ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DOKTORA TEZİ

Zamana Bağlı Sızma Problemlerinin Laplace Uzayında Analizi

Timuçin Alp ASLAN

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Haziran, 2023

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DOKTORA TEZ ONAYI

Zamana Bağlı Sızma Problemlerinin Laplace Uzayında Analizi

Timuçin Alp ASLAN

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Bu Doktora Tezi ../../…. Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından Değerlendirilmiş ve Oy Birliği / Oy Çokluğu ile Kabul Edilmiştir.

Jüri : Prof. Dr. Beytullah TEMEL (Danışman) ……

: Prof. Dr. Recep YURTAL ……

: Prof. Dr. M. Sami AKÖZ ……

: Prof. Dr. Faruk Fırat ÇALIM ……

: Doç. Dr. M. Fatih ŞAHAN ……

Bu Tez Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında Hazırlanmıştır.

Tez No:

Prof. Dr. Sadık DİNÇER
Enstitü Müdürü

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

İÇİNDEKİLER

ÖZ I
ABSTRACT II
TEŞEKKÜR III
ÇİZELGELER DİZİNİ… IV
ŞEKİLLER DİZİNİ V
SİMGELER VE KISALTMALAR VII
1. GİRİŞ 1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR 3
2.1. Kararlı Hal ile İlgili Literatür Çalışmaları 3
2.2. Kararsız Hal ile İlgili Literatür Çalışmaları 6
3. MATERYAL VE METOT 9
3.1. Sızma ile İlgili Genel Denklemler 9
3.2. Kararlı Hal için Formülasyon 12
3.2.1. Sonlu Eleman Formülasyonu 12
3.2.2. Sınır Şartları 19
3.3. Kararsız Hal için Formülasyon 21
3.3.1. Hibrit Çözüm Yöntemi 21
3.3.2. Laplace Uzayında Çözüm 26
4. SAYISAL ANALİZ 31
4.1. Kararlı Durumlar için Analizler 31
4.1.1. İzotrop Dolgu Baraj Gövdesinde Sızma Analizi 31
4.1.2. Anizotrop Dolgu Baraj Gövdesinde Sızma Analizi 35
4.1.3. Yatay Drenajlı Anizotrop Dolgu Baraj Gövdesinde Sızma Analizi 37
4.1.4. Memba ve Mansap Suyu olan İzotrop Dolgu Baraj Gövdesinde Sızma Analizi 38
4.1.5. İzotrop Baraj Temelinde Sızma Analizi 40
4.1.6. Geçirimsizlik Perdeli İzotrop Baraj Temelinde Sızma Analizi 43
4.1.7. Temeli Katmanlardan Oluşan Barajda Sızma Analizi 45
4.1.8. Dolgu Baraj Gövde ve Temelinde Sızma Analizi 46
4.1.9. Yatay Drenajlı Anizotrop Dolgu Baraj Gövdesinde Sızma Analizi 48
4.2. Kararsız Durumlar için Analizler 49
4.2.1. Tek Boyutlu Akiferde Sızma Analizi 49
4.2.2. İzotrop Baraj Temelinde Sızma Analizi 52
4.2.3. Katmanlı Baraj Temelinde Sızma Analizi 55
4.2.4. Geçirimsizlik Perdesi Bulunan Katmanlı Baraj Temelinde Sızma Analizi 56
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 61

5.1. Genel 61
5.2. Sonuçlar 61
5.3. Öneriler 62
KAYNAKLAR 65
ÖZGEÇMİŞ 73

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DOKTORA TEZİ

Zamana Bağlı Sızma Problemlerinin Laplace Uzayında Analizi

Timuçin Alp ASLAN

Danışman: Prof. Dr. Beytullah TEMEL

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

ÖZ

Bu çalışmada, dolgu baraj gövdesi ve temelindeki iki boyutlu zamana bağlı ve zamandan bağımsız durumlar için sızma analizleri, Galerkin yaklaşımına dayalı sonlu elemanlar yöntemi (SEY) ile incelenmiştir. Farklı zemin türlerinin, yatay drenaj uzunluğunun ve geçirimsizlik perdesinin sızma üzerindeki etkileri detaylı olarak araştırılmıştır. Darcy kanunu ve süreklilik denklemleri, zemindeki suyun hareketini idare eden temel denklemler olarak kullanılmıştır. Zamana bağlı halde meydana gelen sızma miktarı Laplace uzayında SEY ile hesaplanmıştır. Laplace uzayında elde edilen çözümlerden zaman uzayına geçmek için etkin bir sayısal ters Laplace yöntemi uygulanmıştır. Zamandan bağımsız halde baraj gövdesi içindeki noktalarda hidrolik yükü ve boşluk suyu basıncını ölçmek, freatik hattın konumunu belirlemek ve baraj gövde ve temelindeki sızma miktarını bulmak için Fortran dilinde bir bilgisayar programı hazırlanmıştır. Zamana bağlı ve zamandan bağımsız durumlar için elde edilen hidrolik yük değerleri literatürdeki mevcut çalışmalar ile karşılaştırılarak programın doğruluğu, uygulanabilirliği ve etkinliği gösterilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Zamana Bağlı ve Zamandan Bağımsız Sızma Analizi, Laplace Dönüşümü, Hidrolik Yük, Baraj, Sonlu Elemanlar Yöntemi.

CUKUROVA UNIVERSITY

INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

PhD THESIS

Analysis of Transient Seepage Problems in The Laplace Domain

Timuçin Alp ASLAN

Advisor: Prof. Dr. Beytullah TEMEL

Department of Civil Engineering

ABSTRACT

In this study, two-dimensional steady-state and transient seepage analysis of the embankment dam body and its base is examined using the finite element method (FEM) based on Galerkin's approach. The effects of different soil types, and the effects of horizontal drainage length and the cutoff wall on seepage are investigated in detail. Darcy's law and continuity equations are used as basic equations governing the movement of water in the soil. The amount of seepage that occurs in the transient case has been calculated by the FEM in the Laplace domain. The solutions obtained are transformed to the time domain using an effective numerical inverse Laplace method. A computer program has been prepared in Fortran programming language to find the hydraulic load, pore-water pressure values, and phreatic line pressure values at the points inside the dam body and the amount of seepage on the bottom and body of the dam. The hydraulic head values obtained for steady-state and transient seepage have been compared with the existing studies in the literature and the accuracy, applicability, and effectiveness of the program is demonstrated.

Keywords: Steady State and Transient Seepage Analysis; Laplace Domain; Hydraulic Head, Dam, Finite Element Methods.

TEŞEKKÜR

Tez çalışmamın her aşamasında büyük bir titizlik, sabır ve ilgi ile bana destek olan, yol gösteren değerli danışman hocam sayın Prof. Dr. Beytullah TEMEL'e sonsuz şükranlarımı sunarım.

Tez izleme komitesi üyeleri değerli hocalarım sayın Prof. Dr. Recep YURTAL, Prof. Dr. Faruk Fırat ÇALIM ve çalışmalarım sırasında yardımlarını esirgemeyen sayın Prof. Dr. Mehmet ARDIÇLIOĞLU hocalarıma teşekkürlerimi sunarım.

Çukurova Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyesi hocalarıma ve araştırma görevlisi arkadaşlarıma manevi olarak desteklerinden dolayı teşekkür ederim.

Ayrıca her zaman verdiği destek ve motivasyonla yanımda yer alan değerli arkadaşım Dr. Öğr. Üyesi Ahmad Reshad NOORİ'ye teşekkür ederim.

Hayatımın tüm aşamalarında yanımda olan başta babam Hayri ASLAN ve annem Özgül ASLAN olmak üzere ailemin tüm bireylerine minnetlerimi sunarım.

ÇİZELGELER DİZİNİ **SAYFA**

Çizelge 3.1. Gauss integrasyon için apsis ve ağırlık değerleri 17
Çizelge 4.1. Dolgu baraja ait birim genişlikten geçen sızma debisi (m^3/s/m) 32
Çizelge 4.2. Dolgu baraja ait eleman sayısına göre birim zamanda geçen sızma miktarı (m^3/s/m) 33
Çizelge 4.3. Dolgu baraja ait hidrolik yük ve basınç yükü değerleri 34
Çizelge 4.4. Farklı zemin özelliklerindeki dolgu barajlara ait birim genişlikten geçen sızma debisi (m^3/s/m) 36
Çizelge 4.5. Farklı uzunlukta yatay drenaja sahip dolgu barajlara ait birim genişlikten geçen sızma debisi (m^3/s/m) 37
Çizelge 4.6. Dolgu baraja ait birim genişlikten geçen sızma debisi (m^3/s/m) 39
Çizelge 4.7. Baraj temelinden birim genişlikten geçen sızma debisi (m^3/s/m) 41
Çizelge 4.8. Baraja ait hidrolik yük ve basınç yükü değerleri 42
Çizelge 4.9. Farklı uzunlukta geçirimsizlik perdesine sahip baraj temelinden birim genişlikten geçen sızma debisi (m^3/s/m) 43
Çizelge 4.10. Baraj temel zemini katman bilgileri 45
Çizelge 4.11. Sadece baraj temelinden birim genişlikten geçen sızma debisi (m^3/s/m) 46
Çizelge 4.12. Baraj gövde ve temelinden birim genişlikten geçen sızma debisi (m^3/s/m) 46
Çizelge 4.13. Tek boyutlu Akifer için zamana bağlı yük fonksiyonu ve Laplace dönüşümü 49
Çizelge 4.14. İzotrop baraj için zamana bağlı yük fonksiyonu ve bunun Laplace dönüşümü 52
Çizelge 4.15. Katmanlı baraj için zamana bağlı yük fonksiyonu ve bunun Laplace dönüşümü 56
Çizelge 4.16. Geçirimsizlik perdeli baraj için zamana bağlı yük fonksiyonu ve bunun Laplace dönüşümü 57

ŞEKİLLER DİZİNİ **SAYFA**

Şekil 3.1. Darcy Kanunu İle İlgili Deney Düzeneği 9
Şekil 3.2. Gözenekli Ortamdaki Akım için Birim Kontrol Hacmi 11
Şekil 3.3. Hidrolik Bir Yapının Altındaki Doymuş Geçirgen Topraktan Su Akımı 12
Şekil 3.4. Sekiz Düğümlü Kuadratik Dörtgen Eleman 14
Şekil 3.5. Gauss İntegrasyon Noktaları 17
Şekil 3.6. Eleman Kenarına Etkiyen Akım ve Düğüm Katkıları 18
Şekil 3.7. Dolgu Barajda Sızma ve Sınır Şartları 19
Şekil 3.8. Hidrolik Yük Fonksiyonun SF Ağı 23
Şekil 4.1. Dolgu Baraj Gövde Kesiti ve Malzeme Özellikleri 31
Şekil 4.2. Dolgu Baraj Sonlu Eleman Modeli 32
Şekil 4.3. Dolgu Baraja Ait Freatik Hatlar 33
Şekil 4.4. Dolgu Baraj Gövde Kesiti ve Özellikleri 35
Şekil 4.5. Anizotrop Dolgu Baraja Ait Freatik Hatlar 36
Şekil 4.6. Yatay Drenajlı Dolgu Baraj Gövde Kesiti ve Malzeme Özellikleri 37
Şekil 4.7. Yatay Drenajlı Anizotrop Dolgu Baraja Ait Freatik Hatlar 38
Şekil 4.8. Dolgu Baraj Gövde Kesiti ve Malzeme Özellikleri 39
Şekil 4.9. Memba ve Mansap Suyu olan İzotrop Dolgu Baraja Ait Freatik Hatlar 40
Şekil 4.10. İzotrop Baraj Gövde-Temel Kesiti ve Malzeme Özellikleri 40
Şekil 4.11. Baraja Etkiyen Kaldırma Kuvveti 41
Şekil 4.12. Geçirimsizlik Perdeli Baraj Gövde-Temel Kesiti ve Malzeme Özellikleri 43
Şekil 4.13. Baraja Etkiyen Kaldırma Kuvveti 44
Şekil 4.14. Baraj Gövde-Temel Kesiti 45
Şekil 4.15. Dolgu Baraj Gövde-Temel Kesiti 46
Şekil 4.16. Dolgu Baraja Ait Freatik Hat 47
Şekil 4.17. Yatay Drenajlı Dolgu Baraj Gövde-Temel Kesiti 48
Şekil 4.18. Tek Boyutlu Akifer 49
Şekil 4.19. Akiferdeki Hidrolik Yükün Zaman Değişim Grafikleri 51
Şekil 4.20. Baraj Gövde-Temel Kesiti ve Malzeme Özellikleri 52
Şekil 4.21. Memba Bölgesinde Zamana Bağlı Su Seviyesinin Ani Değişimi 52
Şekil 4.22. R Noktasındaki Hidrolik Yükün Zamanla Değişimleri 53
Şekil 4.23. G Noktasındaki Hidrolik Yükün Zamanla Değişimleri 53
Şekil 4.24. Belirli Noktalardaki Hidrolik Yükün Zamanla Değişimleri 54
Şekil 4.25. Temel Tabanındaki Noktalarda Hidrolik Yükün Uzunlukla Değişimleri 54
Şekil 4.26. Baraj Gövde-Temel Kesiti ve Malzeme Özellikleri 55
Şekil 4.27. Memba Bölgesinde Zamana Bağlı Su Seviyesinin Ani Değişimi 55

Şekil 4.28. Belirli Noktalardaki Hidrolik Yükün Zamanla Değişimleri 56
Şekil 4.29. Geçirimsizlik Perdeli Baraj Gövde-Temel Kesiti ve Malzeme Özellikleri 57
Şekil 4.30. Memba Bölgesinde Zamana Bağlı Su Seviyesinin Ani Değişimi 57
Şekil 4.31. A (0, 0) Noktasındaki Hidrolik Yükün Zamanla Değişimi.....58
Şekil 4.32. B (4, 3) Noktasındaki Hidrolik Yükün Zamanla Değişimi.....58
Şekil 4.33. C (5.5, 5) Noktasındaki Hidrolik Yükün Zamanla Değişimi.....59

SİMGELER VE KISALTMALAR

SEY	:	Sonlu Elemanlar Yöntemi
SFY	:	Sonlu Farklar Yöntemi
SHY	:	Sonlu Hacimler Yöntemi
q	:	Sınır Yük Vektörü
n_x	:	X Yönünde Sınır Birim Vektörü
n_y	:	Y Yönünde Sınır Birim Vektörü
ψ	:	Ağırlık Fonksiyonu
h	:	Hidrolik Yük
δh	:	Hidrolik Yükün Varyasyonu
Γ	:	Eleman Sınırı
$[K]$	:	İletkenlik Sabitleri Matrisi
$[g_e]$	:	Eleman Sızma Matrisi
$[r_e]$	:	Eleman Depolama Matrisi
$\{h\}$	:	Eleman Hidrolik Yük Vektörü
$\{f_s\}$	:	Eleman Yük Vektörü
K_x	:	X Yönünde Hidrolik İletkenlik Katsayısı
K_y	:	Y Yönünde Hidrolik İletkenlik Katsayısı
$[N]$	:	Şekil Fonksiyonu
$[G]$	:	Sistem Sızma Matrisi
$[R]$	:	Sistem Depolama Matrisi
$\{H\}$	:	Sistem Hidrolik Yük Vektörü
$\{F\}$	:	Sistem Yük Vektörü
$[J]$	:	Jacobian Dönüşüm Matrisi
s	:	Laplace Dönüşüm Parametresi

1. GİRİŞ

Barajlar, esas olarak su biriktirmek için hazne oluşturmak üzere bir akarsu vadisini kapatan ve biriken sudan enerji üretimi, sulama ve içme suyu temini, hidroelektrik enerji üretimi, endüstri suyu sağlama ile beraber taşkın kontrolü, dinlenme yeri sağlama, balıkçılığın geliştirilmesi ve korunması, akarsu ve iç suyolu ulaşımı, akarsu deltalarında tuzluluğun giderilmesi ve katı maddenin tutulması ve kontrol edilmesi için çok amaçlı olarak inşaa edilen mühendislik yapılarıdır. Ayrıca rekreasyon ve spor alanlarının oluşumu, toprak erozyonunun önlenmesi veya azaltılması ile toprak muhafazasının sağlanması, milli gelire ve istihdama olumlu etki yapması, iklim üzerinde pozitif etkisinin olması, su kalitesi ve kirlenme kontrolünün sağlaması gibi bir çok faydası bulunmaktadır.

Günümüzde su kaynaklarına olan ihtiyacın giderek artması büyük su yapıları inşa edilmesini zorunlu hale getirmektedir. Su yapılarının büyüklüğü nispetinde oluşabilecek zararların artması gibi hususlar göz önüne alındığında; bu tür yapıların tekniğine uygun bir şekilde inşa edilmeleri, olası zararlara karşı güvenliklerinin sağlanması, analiz ve tasarımlarının daha hassas olarak yapılmalarını gerektirmektedir. Ayrıca bu tür mühendislik yapılarında, zemin içindeki suyun durumu ve hareketi takip edilmelidir. Benzer problemlerden biri de, su tutan dolgu barajların gövde ve temel zemininden geçmesi muhtemel su miktarının tespitidir. Sızma, barajın memba kısmında biriktirilen suyun kontrolsüz, ölçülemeyen biçimde mansap kısmına doğru devamlı hareketidir. Barajların gövdelerinde meydana gelebilecek sızmalar, haznelerinde su kayıplarına neden olduğu gibi, dolgu içerisinde erozyon ve borulanmalara sebep olmaktadır. Bu durum, baraj gövdesinde tahribatlara yol açmakta, hatta barajın yıkılmasına sebep olabilmektedir. Ayrıca baraj temelinde meydana gelen sızma olayı oturma problemlerine yol açabilmektedir.

Baraj gövde ve temelinde meydana gelen sızma analizlerinin yapılmasının amacı; gövde ve temelinde sızma kaybı miktarının belirlenmesinin yanı sıra gövde şevlerinin stabilitesi ve gerilme deformasyon analizlerinde kullanılacak baraj-temel sistemindeki boşluk suyu basınçlarının ölçülmesidir. Bir baraj temeli ile birlikte haznedeki su seviyesi ile mansap arasında hidrolik yük kaybı oluşması önemli bir problemdir. Oldukça geçirimli temel zemini üzerine oturan ve geçirimli malzemeden ibaret olan bir toprak dolgu barajda, haznedeki su, gerek gövde içinden ve gerekse temel zemini içinden sızarak mansap tarafına geçmeye çalışacaktır.

Baraj gövde ve zemininde meydana gelen sızma olayının önlenmesi için yatay drenaj, geçirimsizlik perdesi, kil çekirdek oluşturma gibi birçok yöntem bulunmaktadır. Fakat sızma probleminin ortaya çıkması durumunda hem uygulama zorluğu hem de ekonomik sebeplerden ötürü proje aşamasında sızma analizinin yapılması gerekmektedir. Bu ve benzeri durumlardan ötürü, baraj gövde ve temel zemininde meydana gelebilecek sızma problemlerini incelemek önem arz etmektedir.

Bu tez çalışmasında, dolgu baraj gövdesi ve temelindeki iki boyutlu zamana bağlı ve zamandan bağımsız sızma problemleri incelenmiştir. İki bölüm halinde yapılan çalışmalarda ilk olarak, zamandan bağımsız durum için sızma analizi Galerkin yaklaşımına dayalı SEY ile araştırılmıştır. Araştırmalar neticesinde yöntemin, mevcut çalışmalar ve farklı paket programların sonuçlarıyla karşılaştırılarak literatür ile iyi bir uyum içinde olduğu görülmüş ve Galerkin yöntemine dayalı SEY'in sızma probleminlerinde etkin bir şekilde kullanılabileceği gösterilmistir.

Baraj gövdesi içindeki noktalarda hidrolik yük ve basınç değerlerinin ölçülmesi, freatik hattın tahmin edilmesi ve baraj tabanındaki sızma miktarını bulmak için Fortran dilinde bir program hazırlanmıştır. Hazırlanan program yardımıyla farklı zemin türlerinin, yatay drenaj uzunluğunun ve geçirimsizlik perdesinin sızma miktarı üzerinde etkilerinin araştırıldığı 9 adet uygulama yapılmıştır.

Daha sonra zamana bağlı sızma analizleri ise, Laplace uzayında SEY ile yapılmıştır. Laplace uzayında elde edilen çözümlerden zaman uzayına geçmek için Durbin'in modifiye edilmiş sayısal ters Laplace dönüşüm yöntemi kullanılmıştır.

Zamana bağlı sızma problemleri için genel amaçlı Fortran dilinde bilgisayar programları yazılarak 4 adet uygulama yapılmıştır. Sonuç olarak ele alınan farklı uygulamalar ile zamana bağlı halde Laplace uzayında yapılan sızma analizinin doğruluğu, sadeliği, uygulanabilirliği ve etkinliği ilk olarak bu çalışmada gösterilmiştir.

Özet olarak bu tez çalışması aşağıdaki bölümlerden oluşmaktadır:

2. bölümde, zamana bağlı ve zamandan bağımsız durumlarda sızma olayını araştıran literatür çalışmalarına yer verilmiştir. Burada özellikle baraj gövde ve temelinde meydana gelen sızma probleminin önemi üzerinde yoğunlaşılmıştır.

3. bölümde, sırasıyla zamana bağlı ve zamandan bağımsız halde sızma problemini idare eden denklemler elde edilmiş ve çözüm yöntemleri ayrıntılı bir şekilde anlatılmıştır.

4. bölümde, baraj temel ve gövdesi farklı geometri ve zemin özelliklerinden oluşan 13 adet problem üzerinde parametrik çalışmalar yapılıp sonuçlar karşılaştırmalı olarak şekil ve çizelgelerle sunulmuştur. Bu bağlamda çözüm yöntemlerinin doğruluğu gösterilmiştir.

5. bölümde ise çalışmadan elde edilen sonuçlara ve önerilere yer verilmiştir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Literatür incelendiğinde, zamana bağlı ve zamandan bağımsız sızma problemlerinin çözümü için sonlu elemanlar yöntemi (SEY), sonlu farklar yöntemi (SFY), sonlu hacimler yöntemi (SHY), sınır elemanlar yöntemi, analitik yöntemler (Kozeny parabolü, Casagrandae yaklaşımı, Dupuit yaklaşımı, Pavlovsky yaklaşımı), Elektrik benzeşim modeli, Grafik metodu ve akım ağları gibi birçok yöntemin kullanıldığı görülmektedir.

2.1. Zamandan Bağımsız Hal ile İlgili Literatür Çalışmaları

Sızma olayı ile ilgili olarak ilk çalışmaları 1856 yılında Darcy gerçekleştirmiştir. Darcy, incelemeler neticesinde toprak gibi ince geçirgen ortamlarda hidrolik eğimin birinci dereceden etkili olduğu su sızmaları üzerine araştırmaları yürütmüştür. 1880'lerde ise Forchheimer; Laplace diferansiyel denklemleri yardımıyla su basıncının yayılması ve su hızının bulunabildiğini göstermiştir. Daha sonra ise birbirlerinden bağımsız olarak Forchheimer (1901) ve Richardson (1911) etkili bir grafik metot geliştirerek Laplace denkleminin hemen hemen doğru sonuçlar verdiğini ispatlamışlardır. Ancak bu yöntem 1937'de Casagrandae (1937) çok yönlü yaptığı çalışmasını yayınladıktan sonra kullanılmaya başlanmıştır. Ortaya konulan çalışmalar sonucunda Laplace denklemi sızma analizi için standart işlem haline gelmiştir.

SEY'in sınırlandırılmış sızma akımına uygulanması ilk kez Zienkiewicz ve ark. (1966) tarafından yapılmış ve zonlu izoparametrik olmayan akım bölgeleri için çözümler, toplam enerji hidrolik yük h(x,y)'nin dağılımı şeklinde elde edilmiştir. Aynı problemin sınırlandırılmamış akıma uygulanması Finn (1967), King ve Chowdury (1971) tarafından ele alınmış ve ilave olarak akımın debisi de hesaplanmıştır. Papacianakis ve Fredlund (1984) doymuş ve doymamış zemin arasındaki sürekli akımı tanımlayan bir model önermişlerdir. Sızma akımını yöneten doğrusal olmayan diferansiyel denklemi iteratif bir sonlu elemanlar şeması kullanarak çözmüşlerdir. Cividini ve Gioda (1984) tarafından serbest yüzeyli sızma akımı analizi için adım adım yaklaşık sonlu eleman çözümü yapılmıştır. Tracy ve Marino (1987), doygun gözenekli ortamda zamandan bağımsız halde sızma olayını Galerkin SEY'i kullanarak incelemişlerdir. Lam ve ark. (1987) doymuş ve doymamış zeminler için zamandan bağımsız sızma modeli olan geoteknik mühendislik yaklaşımını önermişlerdir. İki boyutlu akım için Galerkin ağırlıklı artıklar yaklaşımına dayalı olarak diferansiyel denklemlerin çözümünde lineer üçgen eleman kullanarak SEY'i uygulamışlardır. Buldukları sonuçları karşılaştırmak için sonlu eleman tabanlı TRAASE isimli bilgisayar programını kullanmışlardır.

Ardıçlıoğlu (1990), toprak dolgu baraj gövdelerindeki karalı iki boyutlu sızma olayını bilineer dörtgen eleman kullanarak Langrangian fonksiyonu yardımıyla elde ettiği denklemleri SEY ile incelemiş ve Fortran dilinde program hazırlamıştır. Çalışmalar sonucunda sızma miktarını ve freatik hattın konumunu bulmuştur. Güngör (1995), toprak dolgu barajlarda meydana gelen

sızma olayını hazırladığı sonlu elemanlar modeli ile sayısal olarak incelemiştir. Bilgisayar programı yardımıyla baraj gövdesi ve tabanındaki akımın, hız ve potansiyel dağılımını vermiştir. Yılmaz (1999), baraj gövdesi altındaki sızma problemini çözmek amacıyla sabit ağ yapısı kullanarak iki boyutlu homojen izotrop halde zamandan bağımsız durumlar için yeraltı suyu akım denklemini MS-Excel'deki döngüsel başvurudan yararlanarak Elektronik Tablolama Programı (ETP) aracılığıyla çözmüştür. Sonlu fark denklemlerini kütlenin korunumu prensibiyle türetmiştir.

Leontiev ve Huacasi (2001), gözenekli ortamda serbest bölgede zamandan bağımsız akımın sayısal simülasyonu için matematiksel bir programlama tekniği sunmuşlardır. Özgün serbest sınır değer problemini bir şekilsel optimizasyon problemi olarak düşünerek, sınır elemanları ayrıklaştırma işlemini gerçekleştirmişlerdir. Xu (2002), doygun ve doygun olmayan sızma akımı modelini kullanarak dolgu barajların optimum hidrolik tasarımını ele almıştır.

Keskin (2005) çeşitli palplanş, bağlama ve toprak dolgu barajların gövdesindeki ve altındaki sızmadan dolayı meydana gelen potansiyel ve hız dağılımlarını SEY ile iki boyutlu olarak ele almıştır. Mesci (2006) tez çalışmasında, baraj gövdesinde oluşan sızma miktarını bulmak için uygulanan yöntemleri incelemiştir. Ayrıca akım çizgileri ve eş potansiyel çizgileri hesap ederek grafiksel olarak değerlendirmiştir. Çilingir (2007), Büyükçekmece barajının gövdesinde meydana gelen sızmaları SEEP/W program ile incelemiş ve DSİ'nin yapmış olduğu sızma gözlemleri verileri ile karşılaştırmıştır. Darbandi ve ark. (2007) çalışmalarının temel amacı, değişik geometrili alanlardaki sızma problemini çözebilen yeni bir hareketli kafes SHY geliştirmek olmuştur. Ouria ve Toufigh (2009) serbest sızma problemini çözmek için Nelder-Mead basit optimizasyonuna dayanan SEY'i kullanmışlardır.

Çakır (2011), kollokasyon yöntemi yardımıyla sızma problemine uygun sayısal bir model geliştirmiştir. MATLAB programı aracılığıyla çözümler yapmıştır. Sağlıca (2013), sonlu farklar hesap yöntemini kullanarak incelediği sızma problemi için program yazmış ve literatür sonuçlarıyla karşılaştırmaları yapmıştır.

Rafiezadeh ve Ataie-Ashtiani (2013), çok alanlı genel anizotropik ortamda sızma analizi için üç boyutlu sınır eleman çözümü için dönüşüm yaklaşımını temel almışlardır. El-Jumaily ve Al-Bakry (2013), hidrolik yapıların altındaki ve içindeki sızma olayını yapının parçalara ayrılmasına gerek kalmadan aynı anda incelemiş ve daha sonra her bir parçayı ayrı ayrı analiz etmişlerdir. Analizlerini dikdörtgen elemanlar kullanarak SHY ile gerçekleştirmişlerdir. Jie ve ark. (2013), barajların zamandan bağımsız durumda sızma analizinde ağsız yöntemlerin bir türü olan doğal eleman yöntemini kullanmışlardır. İlk olarak başlangıç freatik hat kabul edilmiş ve konumu hesaplama sonuçlarına göre ayarlamışlardır.

Çelik (2014) İkizdere barajı üzerinde yaptığı çalışmasında, inşaat sonu baraj gövdesinde oluşan sızma değerleri ile SEEP/W program sonucunu karşılaştırmalı olarak vermiştir.

Djehiche ve ark. (2014) toprak barajlarda düşey drenaj konumunun ve yüksekliğinin zamandan bağımsız hade sızma olayı üzerine etkisini deneysel yöntemle incelemiştir. Wang ve ark.

(2015), izotropik barajlarda iki boyutlu zamandan bağımsız hal sızma analizi için Green'in fonksiyon tabanlı SEY'i kullanan bir çözüm prosedürü sunmuşlardır. Mevcut yöntemin modelleme verimliliğini ve çözüm doğruluğunu göstermek için ABAQUS programından yararlanmışlardır.

Kesgin (2015), örnek olarak seçtiği atık dolgu barajda meydana gelen sızma olayını SFY ile geliştirdiği sayısal yöntemle araştırmıştır. Ayrıca freatik hattın belirlenmesinde ve hesaplanmasında kullanılan yöntemleri karşılaştırmıştır. Gao ve ark. (2015) Ortotropik barajların iki boyutlu zamandan bağımsız halde sızma analizi için hibrit SEY'i kullanan bir çözüm prosedürü sunmuş ve analitik çözümler yoluyla doğrulamıştır. Yuan ve Zhong (2016), üç boyutlu sınırlandırılmamış sızma problemleri analizi için zayıf formlu kuadratik eleman yöntemini kullanmışlardır. Zhang ve ark. (2017) incelemelerinde, sızma analizini araştırırken serbest su yüzeyinin belirlenmesi için Monte Carlo integrasyonu ile hareketli Kriging Meshsiz yöntemini önermişlerdir. Xiao ve ark. (2017) çalışmasında, temel çözümler yöntemini kullanarak katmanlı toprakta serbest yüzey sızma olaylarının sayısal çözümlerini sunmaktadır.

Khassaf ve Madhloom (2017), çekirdek geçirgenliğini ve çekirdek kalınlığını değiştirmenin etkisiyle çekirdek bölgeli toprak barajlarda meydana gelen sızma miktarını, SEY SLIDE V.5.0 yazılımıyla bulmuşlardır. Çalamak ve ark. (2018) zamandan bağımsız durum sızma analizini, gözenekli ortamdaki akımın kısmi diferansiyel denkleminin sayısal çözümüne dayanan SEEP/W yazılımını kullanarak yürütmüştürler. Dai ve ark. (2019), serbest sızma problemi için uyarlanabilir hareketli ağ algoritması ile Galerkin SEY'i birleştiren pratik bir metodoloji sunmuşlardır. Sonuçları diğer sayısal yaklaşımlarla karşılaştırarak vermişlerdir. Zewdu (2019), Koga toprak dolgu baraj gövde ve temelinde meydana gelen sızma miktarını sonlu eleman tabanlı PLAXIS 2D yazılımını kullanarak hesaplamıştır. Taghvaei ve ark. (2019), SEEP/W yazılımını kullanarak farklı kil-kum bileşimlerinde zemin toprak barajının sayısal modelini hazırlamışlar ve deneysel sonuçlarla doğrulamışlardır.

El Molla (2019), geçirimsiz temel üzerinde oluşturulan bir toprak barajının kesiti boyunca toplam sızma hızları üzerinde palplanş varlığının yanı sıra, yüksekliği ve konumunun etkisini belirlemeyi amaçlamıştır. Mohsenian ve ark. (2019), palplanş ve memba örtüsünün farklı derinlik ve uzunlukları için alüvyal temellerdeki yükselme basıncını belirlemek için hız hodografı ve Schwarz-Christoffel integrallerini kullanmışlardır. Analitik çözümün doğruluğunu değerlendirmek için laboratuvar çalışmaları da yapmışlardır.

Bakr ve ark. (2019), bir beton baraj altında homojen bir izotropik zemin içinde, geçirimsizlik perdesi konum ve eğiminin sızma üzerindeki etkisini incelemek için diferansiyel kareleme eleman yöntemini kullanmışlardır. Sayısal yöntem, hız dağılımını ve çıkış gradyanını belirlemek için Python dilinde bilgisayar kodu yazmışlardır. Sanayei ve Javdanian (2020), simetrik olmayan sınır koşullarına sahip barajlardan zamandan bağımsız halde sızma olayı için yeni bir analitik çözüm–geliştirmişlerdir. Barajlarda, iki boyutlu durumlar için simetrik olmayan sınır

koşullarını baraj düzleminin mansap kısmında farklı birim basamak fonksiyonları ile oluşturmuşlardır.

Salmasi ve ark. (2020), baraj temelinde meydana gelen sızma olaylarında geçirimsizlik perdesi ve mansap filtrelerinin etkisini araştırmak için SEY'i ve sayısal modeli doğrulamak için deneysel verileri kullanmışlardır. Kheiri ve ark. (2020), kil çekirdekli set barajlarının altındaki sızmayı SEEP/W programını kullanarak hesaplamışlar ve sonuçlarının doğruluğunu fiziksel modelleme sonuçlarıyla karşılaştırarak göstermişlerdir. Wang ve ark. (2020) zamandan bağımsız sızma problemlerinin analizi için SEY ve radyal nokta enterpolasyon yönteminin bir kombinasyonu olarak geliştirilmiş yöntemi önermişlerdir. Xu ve ark. (2020), Beijiang Dike barajında zamana bağlı sızma olayını SEEP/W programını kullanarak incelemişlerdir. Ayrıca baraj üzerine yerleştirdiği piyezometrenin ölçülen verilerini zamandan bağımsız durum hesaplama modeliyle karşılaştırarak, hesaplanan sonuçların uyumlu olduğunu göstermişlerdir.

Coşkun (2021), tez çalışmasında Slide programı içerisinde yer alan Steady State Groundwater modülünü kullanarak farklı dolgu baraj tiplerinde gövde ve sızma analizlerini gerçekleştirmiştir.

Polater (2021), dolgu barajların farklı geçirimsiz malzemeler kullanarak sızma analizini araştırmıştır. Dumlu (2022), toprak dolgu barajlarda borulanma ve borulanma nedenli gedik oluşumunun deneysel ve sayısal araştırılmasını incelemiştir.

