

MÜCAHİT SERTAÇ HACIOĞLU

Prof. Dr. BİROL KAYA, Doç. Dr. AYŞEGÜL ÖZGENÇ AKSOY, Doç. Dr. MUSTAFA DOĞAN  
Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü

## ÖZET

Bu proje kapsamında yürütüldüğünü Prof. Dr. Gökmen Tayfur'un yaptığı 119M959 numaralı 'Toprak Dolgu Baraj Yıkılması Sonucu Oluşan Sediment Taşınımının Deneysel ve Sayısal Model ile Araştırılması Gerçek Barajlara CBS Ortamında Uygulanması' adlı TÜBİTAK projesinin Dokuz Eylül Üniversitesi Hidrolik Laboratuvarı'nda gerçekleştirilmiş olan aşamalarında görev aldığım süreçte deneysel olarak yapılmış olan tüm aşamalar ve elde edilmiş olan sonuçlar görsellerle desteklenerek açıklanmıştır.

Projenin gerçekleştirilmesinde Dokuz Eylül Üniversitesi Hidrolik Laboratuvarı'nın kapalı alanında mevcut kanalda yapılacak olan zonlu toprak dolgu baraj üzerinde "Pürüzlülük Elemanı Bulunmadan ve Yerleştirildiği Durumda Üstten Aşma ile Baraj Yıkılması" ve "Pürüzlülük Elemanı Bulunmadan ve Yerleştirildiği Durumda Borulanma ile Baraj Yıkılması" deneyleri 2'şer tekrar yapılarak toplamda 8 deney gerçekleştirilmiştir.

Deneylerin gerçekleştirilmesi sırasında laboratuvar olanakları dahilinde mevcut olan ULS80-D cihazı ve bu cihaz ile bütünlük çalışan USS20130 ölçüm sensörleri kullanılarak "Su Derinliği (mm)-Süre (saniye)" grafikleri Excel programında çizilmiş; deneyler gerçekleştirildikten sonra lazermetre yardımı ile alınan ölçümlerle Surfer programında batimetri haritası çıkarılmış ve hacim hesaplamaları yapılmıştır.

## GİRİŞ

Barajlar M.Ö 4000 yıllarına dayanan en eski insan yapımı yapılardan biridir. Geçmişte içme suyu ve tarımsal faaliyetlerin ihtiyaçlarını karşılamak için inşa edilmiştir. Günümüzde ise içme suyu ve tarımsal faaliyetlerin yanı sıra, enerji üretimi ve taşkınların önlenmesi amacıyla da kullanılmaktadır.

Baraj gövdesi toprak ve kaya dolgu şeklinde yapılabildiği gibi, beton ağırlık barajı ve betonarme olarak da yapılabilmektedir. Baraj haznelarında depolanan su, barajın yıkılması durumunda can ve mal kayıpları, tarımsal alanların tahrip olması gibi büyük felaketlere neden olabilmektedir.

Proje kapsamında gerçekleştirilecek olan toprak dolgu barajlar birçok ülkede uzun yıllardır kullanılmaktadır. Toprak dolgu barajların tasarımı ve inşası önceleri çoğunlukla deneyime ve örneklerle dayanmakta iken zemin mekaniği konusundaki gelişmelerle birlikte daha rasyonel bir temelde planlanmakta ve daha güvenilir bir şekilde inşa edilmektedir.

## TASARIM

Dokuz Eylül Üniversitesi Hidrolik Laboratuvarı'nda kapalı alanda mevcut 12.8 m uzunluğa, 1.35 m genişliğe ve 0.7 m yüksekliğe sahip kanalda 60 cm yüksekliğinde, kret genişliği 10 cm ve taban genişliği 202 cm olan bir gövde inşa edilmesi planlanmış olup bu gövde üzerinde hem suyun kreti aşmasıyla (overtopping) hem de borulanma (piping) olayı ile tetiklenecek yıkılma deneyleri gerçekleştirilmiştir.

