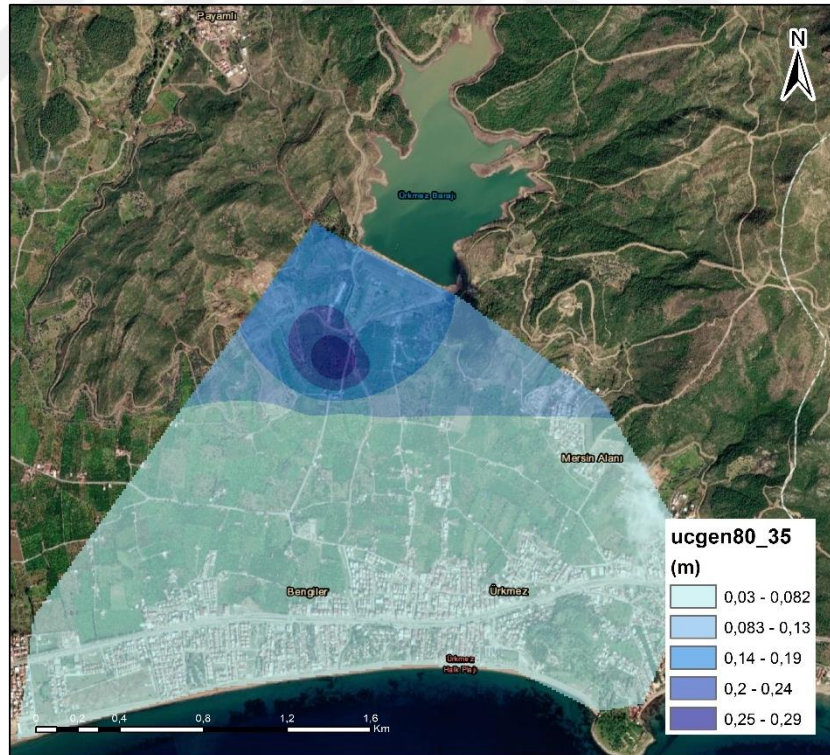
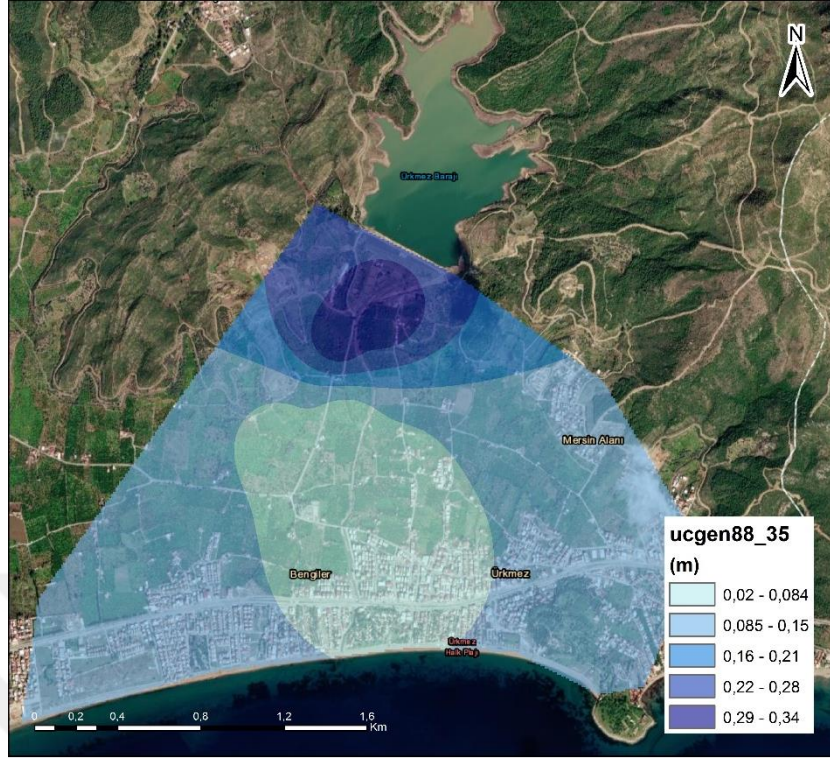


Şekil 6.8 Trapez şekilli yıkılma 80 cm 959. saniye taşkın haritası

Üçgen şekilli yıkılma taşkın haritaları şekil 6.9, 6.10 ve 6.11’de verilmektedir.