Kumar ve ark. (2022), homojen bir toprak barajın SEEP/W 2D programı ile yirmi bir modelini kullanarak yatay filtrelerin ve merkezi geçirimsiz çekirdeğin sızma üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Ayrıca deneysel çalışmalar da yapmışlardır. Halaza (2023) çalışmasında, toprak dolgu baraj kesiti belirlendikten sonra sonlu farklar metoduyla sızma ağı çizgilerini çıkartmış ve sızma miktarını hesaplamıştır. Sonlu farklar metodu ile GeoStudio SEEP/W programında elde edilen sonuçlardaki benzerlikleri göstermişlerdir.

2.2. Zamana Bağlı Hal ile İlgili Literatür Çalışmaları

Chang (1988), serbest bölgedeki zamana bağlı ve zamandan bağımsız sızma problemleri için sınır eleman formulasyonunu uygulamıştır. Bu yöntemin uygulanabilirliğini, sayısal çözümler ile ölçülen, laboratuvar ve saha verileri arasındaki karşılaştırmalara dayanarak değerlendirmiştir.
Zhao ve Valliappan (1993), yarı-sonsuz ortamdaki zamana bağlı sızma problemlerinin çözümünü incelemişlerdir. Mevcut sonsuz elemanın doğruluğunu ve etkinliğini incelemek için, hem yarı-sonsuz bir ortamda, bir boyutlu sızma problemi hem de tam bir düzlemde iki boyutlu zamana bağlı sızma problemini sonlu ve sonsuz eleman tekniği kullanarak çözmüşlerdir. Sonlu ve sonsuz elemanlardan elde edilen matrislerin çözümü, merkezi SFY kullanılarak yapmışlardır. Da Veiga ve ark. (1994) sınırlı ve serbest yüzey sızma problemini belirtmiş ve sınır koşullarıyla ilgili temel diferansiyel denklemleri hem sınır eleman yöntemleri hem de sonsuz sınırlar üzerinde sonlu-sonsuz eleman yöntemleri ile çözmüştür.

Thieu ve ark. (2000), geçirimli ve geçirimsiz zeminlerde sızma analizi için genel kısmi diferansiyel denklem çözümlerini sunmuşlardır. Çalışmasında PDEase2D programını kullanarak literatürde bulunan farklı hidrolik iletkenlik katsayıları için zamana bağlı ve zamandan bağımsız sızma analizlerini yapmış ve bunları karşılaştırmıştır.

Ayvaz (2004) değişken ağ yapısı kullanarak zamana bağlı heterojen anizotrop ortam için sızma olayını incelemiştir. Probleme ait kısmi diferansiyel denklemi ETP aracılığıyla iteratif adım metodu (Değişken Doğrultulu İteratif İmplisit Metod) ile çözmüştür. Li ve ark. (2003), toprak barajda zamana bağlı ve zamandan bağımsız halde sızma olayını analiz etmişlerdir. Makalede sunulan serbest yüzeyli sızma analizi için yalnızca düğümlerdeki bilgilere ihtiyaç duyan hareketli en küçük kareler yöntemine dayanan elemansız yöntem kullanmışlardır. Gürarslan (2004), iki boyutlu yeraltı suyu akımını ifade eden zamana bağlı kısmi diferansiyel denklemi belirli sınır koşulları altında düzensiz sonlu fark hesap şeması kullanarak çözmüştür.

Fu ve Jin (2009), baraj gövdesinden geçen zamana bağlı sızma akımını simüle etmek için sayısal bir model önermişlerdir. Sayısal modelin güvenilirliği ve doğruluğu için laboratuvarda zamana bağlı koşullarda barajdan sızma akımı deneyleri yapılmış ve analitik çözümlerle karşılaştırarak değerlendirmişlerdir. Stucchi ve ark. (2010), istinat veya ankastre yapılarda deprem etkileriyle doymuş zeminler içindeki sızma analizini gerçekleştirmişlerdir. Çalışmalarında sızma akımının zamana bağlı analizini sızma hızı yaklaşımı ve gözenek basıncı yaklaşımı olmak üzere iki tane sonlu eleman yaklaşımı ile incelemiştirler. Du ve Sun (2012), Huangbizhuang toprak barajından zamana bağlı halde meydana gelen sızma miktarını hesaplamışlardır. SEY'i kullanarak yaptıkları çalışmada farklı zamanlardaki freatik hattı da göstermişlerdir. Mowafy ve ark. (2014), değişken memba su yüksekliklerindeki toprak barajlardaki zamana bağlı sızma analizini sonlu elemanlar tekniğine dayalı ticari bir yazılım olan Z_SOIL ile araştırmışlardır. Deneysel çalışmalar yaparak yöntemini desteklemişlerdir. Stark ve ark. (2014), zamana bağlı halde ve doymamış sızma analizlerini SEEP/W programi ile incelemişlerdir. Aynı zamanda, zamana bağlı sızma analizleri için toprak sıkıştırılabilirliği ve hidrolik iletkenliğin önemini çalışmasında göstermişlerdir.

Çalamak (2014), dolgu barajların gövdesindeki zamana bağlı ve zamandan bağımsız sızma problemlerini araştırmıştır. Sızmanın belirsizlik esaslı analizleri için Monte Carlo benzeşimi tekniğini kullanmıştır. Çalamak ve ark (2015), hazne seviyesindeki ani düşmenin toprak dolgu barajlarda şev stabilitesine etkilerini incelemişlerdir. Bazyar ve Talebi (2015), zamana bağlı sızma problemlerinin analizi için yarı analitik bir hesaplama şeması olan ölçekli sınır SEY'i uygulamışlardır. Tekniğinin çok yönlülüğünü göstermek için örneklerinde farklı malzeme kullanmışlardır. Pedroso (2015), gözenekli ortamlardaki zamana bağlı haldeki sızma problemlerini incelemiştir. Sonlu eleman çözümlerinde freatik hat sınır koşulunu uygulamak için yöntem önermiş ve doğrulama örnekleri vermiştir. Chen ve Song (2015), serbest alanda zamana bağlı sızma problemleri için yeni bir yapay sınır yaklaşımı sunmuşlardır. Kesikli sınırdaki yapay sınır şartı, çözeltiler de dâhil olmak üzere bir boyutta geçici sızma problemleri için analitik çözümlerden

türetmişler ve iki boyutlu problemler için geçici olarak uygulamışlardır. Fukuchi (2018), interpolasyon SFY kullanarak sayısal analizlerle doğrulanan toprak barajların sızma miktarlarını ve serbest yüzey konumlarını tahmin etmek için yeni yüksek hassasiyetli ampirik yöntemler önermiştir. Su ve ark. (2021) homojen toprak barajının zamana bağlı ve zamandan bağımsız sızma analizi için Multikuadrik radyal tabanlı fonksiyon kollokasyon yöntemini kullanmışlardır. Bu yöntemle sızma problemi için önemli olan sızma yüzeyininde kolayca hesaplandığı vurgulanmıştır. Sharma (2021) makalelerinde, geliştirdikleri yöntemle gözenekli ortam boyunca zamana bağlı halde sızma olayını incelemişlerdir.

Luo ve ark. (2021), iki boyutlu zamana bağlı sızma probleminin analizini Galerkin ağırlıklı artık yöntemi yardımıyla incelemişlerdir. Richard sızma kontrol denklemindeki gerçek hidrolik yük yerine elemanın düğüm hidrolik yük ve şekil fonksiyonunu kullanarak bir fonksiyon oluşturmuşlar ve çözümünde dörtgen izoparametrik bir elemanı seçmişlerdir. Yang ve ark. (2022), zamana bağlı ve zamandan bağımsız sızma problemlerini çözmek için ölçekli sınır SEY ve çokgen ağ tekniğini entegre ederek kullanmışlardır. Önerilen yöntemi kullanıcı tanımlı bir öğe kullanarak Abaqus'ta uygulamışlardır.

Yapılan literatür araştırmaları sonucunda baraj gövdelerinde ve temelinde meydana gelen sızma miktarını belirlemede farklı yöntemlerle birçok çalışmayla karşılaşılmıştır. Yazarın bilgisine göre, zamana bağlı sızma analizi için, Laplace uzayında SEY kullanılarak yapılan herhangi bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Bu tezde, zamana bağlı sızma problemleri Laplace uzayında SEY ile incelenmiş ve elde edilen çözümlerden zaman uzayına geçmek için etkin bir sayısal ters Laplace metodu uygulanmıştır. Ayrıca incelenen tüm sızma problemleri için genel amaçlı Fortran dilinde bilgisayar programı hazırlanmış ve elde edilen sonuçların doğruluğu, literatürde mevcut çözümler ile karşılaştırmalar yapılarak gösterilmiştir.

3. MATERYAL VE METOT

Bu bölümde, zamana bağlı ve zamandan bağımsız durumlarda sızma olayını idare eden diferansiyel denklemin çözümü için sonlu elemanlar formülasyonları ele alınacaktır.

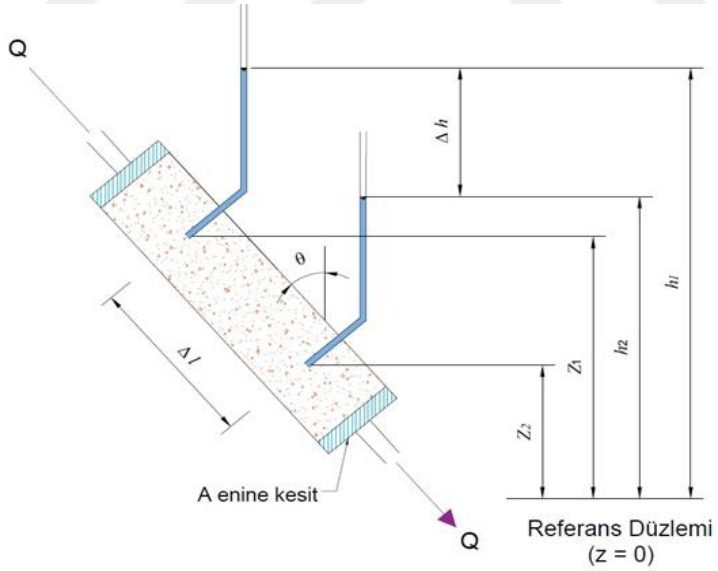
3.1. Sızma ile İlgili Genel Denklemler

Fransız mühendis Darcy, toprak içerisindeki akımı incelemek için kohezyonsuz, granüler olan homojen ortamlarda suyun hareketini belirleyen bir takım deneyler yapmıştır. Deneyler sonucunda Darcy kanunu olarak da bilinen Şekil 3.1.'de de ifade edildiği gibi sızan su debisinin Q (m^3/sn), kesit alanı A ve hidrolik eğimi (i) ifade eden $\Delta h/L$ ile orantılı olduğunu bulmuştur. Buna göre silindir içindeki darcy hızı v:

$$v = \frac{Q}{A} \tag{3.1.}$$

olarak tanımlanmaktadır.

Q'nun boyutunun $[L^3/T]$ ve A'nınki $[L^2]$ olduğunda v'nin boyutu, hız boyutu $[L/T]$ olur. Darcy tarafından yapılan deneyler Δl sabit olduğu zaman v'nin $h_1 - h_2$ ile doğru orantılı ve $h_1 - h_2$ sabit olduğunda ise Δl ile ters orantılı olduğunu göstermiştir. $\Delta h = h_1 - h_2$ olursa Darcy yasası,



Şekil 3.1. Darcy Kanunu İle İlgili Deney Düzeneği

$$v = -K\frac{\Delta h}{\Delta l} \tag{3.2.}$$

şeklinde ya da limit durumda

$$v = -K\frac{dh}{dl} \tag{3.3.}$$

diferansiyel formunda yazılabilir. Darcy yasasının bir alternatif formu (3.1.) eşitliği (3.3.) eşitliğine konularak elde edilebilir:

$$Q = -K \frac{dh}{dl} A \tag{3.4.}$$

Bu eşitlik bazen daha da kısaltılarak,

$$Q = -Ki\, A \tag{3.5.}$$

şeklinde yazılmaktadır. Bağıntıdaki *i* hidrolik eğimdir.

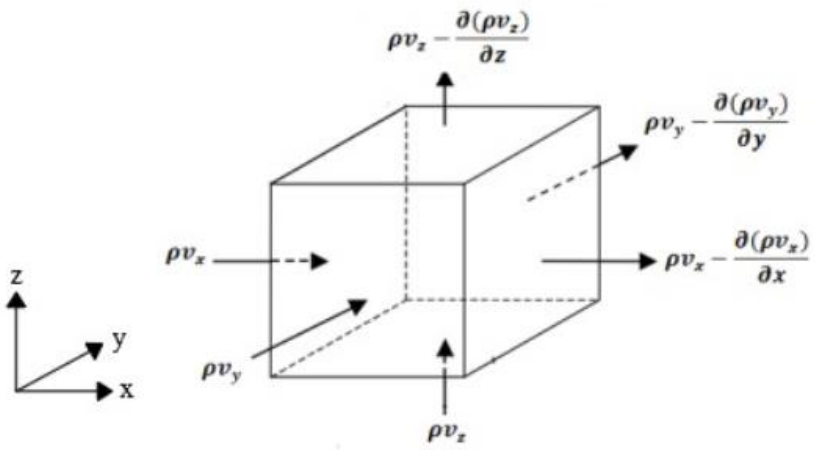
Laminer akım durumu için geçerli olan Darcy yasası ampirik bir yasa olup sadece deneysel kanıtlara dayanmaktadır. Darcy yasasını daha temel fiziksel yasalardan türetmek için pek çok çalışma yapılmıştır. En başarılı yaklaşımlar, akışkanlar mekaniğinde çok iyi bilinen Navier-Stokes denklemlerinin, gözenekli ortamın idealize edilmiş kavramsal modelinin gözenek kanallarındaki su akımına uygulanması şeklinde olmuştur.

Anizotropik malzeme özelliği gösteren bir ortamda üç boyutlu akım için tek boyutlu Darcy yasasını genelleştirmek gerekmektedir. Üç boyutlu hız vektörü v'nin bileşenleri en basit halde genelleştirilirse,

$$\begin{aligned} v_x &= -K_x \frac{dh}{dx} \\ v_y &= -K_y \frac{dh}{dy} \\ v_z &= -K_z \frac{dh}{dz} \end{aligned} \tag{3.6.}$$

şeklinde olur. Burada K_x, K_y, K_z, sırasıyla x, y, z yönlerindeki hidrolik iletkenlik değerleridir (Freeze ve Cherry, 2003).

Zamandan bağımsız durum analizinde, sisteme giren akım miktarı, sistemden çıkan akım miktarına karşılık gelir. Ancak zamana bağlı bir sızma analizinde, ortam suyu depoladığı veya serbest bıraktığı için sisteme giren akım, sistemden çıkan akımdan farklı olabilir. Bu sebeple, bir zemin profilinde depolanan suyun zamanla değişimini hesaba katmak gerekebilir. Depolanan veya tutulan su miktarı, boşluk suyu basınçlarının ve zemin yapısının özelliklerinin bir fonksiyonudur ve hacimsel su içeriği fonksiyonu ile tanımlanır. Çoğu zaman birim kontrol hacmi olarak da anılan gözenekli ortamın bir birim hacmini (Şekil 3.2.) göz önüne alalım. Doygun gözenekli ortamda zamana bağlı akımın kütle korunumu yasasına göre, kontrol hacmine giren akışkan kütlesi akımının net miktarı, elemandaki akışkan kütlesi depolamasındaki değişimin zamansal miktarıdır. Süreklilik denklemi Şekil 3.2. baz alınarak (Gürarslan, 2004),



Şekil 3.2. Gözenekli Ortamdaki Akım için Birim Kontrol Hacmi

$$-\frac{\partial(\rho v_x)}{\partial x}-\frac{\partial(\rho v_y)}{\partial y}-\frac{\partial(\rho v_z)}{\partial z}=\frac{\partial(\rho n)}{\partial t} \tag{3.7.}$$

şeklini alır. Ya da, denklemin sağ tarafı açılacak olursa:

$$-\frac{\partial(\rho v_x)}{\partial x}-\frac{\partial(\rho v_y)}{\partial y}-\frac{\partial(\rho v_z)}{\partial z}=n\frac{\partial \rho}{\partial t}+\rho\frac{\partial n}{\partial t} \tag{3.8.}$$

(3.8.) denklemi elde edilir. Burada ρ, suyun kütlesel yoğunluğunu, n gözenekliliği ifade etmektedir. Yoğunluktaki değişim ve gözeneklilikteki değişimin ikisinde de hidrolik yük h'daki değişim ile meydana geldiğini ve ayrıca yükteki birim azalım için bu iki mekanizma ile üretilen su hacminin S_s (depolama katsayısı) olduğu bilinmektedir. Üretilen suyun kütle oranı $\rho S_s \partial h/\partial t$ olup süreklilik denklemi şu şekli alır:

$$-\frac{\partial(\rho v_x)}{\partial x}-\frac{\partial(\rho v_y)}{\partial y}-\frac{\partial(\rho v_z)}{\partial z}=\rho S_s\frac{\partial h}{\partial t} \tag{3.9.}$$

Suyun yoğunluğu sabit kabul edilirse, (3.9.) denkleminin iki tarafındaki ρ terimleri sadeleşir. Bu denklemde, hız terimi Darcy yasasına göre yazılırsa (3.10.) denklemi elde edilir.

$$\frac{\partial}{\partial x}\left(K_x\frac{dh}{dx}\right)+\frac{\partial}{\partial y}\left(K_y\frac{dh}{dy}\right)+\frac{\partial}{\partial z}\left(K_z\frac{dh}{dz}\right)=S_s\frac{\partial h}{\partial t} \tag{3.10.}$$

Baraj gövdesinden ve temelinden sızmaların analizinde akım iki boyutlu hale indirgenebilir ve (3.10) denklemi (3.11.) denklemindeki gibi yazılabilir.

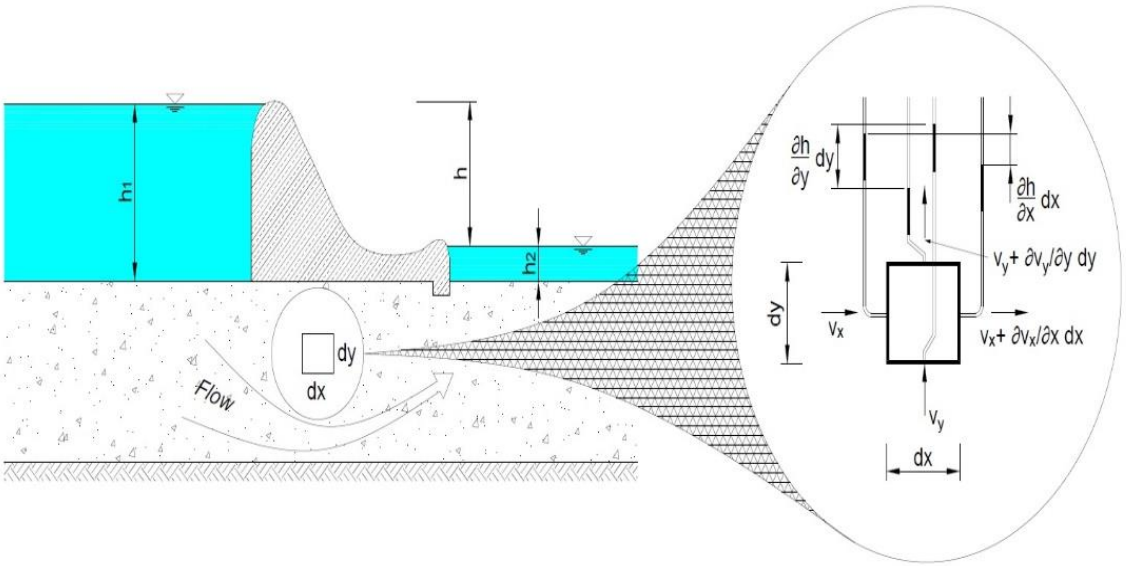
$$\frac{\partial}{\partial x}\left(K_x\frac{dh}{dx}\right)+\frac{\partial}{\partial y}\left(K_y\frac{dh}{dy}\right)=S_s\frac{\partial h}{\partial t} \tag{3.11.}$$

3.2. Zamandan Bağımsız Hal için Formülasyon

3.2.1. Sonlu Eleman Formülasyonu

SEY birçok karmaşık mühendislik probleminde kullanılan önemli sayısal çözüm yöntemlerindendir (Akın, 1982; Donea ve Huerta, 2003; Lewis ve ark., 2004; Nicholson, 2003; Wang ve Anderson, 1982). SEY, SFY veya SHY gibi sayısal yöntemler, yaygın kullanımları ve çok yönlülükleri nedeniyle bu tür analizler için kullanılagelmektedir. Analizlerde incelenecek bölge, belli büyüklükte ve boyutta sonlu sayıda elemanlara ayrılır ve elemanların birbirlerine bağlı oldukları düğüm noktaları ile temsil edilir. Burada baraj gövde ve temeli iki boyutlu olarak incelenmiştir. Bu çalışmada baraj modellerinde izoparametrik sekiz düğümlü, kuadratik eleman kullanılmıştır.

Bu tez çalışması kapsamında sızma analizi ilk olarak zamandan bağımsız olarak incelenmektedir. İki boyutlu geçirimli, anizotropik (Şekil 3.3.) bir zemin içerisindeki sızma olayı Darcy yasası ve süreklilik denklemleri yardımıyla aşağıdaki kısmi diferansiyel denklem ile ifade edilmektedir (Harr,1962).



Şekil 3.3. Hidrolik Bir Yapının Altındaki Doymuş Geçirgen Topraktan Su Akımı

$$K_x \frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + K_y \frac{\partial^2 h}{\partial y^2} = 0 \qquad (3.12.)$$

(3.12.) ifadesi, zeminlerde su akımını tanımlayan genel diferansiyel denklemdir. Bu denklem hidrolik yükün akım bölgesi içinde değişimini matematiksel olarak ifade etmektedir.

Tez çalışması kapsamında hidrolik yük, zemin içerisinde suyun hareketinin çok yavaş olması ve hız yüksekliğinin ihmal edilmesi nedeniyle,

$$h = z + \frac{p}{\gamma_w} \tag{3.13.}$$

denkleminde belirtildiği gibi geometrik yükseklik ve basınç yüksekliğinin toplamı olarak hesaplanmıştır. (3.12.) denklemi çözülerek akım bölgesinde bütün noktalarda toplam hidrolik yükün değeri elde edilmektedir. Daha sonra, akım miktarı ve sızma basınçları kolaylıkla bulunmaktadır.

Bu çalışmada, dolgu baraj gövdesi ve temelindeki sızma analizi Galerkin'in ağırlıklı artıklar formülasyonuna dayalı SEY ile incelenmiştir. (3.12.) diferansiyel denkleminin tüm bölge üzerinde integral formu

$$\int\int_A \psi \left(K_x \frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + K_y \frac{\partial^2 h}{\partial y^2} \right) dA = 0 \tag{3.14.}$$

şeklinde yazılır. Sistem integral formu, kısmi integrasyonlar uygulanıp elemanlar üzerinde toplamlar yapılarak

$$\sum_{e=1}^{N} \left[\int\int_{A_e} \left(K_x \frac{\partial \psi}{\partial x}\left(\frac{\partial h}{\partial x}\right) + K_y \frac{\partial \psi}{\partial y}\left(\frac{\partial h}{\partial y}\right) \right) dxdy - \int_\Gamma \psi \underbrace{\left(\frac{\partial h}{\partial x} n_x + \frac{\partial h}{\partial y} n_y \right)}_{q} d\sigma \right] = 0 \tag{3.15.}$$

şeklini almaktadır. Burada ψ, ağırlık fonksiyonu, A_e elemanın alanı ve N eleman sayısıdır. Bu ifadede, ikinci terim sınır şartlarını temsil etmekte olup formülasyonda Γ, elemanın sınırını, n_x ve n_y ise sınırın birim vektör bileşenlerini, q ise sınır boyunca akımı ifade etmektedir. σ ise saatin tersi yönünde sınır boyunca integrasyon değişkenini göstermektedir.

Galerkin formülasyonunda ağırlık fonksiyonu olarak

$$\psi = \delta h \tag{3.16.}$$

hidrolik yükün varyasyonu alınmaktadır. Ağırlık fonksiyonları yerine yazıldıktan sonra eleman integral formu

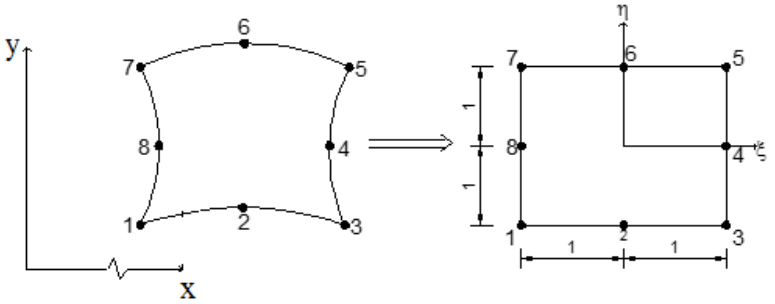
$$\int\int_{A_e} \left(K_x \frac{\partial(\delta h)}{\partial x}\left(\frac{\partial h}{\partial x}\right) + K_y \frac{\partial(\delta h)}{\partial y}\left(\frac{\partial h}{\partial y}\right) \right) dxdy - \int_\Gamma (\delta h)\, q d\sigma = 0 \tag{3.17.}$$

matris formuna dönüşmektedir. Elemanın herhangi bir noktasındaki hidrolik yük (3.18.) denkleminde verilmektedir.

$$h = [N_1\ N_2\ N_3\ N_4\ N_5\ N_6\ N_7\ N_8\ ] \begin{Bmatrix} h_1 \\ h_2 \\ h_3 \\ h_4 \\ h_5 \\ h_6 \\ h_7 \\ h_8 \end{Bmatrix} = [N\ ]\{h\} \tag{3.18.}$$

Burada $[N]$, şekil fonksiyonları matrisi ve $\{h\}$, eleman hidrolik yük vektörüdür.

Zamandan bağımsız sızma problemleri analizler için baraj gövdesi ve zemininde kullanılmak üzere sekiz düğümlü kuadratik dörtgen eleman seçilmiştir.



a) Gerçek eleman b) Referans elemanı

Şekil 3.4. Sekiz Düğümlü Kuadratik Dörtgen Eleman

Kuadratik dörtgen elemanda herhangi bir noktanın koordinatları şekil fonksiyonlarına bağlı olarak,

$$x = \sum_{i=1}^{8} N_i x_i \qquad y = \sum_{i=1}^{8} N_i y_i \tag{3.19.}$$

şeklinde yazılabilir. Burada x_i ve y_i eleman düğüm koordinatları olup kuadratik N_i şekil fonksiyonları ise aşağıda verilmiştir (Temel,1996).

$$N_1 = \frac{1}{4}(-1+\xi)(1-\eta)(1+\xi+\eta)$$
$$N_2 = \frac{1}{2}(-1+\xi^2)(-1+\eta)$$
$$N_3 = \frac{1}{4}(1+\xi)(-1+\eta)(1-\xi+\eta)$$
$$N_4 = \frac{1}{2}(1+\xi)(1-\eta^2) \tag{3.20.}$$
$$N_5 = \frac{1}{4}(1+\xi)(1+\eta)(-1+\xi+\eta)$$
$$N_6 = \frac{1}{2}(1-\xi^2)(1+\eta)$$
$$N_7 = \frac{1}{4}(-1+\xi)(1+\eta)(1+\xi-\eta)$$
$$N_8 = \frac{1}{2}(-1+\xi)(-1+\eta^2)$$

Seçilen izoparametrik eleman için geometrik şekil fonksiyonları ile interpolasyon şekil fonksiyonları aynıdır. Böylece, elemanın herhangi bir noktasındaki hidrolik yük, şekil fonksiyonlarına bağlı olarak

$$h(\xi,\eta) = \sum_{i=1}^{8} N_i(\xi,\eta)\ h_i \tag{3.21.}$$

eleman düğüm yüklerinden hesaplanmaktadır. (3.18.) ifadesi (3.17.) de yerine yazılırsa, eleman integral formu:

$$\int\int_{A_e}\left(K_x \frac{\partial(\delta h)}{\partial x}\left(\frac{\partial[N]\{h\}}{\partial x}\right) + K_y \frac{\partial(\delta h)}{\partial y}\left(\frac{\partial[N]\{h\}}{\partial y}\right)\right)\ dxdy - \int_{\Gamma}(\delta h)\ qd\sigma = 0 \tag{3.22.}$$

şeklini alır. (3.22.) denklemi hidrolik yük gradyan vektörüne dayanmaktadır. Bu vektör, interpolasyon fonksiyonunun türevlerini içeren $[B]$ matrisi vasıtasıyla hesaplanabilir.

$$\{gv\} = \begin{Bmatrix} \frac{\partial h}{\partial x} \\ \frac{\partial h}{\partial y} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial[N]}{\partial x} \\ \frac{\partial[N]}{\partial y} \end{bmatrix}\{h\} = [B]\{h\} \tag{3.23}$$

Buna göre hidrolik yükün varyasyonu

$$\delta h = [N]\{\delta h\} \text{ veya } \quad \delta h = \{\delta h\}^T[N]^T \tag{3.24.}$$

elde edilir. (3.23.), (3.24.) eşitlikleri (3.22.) de yerine yazıldığında,

$$\int\int_{A_e}\left(K_x \frac{\partial[N]\{\delta h\}}{\partial x}\left(\frac{\partial[N]\{h\}}{\partial x}\right) + K_y \frac{\partial[N]\{\delta h\}}{\partial y}\left(\frac{\partial[N]\{h\}}{\partial y}\right)\right) dxdy - \int_{\Gamma}[N]\{\delta h\}qd\sigma = 0 \tag{3.25.}$$

denklemi edilir. Bu ifade (3.26.) da düzenlenirse

$$\{\delta h\}^T\left(\int\int_{A_e}\left(([B]^T[K]\,[B])\,\{h\}\right)dA - \int_{\Gamma}[N]^T q\ d\sigma\ \right) = 0 \tag{3.26.}$$

şeklini almaktadır. Burada $[K]$, iletkenlik sabitleri matrisi, $\{h\}$ eleman düğümleri için hidrolik yüklerdir.

$$[K] = \begin{bmatrix} K_x & 0 \\ 0 & K_y \end{bmatrix} \tag{3.27.}$$

Eleman sızma matrisi ve eleman yük vektörü için

$$[g_e]_{(8x8)} = \int\int_{A_e} [B]^T [K]\,[B]\,dA \qquad (3.28.)$$
$$\{f_s\}_{(8x1)} = \int_\Gamma ([N]^T q) d\sigma$$

tarifleri yapıldığında eleman denklemi,

$$[g_e]\{h\} = \{f_s\} \qquad (3.29.)$$

şeklinde elde edilmektedir. Burada $[g_e]$ eleman sızma matrisi, $\{h\}$, eleman hidrolik yük vektörünü, $\{f_s\}$, elemanın sınır yük vektörünü ifade etmektedir.

Eleman denkleminin hesabında aşağıdaki prosedürler uygulanmıştır. İlk olarak şekil fonksiyonlarının ξ ve η ya göre kısmi türevleri

$$\begin{bmatrix} \frac{\partial N_i}{\partial \xi} \\ \frac{\partial N_i}{\partial \eta} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial x}{\partial \xi} & \frac{\partial y}{\partial \xi} \\ \frac{\partial x}{\partial \eta} & \frac{\partial y}{\partial \eta} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \frac{\partial N_i}{\partial x} \\ \frac{\partial N_i}{\partial y} \end{bmatrix} = [J] \begin{bmatrix} \frac{\partial N_i}{\partial x} \\ \frac{\partial N_i}{\partial y} \end{bmatrix} \qquad (3.30.)$$

matris formunda yazılır. Burada $[J]$, gerçek eleman ile referans elemanı arasında geçişi sağlayan Jacobian dönüşüm matrisi olup şekil fonksiyonlarının türevlerinden,

$$[J] = \begin{bmatrix} \frac{\partial x}{\partial \xi} & \frac{\partial y}{\partial \xi} \\ \frac{\partial x}{\partial \eta} & \frac{\partial y}{\partial \eta} \end{bmatrix} = \sum_{i=1}^{8} \begin{bmatrix} \frac{\partial N_i}{\partial \xi} x_i & \frac{\partial N_i}{\partial \xi} y_i \\ \frac{\partial N_i}{\partial \eta} x_i & \frac{\partial N_i}{\partial \eta} y_i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial (N_1\, N_2 \ldots . N_8)}{\partial \xi} \\ \frac{\partial (N_1\, N_2 \ldots . N_8)}{\partial \eta} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 & y_1 \\ x_2 & y_2 \\ . & . \\ . & . \\ . & . \\ x_8 & y_8 \end{bmatrix} \qquad (3.31.)$$

hesaplanmaktadır. Şekil fonksiyonlarının kartezyen koordinatlarına göre türevleri,

$$[B] = \begin{bmatrix} \frac{\partial N_i}{\partial x} \\ \frac{\partial N_i}{\partial y} \end{bmatrix} = [J]^{-1} \begin{bmatrix} \frac{\partial N_i}{\partial \xi} \\ \frac{\partial N_i}{\partial \eta} \end{bmatrix} = \frac{1}{det[J]} \begin{bmatrix} \frac{\partial y}{\partial \eta} & -\frac{\partial y}{\partial \xi} \\ -\frac{\partial x}{\partial \eta} & \frac{\partial x}{\partial \xi} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \frac{\partial N_i}{\partial \xi} \\ \frac{\partial N_i}{\partial \eta} \end{bmatrix} \qquad (3.32.)$$

(ξ, η) koordinatları türevleri cinsinden yazılır. Burada $det[J]$, Jacobian matrisinin determinantıdır. Ayrıca (x,y) koordinatlarındaki elementer bir alan,

$$dA = dxdy = det[J] d\xi d\eta \qquad (3.33.)$$

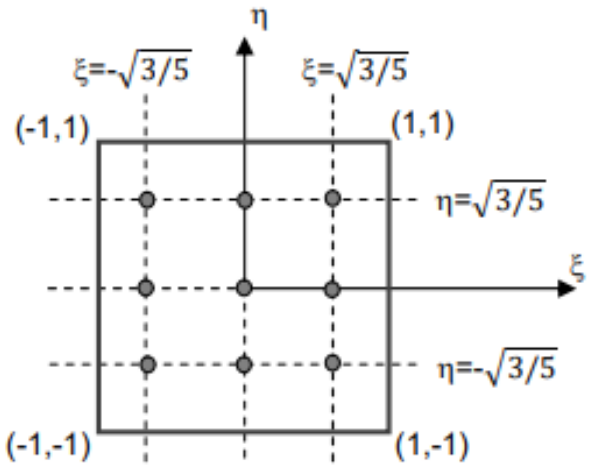
şeklinde ifade edilmektedir. (3.26) da verilen eleman iletkenlik matrisi, (ξ, η) referans elemanı,

$$[g_e] = \int \int_{A_e} [B]^T [K]\, [B]\, dA = \int_{-1}^{+1} \int_{-1}^{+1} [B]^T [K]\, [B] det[J] d\xi d\eta \qquad (3.34.)$$

koordinatlarında hesaplanmaktadır. Burada, $[g(\xi, \eta)] = [B]^T [K]\, [B] det[J]$ olarak tarif edilmekte ve bunun integrali, standart Gauss-Quadrature sayısal integral yöntemiyle hesaplanmaktadır. Bu çalışmada hem ξ hem de η yönlerinde, 3 Gauss noktası seçilmektedir (Şekil 3.5.). Buna göre sayısal integral

$$[g_e] = \int_{-1}^{+1} \int_{-1}^{+1} [g(\xi, \eta)] d\xi d\eta \cong \sum_{i=1}^{3} \sum_{j=1}^{3} w_i w_j \left[g(\xi_i, \eta_j)\right] \qquad (3.35.)$$

toplamı ile bulunur. Burada, w_i ve w_j, Gauss ağırlık değerleri; ξ_i ve η_j ise, Gauss apsis değerleridir (Çizelge 3.1.).