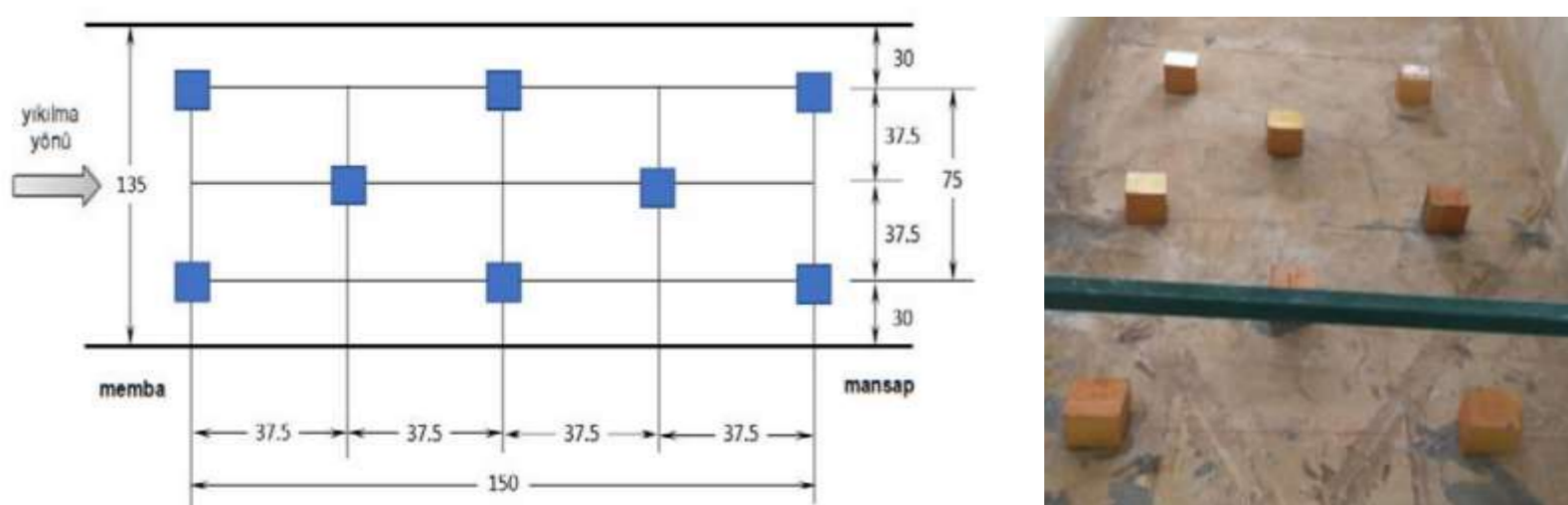
	DEÜ'de Mevcut Açık Kanalda Uygulanacak Baraj Gövdesi
Baraj Yüksekliği (cm)	60
Kret Genişliği (cm)	10
Taban genişliği (cm)	202
Baraj memba eğimi	1 : 1.6
Baraj mansap eğimi	1 : 1.6
Dolgu tipi	Zonlu Gövde
Yıkılma tipi	Üstten Aşma ve Borulanma
Mansap pürüzlülüğü	Pürüzlü ve Pürüzsüz
Tekrar sayısı	2
Deney sayısı	2 x 2 x 2 = 8 deney

Tablo 1. DEÜ'de mevcut açık kanalda uygulanacak baraj gövdesi boyutları

## DENEYLERİN HAZIRLIK AŞAMALARI

DEÜ Hidrolik Laboratuvarı'nda kapalı alanda mevcut kanalda ilk olarak AutoCAD programında çizilmiş olan baraj kesitinin kanal içinde 3 zonunda (1 ve 3. zonda  $d_{50}=50$  mm, 2. zonda  $d_{50}=0.019$  mm) yerleşeceği yerler belirtilerek ölçekli olarak karşılıklı olan iki tuğla duvara simetrik şekilde çizimi yapılmıştır.

Pürüzlülük elemanı bulunduğu durumlarda yapılacak olan deneyler için 10x10x10 cm<sup>3</sup>lük 8 adet küp kanalın içerisinde aşağıdaki gibi yerleştirilmiştir.



Şekil 1. Pürüzlülük elemanlarının kanalın içerisine yerleştirilmesi

Kanal içerisine serilmiş malzeme 40x40 boyutlarındaki plakayla ASTM standartlarına uygun olarak yaptığımız olduğumuz 4.5 kilogram ağırlığında bir ağırlık 46 cm yüksekliğinden 10 kez düşürülerek sıkıştırılması sağlanmıştır.



Şekil 2. Kanal içerisine serilmiş malzemenin sıkıştırılması

İlk sıkıştırma işlemi tamamlandıktan sonra kum tabakasının üzerine kaolin kili dökülmüş ve su ile ıslatılmıştır. Belirli bir süre suyun emilmesi beklendikten sonra 40x40 boyutlarındaki plakayla tekrardan sıkıştırma işlemi gerçekleştirilmiştir.