Şekil 6.9 Üçgen şekilli yıkılma 98 cm 959. saniye taşkın haritası



Bu sonuçlar dikkate alındığında, ani yıkılma sonucu oluşacak bir taşkın durumunda, özellikle baraja yakın olan noktalarda tehlike sınıfı çok yüksek çıkmıştır. Bu taşkının insanlar, araçlar ve binalar için tehlikeli olacağı sonucuna varılmıştır. Yerleşim yerlerinin yoğunlukta olduğu bölgelere taşkın dalgası ulaşana dek uyarılar yapıldığı takdirde insanların göreceli olarak daha güvenli olan yerlere (örneğin evlerin en üst katları) ulaşması araçların ve yolların boşaltılması sağlanabilir.



BÖLÜM 7

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez çalışması kapsamında ani ve kısmi baraj yıkılması durumunda mansap bölgesi bitki örtüsünden kaynaklı pürüzlülüğün taşkın dalgası yayılımı üzerindeki etkisi deneysel ve sayısal yöntemlerle araştırılmıştır. Deneyler Dokuz Eylül Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Hidrolik Laboratuvarında bulunan Ürkmez Barajı göl, gövde ve mansap bölgesini içeren çarpıtılmış fiziksel model üzerinde gerçekleştirilmiştir. Mansap bölgesi bitki örtüsü, bu tez kapsamında ilgili haritalar ve yerinde yapılan tespitler yardımıyla oluşturulmuştur. Deneyler, barajın ani yıkılması durumunun yanı sıra baraj gövdesinde trapez ve üçgen gedik açılması durumuyla oluşan kısmi yıkılma durumu için de gerçekleştirilmiştir. Ani ve kısmi baraj yıkılması sonucunda mansap bölgesinde yayılan taşkın dalgasının, zamana bağlı su derinlikleri ve akım hızları mansap bölgesinde önceden belirlenen noktalarda ölçülmüştür. Bitki örtülü durum için gerçekleştirilen deney sonuçları, bitki örtüsüz durum için gerçekleştirilen deney sonuçları ile karşılaştırılmıştır.

Deney sonuçları, barajın mansap bölgesindeki bitki örtüsünün, olası bir baraj yıkılması durumunda oluşacak taşkın dalgası yayılımının baraj mansabında bulunan yerleşim yerlerine ulaşma süresini geciktirdiğini göstermektedir. Bitki örtüsünün yoğun olarak bulunduğu baraj gövdesine yakın bölgelerde taşkın dalgası yüksekliği artarken yerleşim yerlerine yakın bölgelerde taşkın dalgası yüksekliğinde bir azalma meydana gelmiştir. Bu sonuçlar doğrultusunda bitki örtüsünün yerleşim yerlerini olası bir baraj yıkılması sonrasında oluşacak taşkın dalgasının yıkıcı etkisinden daha büyük oranda koruyacağını göstermektedir. Örnek olarak ani yıkılma durumu için gerçekleştirilen deneylerde mansap bölgesinin orta kısmında yer alan ve yerleşim yerlerinin yoğun olduğu bölgede yer alan S6 nolu seviye ölçerde taşkın dalgasının maksimum su seviyesine ulaşma süresi bitki örtüsüz deneylerde 8 saniye iken bitki örtülü deneylerde 15 saniye olarak ölçülmüştür. Bu değerler prototipte sırasıyla 3,6 dakika ve 6,85 dakikaya karşılık gelmektedir. Taşkın dalgası yüksekliği ise bitki örtüsüz deneylerde 3,85 cm iken bitki örtülü deneylerde 2,6 cm olarak ölçülmüştür. Bu değerler prototipte sırasıyla 1,16 m ve 0,78 m ye karşılık gelmektedir. Elde edilen

deneysel bulgular, baraj yıkılması sonucu mansap bölgesinde yayılacak taşkın dalgasına ait derinlik, zaman ve hız gibi parametrelerin önceden tahmin edilmesine olanak sağlaması ile özellikle erken uyarı sistemleri ve acil müdahale eylem planlarında kullanılmak üzere karar vericiler açısından son derece yararlı bilgiler içermektedir. Bu tez kapsamında incelendiği gibi, özellikle denize yakın konumda bulunan ve mansabında yoğun yerleşim bulunan barajların planlamasında, akıllı kentler yaklaşımı ve sürdürülebilirlik çerçevesinde benzer çalışmaların arttırılması, 8333 km kıyı şeridinde sahip ve nüfusunun büyük bölümünün kıyı bölgelerinde yoğunlaştığı ülkemiz koşullarında son derece önemli olmaktadır.