Şekil 3.5. Gauss İntegrasyon Noktaları

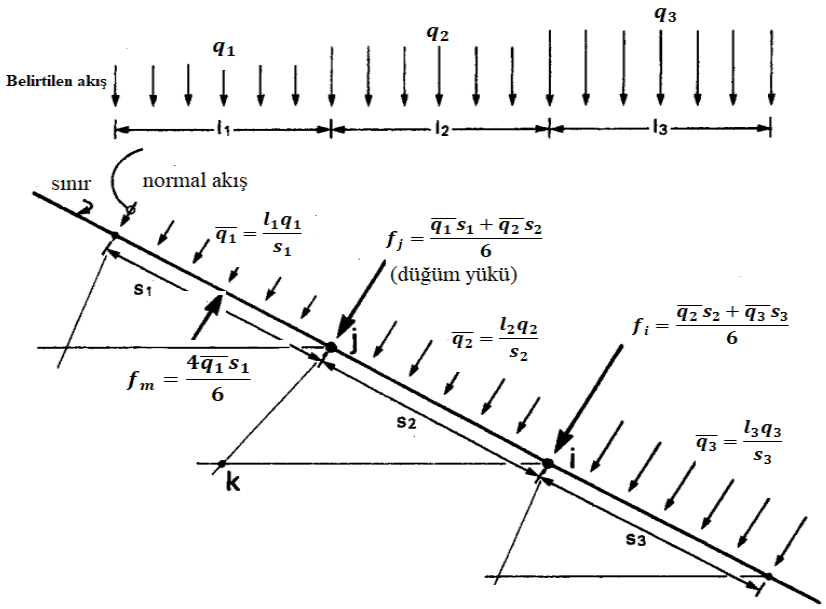
Çizelge 3.1. Gauss integrasyon için apsis ve ağırlık değerleri

Gauss noktası sayısı	**İntegrasyon noktası koordinatları** ξ_i, η_j	**İntegrasyon ağırlık değerleri** w_i, w_j
3x3	0.00 $\pm\sqrt{3/5}$	8/9 5/9

İki boyutlu düzlemsel akım için sızma analizinde düğüm noktalarındaki akım için sınır yük vektörü aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır.

$$\{f_s\}_{(8x1)} = \int_\Gamma ([N]^T q) d\sigma \tag{3.36.}$$

Bu vektör sınıra dik yönde ölçülen düğüm noktalarındaki akımı ifade etmektedir. Dikey yönde ölçülen akım hızı q, Şekil 3.6.'da gösterildiği gibi normal bir akım hızına, $\bar{q}$, dönüştürülmelidir. Normal akım hızı da düğümsel bir akıma dönüştürülür. Şekilde ayrıca sınır eleman üzerinde bulunan noktalardaki düğüm yük vektörlerinin hesaplanmasını göstermektedir (Fredlund ve Rahardjo,1993).



Şekil 3.6. Eleman Kenarına Etkiyen Akım ve Düğüm Katkıları

Yük vektörleri sisteme giren ya da çıkan akımı temsil etmektedir. Yağış ile sisteme girme veya ağ içindeki bir noktadan tahliye durumu yoksa yük vektörü değeri sıfır olmaktadır.

Yukarıda sözü edilen işlemler sonucunda elemanlara ait sızma matrisi ve sınır yük vektörleri belirlenmektedir. Analizi yapılan bir akım bölgesi için kodlama tekniği yardımıyla elemanların katkısı alınarak sistem sızma matrisi ve sistem yük vektörü oluşturulur.

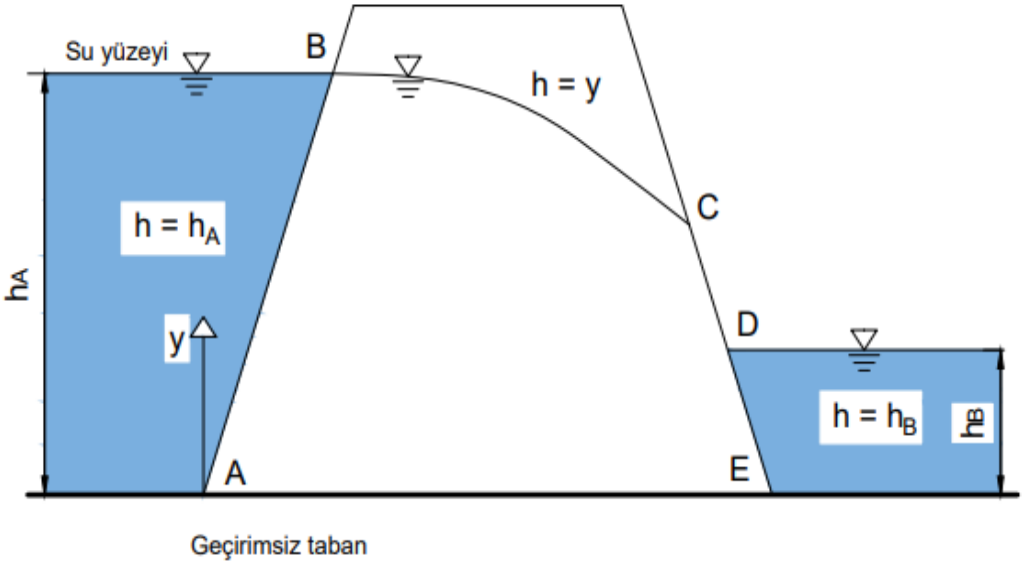
$$[G]\{H\} = \{F\} \tag{3.37.}$$

Burada $[G]$, sistem sızma matrisi, $\{H\}$ tüm düğümler için hidrolik yük vektörü ve $\{F\}$ sistem yük vektörüdür. Belirlenen sınır şartları altında sayısal çözümü yapılarak düğüm noktalardaki toplam hidrolik yük bulunur. (3.37.) nolu lineer denklem takımının çözümünde Gauss eliminasyon yöntemi kullanılmıştır. Lineer Daha sonra akım miktarı ve sızma basınçları kolaylıkla hesaplanabilecektir.

3.2.2. Sınır Şartları

Sızma problemlerinde sınır şartları çözümün önemli bir parçasıdır. Zamandan bağımsız hal için sızma problemlerinde sınır şartları dâhil edilerek analizler gerçekleştirilmektedir.

Mansap bölgesinde kuyruk suyu bulunan dolgu baraja ait sızma problemleri için sınır şartları Şekil 3.7.'de verilmektedir.



Şekil 3.7. Dolgu Barajda Sızma ve Sınır Şartları

$h = h_A$	AB Hattı (Memba Kısmı)
$h = h_B$	ED Hattı (Mansab Kısmı)
$\left\{ \begin{matrix} h = y \\ \dfrac{\partial h}{\partial n} = 0 \end{matrix} \right\}$	BC Hattı (Freatik hat)
$h = y$	CD Hattı (Sızma yüzeyi)
$\dfrac{\partial h}{\partial n} = 0$	AE (Geçirimsiz taban)

Şekil 3.7'deki BC hattı, doygunluk çizgisi, serbest yüzey veya sıfır basınç eğrisi olarak da bilinen, en üst akım hattını oluşturan akım çizgisi freatik hat olarak adlandırılmaktadır. Sızma hattı gövdedeki suya doygun tabakayla doygun olmaya tabakayı ayıran hat olarak ifade edilir. Sızma hattı seviyesindeki hidrostatik basınç ise atmosfer basıncına eşittir (Sağlıca, 2013).

Herhangi bir dolgu baraj gövdesinde sızma olayını araştırmak için freatik hattın konumunun bulunması gerekmektedir. Freatik hattın konumu net olmadığından, bu çalışmada sonlu elemanlar analizinin iteratif bir çözümü gerekmektedir. Öncelikle tahmini bir doğrusal sızma hattı belirlenir ve oluşturulan akım bölgesinde sistem sızma denklemi çözülerek her düğüm için hidrolik yükler bulunur.

Freatik hattaki belirli bir *p(x,y)* noktası için, hesaplanan hp hidrolik yükünün ε hata toleransı:

$$\varepsilon = \left|h_p - y_p\right| \leq \varepsilon_0 \tag{3.38.}$$

şeklinde olup y_p, p düğümünün *y* koordinatıdır. ε serbest yüzeydeki düğümde hata yakınsama kriterinden küçükse iterasyon işlemi sonlandırılır. Aksi takdirde, serbest yüzeydeki *y* koordinatı aşağıdaki gibi değiştirilir.

$$y = \frac{h_p + y_p}{2} \tag{3.39.}$$

Bu işlemler, freatik hattı oluşturan her düğüm noktasında hata yakınsama kriteri sağlanana kadar tekrarlanır (Jie ve ark, 2013).

3.3. Zamana Bağlı Hal için Formülasyon

Zamana bağlı durumda problem, bilinmeyen değişkenin zamana bağlı olduğu bir problemdir. Yani zamana bağlı durumda problemde hidrolik yükler zamanla değişir. Zamana bağlı problemler ayrıca kararsız, değişken, dengesiz veya durağan olmayan durum problemleri olarak da adlandırılır.

Baraj zemini ve gövdesinde iki boyutlu zamana bağlı sızma analizi için (3.11) denkleminin çözümü araştırılacaktır.

$$\frac{\partial}{\partial x}\left(K_x \frac{dh}{dx}\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(K_y \frac{dh}{dy}\right) = S_s \frac{\partial h}{\partial t} \tag{3.11.}$$

Bu alt bölümde, zamana bağlı sızma analizini ifade eden diferansiyel denklemin çözümü için kullanılan yöntemler ayrıntılı bir şekilde açıklanmıştır.

3.3.1. Hibrit Çözüm Yöntemi

Zamana bağlı sızma analizi için ilk olarak sonlu elemanlar ve sonlu fark yönteminin birlikte kullanıldığı hibrit çözüm yöntemi açıklanacaktır.

Tüm çözüm bölgesi için (3.11.) diferansiyel denklemi, ağırlıklı artıklar yöntemi yardımıyla;

$$\int\int_A \psi\left(K_x \frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + K_y \frac{\partial^2 h}{\partial y^2} - S_s \frac{\partial h}{\partial t}\right) dA = 0 \tag{3.40.}$$

diferansiyel denklemi sistem integral formunda yazılmaktadır. Sistem integral formu, kısmi integrasyonlar alınıp elemanlar üzerinde toplamlar yapılarak

$$\sum_{e=1}^{N}\left[\int\int_{A_e}\left(K_x \frac{\partial \psi}{\partial x}\left(\frac{\partial h}{\partial x}\right) + K_y \frac{\partial \psi}{\partial y}\left(\frac{\partial h}{\partial y}\right) - \psi S_s \frac{\partial h}{\partial t}\right) dxdy - \int_\Gamma \psi \underbrace{\left(\frac{\partial h}{\partial x} n_x + \frac{\partial h}{\partial y} n_y\right)}_{q} d\sigma\right] = 0 \tag{3.41.}$$

şeklini almaktadır. Burada N toplam eleman sayısıdır.

Galerkin formülasyonunda ağırlık fonksiyonu olarak hidrolik yükün varyasyonu

$$\psi = \delta h \tag{3.42.}$$

dikkate alınmaktadır. Ağırlık fonksiyonları yerlerine yazıldıktan sonra eleman integral formu elde edilmektedir.

$$\int\int_{A_e}\left(K_x \frac{\partial(\delta h)}{\partial x}\left(\frac{\partial h}{\partial x}\right) + K_y \frac{\partial(\delta h)}{\partial y}\left(\frac{\partial h}{\partial y}\right) - S_s \delta h \frac{\partial h}{\partial t}\right) dxdy - \int_\Gamma (\delta h)\, q d\sigma = 0 \tag{3.43.}$$

Kısım (3.2.) de anlatıldığı gibi, baraj zemininde ve gövdesinde meydana gelen zamana bağlı durum için sızma probleminin analizinde de sekiz düğümlü kuadratik dörtgen eleman kullanılmıştır.

Eleman için hidrolik yükler (3.43.) denkleminde yerlerine konulursa, iki boyutlu zamana bağlı sızma akımını yöneten denklemin eleman integral formu elde edilir.

$$\int \int_{A_e} \left(K_x \frac{\partial(\delta h)}{\partial x} \left(\frac{\partial[N]\{h\}}{\partial x} \right) + K_y \frac{\partial(\delta h)}{\partial y} \left(\frac{\partial[N]\{h\}}{\partial y} \right) - S_s \delta h \frac{\partial[N]\{h\}}{\partial t} \right) dxdy$$
$$- \int_\Gamma (\delta h)\, q d\sigma = 0 \qquad (3.44.)$$

(3.43.) hidrolik yük gradyan vektörüne dayanan varyasyonları da (3.44.) de yerine yazılarak

$$\int \int_{A_e} \left(K_x \frac{\partial[N]\{\delta h\}}{\partial x} \left(\frac{\partial[N]\{h\}}{\partial x} \right) + K_y \frac{\partial[N]\{\delta h\}}{\partial y} \left(\frac{\partial[N]\{h\}}{\partial y} \right) - S_s [N]\{\delta h\} \frac{\partial[N]\{h\}}{\partial t} \right) dxdy$$
$$- \int_\Gamma [N]\{\delta h\} q d\sigma = 0 \qquad (3.45.)$$

denklemi edilir. (3.45.) ifadesi düzenlenirse

$$\{\delta h\}^T \left(\int \int_{A_e} \left(([B]^T [K]\,[B])\,\{h\} - [N]^T S_s [N] \frac{\partial\{h\}}{\partial t} \right) dA - \int_\Gamma [N]^T q\, d\sigma \right) = 0 \qquad (3.46.)$$

matris formda elde edilir. Burada sırasıyla, $[g_e]$ eleman sızma matrisi, $[r_e]$ eleman depolama matrisi $\{h\}$, eleman hidrolik yük vektörü, $\{f_s\}$, elemanın sınır yük vektörü aşağıdaki integraller yardımıyla sayısal olarak hesaplanır.

$$[g_e]_{(8x8)} = \int \int_{A_e} [B]^T [K]\,[B]\, dA$$
$$[r_e]_{(8x8)} = -\int \int_{A_e} [N]^T S_s\,[N]\, dA \qquad (3.47.)$$
$$\{f_s\}_{(8x1)} = \int_\Gamma ([N]^T q) d\sigma$$

Bu tarifler yardımıyla eleman denklemi,

$$[g_e]\{h\} + [r_e] \frac{\partial\{h\}}{\partial t} = \{f_s\} \qquad (3.48.)$$

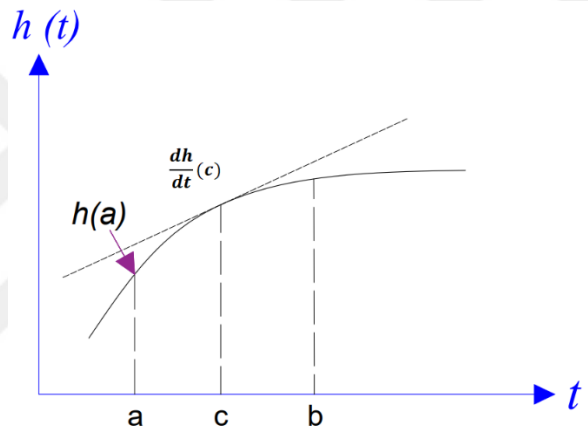
şeklinde ifade edilmektedir.

Analizi yapılan bir akım bölgesi için eleman matrislerinin uygun bir şekilde birleştirilmesiyle zamana bağlı cebrik denklem takımı bulunur.

$$[G]\{H\} + [R]\{\dot{H}\} = \{F\} \tag{3.49.}$$

Denklem (3.49.), sonlu elemanlar yöntemiyle ayrıklaştırılmış birinci mertebeden hareket denklemidir. Burada $[G]$, sistem sızma matrisini, $[R]$, sistem depolama matrisini $\{H\}$, eleman hidrolik yük vektörünü, $\{\dot{H}\}$, Sistem hız vektörünü, $\{F\}$, sistem yük vektörünü ifade etmektedir.

Zamana bağlı halde sızma problemini idare eden diferansiyel denklemi çözmek için, (3.49.) eşitliğindeki zaman türevi için sonlu farklar yaklaşımı yapılmıştır (Segerlind,1984). Bu bakımdan çözüm yöntemine hibrit yöntem denilmektedir.



Şekil 3.8. Hidrolik Yük Fonksiyonun SF Ağı

SF yöntemi için hidrolik yükün zamana göre birinci türevi dikkate alınacaktır. Şekil 3.8.'de hidrolik yük fonksiyonun zamana göre birinci türevi yer almaktadır. Bir *h(t)* fonksiyonu ve [a,b] aralığı verildiğinde, *h(t)* için bir denklem geliştirmek üzere türev için ortalama değer teoremi kulanılabilir. Ortalama değer teoremine göre bir $t = c$ olmak üzere

$$h(b) - h(a) = (b - a)\frac{dh}{dt}(c) \tag{3.50.}$$

bu ifade sonlu farklarla yaklaşık olarak

$$\frac{dh}{dt}(c) = \frac{h(b) - h(a)}{\Delta t} \tag{3.51.}$$

ifade edilir. Burada $\Delta t = b - a$ aralığın uzunluğudur. c'nin (3.50.) ve (3.51.)'deki konumu bilinmemektedir. Hidrolik yükün *t=a* için *h(a)*'daki değeri, Şekil 3.8.'de gösterildiği gibi tahmin edilebilir.

$$h(a) = h(c) - (c - a)\frac{dh}{dt}(c) \tag{3.52.}$$

(3.52.) denklemi yeniden düzenlenirse

$$h(c) = h(a) - (c - a)\frac{dh}{dt}(c) \tag{3.53.}$$

elde edilir. Denklem (3.51.) da yerine konulursa

$$h(c) = h(a) + \frac{h(b)-h(a)}{\Delta t}(c - a) \tag{3.54.}$$

şeklinde elde edilir. (3.54.) denkleminde

$$\theta = \frac{(c-a)}{\Delta t} \tag{3.55.}$$

ifade edilerek

$$h(c) = (1 - \theta)h(a) + \theta h(b) \tag{3.56.}$$

olarak yazılır.

(3.51.) ve (3.56.) denklemleri, $h(a)$ ve $h(b)$'yi düğüm değerlerini içeren sütun vektörleriyle değiştirerek bir düğüm değerleri kümesine sistem hidrolik yük vektörü olarak genelleştirilebilir. a ve b'de düğüm değerlerini içeren vektörler $\{H\}_a$ ve $\{H\}_b$ olarak tanımlandıktan sonra

$$\frac{d\{H\}}{dt} = \frac{\{H\}_b - \{H\}_a}{\Delta t} \tag{3.57.}$$

ve *t=c* noktasında

$$\{H\} = (1 - \theta)\{H\}_a + \theta\{H\}_b \tag{3.58.}$$

eşitliği elde edilir.

t=c noktasında hidrolik yükü elde etmek için yapılan işlemler tekrarlanarak $\{F\}$ fonksiyonu da türetilebilir.

$$\{F\} = (1-\theta)\{F\}_a + \theta\{F\}_b \qquad (3.59.)$$

(3.57.- 3.59.) denklemleri (3.49.)'da yerine yazılırsa, sistem için

$$([R] + \theta\Delta t[G])\{H\}_b = ([R] - (1-\theta)\Delta t[G])\{H\}_a + \Delta t\big((1-\theta)\{F\}_a + \{F\}_b\big) \qquad (3.60.)$$

lineer cebrik denklem elde edilir.$\{H\}_b$ düğüm değerleri denklem (3.48.) de, a ve b zamanlarındaki yük vektörü ve θ oranı olarak bilinen $\{H\}_a$ değerleri kümesi cinsinden verilmiştir. Burada $\{F\}_a$,$\{F\}_b$ yük vektörleri bilinmelidir. Ayrıca θ değeri de belirtilmelidir. Literatürde θ ve c için dört farklı seçenek vardır. Bu seçenekler için parametreler aşağıda verilmektedir.

1. $\theta = 0, \quad c = a$ İleri Sonlu Farklar Yöntemi
2. $\theta = \frac{1}{2}, \quad c = \frac{\Delta t}{2}$ Merkezi Sonlu Farklar Yöntemi
3. $\theta = \frac{2}{3}, \quad c = \frac{2\Delta t}{3}$ GalerkinYöntemi
4. $\theta = 1, \quad c = b$ Geri Sonlu Farklar Yöntemi

θ değerlerinin her değeri için sonlu fark denklemleri elde edilmiştir.

$\theta = 0,$ İleri Sonlu Farklar Yöntemi

$$[R]\{H\}_b = ([R] - \Delta t[G])\{H\}_a + \Delta t\,\{F\}_a$$

$\theta = \frac{1}{2}$ Merkezi Sonlu Farklar Yöntemi

$$\left([R] + \frac{\Delta t}{2}[G]\right)\{H\}_b = \left([R] - \frac{\Delta t}{2}[G]\right)\{H\}_a + \frac{\Delta t}{2}(\{F\}_a + \{F\}_b)$$

$\theta = \frac{2}{3}$ GalerkinYöntemi

$$\left([R] + \frac{2\Delta t}{3}[G]\right)\{H\}_b = \left([R] - \frac{\Delta t}{3}[G]\right)\{H\}_a + \frac{\Delta t}{3}(\{F\}_b + \{F\}_a)$$

$\theta = 1$ Geri Sonlu Farklar Yöntemi

$$([R] + \Delta t[G])\{H\}_b = ([R])\{H\}_a + \Delta t(\{F\}_b)$$

Zamana bağlı halde sızma problemlerini incelemek için bu tez çalışmasında Merkezi Sonlu Farklar Yöntemi seçilmiştir.

$$\left([R] + \tfrac{\Delta t}{2}[G]\right)\{H\}_b = \left([R] - \tfrac{\Delta t}{2}[G]\right)\{H\}_a + \tfrac{\Delta t}{2}(\{F\}_a + \{F\}_b) \qquad (3.61.)$$

3.3.2. Laplace Uzayında Çözüm

Zamana bağlı hal akımı durumunda hidrolik yük için düğüm değerleri zamanın bir fonksiyonu olduğu daha önce belirtilmişti. Bu kısımda formülasyon, zamana bağlı sızma analizi için Laplace uzayında çözümü gerçekleştirilecektir.

Zamana bağlı bir f(t) fonksiyonunun Laplace dönüşümü, $\bar{F}(s)$,

$$L[f(t)] = \bar{F}(s) = \int_0^\infty f(t)\, e^{-st} dt \tag{3.62.}$$

şeklinde tanımlanmaktadır. Burada s, Laplace dönüşüm parametresini göstermektedir.

Zamana göre birinci mertebeden türevin Laplace dönüşümü kapalı olarak,

$$L\left[\dot{f}(t)\right] = s\bar{F}(s) - f(0) \tag{3.63.}$$

şeklinde tarif edilmektedir.

(3.11.) denklemine sıfır başlangıç şartları altında Laplace dönüşümleri alınıp ağırlıklı artıklar yöntemi uygulanarak idare eden diferansiyel denklemi için sistem integral formu,

$$\int\int_A \psi \left(K_x \frac{\partial^2 \bar{h}}{\partial x^2} + K_y \frac{\partial^2 \bar{h}}{\partial y^2} - s\, S_s\, \bar{h} \right) dA = 0 \tag{3.64.}$$

şeklinde yazılmaktadır. Burada $(\bar{\cdot})$, büyüklüklerin Laplace Dönüşümünü göstermektedir. Sistem integral formu, kısmi integrasyonlar uygulanıp elemanlar üzerinde toplamlar yapılarak,

$$\sum_{e=1}^{N} \left[\int\int_{A_e} \left(K_x \frac{\partial \psi}{\partial x}\left(\frac{\partial \bar{h}}{\partial x}\right) + K_y \frac{\partial \psi}{\partial y}\left(\frac{\partial \bar{h}}{\partial y}\right) - \psi\, s\, S_s \bar{h} \right) dx dy \; - \right.$$

$$\left. \int_\Gamma \psi \underbrace{\left(\frac{\partial \bar{h}}{\partial x} n_x + \frac{\partial \bar{h}}{\partial y} n_y \right)}_{q} d\sigma \right] = 0 \tag{3.65.}$$

şeklini almaktadır.

Galerkin yaklaşımı için ağırlık fonksiyonları olarak dönüşmüş uzayda hidrolik yükün varyasyonları alınmaktadır.

$$\psi = \delta \bar{h} \tag{3.66.}$$

Ağırlık fonksiyonları yerlerine yazıldıktan sonra (3.67.) eleman integral formu,

$$\int\int_{A_e}\left(K_x\frac{\partial(\delta\bar{h})}{\partial x}\left(\frac{\partial\bar{h}}{\partial x}\right)+K_y\frac{\partial(\delta\bar{h})}{\partial y}\left(\frac{\partial\bar{h}}{\partial y}\right)-\left((\delta\bar{h})\,S_s\,s\bar{h}\right)\right)dxdy-$$

$$\int_{\Gamma}(\delta\bar{h})\,qd\sigma=0 \qquad (3.67.)$$

şeklinde ifade edilebilir. Elemanın herhangi bir noktasındaki hidrolik yük düğüm değerleri cinsinden şöyledir:

$$\bar{h}(\xi,\eta)=[N_1\ \ N_2\ \ N_3\ \ N_4\ \ N_5\ \ N_6\ \ N_7\ \ N_8\ ]\begin{Bmatrix}\bar{h}_1\\ \bar{h}_2\\ \bar{h}_3\\ \bar{h}_4\\ \bar{h}_5\\ \bar{h}_6\\ \bar{h}_7\\ \bar{h}_8\end{Bmatrix}=[N\ ]\{\bar{h}\} \qquad (3.68.)$$

Burada $[N]$, şekil fonksiyonları matrisi ve $\{\bar{h}\}$, dönüşmüş uzayda eleman düğümler için hidrolik yüklerdir. Böylece, elemanın herhangi bir noktasındaki hidrolik yükler şekil fonksiyonları yardımıyla

$$\bar{h}(\xi,\eta)=\sum_{i=1}^{8}N_i(\xi,\eta)\ \bar{h_i} \qquad (3.69.)$$

düğüm hidrolik yüklerine bağlanmaktadır. (3.68.) ifadesi (3.67.) de yerine konulursa

$$\int\int_{A_e}(K_x\frac{\partial(\delta\bar{h})}{\partial x}\left(\frac{\partial[N\ ]\{\bar{h}\}}{\partial x}\right)+K_y\frac{\partial(\delta\bar{h})}{\partial y}\left(\frac{\partial[N\ ]\{h\}}{\partial y}\right)-S_s s[N\ ]\{\bar{h}\})\ dxdy\ -$$

$$\int_{\Gamma}(\delta\bar{h})q\ d\sigma=0 \qquad (3.70.)$$

eşitliği elde edilir. (3.70.) eşitliği hidrolik yük gradyan vektörüne dayanmaktadır. Bu vektör, interpolasyon şekil fonksiyonlarının türevlerini içeren $[B]$ matrisi vasıtasıyla,

$$\{\overline{gv}\}=\begin{Bmatrix}\frac{\partial\bar{h}}{\partial x}\\ \frac{\partial\bar{h}}{\partial y}\end{Bmatrix}=\begin{bmatrix}\frac{\partial[N]}{\partial x}\\ \frac{\partial[N]}{\partial y}\end{bmatrix}\{\bar{h}\}=[B]\{\bar{h}\} \qquad (3.71.)$$

düğüm hidrolik yüklerine bağlanmaktadır. Buna göre hidrolik yükün varyasyonu;

$$\delta\bar{h} = [N]\{\delta\bar{h}\} \qquad \text{veya} \qquad \delta\bar{h} = \{\delta\bar{h}\}^T[N]^T \tag{3.72.}$$

olur. (3.71.), (3.72.) eşitlikleri (3.70.) de yerine yazıldığında,

$$\int\int_{A_e}\left(K_x\frac{\partial[N]\{\delta\bar{h}\}}{\partial x}\left(\frac{\partial[N]\{h\}}{\partial x}\right)+K_y\frac{\partial[N]\{\delta\bar{h}\}}{\partial y}\left(\frac{\partial[N]\{h\}}{\partial y}\right)-sS_s[N]\{\delta\bar{h}\}[N]\{\bar{h}\}\right)dxdy - \int_\Gamma[N]\{\delta\bar{h}\}qd\sigma = 0 \tag{3.73.}$$

eleman integral formu elde edilir. Bu ifade (3.74.) de düzenlenirse

$$\{\delta\bar{h}\}^T\left(\int\int_{A_e}\left(([B]^T[K][B]-sS_s[N]^T[N])\{\bar{h}\}\right)dA-\int_\Gamma q[N]^T\,d\sigma\right)=0 \tag{3.74.}$$

şeklini almaktadır. Burada

$$\begin{aligned}[g_e]_{(8x8)} &= \int_{A_e}\int[B]^T[K][B]\,dA\\ [r_e]_{(8x8)} &= -S_s\int\int_{A_e}([N]^T[N])\,dA\\ \{f_s\}_{(8x1)} &= \int_\Gamma([N]^Tq)d\sigma\end{aligned} \tag{3.75.}$$

tarifleri yapıldığında dönüşmüş uzayda eleman hareket denklemi,

$$[g_e]\{\bar{h}\}+s[r_e]\{\bar{h}\}=\{f_s\} \tag{3.76.}$$

şeklinde elde edilmektedir. Burada $[g_e]$ eleman sızma matrisi, $[r_e]$ eleman depolama matrisi, $\{f_s\}$, eleman sınırı için yük vektörünü, $\{\bar{h}\}$, dönüşmüş uzayda eleman düğümleri için hidrolik yükleri ifade etmektedir. $\{f_s\}$, sınır üzerinde olmayan düğümlerde 0 (sıfır) değerini almaktadır.

Sonlu elemanlara ait $[g_e]$ eleman sızma matrisi ve $[r_e]$ eleman depolama matrisleri kodlama tekniği ile birleştirilirse sıfır başlangıç şartları altında sistem hareket denklemi, Laplace uzayında lineer cebrik denklem takımı haline dönüşmektedir.

$$([G]+s[R])\{\bar{H}\}=\{\bar{F}\} \tag{3.77}$$

Burada $(\bar{\cdot})$ ile gösterilen ifadeler vektörlerin Laplace dönüşümlerini ve s ise Laplace parametresini göstermektedir. $[G]$ ve $[R]$, sırasıyla sistem sızma matrisi ve sistem depolama matrisleri, $\{\bar{H}\}$,ve $\{\bar{F}\}$ ise Laplace uzayında sistem hidrolik yük ve sistem düğüm yük vektörleridir.

Hem yük fonksiyonunun hem de zamana bağlı hareket denkleminin kapalı Laplace dönüşümleri alınarak, dönüşmüş uzayda bir dizi Laplace parametresi için cebrik denklem takımının sayısal çözümleri yapılmaktadır. Bu çözümlerden zaman uzayına geçmek için, Durbin'in modifiye edilmiş sayısal ters Laplace dönüşüm yöntemi kullanılmış olup bu yöntemin özeti aşağıda verilmiştir (Durbin,1974; Temel ve ark., 2021; Noori ve ark.,2021; Aslan ve ark., 2018).

$$f(t_j) \cong \frac{2e^{aj\Delta t}}{T}\left[-\frac{1}{2}Re\{\bar{\mathrm{F}}(\mathrm{a})\} + Re\{\sum_{k=0}^{N-1}\{\bar{F}(s_k)\,L_k\}\,e^{(i\frac{2\pi}{N})jk}\}\right] \quad (3.78.)$$

Burada, i kompleks sayı olup $s_k = a + i\frac{2\pi k}{T}$, k'nıncı Laplace dönüşüm parametresini göstermektedir. T, toplam çözüm süresi olmak üzere N adet eşit zaman aralığı, $t_j = j\Delta t = \frac{jT}{N}$, $(j = 0,1,2, \ldots\ldots\ldots N-1)$ için *f(t)* hesaplanmaktadır. Literatürde, $5 \leq aT \leq 10$ aralığı için çok daha iyi ters dönüşümler elde edildiği belirtilmektedir. Bu tezde ele alınan sayısal örneklerde, "aT" için 6 seçilmiştir. Yukarıdaki formulün ikinci kısmındaki toplam, FFT (Fast Fourier Transform) algoritması (Brigham,1974) yardımıyla hesaplanmaktadır. Ters dönüşüm formülünde Laplace uzayındaki çözüm değerleri (Narayanan,1979)'ın önerdiği şekilde aşağıdaki gibi modifiye edilmektedir. Laplace uzayında hesaplanan ayrık değerlerin her biri Lanczos (L_k) faktörü ile çarpılarak zaman uzayındaki çözümler iyileştirilmektedir. Bu faktör,

$$L_k: \begin{cases} k = 0\ için, & L_0 = 1 \\ k > 0\ için, & L_k = \frac{Sin\left(\frac{k\pi}{N}\right)}{\frac{k\pi}{N}} \end{cases} \quad (3.79.)$$

şeklinde verilmektedir.