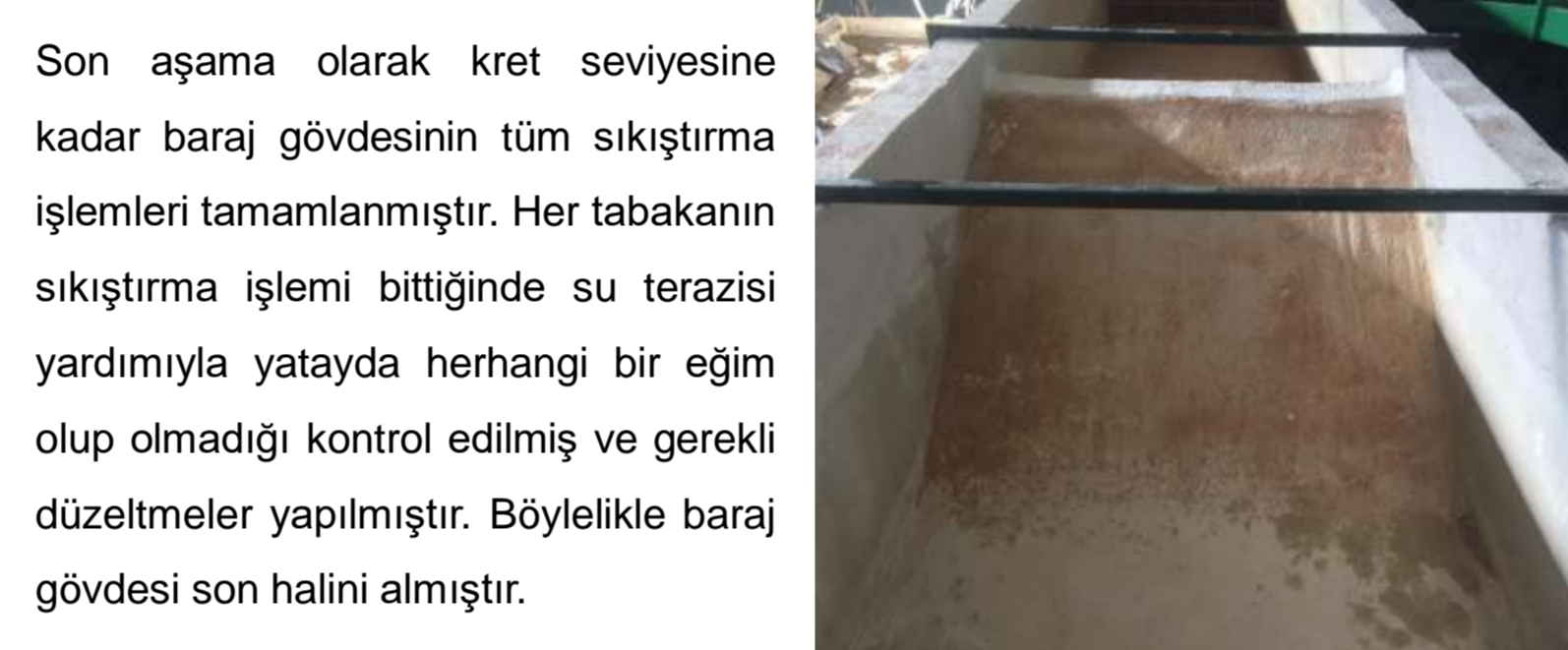
İlk katmanın tamamlanmasının ardından sırasıyla ikinci, üçüncü, dördüncü, beşinci ve son (20,30,40,50 ve 60 cm) katman için ilk katman için yapılmış olan işlemlerin aynısı tekrarlanmıştır.