Tez kapsamındaki deneysel çalışmalar ile bir bütünlük oluşturacak şekilde sayısal model çalışmaları da gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla gelişmiş hesaplamalı akışkanlar dinamiği yazılımlarından biri olan Flow3D kullanılmıştır. Sayısal modelin kalibrasyon ve doğrulama aşamaları deneysel veriler kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Sayısal modelde farklı türbülans modelleriyle üç boyutlu temel denklemler sonlu hacimler tekniği ile çözülmüştür. Sayısal modele başlangıç koşulu olarak ilk önce deneyler sonucunda elde edilen çıkış hidrografları verilmiştir. Bu şekilde çalıştırılan sayısal model sonuçları deneysel verilerle çok iyi uyum sağlamazken başlangıç koşulu olarak baraj gölü topoğrafyası girildiğinde sayısal model sonuçlarının deneysel verilerle çok daha iyi uyum sağladığı görülmüştür. Sayısal model için en uygun parametrelerin ve sınır koşullarının oluşturulması ile deneysel çalışmalarda gerçekleştirilemeyen farklı senaryoların, hazırlanan sayısal model aracılığı ile denenebileceği açıktır. Tez kapsamında gerçekleştirilen sayısal model bu haliyle gelecek çalışmalara ışık tutacak niteliktedir

Baraj yıkılması çalışmaları hem baraj güvenliği hem de mansap bölgesinde oluşacak yayılımın belirlenmesi açısından günümüzde popüler ve araştırmaya değer bir alandır. Mansabında yoğun yerleşim yerleri olan barajlarda acil eylem planı hazırlanması oluşabilecek felaketlerin önüne geçilmeye veya etkilerinin azaltılması açısından son derece önemlidir. Yapılan deneysel ve sayısal çalışmalardan elde edilen su derinliği, akım hızı ve taşkın ulaşma süresi verileri mansap bölgesi için bir acil

eylem planı oluşturulması için gerekli bulgulardır. Bu bulgular kullanılarak mansap bölgesindeki noktalar için tehlike sınıfları belirlenmiştir. Ayrıca bölgede taşkın dalgasının mansap bölgesinde nasıl yayıldığını gösteren taşkın haritaları elde edilmiştir. Elde edilen bu veriler ve haritalar, karar vericilerin kullanabileceği niteliktedir ve geliştirilmeye açıktır.



KAYNAKLAR

- Alcrudo, F. ve Mulet, J. (2007). Description of the Tous Dam break case study (Spain). *Journal of Hydraulic Research*, 45, 45-57.
- Arkış, T. (2020). *Baraj yıkılması sonucu oluşan taşkın dalgalarının deneysel ve nümerik metodlar ile araştırılması*. Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir
- Australian Disaster Resilience Guideline 7-3. (2014). Technical flood risk management guideline : Flood hazard. *Australian Institute of Disaster Resilience CC BY-NC*, 34.
- Bellos, C. V. (2004). Experimental Measurements of Flood Wave Created by a Dam Break. *European Water*, 78(1989), 3–15.
http://www.ewra.net/ew/pdf/EW_2004_7-8_01.pdf
- Chow, V. T. (1959). *Open-channel hydraulics*. Tokyo; London: McGraw-Hill
- Elçi, Ş., Tayfur, G., Haltas, İ. ve Kocaman, B. (2017). Baraj yıkılması sonrası iki boyutlu taşkın yayılımının yerleşim bölgeleri için modellenmesi. *Teknik Dergi*, 28(3), 7955-7975.
- Elkholy, M., Larocque, L. A., Chaudhry, M. H. ve Imran, J. (2016). *Experimental Investigations of Partial-Breach Dam-Break Flows*. 142(11), 1–12.
- FEMA. (2004). *Federal Guidelines for Dam Safety - Glossary of Terms*.
<https://www.ferc.gov/sites/default/files/2020-04/fema-333.pdf>
- Ferrari, A., Fraccarollo, L., Dumbser, M., Toro, E. F. ve Armanini, A. (2010). Three-dimensional flow evolution after a dam break. *Journal of Fluid Mechanics*, 663, 456–477.
- Flow Science Inc. (2007). What's New in FLOW-3D Version 10.0. *Flow 3D User's Manual*. Santa Fe, New Mexico.
- Fraccarollo, L. ve Toro, E. F. (1995). Experimental and numerical assessment of the shallow water model for two-dimensional dam-break type problems. *Journal of Hydraulic Research*, 33(6), 843–864.