4. SAYISAL ANALİZ

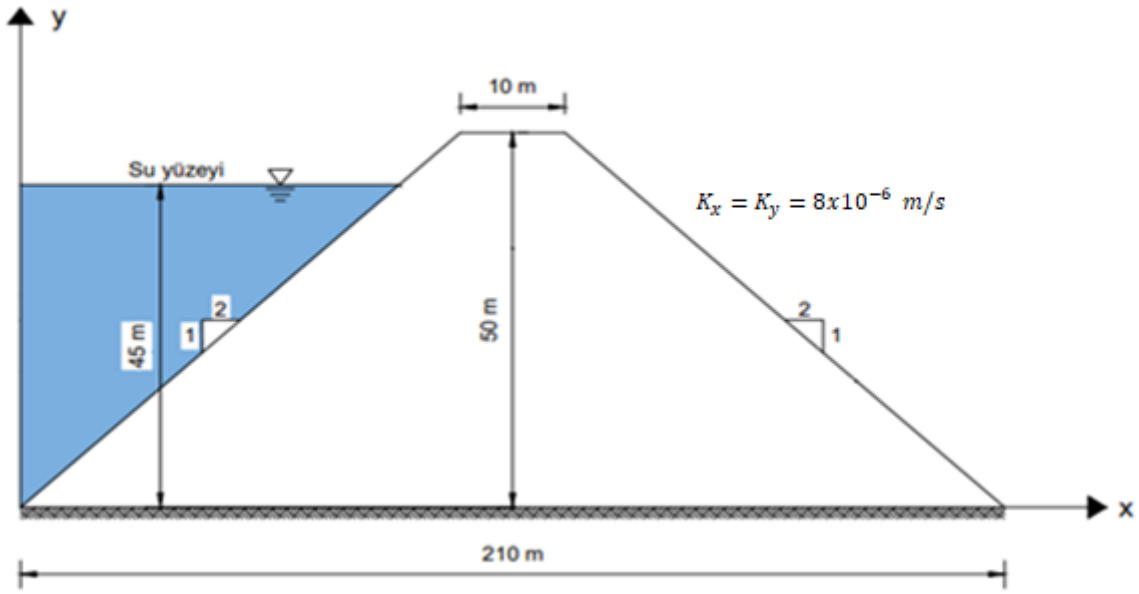
Bu bölümde baraj gövdesinde ve temelinde meydana gelen zamana bağlı ve zamandan bağımsız durumlar için sızma problemleri ele alınacaktır. Zamana bağlı ve zamandan bağımsız durumlarda sızma analizleri, farklı geometri ve farklı malzeme özellikleri için uygulamalar iki alt bölüm halinde ayrı ayrı incelenecektir.

4.1. Zamandan Bağımsız Durumlar için Analizler

Baraj gövdesi ve temelindeki noktalarda hidrolik yük, basınç değerleri, freatik hattı ve birim genişlikten geçen sızma miktarını bulmak için Fortran dilinde bilgisayar programları hazırlanmıştır. Hazırlanan programlar yardımıyla farklı zemin türlerinin, yatay drenaj uzunluğunun ve geçirimsizlik perdesinin sızma miktarı üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Programın veri dosyası hazırlama kılavuzu EK A'da sunulmuştur.

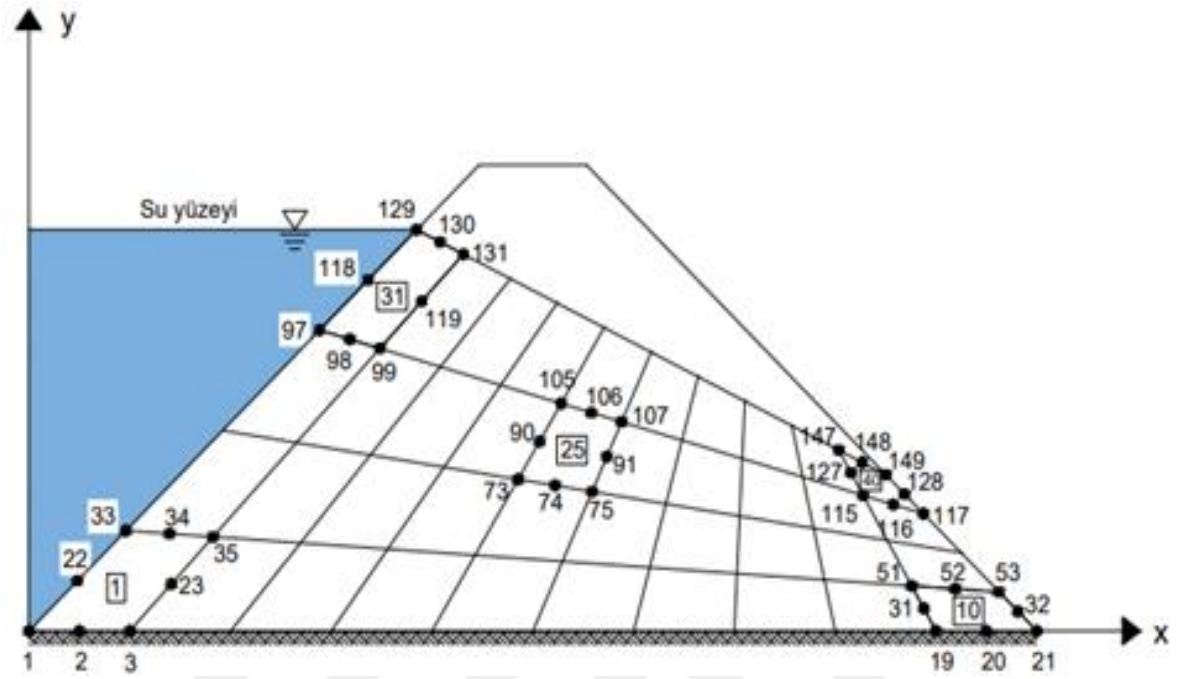
4.1.1. İzotrop Dolgu Baraj Gövdesinde Sızma Analizi

İlk olarak Şekil 4.1.'de verilen homojen izotrop dolgu baraj gövdesinde zamandan bağımsız durum için sızma olayı araştırılmıştır. Barajın taban genişliği 210 m, yüksekliği 50 m, kret genişliği 10 m'dir. Memba ve mansap şev eğimi 1/2 olan baraj havzasında su yüksekliği 45m'dir. Baraj gövdesindeki dolgu malzemesinin hidrolik iletkenlik katsayısı $8x10^{-6}$ m/s olmaktadır.



Şekil 4.1. Dolgu Baraj Gövde Kesiti ve Malzeme Özellikleri

Homojen izotrop dolgu baraj gövdesinde analiz yapılırken sızma bölgesi 40 (x yönünde 10, y yönünde 4 bölme yapılarak) sonlu elemanlar ağı (149 düğüm noktası) oluşturulmuştur (Şekil 4.2.).



Şekil 4.2. Dolgu Baraj Sonlu Eleman Modeli

Galerkin yaklaşımına dayalı SEY ile hesaplanan dolgu baraj gövdesinden geçen sızma değeri, literatürde bulunan sonuçlar ile Çizelge 4.1.'de karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

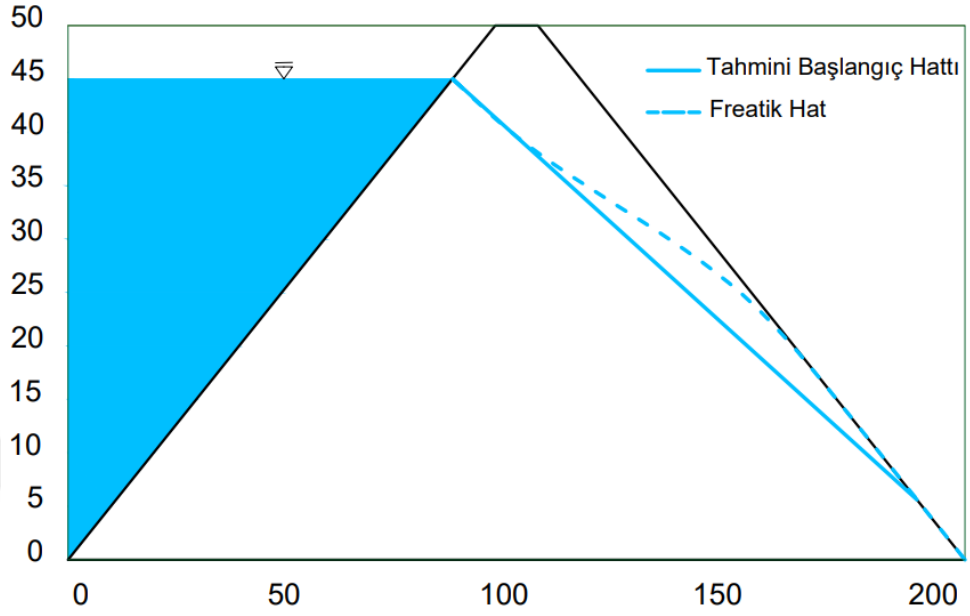
Çizelge 4.1. Dolgu baraja ait birim genişlikten geçen sızma debisi ($m^3/s/m$)

SEY (4 düğümlü eleman) (Ardıçlıoğlu,1990)	Akım Ağı Yöntemi (Ardıçlıoğlu,1990)	Bu çalışma
6.9803×10^{-6}	6.8572×10^{-6}	6.8474×10^{-6}

Zamandan bağımsız halde izotrop dolgu baraj gövdesinden birim genişlikten geçen sızma miktarını 4 düğümlü lineer dörtgen elemanı kullanarak SEY ile hesaplayan Ardıçlıoğlu (1990) ayrıca akım ağı yöntemiyle de sonucu elde etmiştir. Çizelge 4.1 incelendiğinde değerlerin uyum içerisinde olduğu görülmüştür.

Sızma miktarı hesaplanırken daha önce belirtildiği gibi freatik hattın konumu belirlenmelidir. Freatik hattın belirlenmesi bir dizi yinelemeli iteratif bir prosedüre dayanmaktadır. İlk olarak tahmini başlangıç doğrusal freatik hat kabul edilerek gerekli iterasyonlar sonucunda freatik hat için yakınsama koşulu hata kriteri sağlanana kadar çözümlere devam edilir. İterasyonlarda hata yakınsama kriteri 0.001 alınarak işlemler gerçekleştirilmiş ve 14 iterasyon sonucu elde edilen freatik hat Şekil 4.3.'de verilmiştir.

Zamandan bağımsız hal için problem çözülürken sızma bölgesi içerisindeki tüm noktalarda, eleman düğüm noktaları ve koordinatları bulumuş ve memba bölgesindeki elemanlarda gerçekleşen düğüm akım değerleri EK B' de sunulmuştur.



Şekil 4.3. Dolgu Baraja Ait Freatik Hatlar

Bu uygulamada sızma bölgesi farklı sayıda 8 düğümlü kuadratik sonlu eleman ağına bölünerek ve dolgu baraj gövdesinden birim zamanda geçen sızma miktarları Çizelge 4.2.'de karşılaştırılmıştır.

Çizelge 4.2. Dolgu baraja ait eleman sayısına göre birim zamanda geçen sızma miktarı ($m^3/s/m$)

Eleman sayısı	**Birim zamanda geçen sızma miktarı**
20	6.84487×10^{-6}
40	6.8474×10^{-6}
60	6.8314×10^{-6}
80	6.8253×10^{-6}
100	6.8244×10^{-6}

Çizelge 4.2. incelendiğinde sızma miktarlarının önemli bir değişim olmadığı anlaşılmaktadır. Az sayıda kuadratik eleman kullanılması halinde bile yeterli hassasiyette çözümler bulunabilmektedir. Bu sebeple, bundan sonraki uygulamalarda hesaplamalar yapılırken baraj gövdesi sızma bölgesi için 40 elemanlı sonlu eleman ağı kullanılacaktır.

Ayrıca boşluk suyu basınç ve hidrolik yük değerlerinin incelendiği bu uygulamada Şekil 4.2. üzerinde belirtilen düğüm noktalarındaki dolgu baraja ait hidrolik yük ve basınç değerleri hesaplanarak Çizelge 4.3.' de sunulmuştur. Çizelge 4.3. incelendiğinde en büyük hidrolik yük ve basınç yükü değerlerinin memba kısmının temele yakın bölgesinde olduğu anlaşılmaktadır.

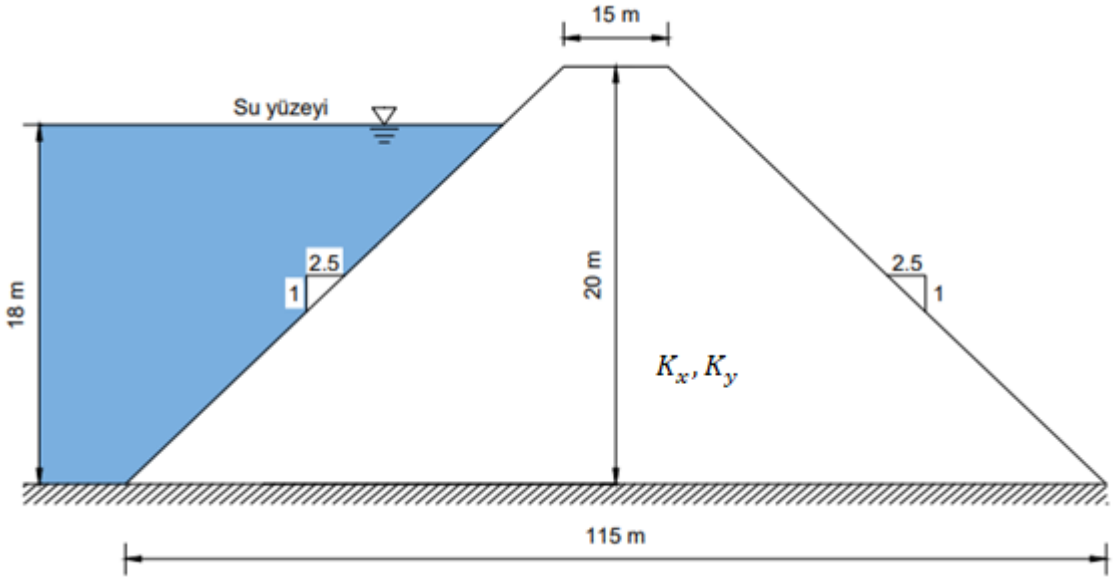
Ayrıca Çizelge 4.3 incelendiğinde temel kotundan su yüzeyine çıkıldıkça ve memba bölgesinden mansap bölgesine gidildikçe basınç yükü değerlerinin azaldığı görülmüştür.

Çizelge 4.3. Dolgu baraja ait hidrolik yük ve basınç yükü değerleri

Düğüm No	**X (m)**	**Y (m)**	**Hidrolik Yük (m)**	**Basınç Yükü (m)**	**Düğüm No**	**X (m)**	**Y (m)**	**Hidrolik Yük (m)**	**Basınç Yükü (m)**
1	0.00	0.000	45.000	45.000	**91**	128.75	15.938	32.685	16.747
2	10.50	0.000	44.998	44.998	**97**	67.50	33.750	45.000	11.250
3	21.00	0.000	44.966	44.966	**98**	74.10	32.287	44.412	12.125
19	189.00	0.000	10.084	10.084	**99**	80.70	30.825	43.502	12.677
20	199.50	0.000	4.712	4.712	**105**	120.30	22.050	35.033	12.983
21	210.00	0.000	0.000	0.000	**106**	126.90	20.588	33.348	12.760
22	11.25	5.625	45.000	39.375	**107**	133.50	19.125	31.582	12.457
23	30.95	5.137	44.889	39.751	**115**	186.30	7.425	11.741	4.316
31	188.55	1.237	10.332	9.095	**116**	192.90	5.963	8.038	2.075
32	208.25	0.750	0.750	0.000	**117**	199.50	4.500	4.500	0.000
33	22.50	11.250	45.000	33.750	**118**	78.75	39.375	45.000	5.625
34	31.70	10.762	44.928	34.165	**119**	90.65	35.963	42.789	6.826
35	40.90	10.275	44.759	34.484	**127**	185.85	8.663	12.003	3.340
51	188.10	2.475	10.589	8.114	**128**	197.75	5.250	5.250	0.000
52	197.30	1.987	5.764	3.776	**129**	90.00	45.000	45.000	0.000
53	206.50	1.500	1.500	0.000	**130**	95.30	43.004	43.004	0.000
73	108.20	14.700	37.478	22.778	**131**	100.60	41.002	41.002	0.000
74	116.10	13.725	35.690	21.965	**147**	185.40	12.300	12.300	0.000
75	124.00	12.750	33.775	21.025	**148**	190.70	9.650	9.650	0.000
90	114.25	18.375	36.283	17.908	**149**	196.00	6.364	6.365	0.001

4.1.2. Anizotrop Dolgu Baraj Gövdesinde Sızma Analizi

Bu uygulamada, anizotropik malzemeye sahip (iki farklı hidrolik iletkenlik için) baraj gövde zeminlerindeki sızma etkileri araştırılmıştır.



Şekil 4.4. Dolgu Baraj Gövde Kesiti ve Özellikleri

Şekil 4.4.'de geometrisi verilen farklı zemin özelliklerindeki dolgu barajlara ait baraj gövdesinde zamandan bağımsız durum için sızma olayı araştırılmıştır. Barajın taban genişliği 115 m, yüksekliği 20 m, kret genişliği 15 m'dir. Memba ve mansap şev eğimi 1/2.5 olan baraj havzasında su yüksekliği 18 m'dir.

Dolgu baraj gövdesinde analiz yapılırken 4 farklı durum içinde sızma bölgesi 40 (x yönünde 10, y yönünde 4 elemana bölünerek) sonlu elemanlar ağı (149 düğüm noktası) oluşturulmuştur.

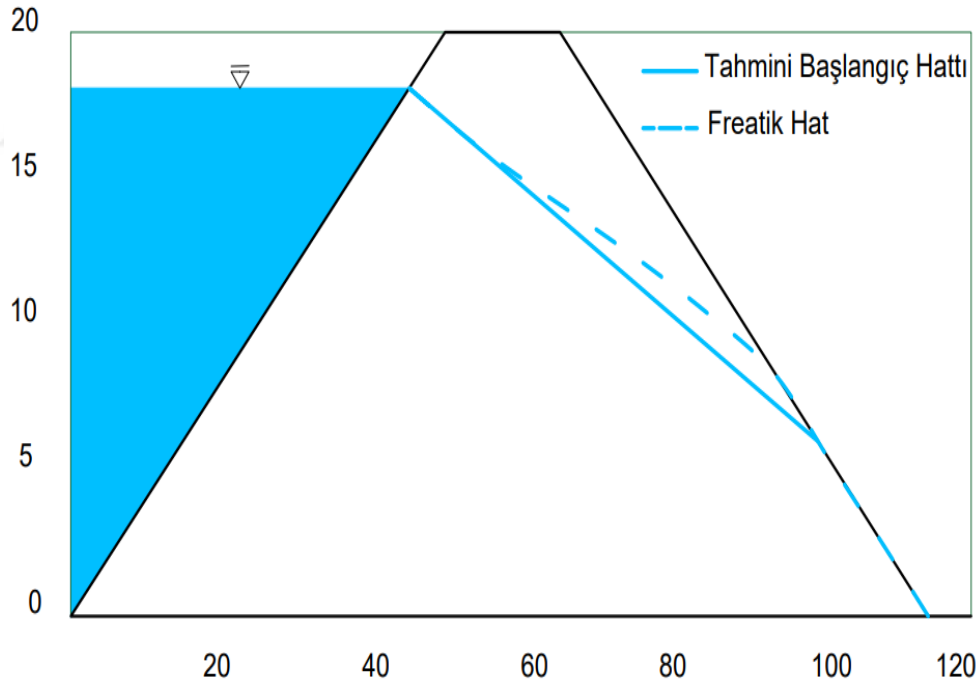
Zamandan bağımsız halde sızma analizi için hazırlanan Fortran programı veri dosyasında hızlı ve kolay değişiklikler yapılarak 4 farklı durumun göz önünde bulundurularak elde edilen sonuçlarla birim genişlikten geçen sızma debisi değerleri Çizelge 4.4'de verilmektedir.

İzotropik ve anizotropik zemin özelliklerinin ele alındığı bu uygulamada, verilen sonuçlar incelendiğinde hidrolik iletkenlik katsayısı arttıkça birim genişlikten geçen sızma debisinin arttığı gözlemlenmiştir. Ayrıca çizelgeye göre x yönündeki hidrolik iletkenlik katsayısının sızma üzerinde daha etkili olduğu söylenebilmektedir.

Anizotropik zemin özelliklerine sahip durum 3 için ayrıca freatik hattın yerinin belirlenmesine yönelik çalışmalar yapılmıştır. İteratif işlemler sonucunda, yakınsama kriteri 0.001 alınarak 12 iterasyonda freatik hat bulunmuş ve Şekil 4.5. üzerinde gösterilmiştir.

Çizelge 4.4. Farklı zemin özelliklerindeki dolgu barajlara ait birim genişlikten geçen sızma debisi ($m^3/s/m$)

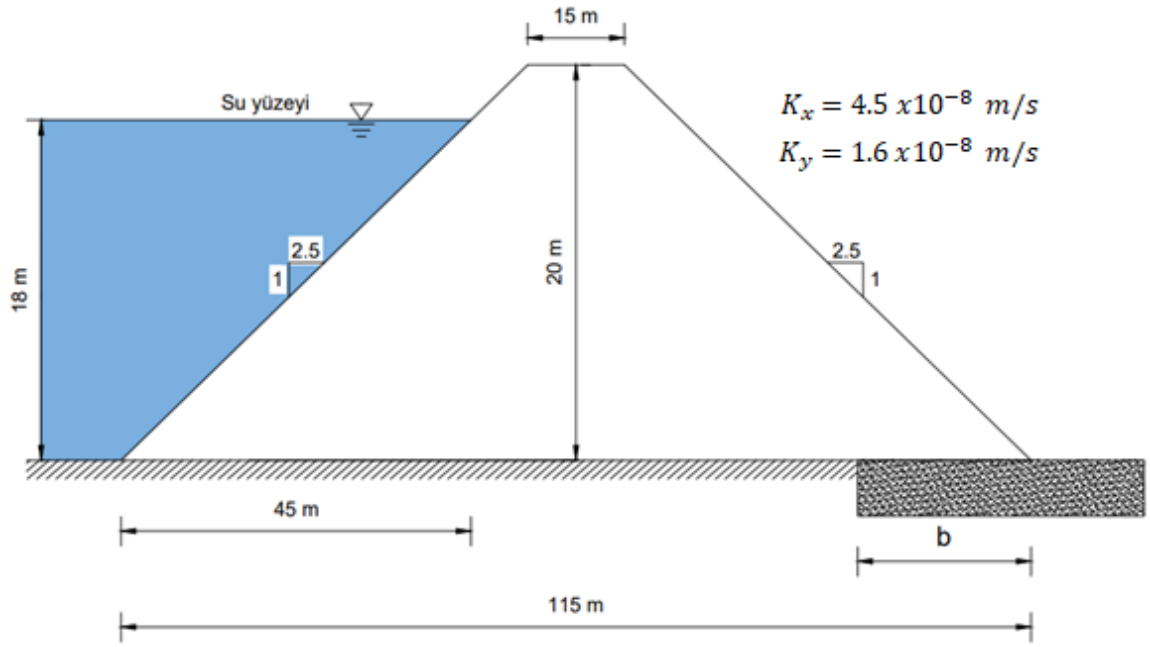
	Hidrolik iletkenlik Katsayısı (m/s)	**Bu çalışma**
Durum 1	$K_x = 4.5 \times 10^{-8}$ $K_y = 4.5 \times 10^{-8}$	1.06×10^{-7}
Durum 2	$K_x = 1.6 \times 10^{-8}$ $K_y = 4.5 \times 10^{-8}$	3.98×10^{-8}
Durum 3	$K_x = 4.5 \times 10^{-8}$ $K_y = 1.6 \times 10^{-8}$	1.00×10^{-7}
Durum 4	$K_x = 1.6 \times 10^{-8}$ $K_y = 1.6 \times 10^{-8}$	3.77×10^{-8}



Şekil 4.5. Anizotrop Dolgu Baraja Ait Freatik Hatlar

Ayrıca sızma ağı içerisindeki tüm bölge için eleman düğüm noktaları ve koordinatları bulunarak memba bölgesindeki elemanlarda gerçekleşen düğüm akım değerleri EK C'de sunulmuştur.

4.1.3. Yatay Drenajlı Anizotrop Dolgu Baraj Gövdesinde Sızma Analizi



Şekil 4.6. Yatay Drenajlı Dolgu Baraj Gövde Kesiti ve Malzeme Özellikleri

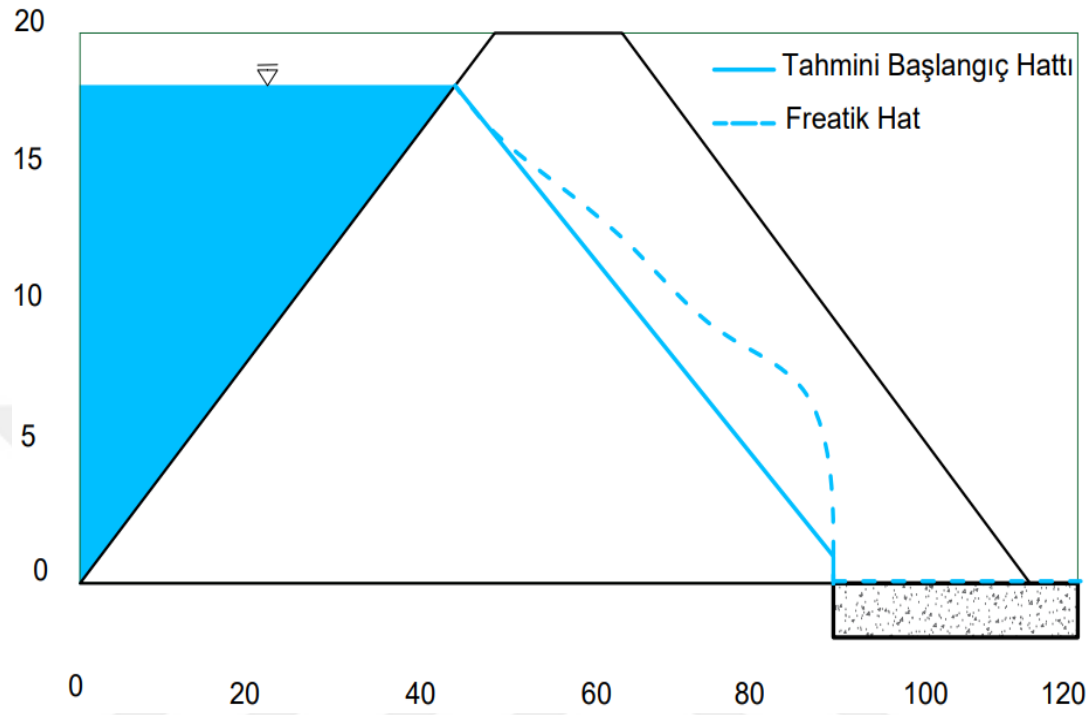
Anizotrop malzemeye sahip mansap kısmında yatay drenaj bulunan dolgu baraj (Şekil 4.6.) için birim genişlikten geçen sızma debisi hesaplanarak drenaj uzunluğunun sızma üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Barajın taban genişliği 115 m, yüksekliği 20 m, kret genişliği 15 m'dir. Memba ve mansap şev eğimi 1/2.5 olan baraj havzasında su yüksekliği 18 m'dir. Baraj gövdesindeki dolgu malzemenin hidrolik iletkenlik katsayıları x yönünde 4.5 $x10^{-8}$ m/s ve y yönünde 1.6 $x10^{-8}$ m/s olmaktadır. Barajın birim genişliğinden geçen sızma debisi çizelge 4.5.'de sunulmuştur.

Çizelge 4.5. Farklı uzunlukta yatay drenaja sahip dolgu barajlara ait birim genişlikten geçen sızma debisi (m^3/s/m)

Yatay Drenaj Uzunluğu, b (m)	**Sağlıca (2013)**	**Bu çalışma**
15.5	1.0×10^{-7}	1.106×10^{-7}
18.0	-	1.149×10^{-7}
21.0	-	1.204×10^{-7}
25.0	-	1.287×10^{-7}

Çizelge 4.5. incelendiğinde yatay drenaj uzunluğu arttıkça birim genişlikten geçen sızma miktarının da arttığı görülmüştür. Ayrıca, yatay drenaj uzunluğu 25 m olan dolgu barajlar için freatik hattın konumu, yakınsama kriteri 0.001 alınarak 118 iterasyonda bulunmuş ve Şekil 4.7. üzerinde gösterilmiştir.

Çözüm sonuçları, sızma ağı içerisindeki tüm bölge için eleman düğüm noktaları ve koordinatları bulunarak memba bölgesindeki elemanlarda gerçekleşen düğüm akım değerleri EK D'de sunulmuştur.

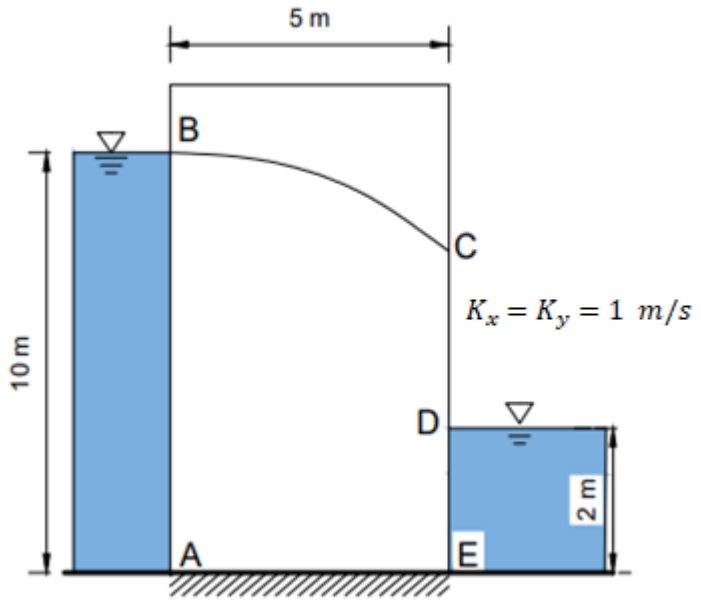


Şekil 4.7. Yatay Drenajlı Anizotrop Dolgu Baraja Ait Freatik Hatlar

Şekilden de anlaşıldığı üzere, yatay drenajlı barajlarda sızma hattının yatay drenaj bölgesinde olmasından dolayı mansap bölgesine borulanmadan kaynaklı olası bir zarar veremeyeceği görülmektedir. Bu sonuç, toprak barajların stabilitesi için su hattı konumunu kontrol etmede yatay drenajların kullanılmasının önemini göstermektedir.

4.1.4. Memba ve Mansap Suyu olan İzotrop Dolgu Baraj Gövdesinde Sızma Analizi

Bu uygulamada, Şekil 4.8.'de verilen mansap bölgesinde de su bulunan dörtgen kesitli baraj gövdesi için sızma miktarı hesaplanmıştır. Barajın taban genişliği 5 m, yüksekliği 12 m, baraj havzasında su yüksekliği 10 m ve mansap bölgesinde bulunan su yüksekliği 2 m'dir. Baraj gövdesindeki izotrop dolgu malzeme için hidrolik iletkenlik katsayısı 1 m/s olarak alınmaktadır. Hem memba hem de mansap suyu bulunan izotrop dolgu baraj gövdesinde sızma analizi yapılırken sızma bölgesi 40 (x yönünde 10, y yönünde 4 bölme yapılarak) sonlu elemanlar ağı (149 düğüm noktası) oluşturulmuştur.



Şekil 4.8. Dolgu Baraj Gövde Kesiti ve Malzeme Özellikleri

Bu problem için elde edilen sonuçlar, çözüm başlangıcında bilinmeyen ve iteratif bir yöntemle freatik hattın konumu belirlenirken farklı yaklaşımlar ile belirleyen su yüzeyi konumu için Parsi ve Daneshm (2012) ve Parsi (2019) sonuçları ile Çizelge 4.6.'da karşılaştırılmıştır.

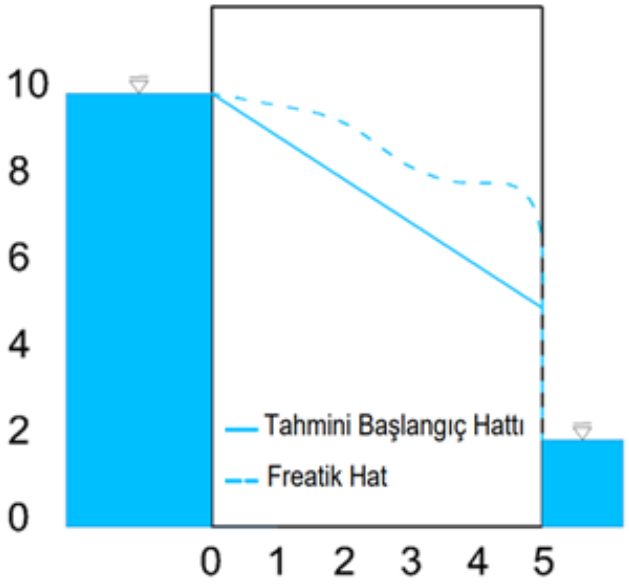
Çizelge 4.6. Dolgu baraja ait birim genişlikten geçen sızma debisi ($m^3/s/m$)

Parsi ve Daneshm (2012)	**Parsi (2019)**	**Bu çalışma**
9.60	9.64	9.645

Memba ve mansap bölgesinde su bulunan dikdörtgen kesitli dolgu barajdan elde edilen birim genişlikten geçen sızma değerinin literatür ile oldukça yakın olduğu görülmüştür. Fakat mansap bölgesinde su bulunan dolgu barajlarda hesaplamalar gerçekleştirilirken görülmüştür ki; özellikle sonlu eleman ağı ve sınır şartları için Fortran programına veri girilmesi dikkat edilmesi gereken önemli bir ayrıntıdır.

Sızma miktarı hesaplanırken ilk olarak, freatik hattın konumu belirlenmiştir. Tahmini başlangıç doğrusal bir hat kabul edildikten sonra gerekli işlemler sonucunda hata kriteri sağlanana kadar iterasyonlara devam edilir. İterasyonlarda hata yakınsama kriteri için 0.001 alınarak işlemler yapılmış ve 66. iterasyon sonucu freatik hat belirlenmiş ve freatik hat Şekil 4.9.'da gösterilmiştir.

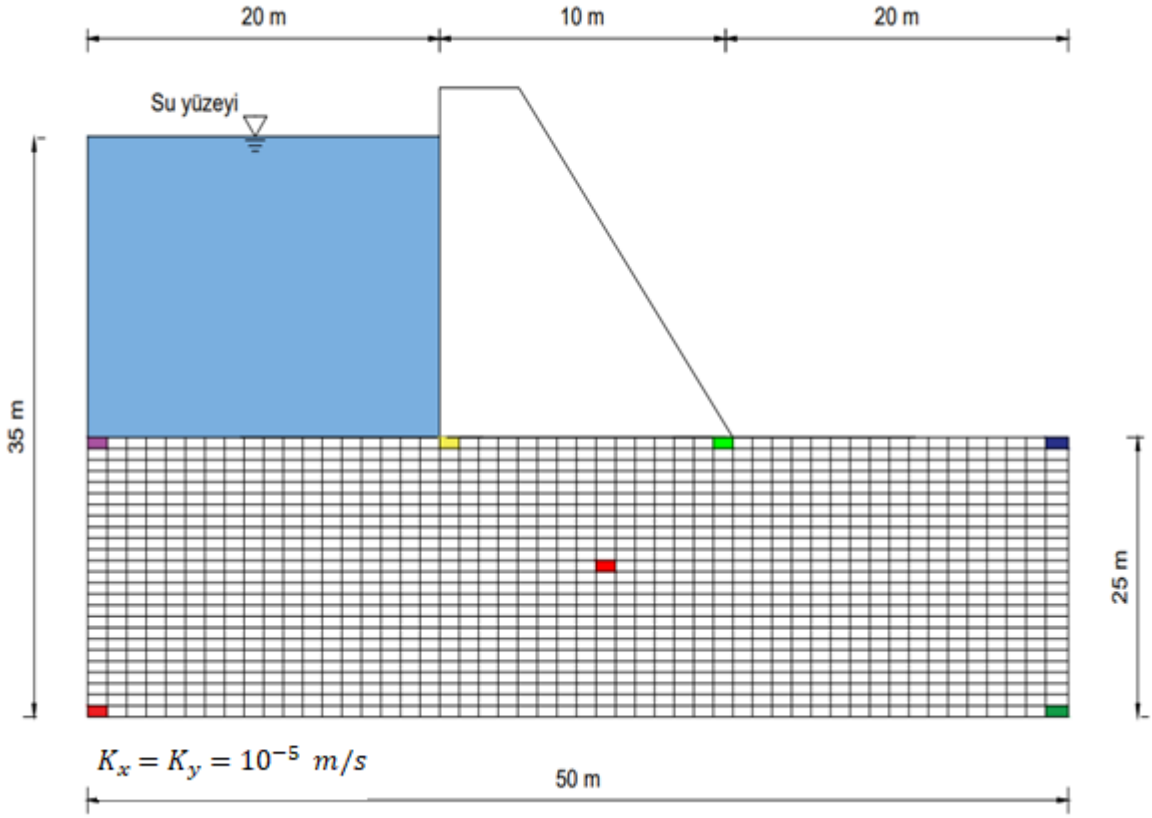
Sonuç olarak, sızma ağı içindeki tüm bölge için eleman tüm noktalarda eleman düğüm noktaları ve koordinatları bulunarak memba bölgesindeki elemanlarda gerçekleşen düğüm akım değerleri EK E'de sunulmuştur.