Şekil 3. 20 ve 30 cm yüksekliğindeki baraj gövdesi görüntüleri



Şekil 4. 40 ve 50 cm yüksekliğindeki baraj gövdesi görüntüleri

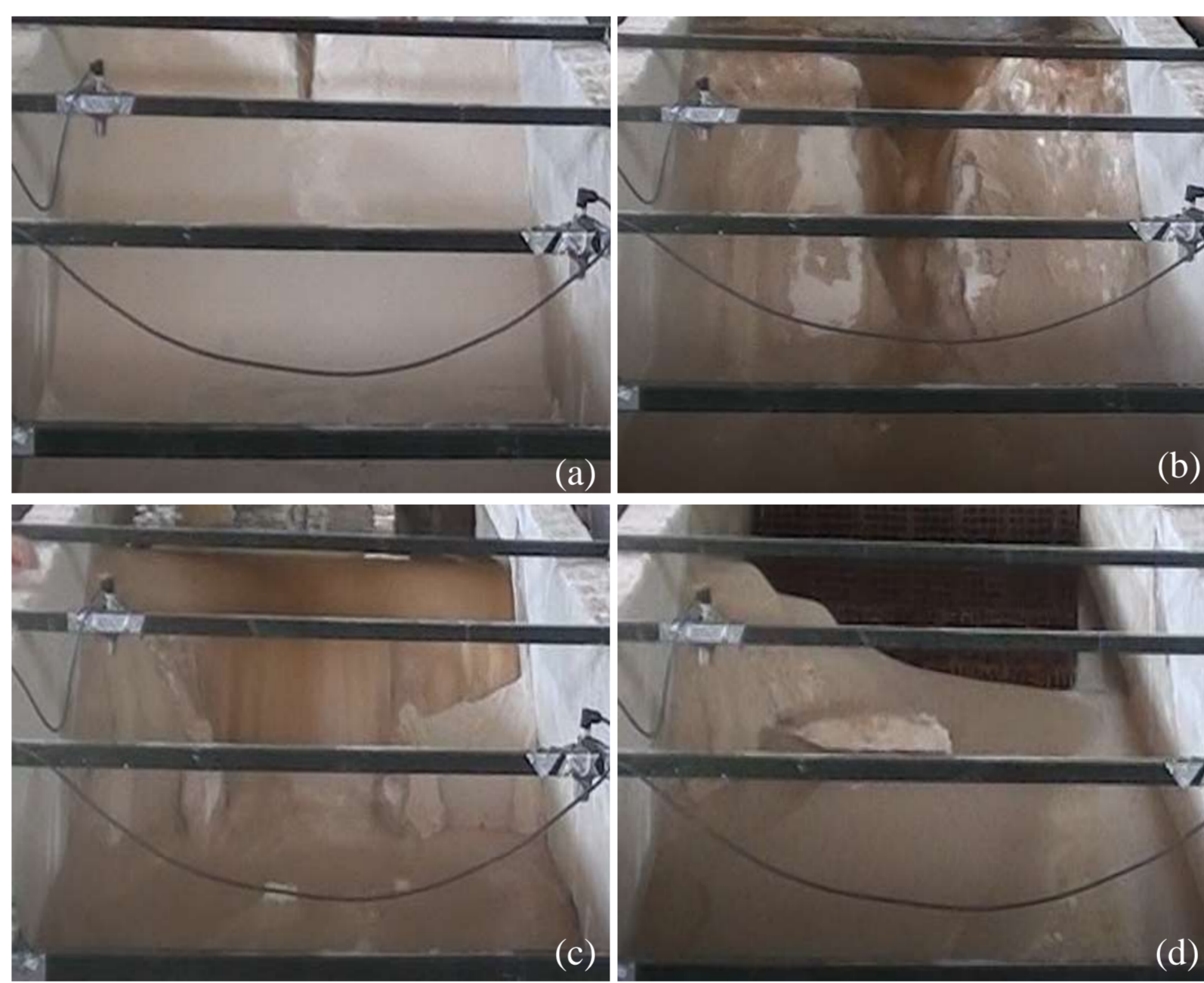


Şekil 5. Baraj kesitinin son halini alması ve deneyin yapımına hazır hale getirilmesi

## DENEYLER

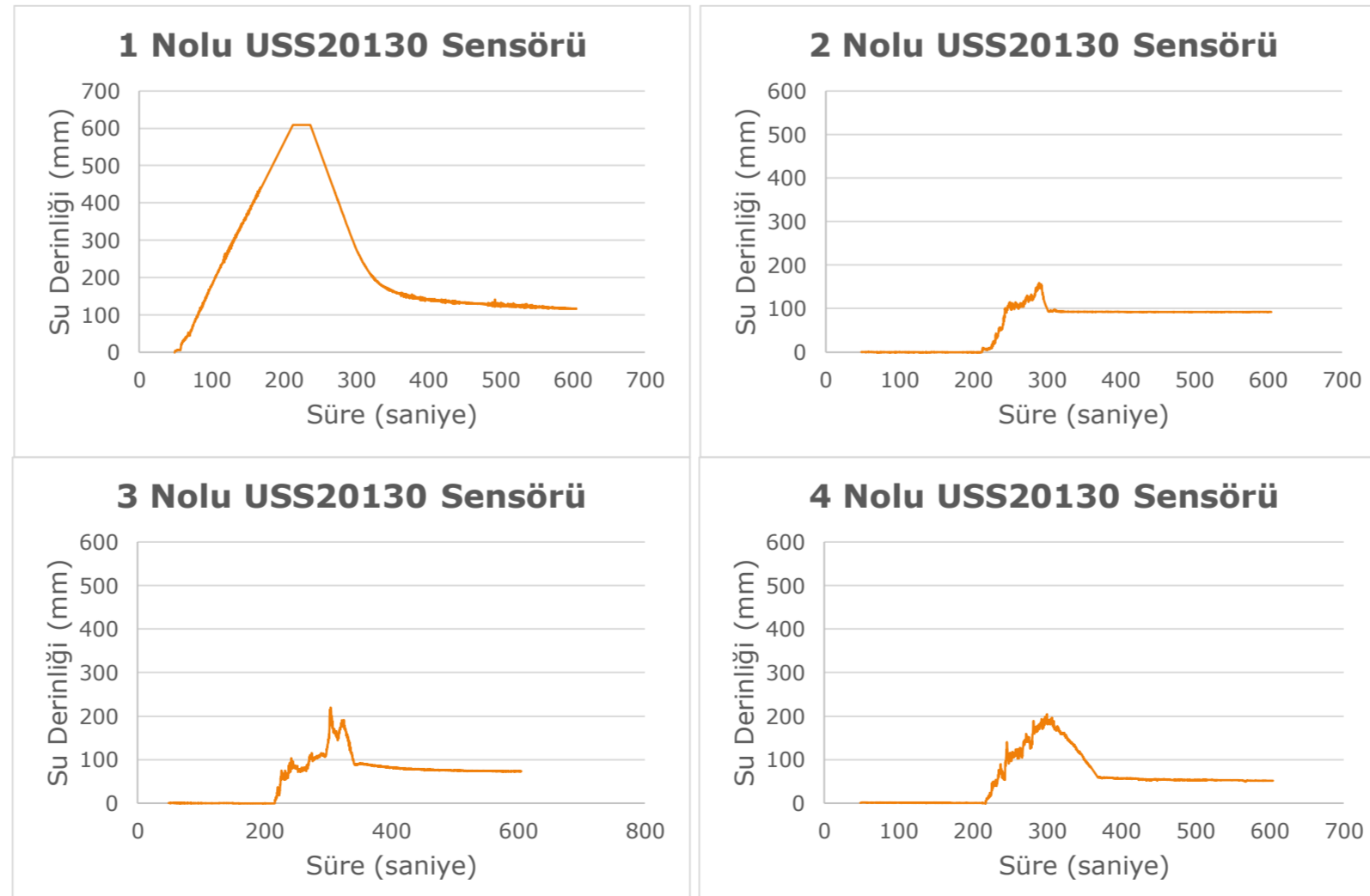
### • Pürüzlülük Elemanı Bulunmadan Üstten Aşma ile Baraj Yıkılması