- Gazioğlu, Ş. I., Vanolya, M. M. ve Rukundo, E. (8 Ocak 2021). Emergency Action Plan For Dam safety Application For Seyhan Dam In Adana. <https://www.researchgate.net/publication/266389637>
- Güney, M. Ş., Özgenç Aksoy, A. ve Doğan, M. (2014). *Laboratuvar Uygulamalı Fiziksel Modeller* (2. Baskı). İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları.
- Güney, M. Ş., Tayfur, G., Bombar, G. ve Elçi, S. (2014). Distorted Physical Model to Study Sudden Partial Dam Break Flows in an Urban Area. *Journal of Hydraulic Engineering*, 140(11), 05014006.
- Güney, M. Ş., Tayfur, G. ve Arkış, T. (2015). Experimental Investigation Of The Hydrograph Characteristics Effect On The Flood Propagation Due To The Failure Of The Distorted Physical Model Of Urkmez Dam. *Advances in Civil, Structural and Environmental Engineering 2015 / Proceedings of the Third International Conference on Advances in Civil, Structural and Environmental Engineering, Zurich, Switzerland*, 185–192.
- Haltas, I., Tayfur, G. ve Elci, S. (2016). Two-dimensional numerical modelling of flood wave propagation in an urban area due to Ürkmez dam-break, İzmir, Turkey. *Natural Hazards*, 81(3), 2103-2119.
- Haltas, I., Elçi, S. ve Tayfur, G. (2016). Numerical simulation of flood wave propagation in two-dimensions in densely populated urban areas due to dam break. *Water Resources Management*, 30(15), 5699-5721.
- He, Z., Wu, T., Weng, H., Hu, P. ve Wu, G. (2017). Numerical simulation of dam-break flow and bed change considering the vegetation effects. *International Journal of Sediment Research*, 32(1), 105–120.
- Hooshyaripor, F., Tahershamsi, A. ve Razi, S. (2017). Dam break flood wave under different reservoir's capacities and lengths. *Sadhana - Academy Proceedings in Engineering Sciences*, 42(9),

- Ismail, H., Abd Wahab, A. K. ve Alias, N. E. (2012). Determination of mangrove forest performance in reducing tsunami run-up using physical models. *Natural Hazards*, 63(2), 939–963.
- Issakhov, A., Zhandaulet, Y. ve Nogaeva, A. (2018). Numerical simulation of dam break flow for various forms of the obstacle by VOF method. *International Journal of Multiphase Flow*, 109, 191–206.
- Jeong, W., Yoon, J. S. ve Cho, Y. S. (2012). Numerical study on effects of building groups on dam-break flow in urban areas. *Journal of Hydro-Environment Research*, 6, 91–99.
- Kocaman, S. (2007). *Baraj Yıkılması Probleminin Deneysel ve Teorik Olarak İncelenmesi*. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Adana
- Kocaman, S. ve Ozmen-Cagatay, H. (2012). The effect of lateral channel contraction on dam break flows: Laboratory experiment. *Journal of hydrology*, 432, 145-153.
- Kocaman, S. ve Ozmen-Cagatay, H. (2015). Investigation of dam-break induced shock waves impact on a vertical wall. *Journal of Hydrology*, 525, 1-12.
- Kusuma, M. S. B., Setiawati, T. ve Farid, M. (2019). Experimental model of dam break flow around several blockages configurations. *International Journal of Geomate*, 16(58), 26–32.
- LaRocque, L. A., Elkholy, M., Hanif Chaudhry, M. ve Imran, J. (2013). Experiments on Urban Flooding Caused by a Levee Breach. *Journal of Hydraulic Engineering*, 139(9), 960–973.
- LaRocque, L. A., Imran, J. ve Chaudhry, M. H. (2012). Experimental and Numerical Investigations of Two-Dimensional Dam-Break Flows. *Journal of Hydraulic Engineering*, 139(6), 569–579.
- Lauber, G. ve Hager, W. H. (1998). Experiments to dambreak wave: Horizontal channel. *Journal of Hydraulic Research*, 36(3), 291–307.
- Leal, J., Ferreira, R. M. L., Cardoso, A. H., Bousmar, D. ve Zech, Y. (2002). Dam-break waves on movable bed. *River Flow*, (2016), 981–990.