Şekil 4.9. Memba ve Mansap Suyu olan İzotrop Dolgu Baraja Ait Freatik Hatlar

4.1.5. İzotrop Baraj Temelinde Sızma Analizi

Şekil 4.10.'da verilen ve havzasında 10 m yüksekliğinde su bulunan izotrop barajın temelinden geçen sızma miktarı hesaplanmıştır. Barajın temel genişliği 50 m, yüksekliği 25 m ve zemin malzemenin hidrolik iletkenlik katsayısı 10^{-5} m/s olarak alınmıştır.



Şekil 4.10. İzotrop Baraj Gövde-Temel Kesiti ve Malzeme Özellikleri

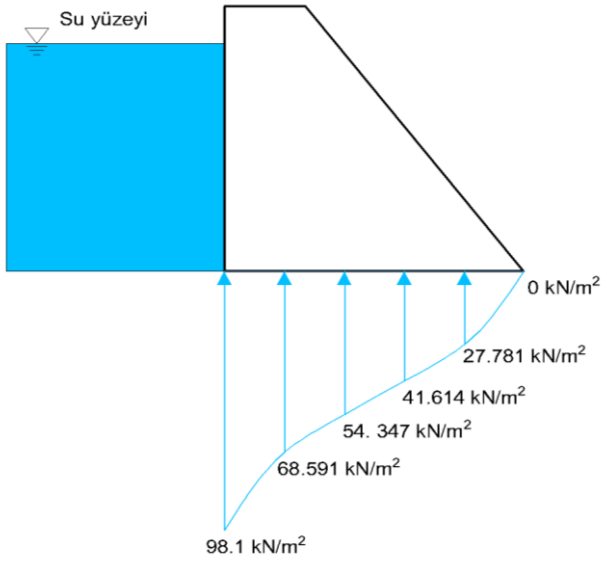
Homojen izotrop baraj temelinde analiz yapılırken temel bölgesi 2500 (x yönünde 100, y yönünde 25 bölme yapılarak) sonlu elemanlar ağı (7751 düğüm noktası) teşkil edilmiştir. Bu problem için elde edilen sonuçlar, literatür ile Çizelge 4.7. üzerinde karşılaştırılmıştır.

Çizelge 4.7. Baraj temelinden birim genişlikten geçen sızma debisi ($m^3/s/m$)

Mansuri (2014)	**Bu çalışma**
7.7015×10^{-5}	7.7200×10^{-5}

Zamandan bağımsız durum için temel zemininden birim genişlikten geçen sızma debisini veren Çizelge 4.7. incelendiğinde, debilerin oldukça yakın olduğu görülecektir.

Hidrolik yapıların güvenliği ve stabilitesi ile ilgili en önemli faktörlerden biri de kaldırma kuvvetidir. Hidrolik yapının altındaki sızmadan dolayı boşluk suyu basıncı baraj temellerine karşı yukarı kaldırma kuvveti uygular. Bu boşluk basıncı, yapı tabanlarına karşı kuvvetleri yukarı doğru uygulayan kaldırma basıncı olarak bilinir. Kaldırma basıncı yapının ağırlığı ile dengelenemezse, stabilite sorunları oluşturur. Bu sebeple, boşluk suyu basıncı hesaplanarak yapıya etkiyen kaldırma kuvveti belirlenerek Şekil 4.11. üzerinde gösterilmiş ve EK G'de çizelge halinde sunulmuştur.



Şekil 4.11. Baraja Etkiyen Kaldırma Kuvveti

Daha önceden de belirtildiği üzere hidrolik yapı tasarlarken sızma konusuna dikkat edilmeli ve kaldırma kuvveti yapının kendi ağırlığı ile dengelenmelidir.

Temel uçları ve ortası ile şekilde işaretlenmiş gövde mansap ve memba bölgesi altında bulunan işaretlenmiş iki elemandaki baraja ait hidrolik yük ve basınç değerleri hesaplanarak Çizelge 4.8.'de sunulmuştur. Çizelge 4.8. incelendiğinde, en büyük hidrolik yük ve basınç yükü değerlerinin memba kısmının temel zeminin en alt bölgesinde olduğu anlaşılmaktadır. Ayrıca temel zemin en alt kotundan temel kotuna çıkıldıkça ve memba bölgesinden mansap bölgesine gidildikçe basınç yükü değerlerinin azaldığı görülmektedir.

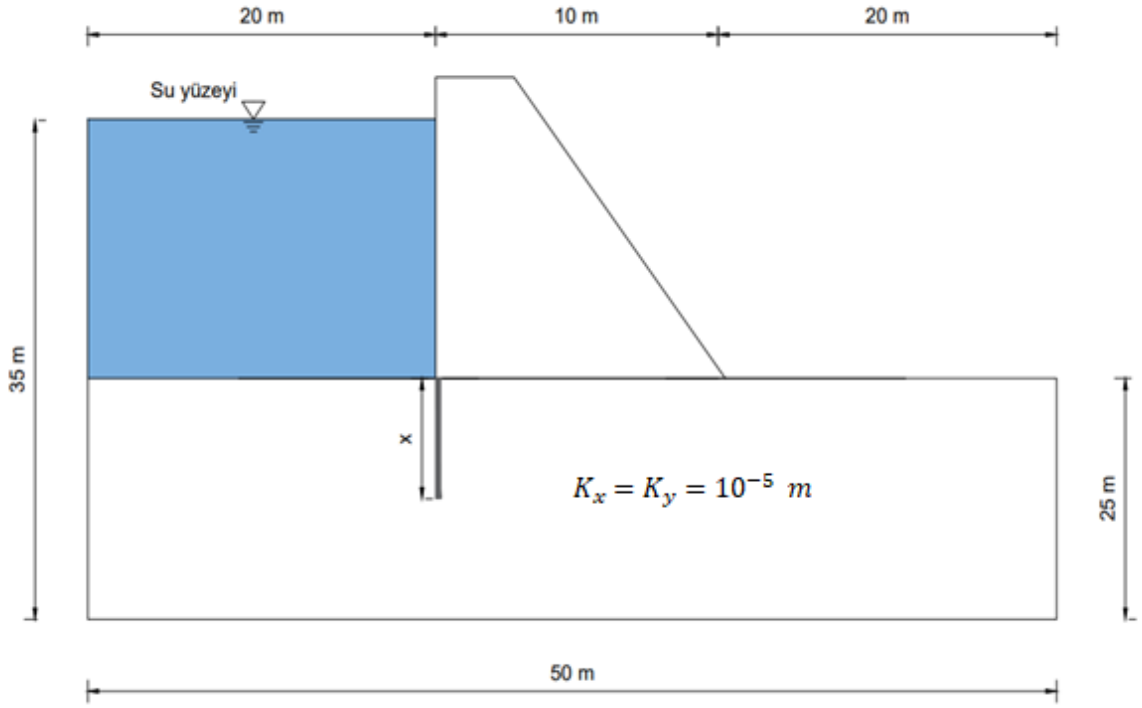
Çizelge 4.8. Baraja ait hidrolik yük ve basınç yükü değerleri

Düğüm No	X (m)	Y (m)	Hidrolik Yük (m)	Basınç Yükü (m)	Düğüm No	X (m)	Y (m)	Hidrolik Yük (m)	Basınç Yükü (m)
1	0	0	32.412	32.412	**3690**	20.5	24	33.279	9.279
2	0.5	0	32.410	32.410	**3691**	21	24	32.793	8.793
3	1	0	32.407	32.407	**3709**	30	24	26.359	2.359
99	49	0	27.520	27.520	**3710**	30.5	24	26.026	2.026
100	49.5	0	27.517	27.517	**3711**	31	24	25.847	1.847
101	50	0	27.516	27.516	**3747**	49	24	25.169	1.169
102	0	0.5	32.413	31.913	**3748**	49.5	24	25.169	1.169
103	1	0.5	32.408	31.908	**3749**	50	24	25.169	1.169
151	49	0.5	27.519	27.019	**3750**	0	24.5	34.912	10.412
152	50	0.5	27.515	27.015	**3751**	1	24.5	34.912	10.412
153	0	1	32.416	31.416	**3770**	20	24.5	34.137	9.637
154	0.5	1	32.415	31.415	**3771**	21	24.5	32.987	8.487
155	1	1	32.412	31.412	**3780**	30	24.5	25.853	1.353
251	49	1	27.516	26.516	**3781**	31	24.5	25.430	0.930
252	49.5	1	27.513	26.513	**3799**	49	24.5	25.085	0.585
253	50	1	27.512	26.512	**3800**	50	24.5	25.084	0.584
1873	24	12	30.198	18.198	**3801**	0	25	35.000	10.000
1874	24.5	12	30.082	18.082	**3802**	0.5	25	35.000	10.000
1875	25	12	29.965	17.965	**3803**	1	25	35.000	10.000
1950	24	12.5	30.206	17.706	**3841**	20	25	35.000	10.000
1951	25	12.5	29.966	17.466	**3842**	20.5	25	33.756	8.756
2025	24	13	30.215	17.215	**3843**	21	25	32.986	7.986
2026	24.5	13	30.091	17.091	**3861**	30	25	25.000	0.000
2027	25	13	29.966	16.966	**3862**	30.5	25	25.000	0.000
3649	0	24	34.824	10.824	**3863**	31	25	25.000	0.000
3650	0.5	24	34.824	10.824	**3899**	49	25	25.000	0.000
3651	1	24	34.823	10.823	**3900**	49.5	25	25.000	0.000
3689	20	24	33.625	9.625	**3901**	50	25	25.000	0.000

Ayrıca sızma ağı içerisindeki belirli bir bölge için eleman düğüm noktaları ve koordinatları bulunarak temel bölgesindeki belirli elemanlarda gerçekleşen düğüm akım değerleri EK F'de sunulmuştur.

4.1.6. Geçirimsizlik Perdeli İzotrop Baraj Temelinde Sızma Analizi

Şekil 4.12.'de gösterilen geçirimsizlik perdesinin sızma olayı üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Havzasında 10 m yüksekliğinde su bulunan barajın temel genişliği 50 m, yüksekliği 25 m ve zemin malzemesinin hidrolik iletkenlik katsayısı 10^{-5} m/s olarak alınmıştır. Geçirimsizlik perdeli izotrop baraj temelinde sızma analizi yapılırken temel bölgesi 2500 (x yönünde 100, y yönünde 25 bölme yapılarak) sonlu elemanlar ağı (7751 düğüm noktası) oluşturulmuştur.



Şekil 4.12. Geçirimsizlik Perdeli Baraj Gövde-Temel Kesiti ve Malzeme Özellikleri

Geçirimsizlik perdesinin baraj temelinden sızan su miktarına etkisinin incelediği bu uygulamada perde uzunluğuna karşılık birim genişlikten geçen sızma debisi değerleri Çizelge 4.9.'da verilmiştir.

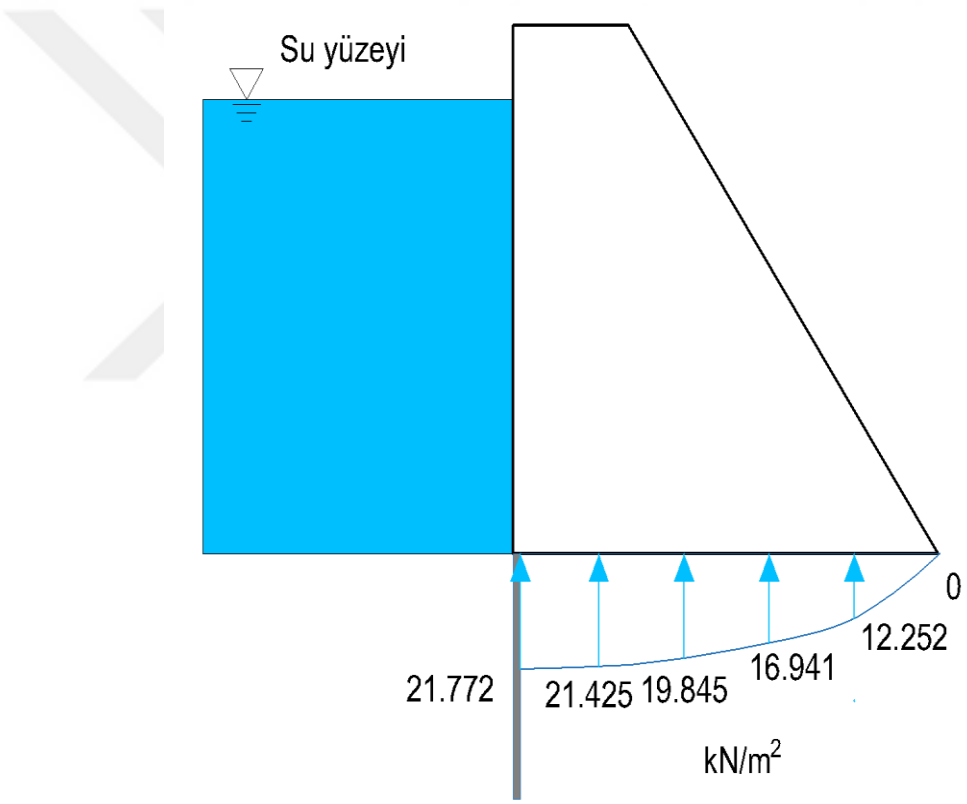
Çizelge 4.9. Farklı uzunlukta geçirimsizlik perdesine sahip baraj temelinden birim genişlikten geçen sızma debisi ($m^3/s/m$)

Geçirimsizlik Perdesi Uzunluğu, X (m)	**Bu çalışma**
0	7.7200×10^{-5}
7	5.4336×10^{-5}
8	5.1689×10^{-5}
9	4.9176×10^{-5}
10	4.6780×10^{-5}
11	4.4495×10^{-5}
12	4.2311×10^{-5}

Barajın memba bölgesine yerleştirilen geçirimsizlik perdesinin uzunluğu 7-12 m olarak işlemler yapılmıştır. Çizelge 4.9'da geçirimsizlik perdesi uzunluğuna karşılık hesaplanan birim genişlikten geçen sızma debisi değerlerinin sırasıyla 7-12 m için, %29.61, %33.04, %36.30, %39.40, %42.36 ve %45.19 azaldığı görülmüştür. Bu da geçirimsizlik perdesinin zamandan bağımsız durumda sızma olayı üzerinde önemli bir etkisi olduğunu göstermektedir.

Ayrıca geçirimsizlik perdesi uzunluğunun X=10 m olması durumunda sızma bölgesi içerisindeki belirli noktalarda eleman düğüm noktaları ve koordinatları bulunarak temel bölgesindeki belirli elemanlarda gerçekleşen düğüm akı değerleri EK H'da sunulmuştur.

Son olarak bu uygulamada baraj stabilitesinde önemli bir konu olan boşluk suyu basıncı hesaplanarak yapıya etkiyen kaldırma kuvveti belirlenerek Şekil 4.13. üzerinde gösterilmiştir ve EK I'da çizelge halinde sunulmuştur.



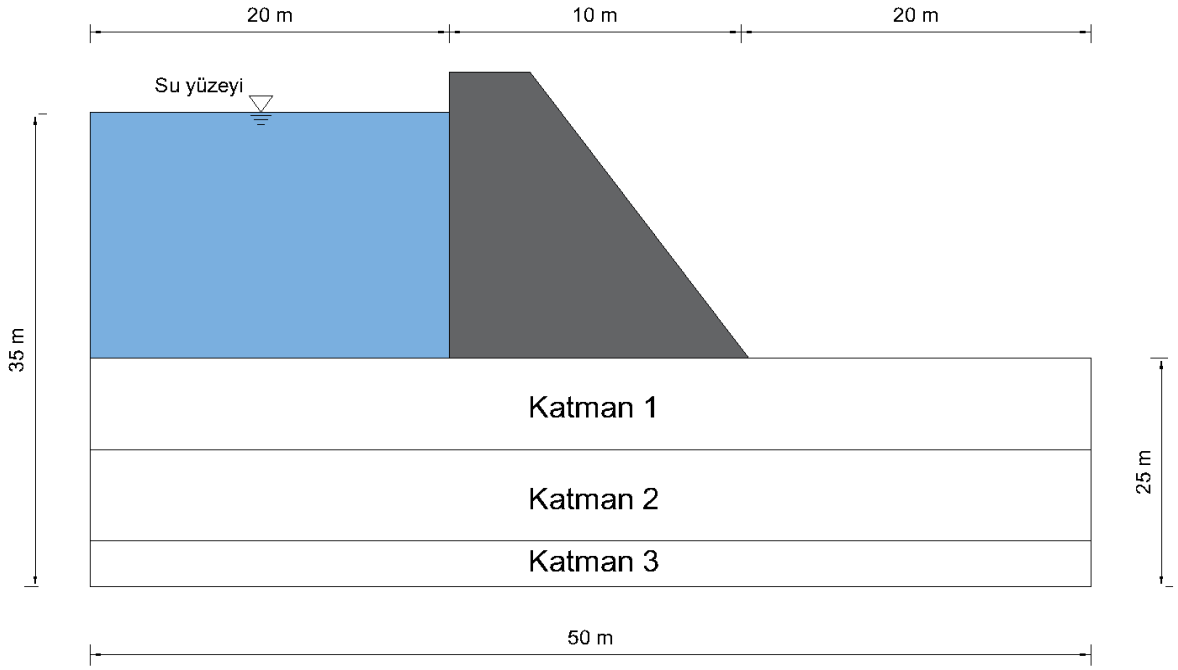
Şekil 4.13. Baraja Etkiyen Kaldırma Kuvveti

Şekil 4.13. incelendiğinde normal baraj temeline göre geçirimsizlik perdesinin, temel tabanında oluşturduğu boşluk suyu basıncından kaynaklı kaldırma kuvvetinin daha az olduğu da görülmektedir.

4.1.7. Temeli Katmanlardan Oluşan Barajda Sızma Analizi

Şekil 4.14.'de verilen ve havzasında 10 m yüksekliğinde su bulunan, temeli katmanlı zeminlerden oluşan barajda meydana gelen sızma problemi incelenmiştir.

Genişliği 50 m, toplam yüksekliği 25 m olan baraj temelinin katmanlarla ilgili bilgi Çizelge 4.10.'da verilmiştir. Sızma analizi yapılırken temel bölgesi 2500 (x yönünde 100, y yönünde 25 bölme yapılarak) sonlu elemanlar ağı (7751 düğüm noktası) oluşturulmuş zamandan bağımsız durum için baraj temelinde birim genişlikten geçen sızma miktarı bulunmuştur.



Şekil 4.14. Baraj Gövde-Temel Kesiti

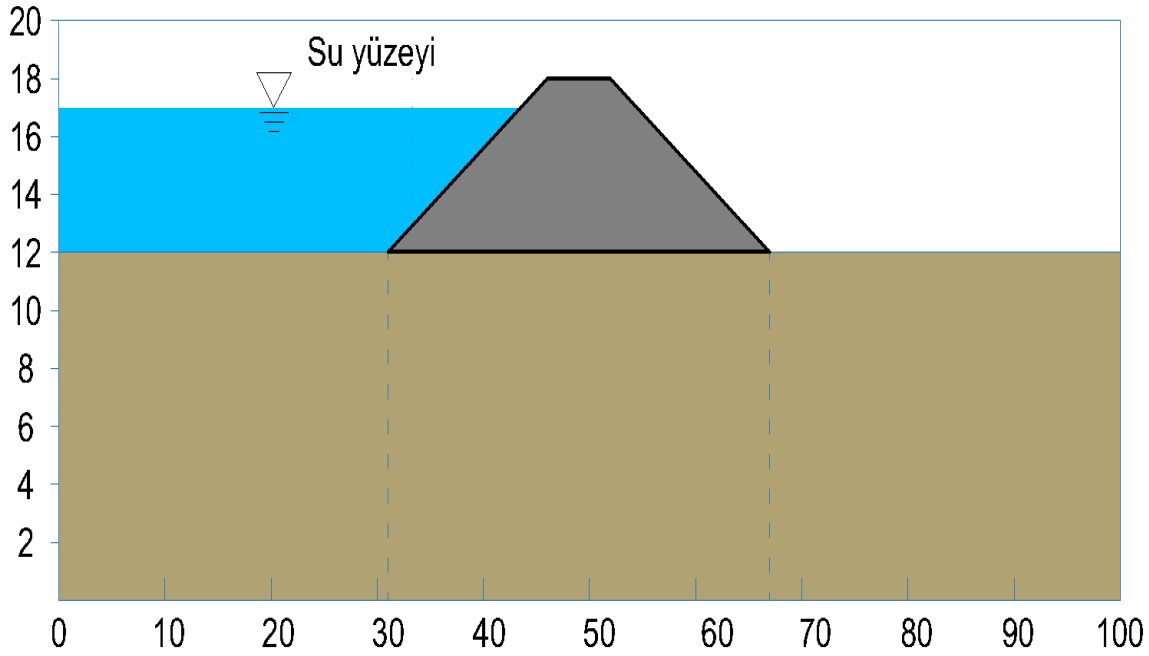
Çizelge 4.10. Baraj temel zemini katman bilgileri

	Hidrolik İletkenlik Katsayısı K_x, K_y (m/s)	**Katman Yüksekliği (m)**
Katman 1	10^{-7}	10
Katman 2	10^{-6}	10
Katman 3	10^{-5}	5

Baraj temelinde birim genişlikten geçen sızma debisi değeri 1.130×10^{-6} (m^3/s/m) olarak hesaplanmıştır. Ayrıca sızma ağı içerisindeki tüm noktalarda eleman düğüm noktaları ve koordinatları bulunarak memba bölgesindeki elemanlarda gerçekleşen düğüm akım değerleri EK J'de sunulmuştur.

4.1.8. Dolgu Baraj Gövde ve Temelinde Sızma Analizi

Şekil 4.15.'de verilen baraj gövde ve zemininde meydana gelen sızma olayı incelenmiştir. Barajın taban genişliği 36 m, yüksekliği 6 m, kret genişliği 6 m'dir. Baraj gövdesindeki dolgu malzemenin hidrolik iletkenlik katsayısı 10^{-5} m/s olmaktadır. Havzasında 5 m yüksekliğinde su bulunan barajın temel genişliği 100 m, yüksekliği 12 m ve zemin malzemenin hidrolik iletkenlik katsayısı 10^{-8} m/s olarak alınmıştır. Dolgu baraj gövde ve temelinde sızma analizi yapılırken temel bölgesi 1200 (x yönünde 100, y yönünde 12 bölme yapılarak), gövde bölgesi 144 (x yönünde 36, y yönünde 4 bölme yapılarak) sonlu elemanlar ağı (4265 düğüm noktası) oluşturulmuştur.



Şekil 4.15. Dolgu Baraj Gövde-Temel Kesiti

Bu uygulamada ilk olarak dolgu baraj temel zemini tek başına ele alınmış ve sızma miktarı hesaplanmıştır. Bulunan sonuçlar literatür ile birlikte Çizelge 4.11.'de karşılaştırılmıştır.

Daha sonra dolgu baraj gövde ve temelinde meydana gelen sızma olayı ayrıntılı bir şekilde incelenerek sonuçlar elde edilmiş ve Çizelge 4.12.'de sunulmuştur.

Çizelge 4.11. Sadece baraj temelinden birim genişlikten geçen sızma debisi (m^3/s/m)

Kermani (2019)	**Bu çalışma**
1.2254×10^{-8}	1.2792×10^{-8}

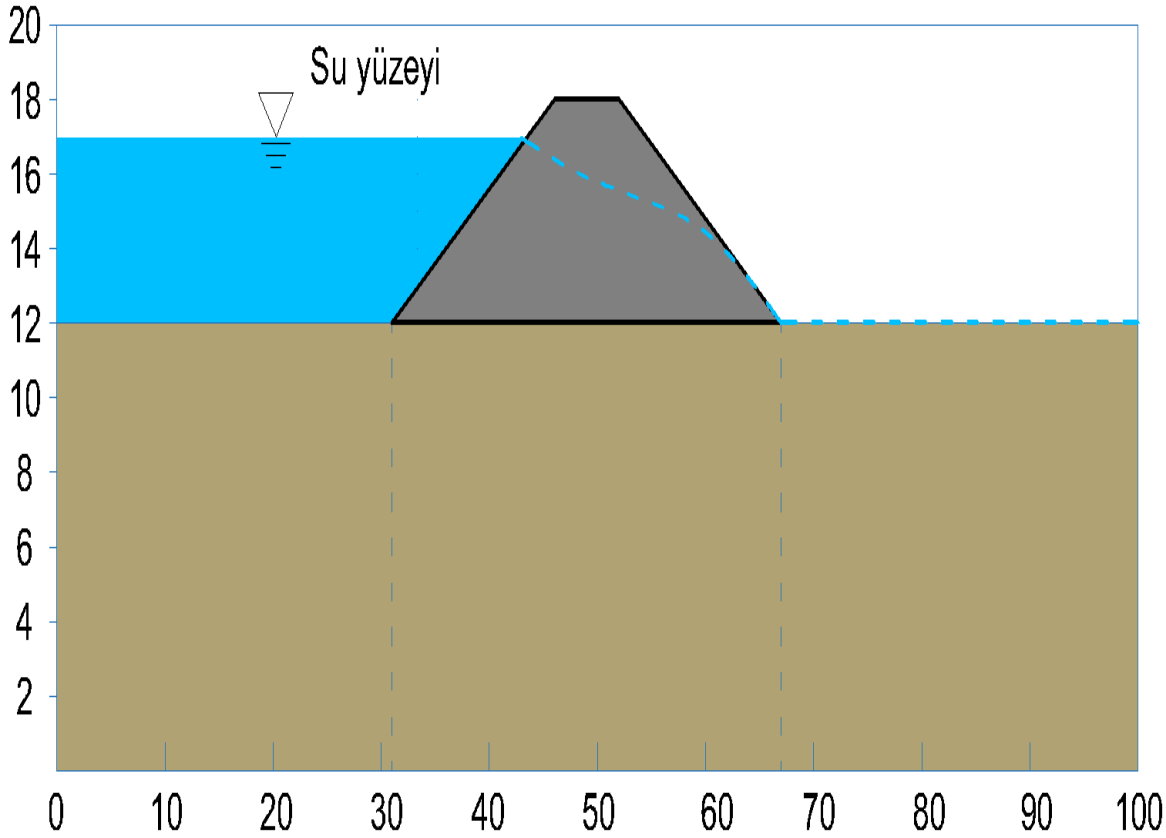
Çizelge 4.12. Baraj gövde ve temelinden birim genişlikten geçen sızma debisi (m^3/s/m)

Kermani (2019)	**Bu çalışma**
5.6000×10^{-6}	5.3949×10^{-6}

Zamandan bağımsız halde baraj gövde ve temelinde meydana gelen sızma miktarlarının verildiği Çizelge 4.11. ve 4.12. incelendiğinde sonuçların uyum içerisinde olduğu görülmüştür.

Burada vurgulanması gerekmektedir ki hazırlanan program sayesinde zamandan bağımsız halde dolgu baraj gövdesinde ve temelinde meydana gelen sızma miktarı kolaylıkla belirlenebilmektedir.

Diğer yandan dolgu baraj gövdesinde oluşan freatik hattın yeri de gerekli hesaplamlar yapılarak bulunmuş ve Şekil 4.16. üzerinde gösterilmiştir.

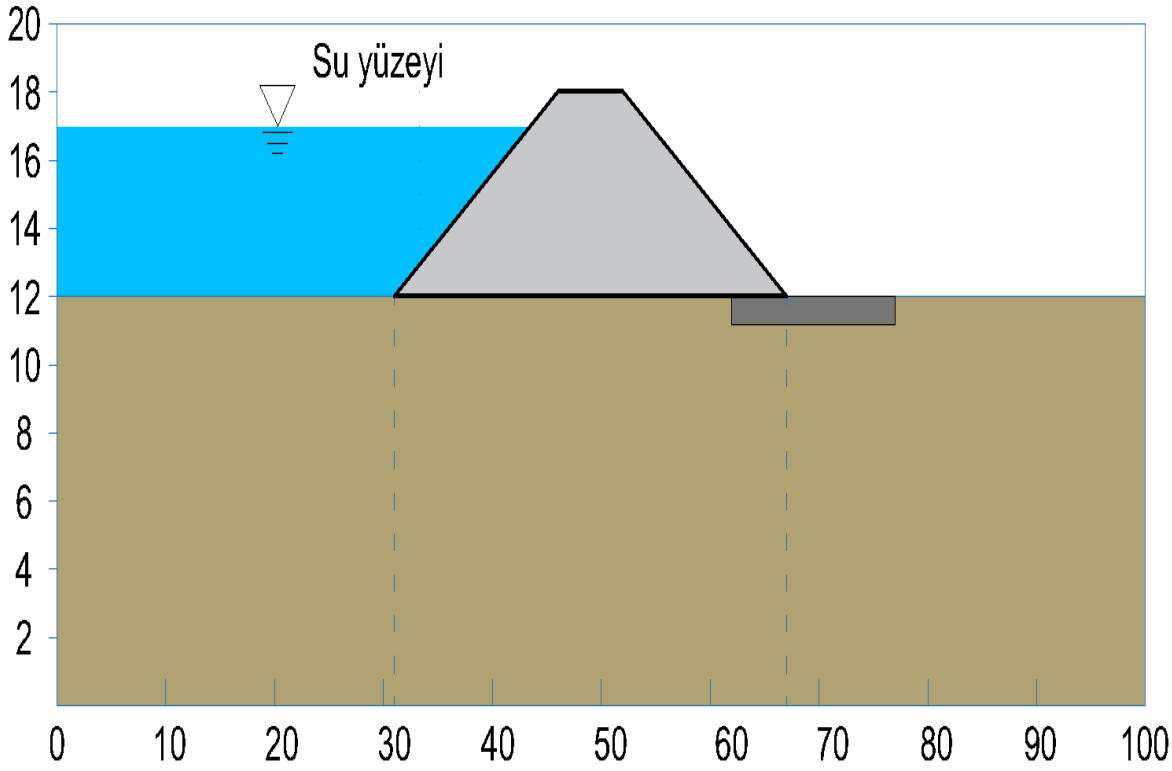


Şekil 4.16. Dolgu Baraja Ait Freatik Hat

Ayrıca sızma ağı içerisindeki tüm noktalarda eleman düğüm noktaları ve koordinatları bulunarak memba bölgesindeki elemanlarda gerçekleşen düğüm akım değerleri EK K'da sunulmuştur.

4.1.9. Yatay Drenajlı Anizotrop Dolgu Baraj Gövdesinde Sızma Analizi

Son uygulama da ise Şekil 4.17.'de verilen gövde mansap kısmında yatay drenaj bulunan dolgu barajda sızma analizi yapılmıştır. Barajın taban genişliği 36 m, yüksekliği 6 m, kret genişliği 6 m,drenaj uzunluğu 5m'dir. Baraj gövdesindeki dolgu malzemenin hidrolik iletkenlik katsayısı 10^{-5} m/s olmaktadır. Havzasında 5 m yüksekliğinde su bulunan barajın temel genişliği 100 m, yüksekliği 12 m ve zemin malzemenin hidrolik iletkenlik katsayısı 10^{-8} m/s olarak alınmıştır. Yatay drenajlı anizotrop dolgu baraj gövdesinde sızma analizi yapılırken temel bölgesi 1200 (x yönünde 100, y yönünde 12 bölme yapılarak) gövde bölgesi 144 (x yönünde 36, y yönünde 4 bölme yapılarak) sonlu elemanlar ağı (4265 düğüm noktası) oluşturulmuştur.



Şekil 4.17. Yatay Drenajlı Dolgu Baraj Gövde-Temel Kesiti

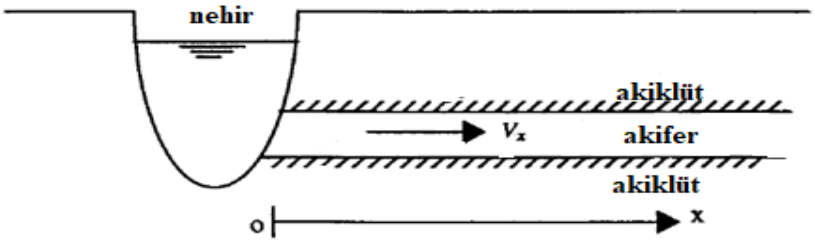
Dolgu baraj temelinden birim genişlikten geçen sızma debisi değeri 4.538×10^{-6} (m^3/s/m) olarak hesaplanmıştır.

4.2. Zamana Bağlı Durumlar için Analizler

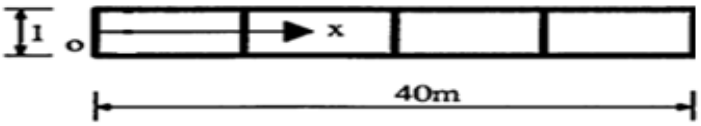
Bu bölümde zamana bağlı durumlar için farklı zemin özelliklerine sahip sızma problemleri incelenmiştir.

4.2.1. Tek Boyutlu Akiferde Sızma Analizi

Mevcut yöntemin doğruluğunu ve etkinliğini kontrol etmek için, tek boyutlu zamana bağlı sızma probleminin analizi gerçekleştirilmiştir. Bu tür bir probleme deniz kıyıları veya nehir kıyıları boyunca bir akifere deniz suyu veya nehir suyu girişi örnek verilebilir. Şekil 4.18.a'da gösterildiği gibi, yarı-sonsuz bir ortamın su yüzeyi yani x = 0 kotundaki bir nokta hidrolik yükün bulunduğu varsayılarak, tek yönlü akım x ekseninin pozitif yönündedir. Ayrıklaştırılmış sistem, dört adet sonlu eleman ile modellenmiş olup bu tek boyutlu problem için ayrıklaştırılmış SE modeli Şekil 4.18.b'de gösterilmektedir (Zhao ve Valliappan, 1993).