Yapmış olduğumuz deney sırasında memba ve mansap kısımlarına yerleştirilmiş olduğumuz video kamerasıyla deneyin başlangıcından bitişine kadar kayıt altına alınmıştır. Ve bu kayıtlar içerisinde almış olduğumuz ekran görüntüleri (sırasıyla başlangıç anı, 25.saniye, 50.saniye ve 75.saniye) şekilde verilmiştir.



Şekil 6. Başlangıç anı, 25, 50 ve 75. saniyedeki baraj gövdesi görüntüleri

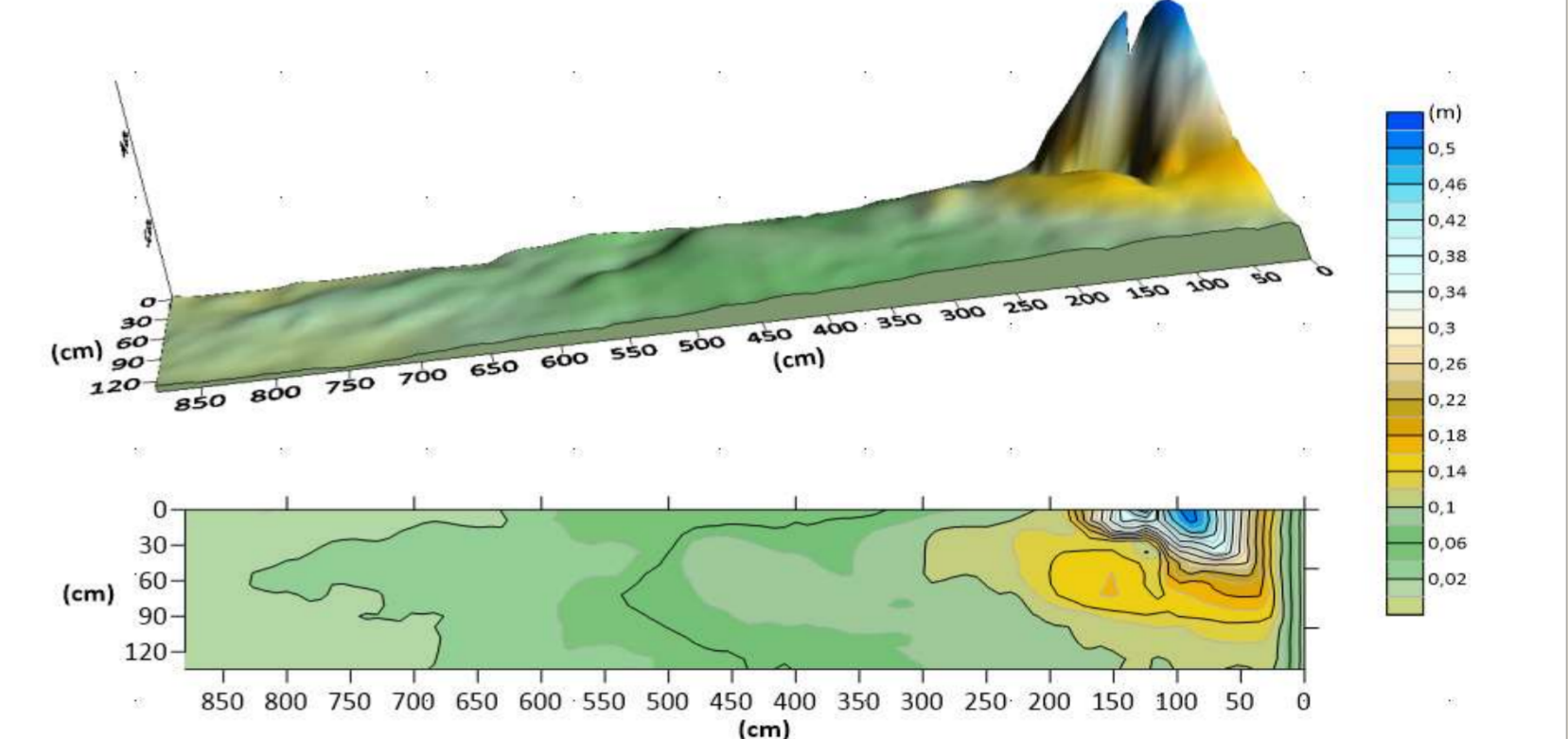
Deney tamamlandıktan sonra 5 adet USS20130 sensörlerinden almış olduğumuz ölçümlerin kaydedildiği "Su Derinliği (mm) - Süre (saniye)" grafiği çizilmiştir.