- Liu, L., Sun, J., Lin, B. ve Lu, L. (2018). Building performance in dam-break flow—an experimental study. *Urban Water Journal*, 15(3), 251–258.
- Çağatay, H. ve Kocaman, S. (2008). Experimental study of tailwater level effects on dam break flood wave propagation. *Proceedings River Flow* (635-644).
- Ozmen-Cagatay, H. ve Kocaman, S. (2010). Dam-break flows during initial stage using SWE and RANS approaches. *Journal of Hydraulic Research*, 48(5), 603-611.
- Ozmen-Cagatay, H., Kocaman, S. ve Guzel, H. (2014). Investigation of dam-break flood waves in a dry channel with a hump. *Journal of Hydro-environment Research*, 8(3), 304-315.
- Qi, H. ve Altinakar, M. S. (2012). GIS-based decision support system for dam break flood management under uncertainty with two-dimensional numerical simulations. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 138(4), 334-341.
- Robb, D. M. ve Vasquez, J. A. (2015). Numerical simulation of dam-break flows using depth-averaged hydrodynamic and three-dimensional CFD models. *Proceeding of Canadian Society for Civil Engineering 22nd Hydrotechnical Conference* (27-36).
- Rodrigues, A. S., Santos, M. A., Santos, A. D. ve Rocha, F. (2002a). Dam-break flood emergency management system. *Water Resources Management*, 16(6), 489–503.
- Rostami, M. ve Siosemarde, M. (2015) (18 Haziran 2020). Human Life Saving by Simulation of Dam Break Using Flow-3D (A Case Study: Upper Gotvand Dam). (3). www.sciencejournal.in
- Sevinç, E. ve Güney, M. Ş. (2021). Experimental Investigation of the Partial Vegetation Effect on the Flood Wave Propagation Resulted from Dam Failure in Urkmez Residential Area by means of Distorted Physical Model. *Deu Muhendislik Fakultesi Fen ve Muhendislik*, 23(69), 803–821.
- Soares-Frazão, S. (2007). Experiments of dam-break wave over a triangular bottom sill. *Journal of Hydraulic Research*, 45, 19–26.
- Soares-Frazão, S. ve Zech, Y. (2008). Dam-break flow through an idealised city. *Journal of Hydraulic Research*, 46(5), 648–658.

- Spinewine, B., ve Zech, Y. (2007). Small-scale laboratory dam-break waves on movable beds. *Journal of Hydraulic Research*, 45, 73–86.
- Tayfur, G. ve Güney, M. Ş. (2013). A physical model to study dam failure flood propagation. *Water Utility Journal*, 6, 19–27.
- Testa, G., Zuccalà, D., Alcrudo, F., Mulet, J. ve Soares-Frazão, S. (2007). Flash flood flow experiment in a simplified urban district. *Journal of Hydraulic Research*, 45, 37–44.
- TÜBİTAK MAG-110M240 nolu proje (2013). *Baraj yıkılması sonucu oluşan taşkın deneyisel ve nümerik metotlar ile araştırılması-gerçek barajlara CBS ortamında uygulanması*. Nihai rapor.
- TÜBİTAK MAG-116M237 nolu proje (2019). *Baraj Yıkılması Durumunda Mansap Bölgesi Bitki Örtüsünden Kaynaklı Pürüzlülüğün Taşkın Dalgası Yayılımı Üzerine Etkisinin Deneyisel ve Sayısal Olarak Araştırılması*. Nihai Rapor
- Vásquez, J. A. ve Leal, J. G. A. B. (2006). Two-dimensional dam-break simulation over movable beds with an unstructured mesh. *Proceedings of the International Conference on Fluvial Hydraulics - River Flow 2006*, 2, 1483–1491.
- Verma, S. ve Patra, K. (2018). Dam Break Flow Simulation Model for Preparing Emergency Action Plans for Bargi Dam Failure. *23rd International Conference on Hydraulics, Water Resources and Coastal Engineering (HYDRO 2018)*, Patna, India, 19-21 Aralık 2018.
- Veról, A. P., Miguez, M. G. ve Mascarenhas, F. C. B. (2011). Emergency action plans: Assessment of the main elements for dam break flood maps. *WIT Transactions on the Built Environment*, 117, 441–453.
- Wang, B., Chen, Y., Wu, C., Peng, Y., Ma, X. ve Song, J. (2017). Analytical solution of dam-break flood wave propagation in a dry sloped channel with an irregular-shaped cross-section. *Journal of Hydro-Environment Research*, 14, 93–104.
- Yang, S., Yang, W., Qin, S. ve Li, Q. (2018). Comparative study on calculation methods of dam-break wave. *Journal of Hydraulic Research*, 1686.

Zhang, M. L., Xu, Y. Y., Qiao, Y., Jiang, H. Z., Zhang, Z. Z. ve Zhang, G. S. (2016). Numerical simulation of flow and bed morphology in the case of dam break floods with vegetation effect. *Journal of Hydrodynamics*, 28(1), 23–32.