(a) Fiziksel Model

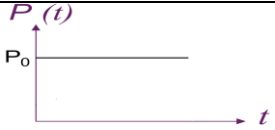


(b) Ayrıklaştırılmış Model

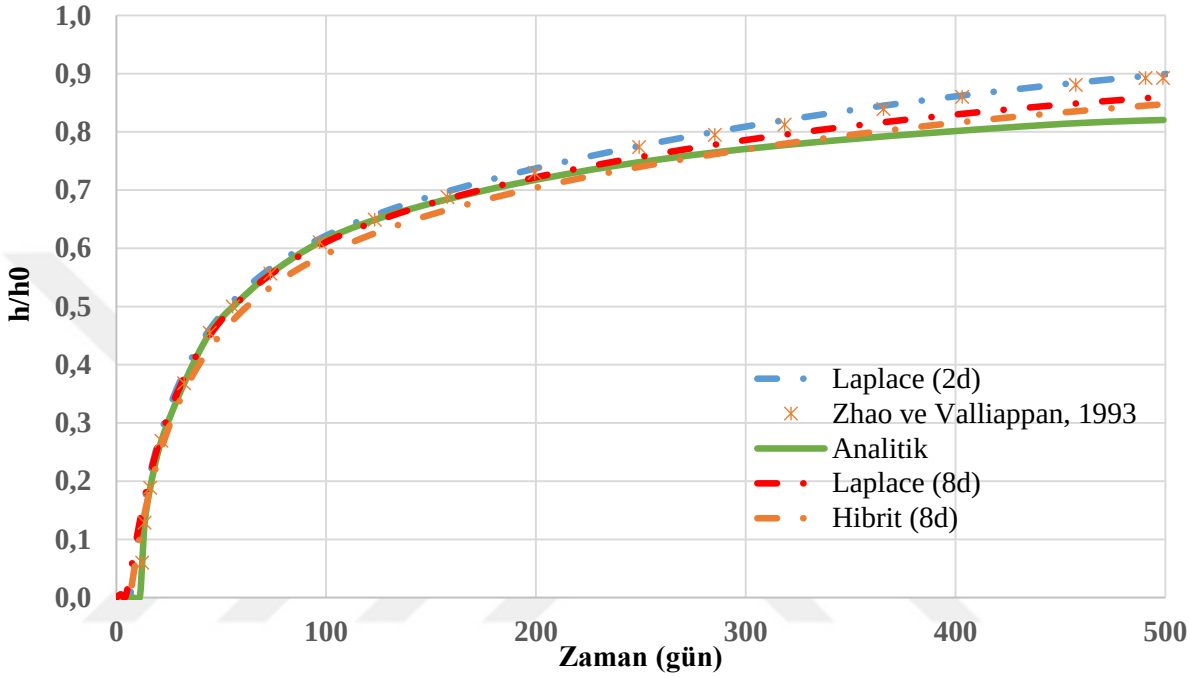
Şekil 4.18. Tek Boyutlu Akifer

Analizlerde aşağıdaki parametreler kullanılmıştır: hidrolik iletkenlik katsayısı 2×10^{-6} m/gün depolama katsayısı, Ss = 10^{-6} /m, hidrolik yük h_0 = 10 m ve sonlu elemanlarla modellenen yakın alanın uzunluğu 40 m'dir. Analizde zaman aralığı 1 gün olarak seçilmiş ve x = 40 m'de yapay olarak kesilmiş, sonlu sınıra sabit bir sınır (geçirimsiz, $\partial h/\partial x = 0$) uygulanmıştır. Zamana bağlı yük fonksiyonu ve Laplace dönüşümü Çizelge 4.13.'de verilmiştir.

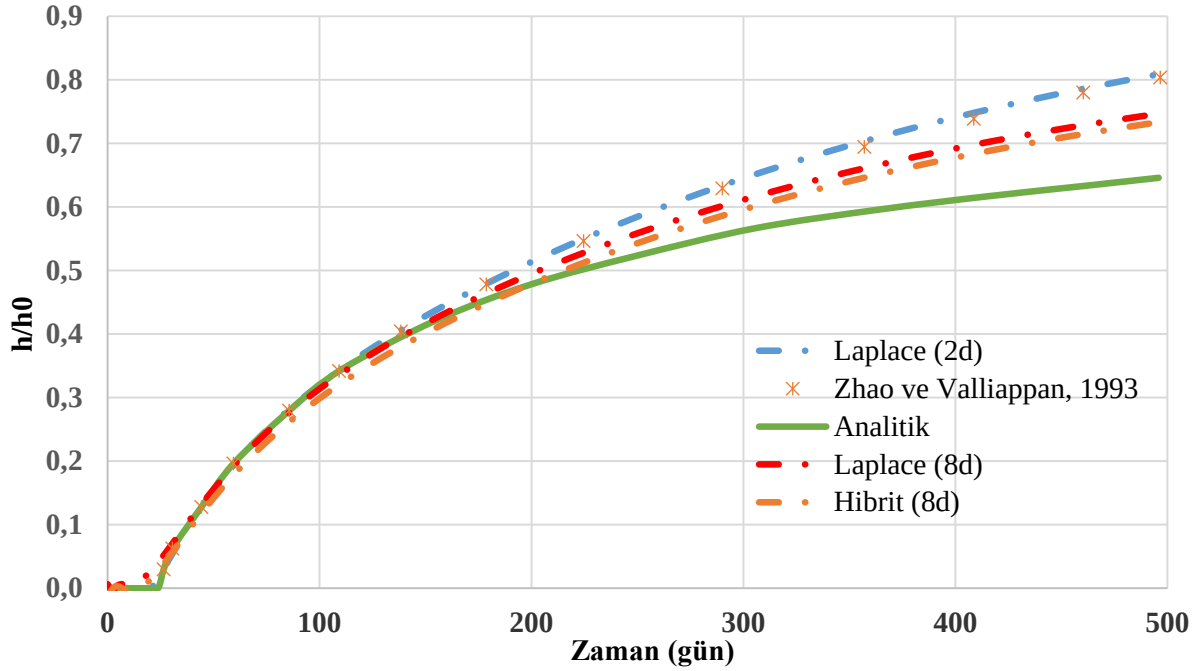
Çizelge 4.13. Tek boyutlu Akifer için zamana bağlı yük fonksiyonu ve Laplace dönüşümü

Yük Tipi	Fonksiyonun zamanla değişimi P(t)	Laplace dönüşümü $\bar{P}(s)$
Ani Yük (Adım tipi)		$\frac{P_0}{s}$

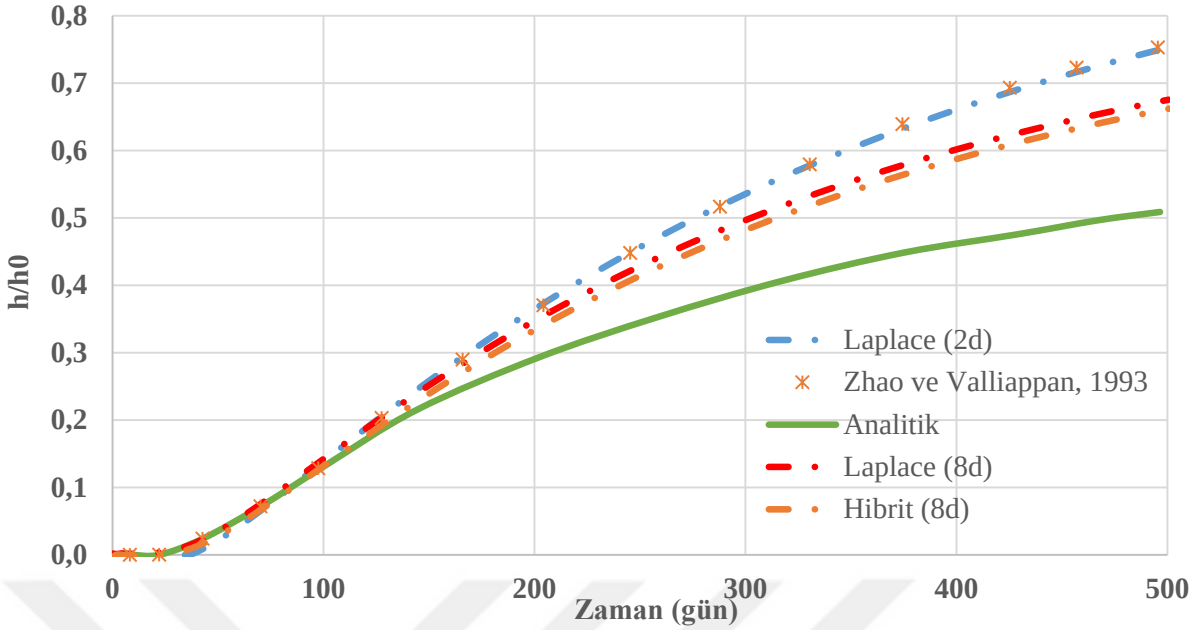
Çeşitli noktalarda sırasıyla Laplace uzayında ve zaman uzayında (hibrit çözüm) 2 düğümlü lineer (2d) ve 8 düğümlü kuadratik (8d) eleman alınarak çözümler yapılmış ve zamana bağlı boyutsuz hidrolik yükün zamanla değişimleri Şekil 4.19.'da verilmiştir. Daha önce yapılan çalışmalarda (Aslan, 2016) Laplace uzayında yapılan işlemlerde farklı zaman artım miktarları incelendiğinde çözümlerin örtüştüğü görüldüğünden bu uygulamada 64 adım (*dt*=7.8125 gün) için sonuçlar verilmiştir.



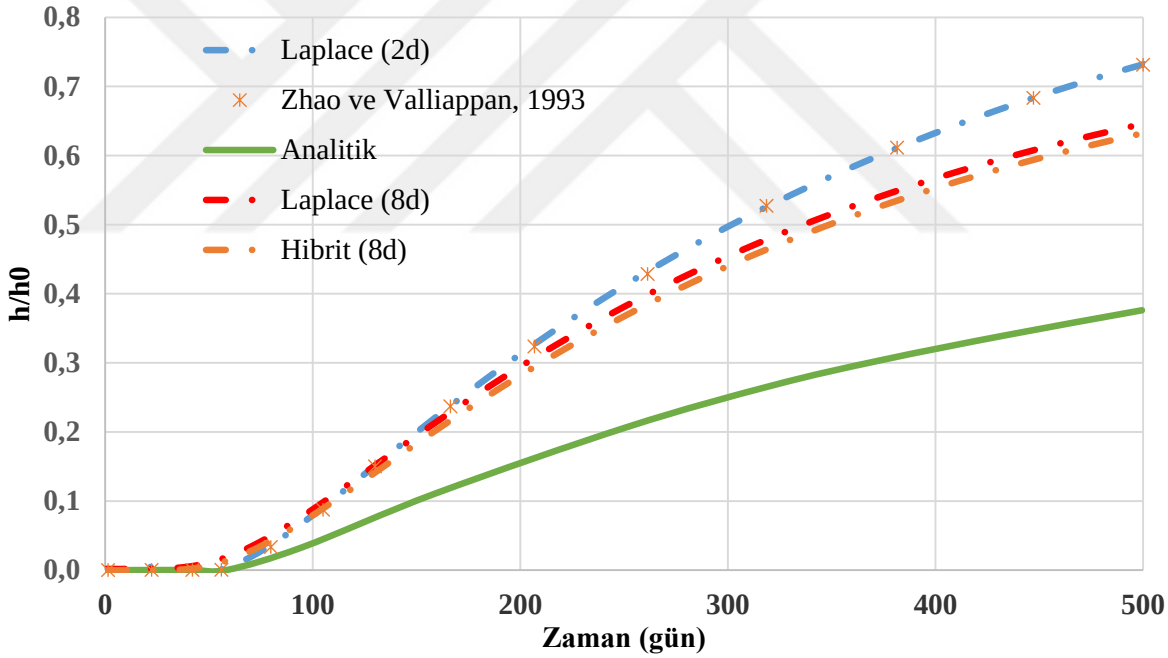
(a) x=10 m için boyutsuz hidrolik yükün zamanla değişimi



(b) x=20 m için boyutsuz hidrolik yükün zamanla değişimi



(c) x=30 m için boyutsuz hidrolik yükün zamanla değişimi



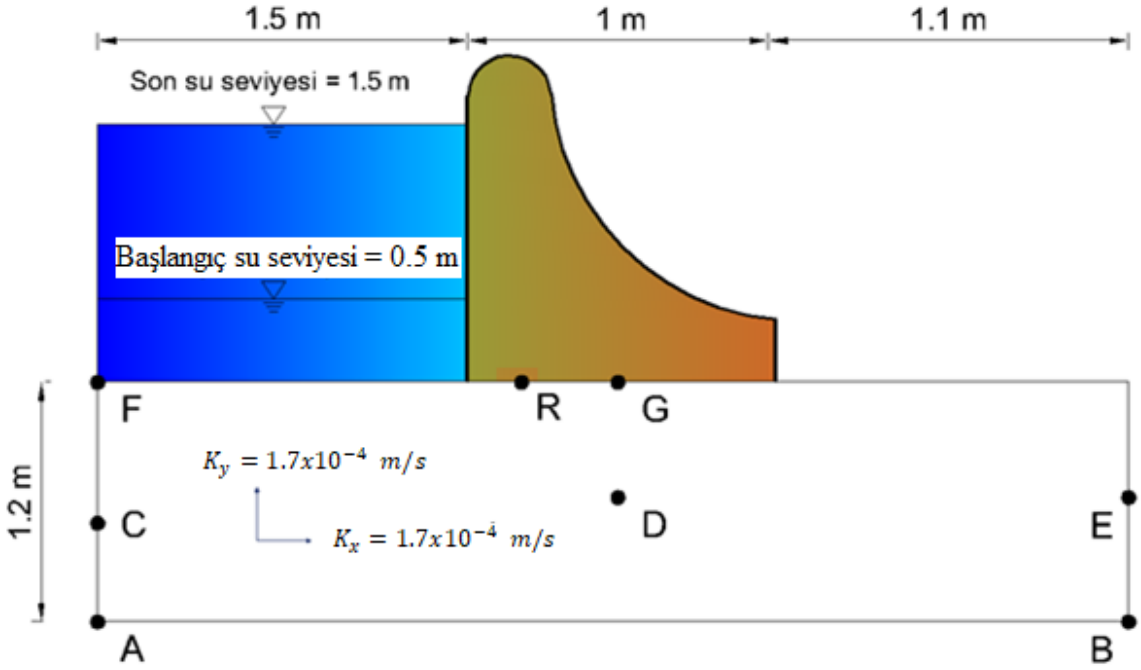
(d) x=40 m için boyutsuz hidrolik yükün zamanla değişimi

Şekil 4.19. Akiferdeki Hidrolik Yükün Zaman Değişim Grafikleri

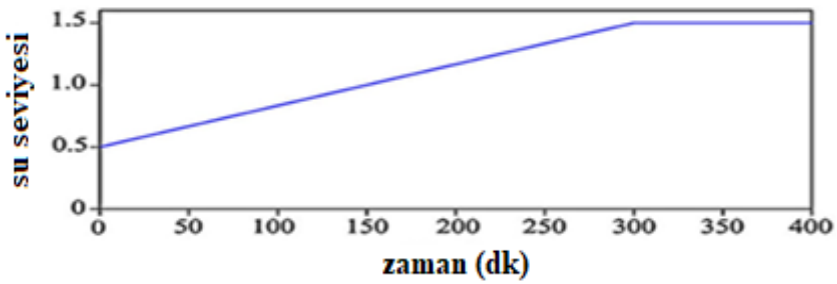
Şekil 4.19.'da verilen değerler incelendiğinde Laplace uzayında 2 düğümlü lineer eleman için elde edilen sonuçların literatür ile üst üstte çakıştığı görülmüştür. Ayrıca 8 düğümlü kuadratik eleman kullanılarak Laplace uzayında ve hibrit çözümde elde edilen sonuçların analitik sonuçlara daha yakın olduğu görülmüştür. Ancak şekiller incelendiğinde, yarı-sonsuz bir ortamda kaynaktan uzaklaştıkça Laplace ve hibrit çözüm yöntemleriyle bulunan hidrolik yükün analitik sonuçtan uzaklaştığı görülmektedir.

4.2.2. İzotrop Baraj Temelinde Sızma Analizi

Şekil 4.20.'de verilen homojen izotrop baraj temelinde sızma analizi incelenmiştir. Barajın temel genişliği 3.6 m, yüksekliği 1.2 m ve izotrop zemin malzemenin hidrolik iletkenlik katsayısı 1.7×10^{-4} m/s ve depolama katsayısı 10^{-5} m^{-1} olarak alınmıştır. İlk anda 0.5 m. olan rezervuardaki su seviyesi, Şekil 4.21.'de gösterildiği gibi 300 dakikada lineer olarak 1.5 m'ye yükselmiştir. Zamana bağlı yük fonksiyonu ve Laplace dönüşümü Çizelge 4.14.'de verilmiştir. Hesaplamalarda zaman artım miktarı *dt*=4.6875 dk olarak alınmıştır.

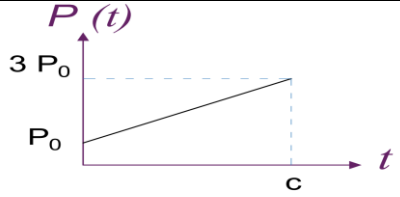


Şekil 4.20. Baraj Gövde-Temel Kesiti ve Malzeme Özellikleri

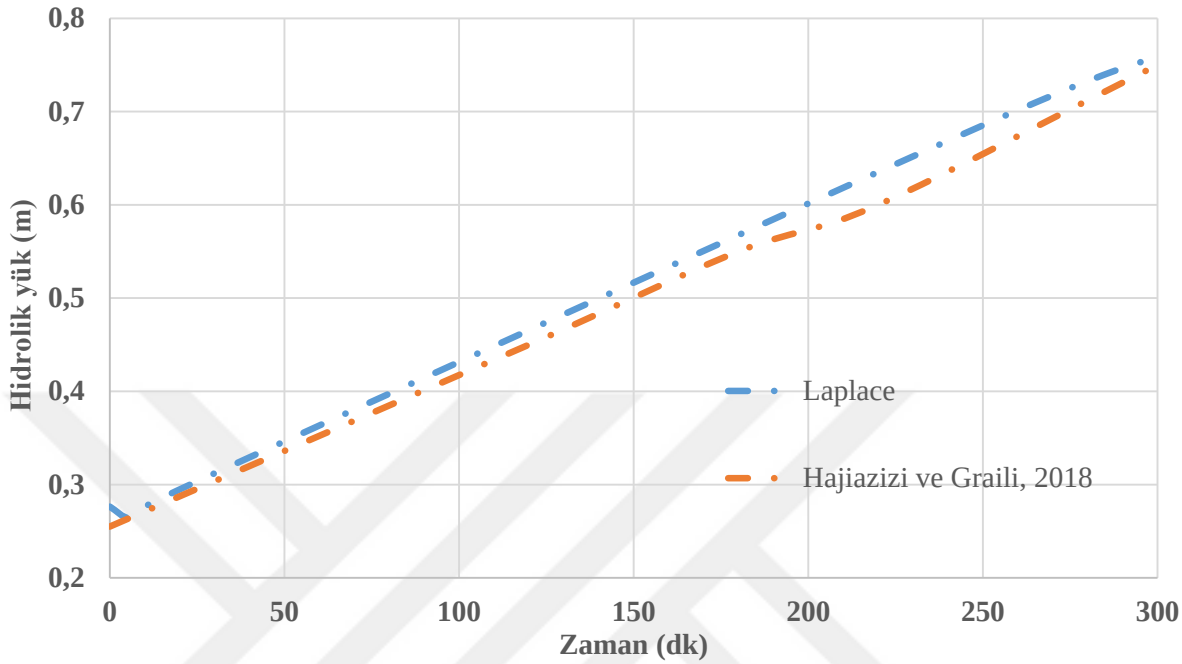


Şekil 4.21. Memba Bölgesinde Zamana Bağlı Su Seviyesinin Ani Değişimi

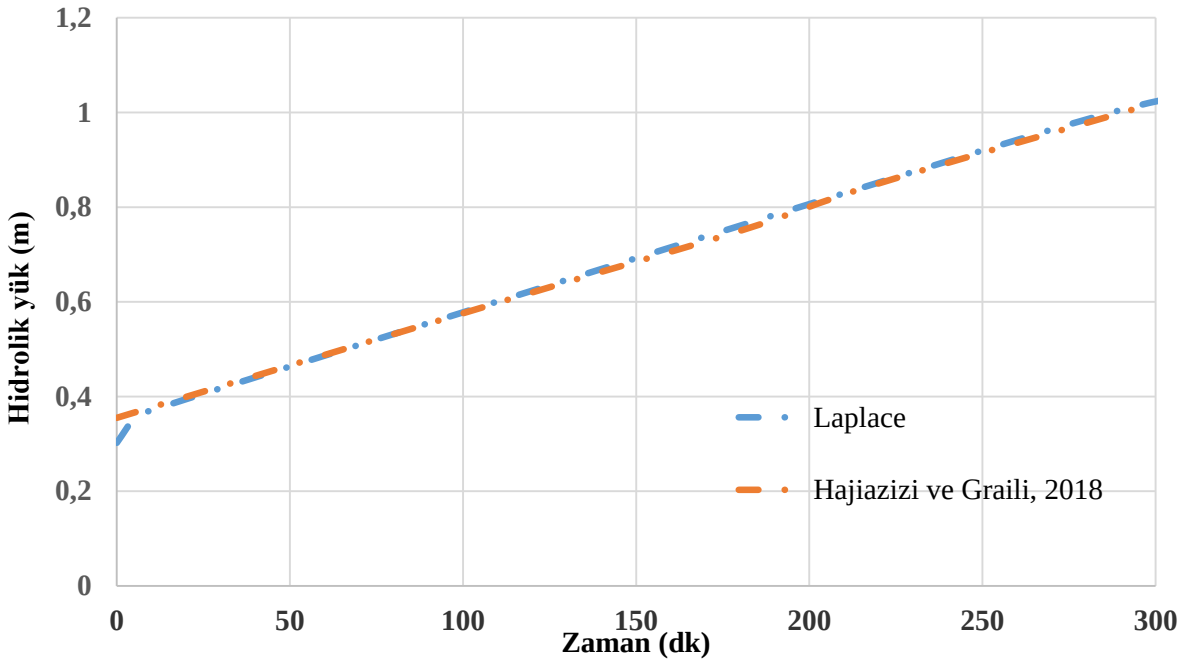
Çizelge 4.14. İzotrop baraj için zamana bağlı yük fonksiyonu ve bunun Laplace dönüşümü

Yük Tipi	Fonksiyonun zamanla değişimi P(t)	Laplace dönüşümü $\bar{P}(s)$
Doğrusal artan		$P_0\left[\frac{1}{s}+\frac{2}{cs^2}\right]$

İzotrop baraj temelinde zamana bağlı durum için sızma analizi yapılmış ve gövde tabanındaki R(1.6, 1.2) ve G(2, 1.2) noktalarında hidrolik yükün zamanla değişimleri literatür (Hajiazizi ve Graili, 2018) ile birlikte Şekil (4.22.-4.23.)'de karşılaştırılmıştır.



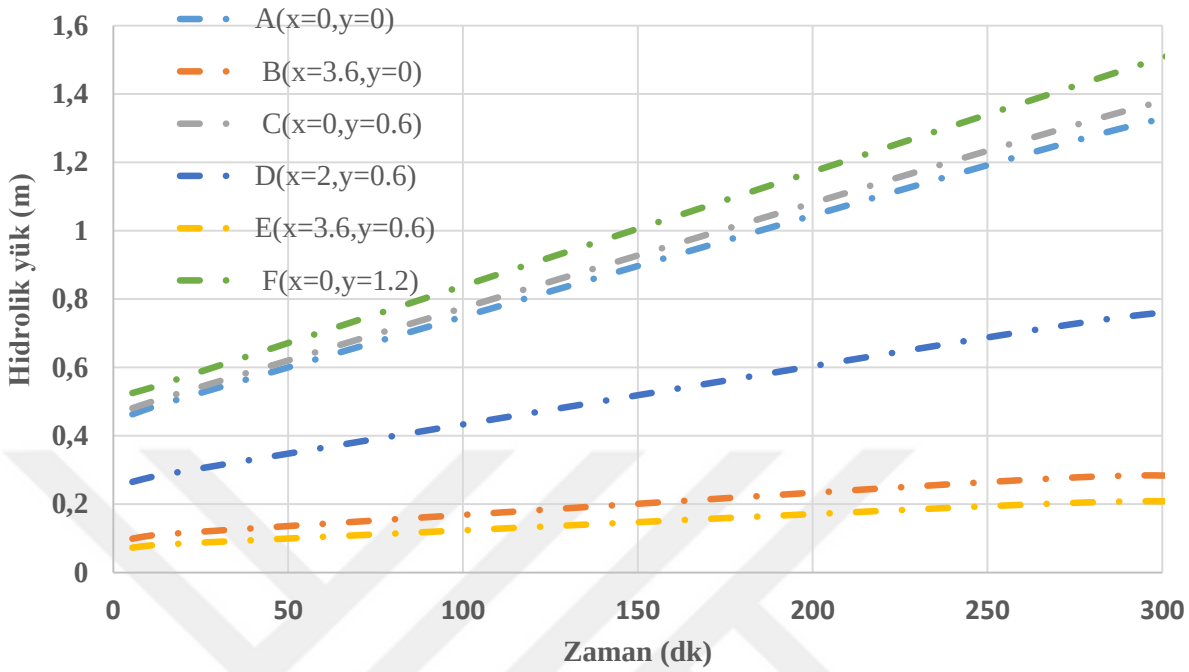
Şekil 4.22. R Noktasındaki Hidrolik Yükün Zamanla Değişimleri



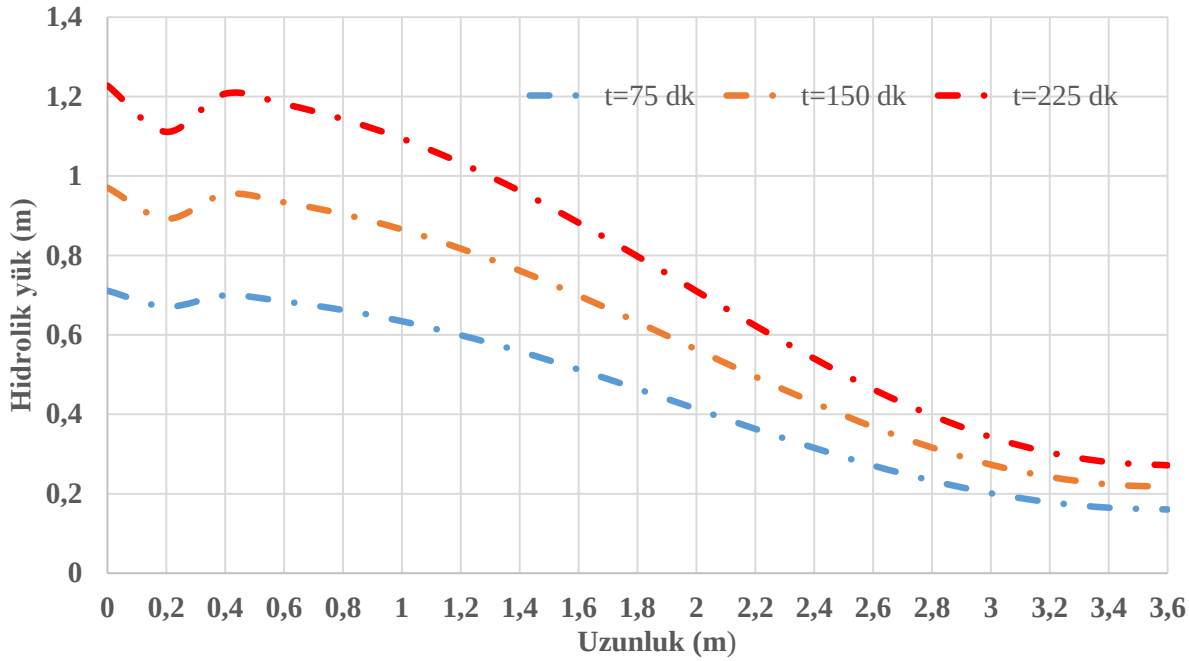
Şekil 4.23. G Noktasındaki Hidrolik Yükün Zamanla Değişimleri

Şekiller incelendiğinde zamana bağlı hal için hidrolik yükün zamanla değişimleri literatür ile uyum içerisinde olduğu görülmüştür.

Ayrıca temelin bazı noktalarında hidrolik yükün zamanla değişimleri Şekil 4.24.'de verilmiştir. Temel tabanında (y=0 kotunda), t=75,150,225 dk zaman dilimlerindeki hidrolik yük değerleri Şekil 4.25.'de gösterilmiştir.



Şekil 4.24. Belirli Noktalardaki Hidrolik Yükün Zamanla Değişimleri

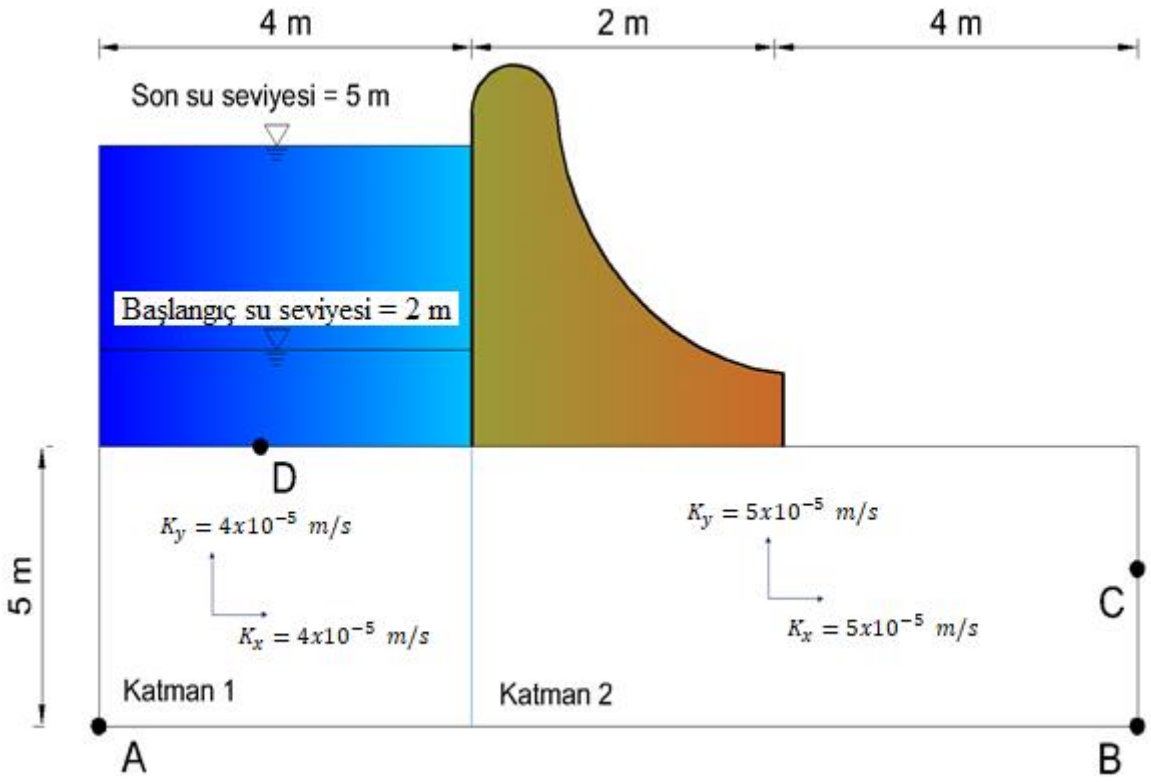


Şekil 4.25. Temel Tabanındaki Noktalarda Hidrolik Yükün Uzunlukla Değişimleri

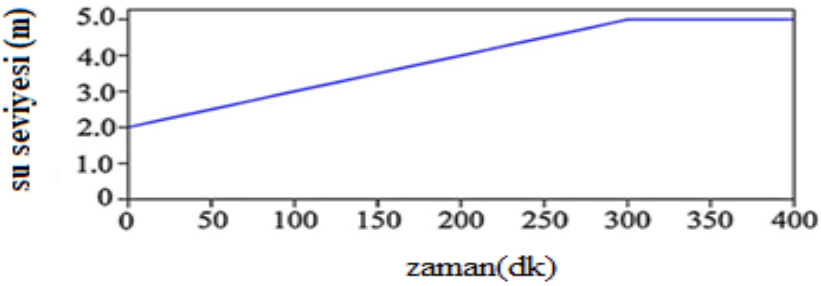
Şekil 4.24. ve 4.25.' de görüldüğü üzere bu çalışmada yazılan program ile istenilen zaman diliminde baraj temelindeki herhangi bir noktanın hidrolik yük değerleri kolaylıkla bulunabilmektedir.

4.2.3. Katmanlı Baraj Temelinde Sızma Analizi

Şekil 4.26.'da görülen heterojen baraj temelinde sızma analizi yapılmıştır. Barajın temel genişliği 10 m, yüksekliği 5 m ve 1. ve 2. katmanlar için hidrolik iletkenlik katsayıları sırasıyla, 4×10^{-5} m/s ve 5×10^{-5} m/s depolama katsayısı 10^{-5} m^{-1} olarak alınmıştır. İlk anda 2 m. olan rezervuardaki su seviyesi, Şekil 4.27.'de gösterildiği gibi 300 dakikada lineer olarak 5 m'ye yükselmiştir. Zamana bağlı yük fonksiyonu ve bunun Laplace dönüşümü Çizelge 4.15.'de verilmiştir. Hesaplamalarda zaman artım miktarı *dt*=4.6875 dk olarak alınmıştır.