Şekil 7. 1, 2, 3 ve 4 Nolu USS20130 sensörlerinin zamana bağlı su değişimleri

Baraj gövdesinin en az yıkılan kısmı sol taraf olduğu için bu kısma yakın olan 2 nolu USS20130 sensöründe su seviyesi daha az yükselmiştir. Diğer yandan baraj gövdesinin sağ tarafı daha çok yıkıldığı için, gövdeye yakın ve bu kenar tarafına yerleştirilmiş olan 3 nolu USS20130 sensöründe en yüksek seviyeye erişilmiştir.

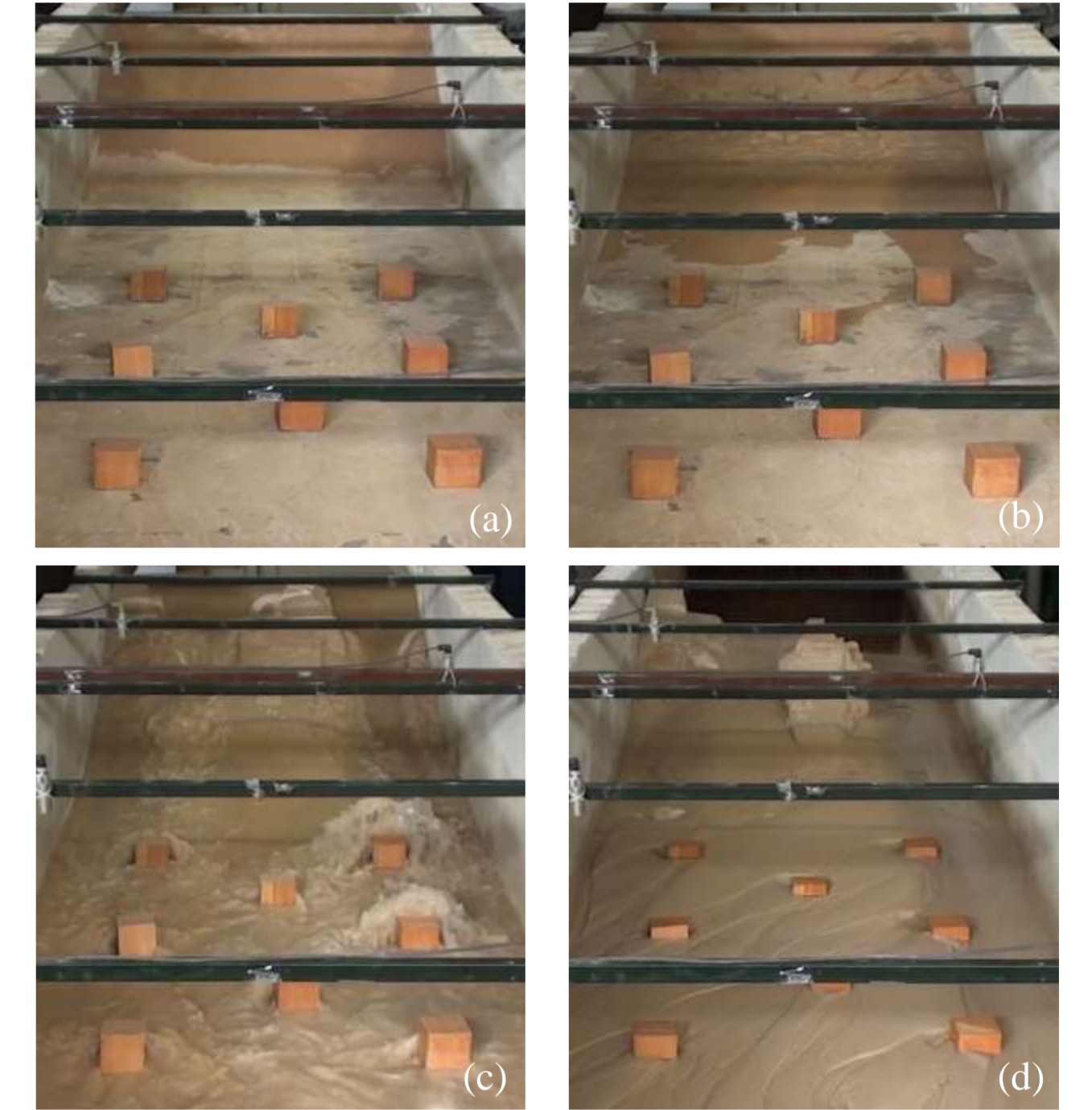
Şekil 7. 5 Nolu USS20130 sensörünün zamana bağlı su değişimi



Şekil 8. Batimetri Haritası

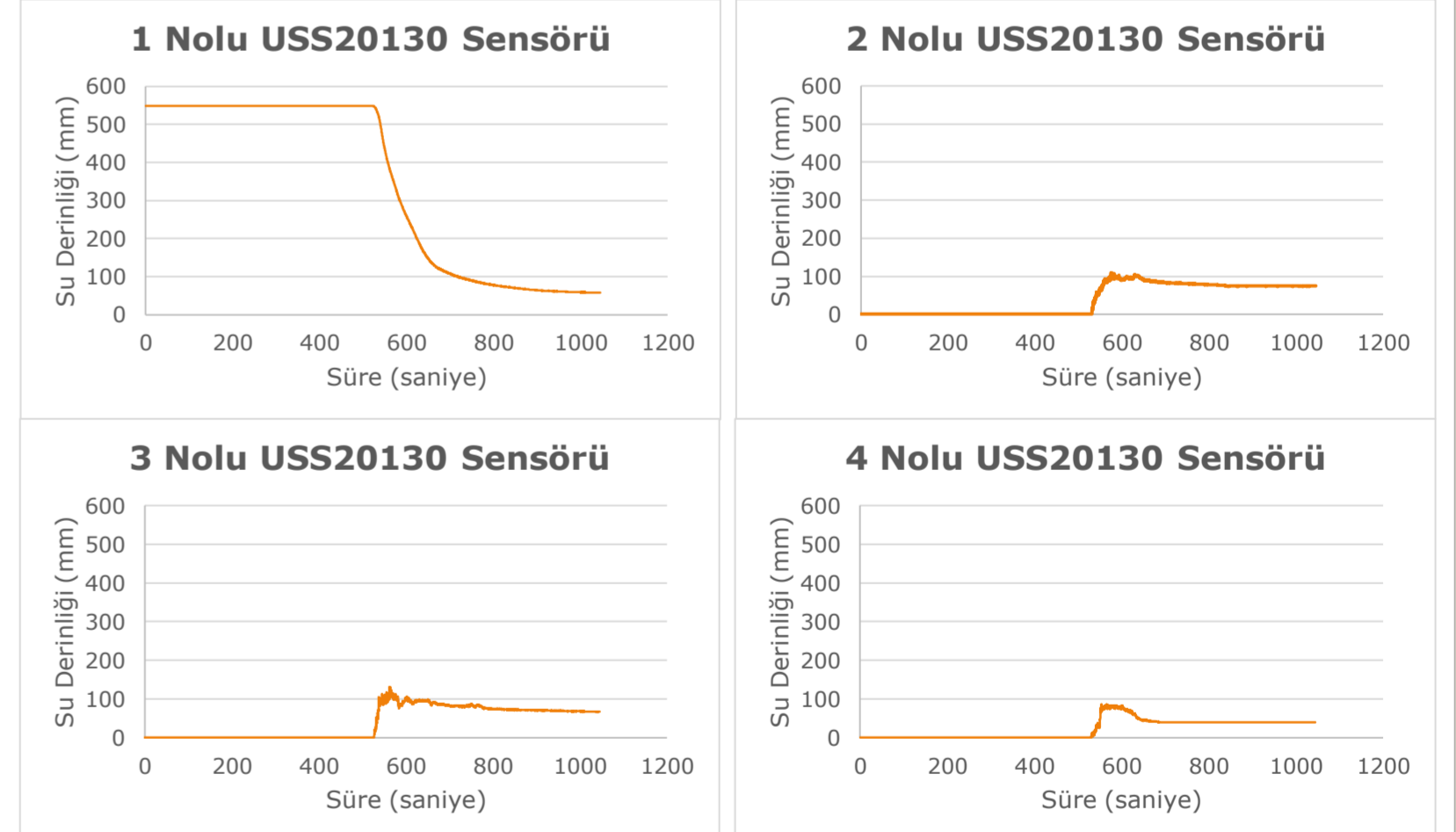
### • Pürüzlülük Elemanı Yerleştirildiği Durumda Borulanma ile Baraj Yıkılması

Yapmış olduğumuz deney sırasında memba ve mansap kısımlarına yerleştirilmiş olduğumuz video kayıtları içerisinde almış olduğumuz ekran görüntüleri (sırasıyla başlangıç anı, 60.saniye, 120.saniye ve 180.saniye) şekilde verilmiştir.