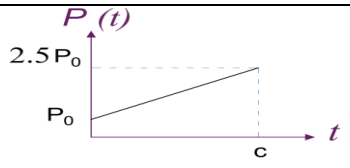


Şekil 4.26. Baraj Gövde-Temel Kesiti ve Malzeme Özellikleri

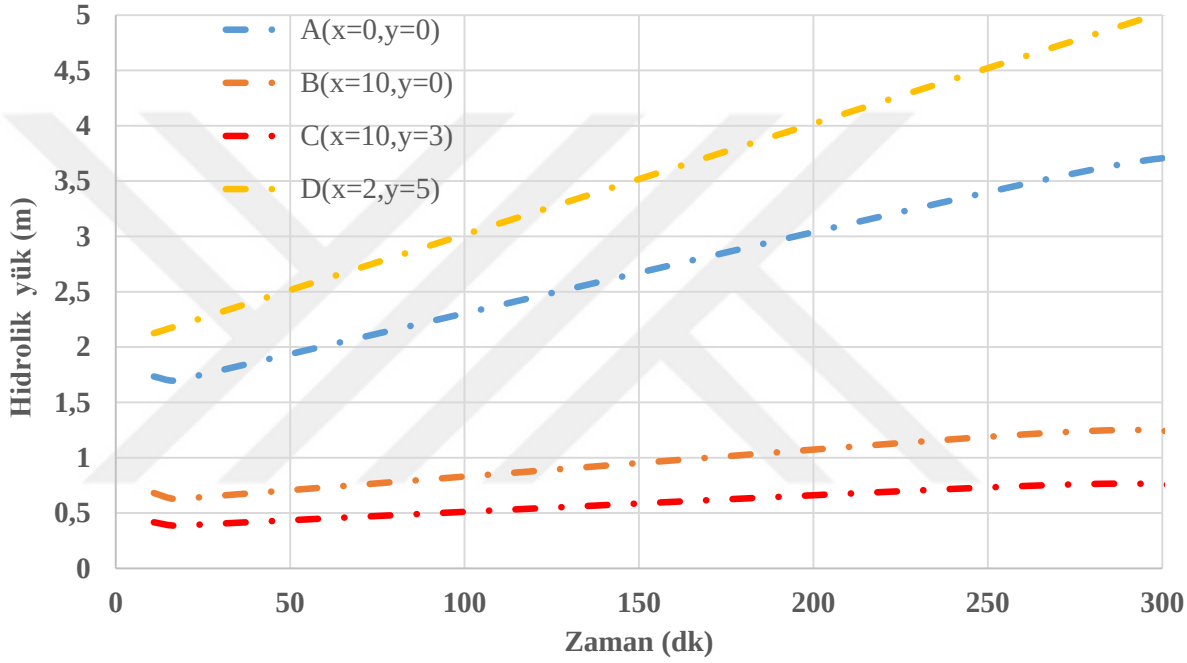


Şekil 4.27. Memba Bölgesinde Zamana Bağlı Su Seviyesinin Ani Değişimi

Çizelge 4.15. Katmanlı baraj için zamana bağlı yük fonksiyonu ve bunun Laplace dönüşümü

Yük Tipi	Fonksiyonun zamanla değişimi P(t)	Laplace dönüşümü $\bar{P}(s)$
Doğrusal artan		$P_0\left[\frac{1}{s}+\frac{1.5}{cs^2}\right]$

Farklı katmanlardan oluşan temel bölgesindeki belirli noktalarda hidrolik yükün zamanla değişimleri elde edilmiş ve Şekil 4.28.'de verilmiştir.

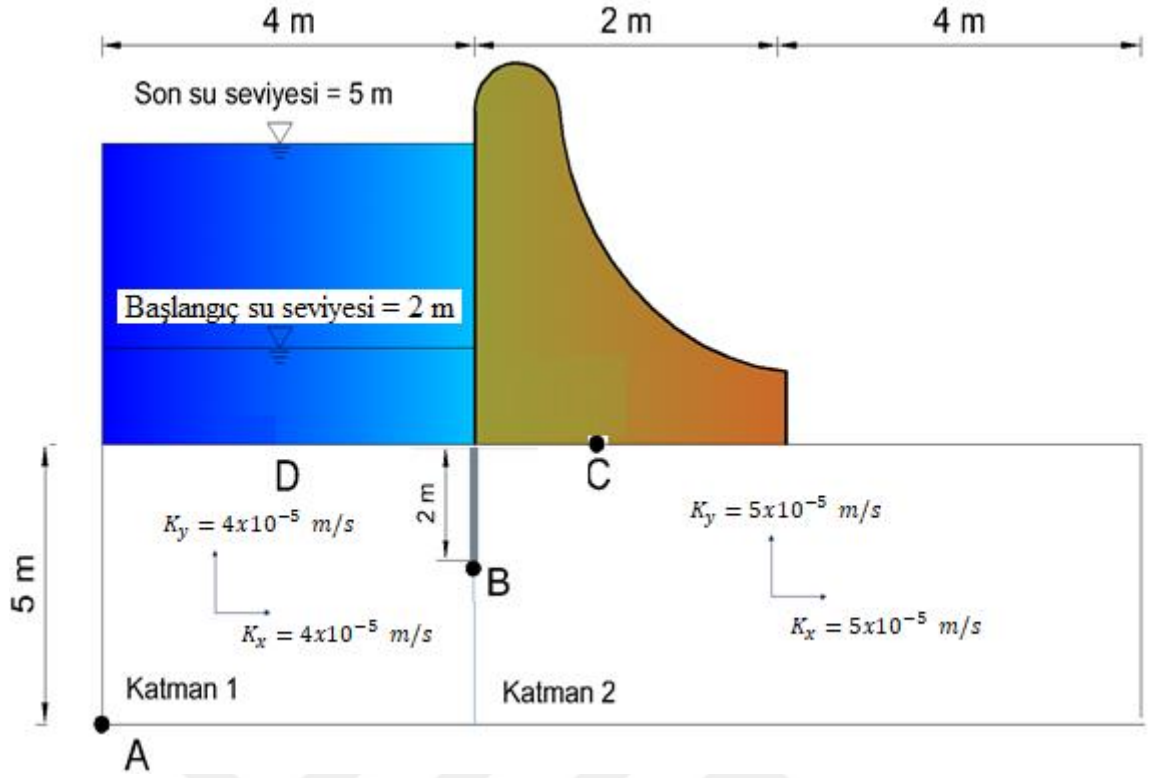


Şekil 4.28. Belirli Noktalardaki Hidrolik Yükün Zamanla Değişimleri

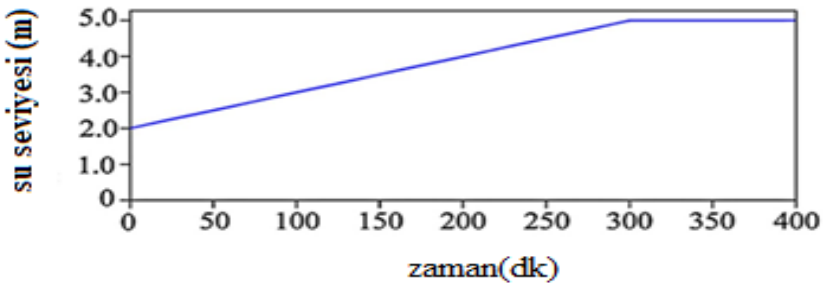
Bu çalışmada hazırlanan program yardımıyla katmanlı izotrop ortamlara da kolay ve etkin bir şekilde uygulanabileceği gösterilmiştir.

4.2.4. Geçirimsizlik Perdesi Bulunan Katmanlı Baraj Temelinde Sızma Analizi

Son uygulama olarak Şekil 4.29.'da verilen homojen olmayan memba kısmında geçirimsizlik perdesi bulunan betonarme gövdeli bir barajın temelindeki sızma analizi yapılmıştır. Barajın temel genişliği 10 m, yüksekliği 5 m ve geçirimsizlik perdesinin boyu 2 m dir. 1. ve 2. katmanlar için hidrolik iletkenlik katsayıları sırasıyla 4×10^{-5} m/s ve 5×10^{-5} m/s depolama katsayısı 10^{-5} m^{-1} olarak alınmıştır. İlk anda 2 m. olan rezervuardaki su seviyesi, Şekil 4.30.'da gösterildiği gibi 300 dakikada lineer olarak 5 m'ye yükselmiştir. Zamana bağlı yük fonksiyonu ve Laplace dönüşümü Çizelge 4.16.'da verilmiştir.

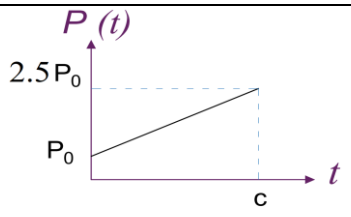


Şekil 4.29. Geçirimsizlik Perdeli Baraj Gövde-Temel Kesiti ve Malzeme Özellikleri

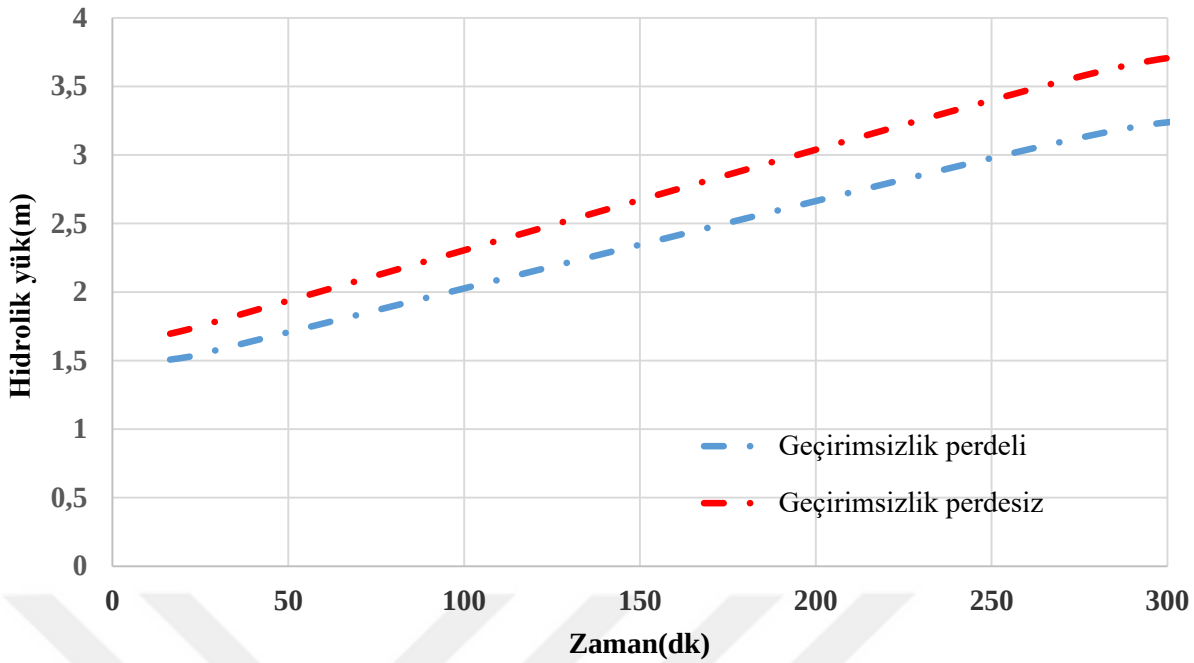


Şekil 4.30. Memba Bölgesinde Zamana Bağlı Su Seviyesinin Ani Değişimi

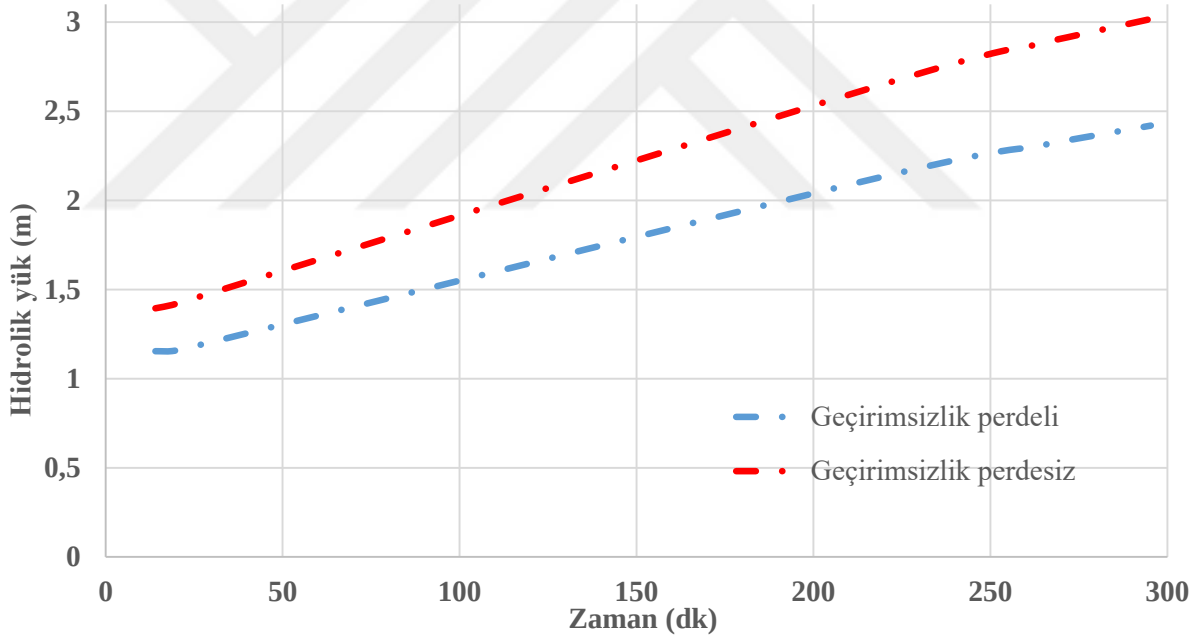
Çizelge 4.16. Geçirimsizlik perdeli baraj için zamana bağlı yük fonksiyonu ve bunun Laplace dönüşümü

Yük Tipi	Fonksiyonun zamanla değişimi P(t)	Laplace dönüşümü $\bar{P}(s)$
Doğrusal artan		$P_0\left[\frac{1}{s}+\frac{1.5}{cs^2}\right]$

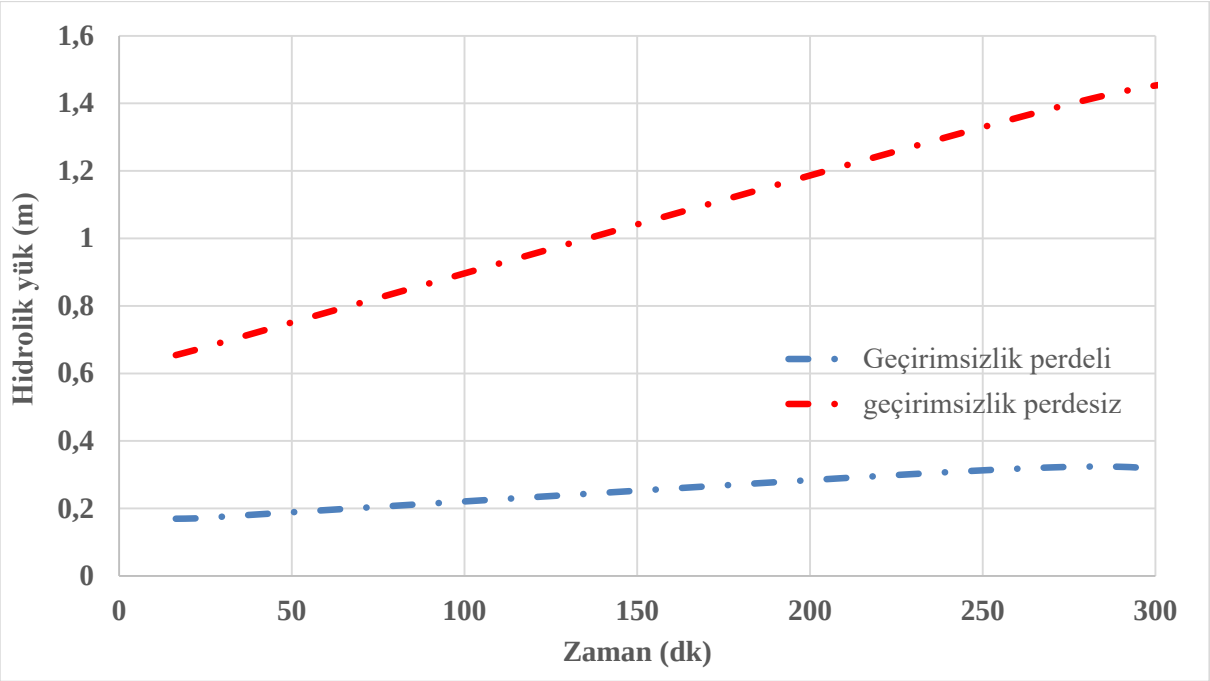
Bu uygulamada seçilen noktalarda geçirimsizlik perdesinin hidrolik yük üzerindeki etkisi incelenmiştir (Şekil 4.31.-4.33.).



Şekil 4.31. A (0, 0) Noktasındaki Hidrolik Yükün Zamanla Değişimi



Şekil 4.32. B (4, 3) Noktasındaki Hidrolik Yükün Zamanla Değişimi



Şekil 4.33. C (5.5, 5) Noktasındaki Hidrolik Yükün Zamanla Değişimi

Hidrolik yük değerlerinin karşılaştırmalı olarak verildiği Şekil (4.31-4.33.) incelendiğinde, geçirimsizlik perdesinin sızma üzerinde önemli bir etkisi olduğu açıkça görülmektedir. Ayrıca beklenildiği gibi geçirimsizlik perdesine yakın noktalarda hidrolik yük değerleri arasındaki farkın daha fazla olduğu görülmektedir.

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

5.1. Genel

Bu tez çalışması kapsamında, baraj gövdesi ve temelinde meydana gelen iki boyutlu zamana bağlı ve zamandan bağımsız durumları için sızma problemleri, Galerkin yaklaşımına dayalı SEY ile araştırılmıştır. Farklı zemin türlerinin, yatay drenaj uzunluğunun ve geçirimsizlik perdesinin sızma üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Tez çalışmasında ayrıca, zamana bağlı durum için sızma analizi Laplace uzayında SEY ile incelenmiştir. Laplace uzayında elde edilen çözümlerden zaman uzayına geçmek için Durbin'in modifiye edilmiş sayısal ters Laplace dönüşüm yönteminden yararlanılmıştır. Zamana bağlı ve zamandan bağımsız durumlardaki sızma analizleri için genel amaçlı Fortran dillerinde bilgisayar programları hazırlanmıştır.

5.2. Sonuçlar

Baraj gövdesi içindeki noktalarda hidrolik yük ve basınç değerlerini ölçmek, freatik hattı ve baraj tabanındaki sızma miktarını bulmak için Fortran dilinde bir programı hazırlanmıştır. Hazırlanan program yardımıyla farklı zemin türlerinin, yatay drenaj uzunluğunun ve geçirimsizlik perdesinin sızma miktarı üzerinde etkilerinin araştırıldığı 9 adet uygulama yapılmıştır.

Birinci uygulamada, izotrop dolgu baraj gövdesinde meydana gelen sızma miktarı bulunmuştur. Elde edilen sızma miktarının literatürdeki mevcut çalışmalar ve paket programların sonuçlarıyla karşılaştırılarak iyi bir uyum içinde olduğu gösterilmiştir.

İkinci uygulamada, anizotrop dolgu baraj gövdesinde sızma analizi gerçekleştirilmiştir. Farklı zemin türlerinin ele aldığı bu uygulama da dolgu barajlarda sızma miktarı üzerinde x yönündeki hidrolik iletkenlik katsayısının daha etkili olduğu görülmüştür.

Üçüncü uygulamada yatay drenajlı, anizotrop malzemeli dolgu baraj gövdesinde oluşan sızma analizleri yapılmış, yatay drenajın sızma üzerindeki önemi araştırılmıştır. Yatay drenaj varlığının mansap bölgesi için önemli olduğu, yatay drenaj uzunluğu arttıkça sızma debisinin arttığı görülmüştür.

Dördüncü uygulamada memba ve mansap bölgesinde su bulunan izotrop dolgu baraj gövdesinde sızma problemi araştırılmıştır. Mansap bölgesinde su bulunan barajlarda hesaplamalar gerçekleştirilirken, sonlu eleman ağı ve sınır şartları için dikkatli bir şekilde veri girilmesi gerekmektedir.

Beşinci uygulamada, izotrop bir baraj temelinde meydana gelen sızma olayı ele alınmıştır. Ayrıca sızmadan dolayı temelde oluşan kaldırma kuvvetinin etkisi incelenmiştir.

Altıncı uygulamada geçirimsizlik perdeli izotrop baraj temelinde oluşan sızma analizi incelenmiştir. Geçirimsizlik perdesinin sızma boyunu uzatarak birim genişlikten geçen sızma debisini azalttığı ve sızma olayı üzerindeki önemli bir etkisi olduğu görülmüştür. Ayrıca

geçirimsizlik perdesi bulunan barajda, sızmadan dolayı temel tabanında oluşan kaldırma kuvvetinin daha az olduğu görülmüştür.

Yedinci uygulamada, temeli katmanlardan oluşan baraj için sızma analizi irdelenmiştir. Hazırlanan bilgisayar programının farklı zemin türlerine sahip temeller için de kolay şekilde uygulanabildiği gösterilmiştir.

Sekizinci uygulamada dolgu baraj gövde ve temelinde oluşan sızma miktarı hesaplanmıştır. Hesaplanan sızmaların literatür ile uyum içinde olduğu görülmüştür.

Zamandan bağımsız sızma problemine ait son uygulamada ise, yatay drenajlı anizotrop dolgu baraj gövdesinde sızma analizi yapılmıştır.

Zamana bağlı durum için ele alınan ilk uygulamada, tek boyutlu akiferde sızma analizi gerçekleştirilmiş ve boyutsuz hidrolik yüklerin zamanla değişimleri hesaplanmıştır. Bununla beraber Hibrit çözüm yöntemiyle bulunan hidrolik yüklerin zamanla değişimleri, bu çalışmada elde edilen sonuçlarla şekiller üzerinde karşılaştırılmış ve birbirleri ile uyum içerisinde oldukları gösterilmiştir.

İkinci uygulamada izotrop baraj temelinde meydana gelen sızma analizi araştırılarak farklı noktalardaki hidrolik yüklerin zamanla değişimleri sunulmuştur.

Üçüncü uygulamada, tabakalı malzemeye sahip baraj temelinde sızma analizi gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada hazırlanan programın tabakalı ortamlar için kolay bir şekilde uygulanabildiği gösterilmiştir.

Son uygulama olarak geçirimsizlik perdeli katmanlı baraj temelinde sızma analizi yapılarak geçirimsizlik perdesinin hidrolik yük üzerinde önemli bir etkisinin olduğu görülmüştür.

Bu tez çalışmasında, Laplace uzayında ele alınan zamana bağlı sızma problemleri için farklı uygulamalar incelenerek, elde edilen hidrolik yüklerin zamanla değişimlerinin literatürle uyumu gösterilmiştir. Çözüm yönteminin uygulanabilirliği, sadeliği ve etkinliği görülmektedir. Bu çalışmada Laplace uzayında gerçekleştirilen sızma analizleri, zamana bağlı problemlerin çözümlerine referans olması bakımından öncü niteliğinde olabilir.

Sonuç olarak homojen, anizotropik ve tabakalı zeminlere sahip baraj gövde ve temellerindeki zamana bağlı ve zamandan bağımsız durumlar için sızma analizinin Galerkin yaklaşımına dayalı SEY ile etkin bir şekilde yapılabildiği gösterilmiştir.

5.3. Öneriler

Yapılan çalışmalara ek olarak, farklı geometri ve malzeme özelliklerine sahip baraj gövdesindeki zamana bağlı sızma analizleri Galerkin yöntemine dayalı sonlu elemanlar yöntemiyle Laplace uzayında araştırılabilir.

Ayrıca baraj gövde ve temelinde meydana gelen zamana bağlı sızma olayı için yakın bölgeler sonlu elemanlar ile sınır bölgeleri ise sonsuz elemanlar ile modellenerek, hidrolik yük ve basınçların daha gerçekçi analizleri yapılabilir.

Homojen veya anizotrop bir ortamdaki elektriksel akımının hareketi, sabit ve değişken ısı transferlerleri vb. konular Laplace uzayında Galerkin yaklaşımına dayalı SEY ile etkin bir şekilde araştırılabilir.

KAYNAKLAR

Akın, J. E., 1982. Application and Implementation of Finite Element Methods. ACADEMIC PRESS publication. 372 s.

Ardıçlıoğlu, M., 1990. Sonlu Elemanlar Yöntemi ile Aslantaş Baraj gövdesinde Sızma Analizi. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Adana.118 s.

Aslan, T. A., 2016. Eğrisel Yapı Elemanlarının Etkin Sayısal Analizi Üzerine Bir Araştırma. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Adana, 176 s.

Aslan, T. A., Noori, A. R., ve Temel, B., 2018. Dynamic Response of Viscoelastic Tapered Cycloidal Rods. Mechanics Research Communications, 92, 8-14.

Ayvaz, M. T., 2004. Serbest Yüzeyli Sızma Problemlerinin Çözümü İçin Pratik Bir Yaklaşım, Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi, Eskişehir. 92 s.

Bakr, A., Masria, A., EL-Masry, A.A., ve Abdelgawad, H.A.A., 2019. Effect of Cut off Position and Inclination on Seepage Characteristics under Heading-up Structure Using Differential Quadrature Element Method, IJSER, 10 (11): 541–548.

Bazyar, M.H., ve Talebi, A., 2015. Transient Seepage Flow Using the Scaled Boundary Finite-Element Method. Int. J. Numer. Anal. Meth. Geomech., 35(1):1-22.

Bear, J., ve Verruijt, A., 1987.Modelling Groundwater Flow and Pollution, Kluwer Academic Publishers, ISBN 1-55608-014-X, 414 s., Netherlands.

Bettess, P., ve Zienkıewicz, O. C., 1977. Diffraction and Refraction of Surface Waves Using Finite and Elements. Int. J. Num. Meth. Engrg., 11: 1271-1290.

Brigham, E. O., 1974. The Fast Fourier Transform. Prentice Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J.

Casagrandae, A., 1937. Seepage Through Dams. New England Water Works. 51(2): 131 - 172.

Chang, C. S., 1988. Boundary-Element Analysıs for Unconfıned Seepage Problems. J. Geotech. Engrg., 114(5): 556-572.

Chen, B., ve Song, E., 2015. An Artificial Boundary Approach for Unbounded Transient Seepage Problems. Int. J. Numer. Anal. Meth. Geomech., 39:762–774.

Cividini, A., ve Gioda G., 1984.An Approximate F. E. Analysis of Seepage With A Free Surface. International Journal for Numerical and Analytical Methods in Geomechanics, 8:549-566.

Çakır, H. U., 2011. Yeraltısuyu Akımlarının Modellenmesinde Kollokasyon Metodu. Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir. 94 s.

Çalamak, M., 2014. Uncertaınty Based Analysıs of Seepage Through Earth-Fill Dams. Doktora tezi. Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara. 195 s.

Çalamak, M., ve Selamoğlu, M., Yanmaz, A. M., 2015. Toprak Dolgu Barajlarda Hazne Seviyesindeki Ani Düşmenin Şev Stabilitesine Etkilerinin Değerlendirilmesi, 4. Su Yapıları Sempozyumu, 278-287.

Çalamak, M., Yılmaz A.,N., ve Yanmaz, A. M., 2018. Performance Evaluation of Internal Drains of Earthen Dams. J. Perform. Constr. Facil.,32(6): 04018085

Çelik, B., 2014. Aydın İkizdere Barajı Sonlu Elemanlar Yöntemi ile Sızma Analizi. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara.44 s.

Çilingir, H., 2007. Toprak Dolgu Barajların Gövdelerindeki Sızmaların Sonlu Elemanlar Yöntemi İle İncelenmesi: Büyükçekmece Barajı Uygulaması. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.71 s.

Coşkun H., 2021. Dolgu Barajlarda Gövde Stabilitesi ve Çukurca Barajı Örneği. Yüksek Lisans Tezi, Karabük üniversitesi, Karabük. 58 s.

Darcy, H., Les Fontaines Publiques de la Ville Dijon, Dalmont, Paris, France, 1856.

Da Veiaga, E. V., Marado, J. M. P., Haie, N., Marquaes, J. Ci., ve Martins, J. B., 1994. Bem and Iem Applied to Seepage Problems. Some Comparisons. Transactions on Modelling and Simulation. 9,129.

Dai, Q., Lei,Y., Zhang, B., Feng, D., Wang, X., ve Yin, X., 2019. A Practical Adaptive Moving-Mesh Algorithm for Solving Unconfned Seepage Problem with Galerkin Fnite Element Method. Scientific Reports 9:6988. https://doi.org/10.1038/s41598-019-43391-4

Darbandi, M. S., Torabi, O., Saadat, M., Daghighi, Y., ve Jarrahbashi, D., 2007. A Moving-Mesh Finite-Volume Method to Solve Free-Surface Seepage Problem in Arbitrary Geometries. Int. J. Numer. Anal. Meth. Geomech., 31:1609–1629.

Djehiche, A., Amieur, R., ve Gafsi, M., 2014. The Seepage through the Earth Dams with a Vertical Drain : an Experimental Study. Journal of Environmental Research and Development, 8(3):471–476.

Kermani, E.F., S. Shojaee,S., Memarzadeh, R., Barani, G.A., 2019. Numerical Simulation of Seepage Problem in Porous Media. Applied Water Sci, 9:79.

El Molla, D.A., 2019. Seepage Through Homogeneous Earth Dams Provided With A Vertical Sheet Pile and Formed on Impervious Foundation, Ain Shams Eng *J*., 10(3):529–539.

Donea, J., ve Huerta, A., 2003.Finite Element Methods for Flow Problems. John Wiley and Sons.350s.

Du, E., Sun, J.H., 2012. Finite Element Analysis of Unsteady Seepage Flow Through the Earth Dam of Huangbizhuang Reservoir. Advanced Materials Research, Vols 594-597:1892-1896.

Dumlu, E., 2022. Experımental and Numerıcal Investıgatıon of The Evolutıon of Piping and Resulting Breach In Earthfıll Dams. Yüksek Lisans Tezi, İzmir Yüksekokulu Teknoloji Üniversitesi, İzmir, 126 s.

Durbin, F., 1974. Numerıcal Inversıon of Laplace Transforms: An Efficient Improvement to Dubner and Abate's Method. Computer Journal, 17: 371-376.

El-Jumaily, K. K., ve AL-Bakry, J. M. H., 2013.Seepage Analysis Through and under Hydraulic Structures Applying Finite Volume Method. Eng. Tech.J., 9: 1719-1731.

Finn, W.D.L., 1967, Finite Element Analysis of Seepage Through Dams, J. Soil. Mech. and Found.D.v.,A.S.C.E,93:41-53.

Forchheimer PH, 1901. Wasserbewegun Durch Boden, Zeitsch-rift des Vereines Deutecher Ingenieure.

Fredlund, D.G., ve Rahardjo, H., 1993 Soil mechanics for unsaturated soils. John Wiley & Sons, Inc. Canada.507 s.

Freeze, R.A., ve Cherry, J. A.,1979. Groundwater. by Prentice-Hall. Inc., Englewood Cliffs, N.J. 07632.

Fu, J., ve Jin, S., 2009. A Study on Unsteady Seepage Flow Through Dam.Journal of Hydrodynamics, 21(4):499-504.

Fukuchi, T., 2018. New High-Precision Empirical Methods for Predicting the Seepage Discharges and Free Surface Locations of Earth Dams Validated by Numerical Analyses Using the IFDM. Soils and Foundations, 58(2): 427-445.

Gao,Y., Wang, H., ve Qin Q.H., 2015. Orthotropic Seepage Analysis Using Hybrid Finite Element Method. Columbia International Publishing Journal of Advanced Mechanical Engineering, 2(1):1-13.

Güngör, M., 1995. Toprak Dolgu Barajlardaki Sızma Olayının Sonlu Elemanlar Modeli. Mühendislik Bilimleri Dergisi, 33-38.

Gürarslan, G., 2004. Düzensiz Sonlu Fark Hesap Şeması Kullanılarak İki Boyutlu Yeraltı Suyu Akımının Modellenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi, Denizli. 109 s.

Harr, M. E., 1962. Ground-water and Seepage. McGraw-Hill, New York.

Halaza, U., 2023. Serbest Yüzeyli Sızma Problemlerinin Sayısal Analizi. Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi. Denizli. 54 s.

Hajiazizi, M., ve Graili, A., 2018. Efficient Scaled-Boundary Radial Point Interpolation Method for Unsteady Confined-Seepage Flow through Nonhomogeneous and Anisotropic. Soils Int. J. Geomech., 18(6): 04018051.

Jie, Y., Liu, L., Xu, W., ve Li, G., 2013. Application of NEM in seepage analysis with a free surface. Mathematics and Computers in Simulation, 89:23–37.

Kesgin, E., 2015. Kil Çekirdekli Toprak Dolgu Atık Barajlarında Sızmanın Nümerik Metotlarla Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.73 s.

Keskin, S. B., 2005. Toprak Dolgu Baraj Gövdesindeki Ve Altındaki Sızma Olayının İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi. Denizli. 97 s.

Khassaf, S.I., ve Madhloom A.M., 2017. Efect of Impervious Core On Seepage Through Zoned Earth Dam (Case Study: Khassa Chai Dam), Int J Sci Eng Res.,8(2):1053–1064.

Kheiri, G., Javdanian, ve G., Shams, G., 2020. A Numerical Modeling Study on the Seepage Under Embankment Dams, Modeling Earth Systems and Environment 6:1075–1087.

King, G. J., ve Chowdury, W., 1971. Finite Element Solution for Quantity of Steady Seepage, Civ Eng. and P.W. Rew.,66:1317-1321.

Kumar, S., Sahu A.K., ve Kumar, M., 2022. Modeling the Effect of Central Impervious Core and Downstream Filter Geometry on Seepage Through Earth Dams. Ain Shams Engineering Journal, 13(1):10510.

Lam, L., Fredlund, D. G., ve Barbours, G., 1987. Transient Seepage Model- for Saturated-Unsaturated Soil Systems: A Geotechnical Engineering Approach. Can. Geotech. J., 24: 565 - 580.

Leontiev, A., ve Huacasi, W., 2001. Mathematical Programming Approach for Unconfined Seepage Flow Problem. Engineering Analysis with Boundary Elements. 25:49-56.

Lewis, R.W., Nithiarasu, P., ve Seetharamu, K. N., 2004. Fundamentals of the Finite Element Method for Heat and Fluid Flow. John Wiley & Sons.341 s.

Li, G., Ge, J., ve Jie Y., 2003. Free Surface Seepage Analysis Based on the Element-Free Method. Mechanics Research Communications, 30:9–19.

Luo, Y., Liu, Y., ve Wang, J., 2021. Isoparametric Element Analysis of Two-Dimensional Unsaturated Transient Seepage. Hindawi Advances in Civil Engineering, 2021: 1-8. https://doi.org/10.1155/2021/5571296.

Mansuri, B., Salmasi, F., ve Oghati, B., 2014. Effect of Location and Angle of Cutoff Wall on Uplift Pressure in Diversion Dam. Geotech Geol Eng., 32:1165–1173.

Mesci., S.B., 2006. Dolgu Baraj Gövdelerindeki Sızmaların Ve Freatik Hattın İncelenmesi: Seferihisar Barajı Uygulaması. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.93 s.

Mohsenian, A.R., Sedghi-Asl, M., ve Rahimi, H., 2019. An Analytical Solution for Confined Seepage Problem Beneath Hydraulic Structures". Iran. J. Sci. Technol. Trans. Civ. Eng., 43(2):361–369.

Mowafy, M.H., Salem,M.N., El-nikhily,E.A., ve Shaaban Y.H., 2014. A Study Of Unsteady Flow Through Earth Dams. The Egyptian Int. J. of Eng. Sci. and Technology, 17(1):1686-1697.