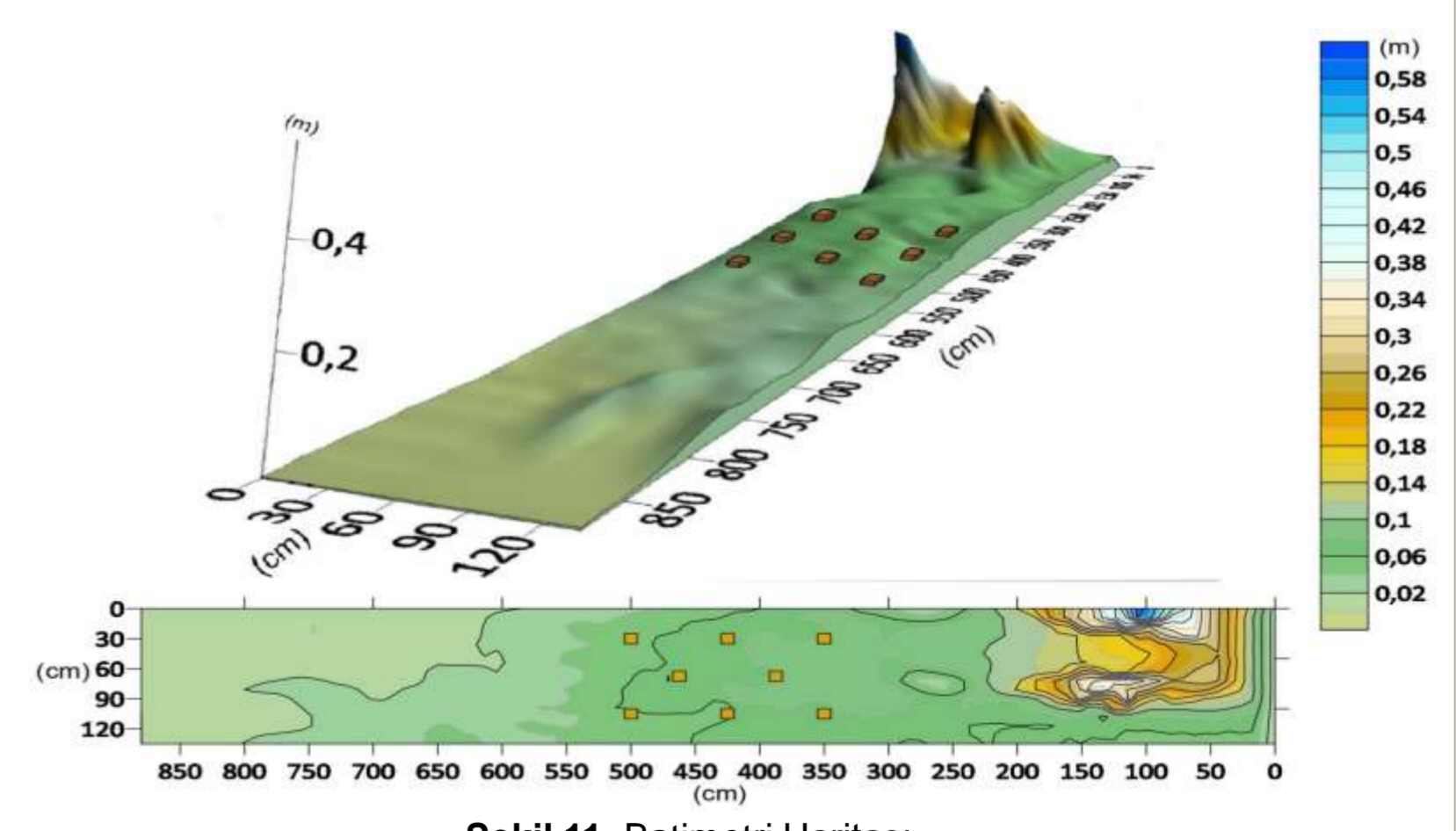


Şekil 9. Başlangıç anı, 60, 120 ve 180. saniyedeki baraj gövdesi görüntüleri

Deney tamamlandıktan sonra 5 adet USS20130 sensörlerinden almış olduğumuz ölçümlerin kaydedildiği "Su Derinliği (mm) - Süre (saniye)" grafiği çizilmiştir.



Şekil 10. 1, 2, 3 ve 4 Nolu USS20130 sensörlerinin zamana bağlı su değişimleri



Şekil 11. Batimetri Haritası

## TEŞEKKÜR

Bitirme projemiz süresince bize her türlü desteği sağlayan ve yardımlarını esirgemeyen tez danışmanımız, Doç. Dr. Mustafa DOĞAN Doç. Dr. Ayşegül ÖZGENÇ AKSOY ve Prof. Dr. Birol KAYA'ya; bilgi ve yardımlarından dolayı NOUIOUI Bassem'e; hayatımızın her anında olduğu gibi lisans eğitimlerimiz boyunca bize destek veren ailelerimize, içten ve sonsuz teşekkürlerimizi sunarız.

## KAYNAKLAR

Aajami, A. (2019) Toprak Dolgu Barajların Yıkılmasının Modellemesi  
Tayfur, G. (2020-2023) TÜBİTAK 119M959 Nolu Proje Toprak Dolgu Baraj Yıkılması Sonucu Oluşan Sediment Taşınımının Deneysel ve Sayısal Model ile Araştırılması-Gerçek Barajlara CBS Ortamında Uygulanması