Narayanan, G. V., 1979, Numerical Operational Methods in Structural Dynamics. PhD. thesis, University of Minnesota, Minneapolis, Minn.

Noori, A. R., Aslan, T. A., ve Temel, B. 2021. Dynamic Analysis Of Functionally Graded Porous Beams Using Complementary Functions Method in the Laplace Domain. Composite Structures, 256, 113094.

Nicholson, D. W., 2003. Finite Element Analysis Thermomechanics of Solids. CRC Press. 268 s.

Ouria, A., ve Toufigh, M. M., 2009. Application Of Nelder-Mead Simplex Method for Unconfined Seepage Problems. Applied Mathematical Modelling. 33:3589–3598.

Papacianakis, A. T., ve Fredlund, D.G., 1984. A Steady State Model for Flow in Saturated-Unsaturated Soils. Can. Geotech. J., 21:419-430.

Parsi, M.J.K., 2019. Isogeometric Analysis in Solution of Unconfined Seepage Problems. Computers and Mathematics with Applications, 78:66–80.

Parsi, M.J.K., Daneshm, F., 2012. Unconfined Seepage Analysis in Earth Dams Using Smoothed Fixed Grid Finite Element Method, Int. J. Numer. Anal. Methods Geomech., 36:780–797.

Pedroso, D.M., 2015. Solution to Transient Seepage in Unsaturated Porous Media. Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering, 285(1):791-816.

Polater Ö., 2021. Dolgu Barajların Farklı Geçirimsiz Malzemeler Kullanılarak Sızma Analizi. Yüksek Lisans Tezi, Bitlis Eren Üniversitesi, Bitlis.53 s.

Rafıezadeh, K., ve Ataie-Ashtiani, B., 2013. Seepage Analysis in Multi-Domain General Anisotropic Media by Three-Dimensional Boundary Elements. Engineering Analysis with Boundary Elements, 37:527–541.

Richardson LF., 1911. The Approximate Arithmetical Solution by Finite Differences with an Application to Stresses in Masonry Dams, Phil. Trans. Roy. Soc., 210.

Sağlıca, O., 2013. Dolgu Baraj Gövdelerinde Sızma Analizi. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara.85 s.

Salmasi, F., Nouri, M., ve Abraham, J., 2020. Upstream Cutoff and Downstream Filters to Control of Seepage in Dams. Water Resources Management, 34:4271–4288.

Sanayei, H.R.Z., ve Javdanian, H., 2020. Assessment of Steady-State Seepage Through Dams with Nonsymmetric Boundary Conditions: Analytical Approach, Environ Monit Assess, 192: 3.

Seepage Modeling with SEEP/W An Engineering Methodology July 2012 Edition GEO-SLOPE International Ltd. Calgary, Alberta, Canada.

Segerlind, L.J., 1984. Applied Finite Element Analysis. John Wiley & Sons.426 s.

Sharma,V.,Fujisawa, K., ve Murakami A., 2021. Space-Time Finite Element Method for Transient and Unconfined Seepage Flow Analysis. Finite Elements in Analysis & Design 197:103632.

Stark, T.D., Jafari N.H., Leopold A.L., ve Brandon T.L., 2014.Soil Compressibility in Transient Unsaturated Seepage Analyses. Can. Geotech. J., 51: 58–868.

Stucchi, R., Cividini, A., ve Giancarlo, G., 2010. Finite Element Approaches for the Dynamic Analysis of Seepage. Numerical Methods in Geotechnical Engineering,53-61.

Su, Y., Zheng, Z., Gu, C., ve Zhang L., 2021. Analysis Free Surface of Nonlinear Seepage Using the MQRBF Method. E3S Web of Conferences, 233 (03042):1-4.

Taghvaei, P., Mousavi., S. F., Shahnazari, A., Karami, H., ve Shoshpash, I., 2019. Experimental and numerical modeling of nano-clay efect on seepage rate in earth dams, Int. J. Geosynth Ground Eng. 5(1):1-8.

Temel, B., 1996. Dinamik Zemin-Yapı Etkileşimi Problemlerinin Sonlu-Sonsuz Elemanlar ve Laplace Dönüşüm Yöntemi İle Analizi. Doktora Tezi. Çukurova Üniversitesi, Adana.194 s.

Temel, B., Aslan, T. A., ve Noori, A. R., 2021. In-plane vibration analysis of parabolic arches having a variable thickness. International Journal of Dynamics and Control, 9, 910-921.

Thieu, N. T. M., Freudland, D. G., ve Hung, V. Q., 2000. General Partial Differantial Equation Solvers for Saturated-Unsaturated.Proceding of the Assian Conference in Unsaturated Soils, Singapore. 201-206.

Tracy, J.C., ve Marino, M.A., 1987. Seepage Into Variably Saturated Porous Medium, Journal of Irrigation and Drainage Eng., 49:805-823.

Wang B., Li,J., Jiang, G., Yang, Y., ve Feng X.T., 2020. An Improved FE-Meshfree Method for Solving Steady Seepage Problems. Computers and Geotechnics, 119:103223.

Wang, H. F., ve Anderson, M. P., 1982. Introduction to Groundwater Modeling Finite and Finite Element Methods. Academic Press. New York.237 s.

Wang, H., Gao, Y.T., ve Q.H., 2015. Green's Function Based Finite Element Formulations for İsotropic Seepage Analysis with Free Surface. Latin American Journal of Solids and Structures, 12:1991-2005.

Xiao, J., Ku C.Y., Liu, C.Y., Fan, C.M., ve Yeih, W., 2017. On Solving Free Surface Problems in Layered Soil Using the Method of Fundamental Solutions.

Xu, W., Xu, C., Yao Q., Kwan, T.H., ve Wang, S., 2020.Transient Antiseepage Analysis of the Relief Well in Beijiang Dike Mathematical Problems in Engineering 2020:Article ID 7623481, 1-10.

Xu, Y. Q., Unami K., ve Kawachi, T., 2002. Optimal Hydraulic Design of Earth Dam Cross Section Using Saturated-Unsaturated Seepage Flow Model, Advences in Water Resources, 26:1-7.

Yang, Y., Zhang, Z., Feng, Y., ve Wang, K., 2022. A Novel Solution for Seepage Problems Implemented in the Abaqus UEL Based on the Polygonal Scaled Boundary Finite Element Method. Hindawi Geofluids, 2022, Article ID 5797014:1-14.

Yılmaz, H., 1999. Elektronik Tablolama Yöntemi ile Yeraltı Su Akımının İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul. 166 s.

Yuan, S., ve Zhong, H., 2016. Three Dimensional Analysis of Unconfined Seepage in Earth Dams by the Weak Form Quadrature Element Method. Journal of Hydrology, 533:403–411.

Zewdu, A., 2019. Seepage and Slope Stability Analysis of Earthen Dam: A Case Study of Koga Dam, Ethiopia, WNOFNS., 26:191-217.

Zhang, W., Dai, B., Liu, Z., ve Zhou, C., 2017. Unconfined Seepage Analysis Using Moving Kriging Mesh-Free Method With Monte Carlo İntegration, Transport in Porous Media. 116(1):163–180.

Zhao, C., ve Valliappan, S., 1993. Transient Infinite Elements for Seepage Problems in Infinite Media. Internatıonal Journal for Numerical and Analytıcal Methods in Geomechanıcs, 17:323-341.

Zhao, C., 2009. Dynamic and Transient Infinite Elements Theory and Geophysical, Geotechnical and Geoenvironmental Applications. Springer-Verlag Berlin Heidelberg

Zienkiewicz, O. C., Taylor, R. L., ve Nithiarasu, P., 2000. The Finite Element Method for Fluid Dynamics. Butterworth-Heinemann Linacre House.

Zienkiewicz, O. C., Meyer P., ve Cheung, Y. K., 1966, Solutions of Anisotropic Seepage by Finite Elements. J. Eng. Mech. Div. A.S.C.E., 92:111-120.

ÖZGEÇMİŞ

Timuçin Alp Aslan, İlköğrenimini Cevizli beldesinde, orta öğrenimini Gaziantep'de tamamladı. Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümünden 2013 yılında mezun oldu. 2014 yılı Ocak ayından beri Çukurova Üniversitesi'nde araştırma görevlisi olarak görevine devam etmektedir.

EKLER

EK A

SIZMA PROBLEMLERİNİN ÇÖZÜMÜ İÇİN PAKET PROGRAM VERİ KILAVUZU

Sınırlandırılmamış akım bölgelerinde sızma probleminin zamandan bağımsız hali için FORTRAN77 dilinde, bir bilgisayar programı hazırlanmıştır. Sonlu elemanlara ait sızma matrisi ve yük vektörleri oluşturulmakta (başlangıç koşulları yardımıyla) ve kodlama tekniği ile bant tipinde sistem sızma matrisi ve yük vektörü teşkil edilmektedir. Veri dosyalarındaki bilgiler serbest formatla okutulmakta ve programda, tüm işlemler çift hassasiyette yapılmaktadır.

Zamandan bağımsız sızma problemlerinin çözümü için sekiz düğümlü kuadratik sonlu eleman kullanılarak düğüm noktalarındaki toplam enerji yüksekliği, su yüksekliği, sızma debisi ve serbest su yüzünün yerini hesaplayan **SIZMA** isimli bir bilgisayar programı hazırlanmıştır. Sonlu eleman rijitlik matrisi hesabı için ihtiyaç duyulan integraller, bilgisayar programında, Gauss sayısal integral yöntemi ile yapılmaktadır.

SIZMA PROGRAMI İÇİN VERİ HAZIRLAMA KILAVUZU

Not: Altı çizilmiş bulunan satırlar veri dosyasına yazılmaktadır.

DATA BÖLÜMÜ NO: 1

İSİM

Çıktı dosyasında problemi tanıtmak içindir.

DATA BÖLÜMÜ NO: 2 Kontrol bilgileri

NBS IDS

NBS **:** Toplam eleman Sayısı

IDS **:** Toplam Düğüm Sayısı

DATA BÖLÜMÜ NO: 3 Baraj gövde köşe koordinat bilgileri

XXX(L) YYY(L) L=1,4

XXX(L): Baraj gövdesinin, memba topuğundan başlayarak saat akrebi yönündeki köşe X koordinatları

YYY(L): Baraj gövdesinin, memba topuğundan başlayarak saat akrebi yönündeki köşe Y koordinatları

DATA BÖLÜMÜ NO: 4 Sonlu eleman bilgileri
SONLU elemanların tarifleri bir satırda bulunan bilgi sayısına göre yapılmaktadır.

ILK NBS N1 N2 N3 N4 N5 N6 N7 N8 NBX NBY

ILK : Bölgedeki ilk eleman no
NBS : Toplam eleman sayısı
N1,...,N8 : Sonlu eleman tarifi (Şekil a'ya bakınız).
NBX : x- yönünde bölme sayısı
NBY : y- yönünde bölme sayısı

DATA BÖLÜMÜ NO: 4 Baraj gövdesi sızma düğüm koordinat bilgileri

XX(L) YY(L) L=1,4

XX(L): Elemanlara bölünecek bölgenin memba topuğundan başlayarak saat akrebi tersi yönündeki köşe X koordinatları
YY(L): Elemanlara bölünecek bölgenin memba topuğundan başlayarak saat akrebi tersi yönündeki köşe Y koordinatları

DATA BÖLÜMÜ NO:5 Sınır şartları bilgileri

AC, HASSAS

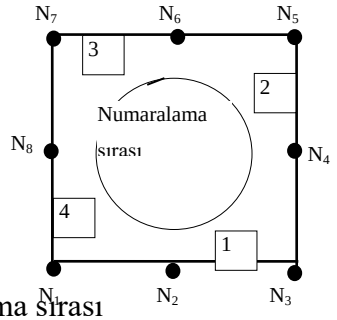
AC : Çıkış yüzü açısı
HASSAS : Serbest su yüzünün yeri için gerekli ve yeterli hassasiyet

DATA BÖLÜMÜ NO: 6 Zon bilgileri

INZ (I) I=1,NBX

XK(I),YK(I), BETA(I) I=1,NZ

INZ : Memba tarafından başlayarak bölgedeki X doğrultusundaki NBX adet elemanın zon numaraları (NZ farklı zon sayısı olmak üzere)
XK (I) : Zonların X yönündeki hidrolik iletkenlikleri
YK (I) : Zonların Y yönündeki hidrolik iletkenlikleri
BETA (I) : Local X ekseninin global X eksenine dönme açıları.
Not : Yukarıdaki bilgiler malzeme çeşidi sayısı kadar alt alta verilmelidir !



Şekil a Sonlu elemanda numaralama sırası

EK B

İzotrop Dolgu Baraj Gövdesinde Sızma Analizi

Sızma bölgesi içerisindeki eleman sayısı, düğüm sayısı ve koordinatları, freatik hattın konumunu belirlemek için iterasyon sayısı, tüm noktalarda hidrolik yük (top. en. yük), basınç yükü (bas. yuk) ve memba bölgesindeki elemanlarada düğüm akım değerleri sunulmuştur.

TOPLAM	ELEMAN	SAYISI	=	40
TOPLAM	DUGUM	SAYISI	=	149

Zon Bilgileri:

ZON	KX(M/S)	KY(M/S)	BETA
1	4.50E-08	1.60E-08	0

BANT GENISLIGI 35

ELEMAN DUĞUM NUMARALARI								
ELEMAN	**N1**	**N2**	**N3**	**N4**	**N5**	**N6**	**N7**	**N8**
1	1	2	3	23	35	34	33	22
2	3	4	5	24	37	36	35	23
3	5	6	7	25	39	38	37	24
4	7	8	9	26	41	40	39	25
5	9	10	11	27	43	42	41	26
6	11	12	13	28	45	44	43	27
7	13	14	15	29	47	46	45	28
8	15	16	17	30	49	48	47	29
9	17	18	19	31	51	50	49	30
10	19	20	21	32	53	52	51	31
11	33	34	35	55	67	66	65	54
12	35	36	37	56	69	68	67	55
13	37	38	39	57	71	70	69	56
14	39	40	41	58	73	72	71	57
15	41	42	43	59	75	74	73	58
16	43	44	45	60	77	76	75	59
17	45	46	47	61	79	78	77	60
18	47	48	49	62	81	80	79	61
19	49	50	51	63	83	82	81	62
20	51	52	53	64	85	84	83	63
21	65	66	67	87	99	98	97	86
22	67	68	69	88	101	100	99	87
23	69	70	71	89	103	102	101	88
24	71	72	73	90	105	104	103	89
25	73	74	75	91	107	106	105	90
26	75	76	77	92	109	108	107	91
27	77	78	79	93	111	110	109	92
28	79	80	81	94	113	112	111	93
29	81	82	83	95	115	114	113	94
30	83	84	85	96	117	116	115	95
31	97	98	99	119	131	130	129	118
32	99	100	101	120	133	132	131	119
33	101	102	103	121	135	134	133	120
34	103	104	105	122	137	136	135	121
35	105	106	107	123	139	138	137	122
36	107	108	109	124	141	140	139	123
37	109	110	111	125	143	142	141	124
38	111	112	113	126	145	144	143	125
39	113	114	115	127	147	146	145	126
40	115	116	117	128	149	148	147	127

******SERBEST SU YUZUNUN YERI (FREATİK HAT) ******

ITERASYON NO = 1					ITERASYON NO = 2				
D. NO	**X (M)**	**Y (M)**	**TOP. EN. (M)**	**BAS. YUK. (M)**	**D. NO**	**X (M)**	**Y (M)**	**TOP. EN. (M)**	**BAS. YUK. (M)**
130	95.3	43.05	43.568	0.518	**130**	95.3	43.309	43.059	-0.25
131	100.6	41.1	42.154	1.054	**131**	100.6	41.627	41.128	-0.499
132	105.9	39.15	41.048	1.898	**132**	105.9	40.099	39.655	-0.444
133	111.2	37.2	40.049	2.849	**133**	111.2	38.625	38.361	-0.264
134	116.5	35.25	39.004	3.754	**134**	116.5	37.127	37.031	-0.096
135	121.8	33.3	37.949	4.649	**135**	121.8	35.625	35.719	0.095
136	127.1	31.35	36.842	5.492	**136**	127.1	34.096	34.365	0.269
137	132.4	29.4	35.68	6.28	**137**	132.4	32.54	32.968	0.428
138	137.7	27.45	34.443	6.993	**138**	137.7	30.946	31.514	0.567
139	143	25.5	33.121	7.621	**139**	143	29.31	29.988	0.678
140	148.3	23.55	31.697	8.147	**140**	148.3	27.623	28.371	0.748
141	153.6	21.6	30.156	8.556	**141**	153.6	25.878	26.647	0.769
142	158.9	19.65	28.461	8.811	**142**	158.9	24.056	24.824	0.768
143	164.2	17.7	26.587	8.887	**143**	164.2	22.144	22.818	0.674
144	169.5	15.75	24.51	8.76	**144**	169.5	20.13	20.493	0.363
145	174.8	13.8	22.18	8.38	**145**	174.8	17.6	17.6	0.000
146	180.1	11.85	19.41	7.56	**146**	180.1	14.95	14.95	0.000
147	185.4	9.9	16.228	6.328	**147**	185.4	12.3	12.3	0.000
148	190.7	7.95	11.83	3.88	**148**	190.7	9.65	9.65	0.000
149	196	6.00	6.668	0.668	**149**	196	6.334	6.362	0.028

ITERASYON NO =3					ITERASYON NO =4				
D. NO	**X (M)**	**Y (M)**	**TOP. EN. (M)**	**BAS. YUK. (M)**	**D. NO**	**X (M)**	**Y (M)**	**TOP. EN. (M)**	**BAS. YUK. (M)**
130	95.3	43.184	43.017	-0.167	**130**	95.3	43.1	43.008	-0.093
131	100.6	41.378	41.038	-0.34	**131**	100.6	41.208	41.015	-0.193
132	105.9	39.877	39.525	-0.352	**132**	105.9	39.701	39.488	-0.213
133	111.2	38.493	38.2	-0.293	**133**	111.2	38.346	38.151	-0.196
134	116.5	37.079	36.851	-0.228	**134**	116.5	36.965	36.796	-0.169
135	121.8	35.672	35.529	-0.143	**135**	121.8	35.601	35.472	-0.129
136	127.1	34.231	34.169	-0.062	**136**	127.1	34.2	34.112	-0.088
137	132.4	32.754	32.769	0.015	**137**	132.4	32.761	32.715	-0.046
138	137.7	31.23	31.317	0.087	**138**	137.7	31.274	31.268	-0.006
139	143	29.649	29.796	0.147	**139**	143	29.723	29.755	0.032
140	148.3	27.997	28.193	0.196	**140**	148.3	28.095	28.163	0.067
141	153.6	26.262	26.483	0.22	**141**	153.6	26.373	26.466	0.093
142	158.9	24.44	24.646	0.207	**142**	158.9	24.543	24.645	0.102
143	164.2	22.481	22.615	0.134	**143**	164.2	22.548	22.625	0.077
144	169.5	20.25	20.25	0.000	**144**	169.5	20.25	20.25	0.000
145	174.8	17.6	17.6	0.000	**145**	174.8	17.6	17.6	0.000
146	180.1	14.95	14.95	0.000	**146**	180.1	14.95	14.95	0.000
147	185.4	12.3	12.3	0.000	**147**	185.4	12.3	12.3	0.000
148	190.7	9.65	9.65	0.000	**148**	190.7	9.65	9.65	0.000
149	196	6.348	6.363	0.015	**149**	196	6.355	6.364	0.008

ITERASYON NO =5					ITERASYON NO =6				
D. NO	**X (M)**	**Y (M)**	**TOP. EN. (M)**	**BAS. YUK. (M)**	**D. NO**	**X (M)**	**Y (M)**	**TOP. EN. (M)**	**BAS. YUK. (M)**
130	95.3	43.054	43.004	-0.05	**130**	95.3	43.029	43.003	-0.026
131	100.6	41.111	41.005	-0.106	**131**	100.6	41.058	41.001	-0.057
132	105.9	39.594	39.471	-0.124	**132**	105.9	39.533	39.463	-0.069
133	111.2	38.249	38.126	-0.122	**133**	111.2	38.187	38.115	-0.072
134	116.5	36.88	36.767	-0.113	**134**	116.5	36.824	36.753	-0.071
135	121.8	35.536	35.441	-0.095	**135**	121.8	35.489	35.426	-0.063
136	127.1	34.156	34.08	-0.076	**136**	127.1	34.118	34.063	-0.055
137	132.4	32.738	32.684	-0.055	**137**	132.4	32.711	32.666	-0.044
138	137.7	31.271	31.238	-0.033	**138**	137.7	31.254	31.221	-0.033
139	143	29.739	29.728	-0.011	**139**	143	29.733	29.712	-0.022
140	148.3	28.129	28.141	0.012	**140**	148.3	28.135	28.127	-0.008
141	153.6	26.419	26.45	0.031	**141**	153.6	26.435	26.439	0.004
142	158.9	24.594	24.639	0.045	**142**	158.9	24.616	24.633	0.017
143	164.2	22.586	22.628	0.042	**143**	164.2	22.607	22.629	0.021
144	169.5	20.25	20.25	0.000	**144**	169.5	20.25	20.25	0.000
145	174.8	17.6	17.6	0.000	**145**	174.8	17.6	17.6	0.000
146	180.1	14.95	14.95	0.000	**146**	180.1	14.95	14.95	0.000
147	185.4	12.3	12.3	0.000	**147**	185.4	12.3	12.3	0.000
148	190.7	9.65	9.65	0.000	**148**	190.7	9.65	9.65	0.000
149	196	6.36	6.364	0.005	**149**	196	6.362	6.364	0.003

ITERASYON NO =7					ITERASYON NO =8				
D. NO	**X (M)**	**Y (M)**	**TOP. EN. (M)**	**BAS. YUK. (M)**	**D. NO**	**X (M)**	**Y (M)**	**TOP. EN. (M)**	**BAS. YUK. (M)**
130	95.3	43.016	43.003	-0.013	**130**	95.3	43.009	43.003	-0.006
131	100.6	41.03	41	-0.029	**131**	100.6	41.015	41	-0.015
132	105.9	39.498	39.461	-0.037	**132**	105.9	39.479	39.46	-0.019
133	111.2	38.151	38.11	-0.041	**133**	111.2	38.131	38.108	-0.022
134	116.5	36.789	36.747	-0.042	**134**	116.5	36.768	36.744	-0.024
135	121.8	35.457	35.418	-0.039	**135**	121.8	35.438	35.415	-0.023
136	127.1	34.091	34.055	-0.036	**136**	127.1	34.073	34.051	-0.022
137	132.4	32.689	32.657	-0.031	**137**	132.4	32.673	32.653	-0.02
138	137.7	31.238	31.212	-0.026	**138**	137.7	31.225	31.207	-0.018
139	143	29.722	29.702	-0.02	**139**	143	29.712	29.697	-0.015
140	148.3	28.131	28.118	-0.013	**140**	148.3	28.124	28.113	-0.011
141	153.6	26.437	26.432	-0.005	**141**	153.6	26.434	26.427	-0.007
142	158.9	24.625	24.629	0.004	**142**	158.9	24.627	24.626	-0.001
143	164.2	22.618	22.628	0.01	**143**	164.2	22.623	22.627	0.004
144	169.5	20.25	20.25	0.000	**144**	169.5	20.25	20.25	0.000
145	174.8	17.6	17.6	0.000	**145**	174.8	17.6	17.6	0.000
146	180.1	14.95	14.95	0.000	**146**	180.1	14.95	14.95	0.000
147	185.4	12.3	12.3	0.000	**147**	185.4	12.3	12.3	0.000
148	190.7	9.65	9.65	0.000	**148**	190.7	9.65	9.65	0.000
149	196	6.363	6.365	0.001	**149**	196	6.364	6.365	0.001

ITERASYON NO =9					ITERASYON NO =10				
D. NO	**X (M)**	**Y (M)**	**TOP. EN. (M)**	**BAS. YUK. (M)**	**D. NO**	**X (M)**	**Y (M)**	**TOP. EN. (M)**	**BAS. YUK. (M)**
130	95.3	43.006	43.003	-0.003	**130**	95.3	43.005	43.003	-0.001
131	100.6	41.008	41.001	-0.007	**131**	100.6	41.004	41.001	-0.003
132	105.9	39.47	39.46	-0.01	**132**	105.9	39.465	39.46	-0.005
133	111.2	38.119	38.108	-0.012	**133**	111.2	38.114	38.108	-0.006
134	116.5	36.756	36.743	-0.013	**134**	116.5	36.749	36.743	-0.007
135	121.8	35.426	35.413	-0.013	**135**	121.8	35.42	35.413	-0.007
136	127.1	34.062	34.049	-0.013	**136**	127.1	34.055	34.048	-0.007
137	132.4	32.663	32.651	-0.012	**137**	132.4	32.657	32.65	-0.007
138	137.7	31.216	31.205	-0.011	**138**	137.7	31.21	31.204	-0.007
139	143	29.705	29.695	-0.01	**139**	143	29.7	29.694	-0.006
140	148.3	28.119	28.11	-0.008	**140**	148.3	28.115	28.109	-0.005
141	153.6	26.431	26.425	-0.006	**141**	153.6	26.428	26.423	-0.005
142	158.9	24.626	24.624	-0.003	**142**	158.9	24.625	24.623	-0.002
143	164.2	22.625	22.627	0.002	**143**	164.2	22.626	22.626	0.000
144	169.5	20.25	20.25	0.000	**144**	169.5	20.25	20.25	0.000
145	174.8	17.6	17.6	0.000	**145**	174.8	17.6	17.6	0.000
146	180.1	14.95	14.95	0.000	**146**	180.1	14.95	14.95	0.000
147	185.4	12.3	12.3	0.000	**147**	185.4	12.3	12.3	0.000
148	190.7	9.65	9.65	0.000	**148**	190.7	9.65	9.65	0.000
149	196	6.364	6.365	0.001	**149**	196	6.364	6.365	0.001

ITERASYON NO =11					ITERASYON NO =12				
D. NO	**X (M)**	**Y (M)**	**TOP. EN. (M)**	**BAS. YUK. (M)**	**D. NO**	**X (M)**	**Y (M)**	**TOP. EN. (M)**	**BAS. YUK. (M)**
130	95.3	43.004	43.003	0.000	**130**	95.3	43.004	43.004	0.000
131	100.6	41.003	41.001	-0.001	**131**	100.6	41.002	41.001	0.000
132	105.9	39.462	39.46	-0.002	**132**	105.9	39.461	39.46	-0.001
133	111.2	38.111	38.108	-0.003	**133**	111.2	38.109	38.108	-0.001
134	116.5	36.746	36.743	-0.003	**134**	116.5	36.744	36.743	-0.002
135	121.8	35.416	35.413	-0.004	**135**	121.8	35.414	35.413	-0.002
136	127.1	34.052	34.048	-0.004	**136**	127.1	34.05	34.048	-0.002
137	132.4	32.654	32.65	-0.004	**137**	132.4	32.652	32.65	-0.002
138	137.7	31.207	31.203	-0.004	**138**	137.7	31.205	31.203	-0.002
139	143	29.697	29.693	-0.004	**139**	143	29.695	29.693	-0.002
140	148.3	28.112	28.108	-0.003	**140**	148.3	28.11	28.108	-0.002
141	153.6	26.425	26.422	-0.003	**141**	153.6	26.424	26.422	-0.002
142	158.9	24.624	24.622	-0.002	**142**	158.9	24.623	24.622	-0.001
143	164.2	22.626	22.626	0.000	**143**	164.2	22.626	22.626	0.000
144	169.5	20.25	20.25	0.000	**144**	169.5	20.25	20.25	0.000
145	174.8	17.6	17.6	0.000	**145**	174.8	17.6	17.6	0.000
146	180.1	14.95	14.95	0.000	**146**	180.1	14.95	14.95	0.000
147	185.4	12.3	12.3	0.000	**147**	185.4	12.3	12.3	0.000
148	190.7	9.65	9.65	0.000	**148**	190.7	9.65	9.65	0.000
149	196	6.364	6.365	0.001	**149**	196	6.364	6.365	0.001

ITERASYON NO =13					ITERASYON NO =14				
D. NO	**X (M)**	**Y (M)**	**TOP. EN. (M)**	**BAS. YUK. (M)**	**D. NO**	**X (M)**	**Y (M)**	**TOP. EN. (M)**	**BAS. YUK. (M)**
130	95.3	43.004	43.004	0.000	**130**	95.3	43.004	43.004	0.000
131	100.6	41.002	41.001	0.000	**131**	100.6	41.002	41.002	0.000
132	105.9	39.461	39.46	-0.001	**132**	105.9	39.461	39.461	-0.001
133	111.2	38.109	38.108	0.000	**133**	111.2	38.109	38.108	0.000
134	116.5	36.744	36.743	-0.001	**134**	116.5	36.744	36.743	-0.001
135	121.8	35.414	35.413	-0.001	**135**	121.8	35.414	35.413	-0.001
136	127.1	34.049	34.048	-0.001	**136**	127.1	34.049	34.048	-0.001
137	132.4	32.651	32.65	-0.001	**137**	132.4	32.651	32.65	-0.001
138	137.7	31.204	31.203	-0.001	**138**	137.7	31.204	31.203	-0.001
139	143	29.694	29.693	-0.001	**139**	143	29.694	29.693	0.000
140	148.3	28.109	28.108	-0.001	**140**	148.3	28.109	28.108	-0.001
141	153.6	26.423	26.422	-0.001	**141**	153.6	26.422	26.422	-0.001
142	158.9	24.622	24.621	-0.001	**142**	158.9	24.622	24.621	-0.001
143	164.2	22.626	22.625	0.000	**143**	164.2	22.626	22.625	0.000
144	169.5	20.25	20.25	0.000	**144**	169.5	20.25	20.25	0.000
145	174.8	17.6	17.6	0.000	**145**	174.8	17.6	17.6	0.000
146	180.1	14.95	14.95	0.000	**146**	180.1	14.95	14.95	0.000
147	185.4	12.3	12.3	0.000	**147**	185.4	12.3	12.3	0.000
148	190.7	9.65	9.65	0.000	**148**	190.7	9.65	9.65	0.000
149	196	6.364	6.365	0.001	**149**	196	6.364	6.365	0.001

******* DUGUM DEGERLERI *******

D. NO	X (M)	Y (M)	TOP. EN.(M)	BAS. YUK.(M)	D. NO	X (M)	Y (M)	TOP. EN.(M)	BAS. YUK.(M)
1	0	0.0	45	45	**33**	22.5	11.25	45	33.75
2	10.5	0.0	44.998	44.998	**34**	31.7	10.762	44.928	34.165
3	21	0.0	44.966	44.966	**35**	40.9	10.275	44.759	34.484
4	31.5	0.0	44.868	44.868	**36**	50.1	9.787	44.464	34.676
5	42	0.0	44.65	44.65	**37**	59.3	9.3	43.99	34.69
6	52.5	0.0	44.259	44.259	**38**	68.5	8.812	43.299	34.487
7	63	0.0	43.627	43.627	**39**	77.7	8.325	42.352	34.027
8	73.5	0.0	42.704	42.704	**40**	86.9	7.837	41.123	33.286
9	84	0.0	41.436	41.436	**41**	96.1	7.35	39.618	32.268
10	94.5	0.0	39.814	39.814	**42**	105.3	6.862	37.861	30.998
11	105	0.0	37.86	37.86	**43**	114.5	6.375	35.88	29.505
12	115.5	0.0	35.605	35.605	**44**	123.7	5.887	33.699	27.811
13	126	0.0	33.082	33.082	**45**	132.9	5.4	31.319	25.919
14	136.5	0.0	30.291	30.291	**46**	142.1	4.912	28.715	23.803
15	147	0.0	27.185	27.185	**47**	151.3	4.425	25.851	21.426
16	157.5	0.0	23.698	23.698	**48**	160.5	3.937	22.65	18.713
17	168	0.0	19.721	19.721	**49**	169.7	3.45	19.061	15.611
18	178.5	0.0	15.218	15.218	**50**	178.9	2.962	15.057	12.094
19	189	0.0	10.072	10.072	**51**	188.1	2.475	10.578	8.103
20	199.5	0.0	4.706	4.706	**52**	197.3	1.987	5.755	3.767
21	210	0.0	0.0	0.000	**53**	206.5	1.5	1.5	0.000
22	11.25	5.625	45	39.375	**54**	33.75	16.875	45	28.125
23	30.95	5.137	44.889	39.751	**55**	50.85	15.412	44.582	29.169
24	50.65	4.65	44.365	39.715	**56**	67.95	13.95	43.522	29.572
25	70.35	4.162	43.043	38.88	**57**	85.05	12.487	41.547	29.06
26	90.05	3.675	40.566	36.891	**58**	102.15	11.025	38.589	27.564
27	109.75	3.187	36.886	33.698	**59**	119.25	9.562	34.841	25.278
28	129.45	2.7	32.205	29.505	**60**	136.35	8.1	30.423	22.323
29	149.15	2.212	26.517	24.304	**61**	153.45	6.637	25.187	18.55
30	168.85	1.725	19.385	17.66	**62**	170.55	5.175	18.747	13.572
31	188.55	1.237	10.321	9.084	**63**	187.65	3.712	10.848	7.135
32	208.25	0.75	0.75	0.000	**64**	204.75	2.25	2.25	0.000

D. NO	X (M)	Y (M)	TOP. EN.(M)	BAS. YUK.(M)	D. NO	X (M)	Y (M)	TOP. EN.(M)	BAS. YUK.(M)
65	45	22.5	45	22.5	**98**	74.1	32.287	44.412	12.125
66	52.9	21.525	44.738	23.213	**99**	80.7	30.825	43.502	12.677
67	60.8	20.55	44.347	23.797	**100**	87.3	29.362	42.467	13.104
68	68.7	19.575	43.743	24.168	**101**	93.9	27.9	41.183	13.283
69	76.6	18.6	42.933	24.333	**102**	100.5	26.437	39.735	13.298
70	84.5	17.625	41.889	24.264	**103**	107.1	24.975	38.219	13.244
71	92.4	16.65	40.599	23.949	**104**	113.7	23.512	36.649	13.136
72	100.3	15.675	39.123	23.448	**105**	120.3	22.05	35.033	12.983
73	108.2	14.7	37.478	22.778	**106**	126.9	20.587	33.347	12.76
74	116.1	13.725	35.69	21.965	**107**	133.5	19.125	31.582	12.457
75	124	12.75	33.775	21.025	**108**	140.1	17.662	29.716	12.054
76	131.9	11.775	31.725	19.95	**109**	146.7	16.2	27.728	11.528
77	139.8	10.8	29.523	18.723	**110**	153.3	14.737	25.588	10.851
78	147.7	9.825	27.139	17.314	**111**	159.9	13.275	23.252	9.977
79	155.6	8.85	24.533	15.683	**112**	166.5	11.812	20.677	8.865
80	163.5	7.875	21.642	13.767	**113**	173.1	10.35	17.869	7.519
81	171.4	6.9	18.442	11.542	**114**	179.7	8.887	14.851	5.964
82	179.3	5.925	14.94	9.015	**115**	186.3	7.425	11.744	4.319
83	187.2	4.95	11.137	6.187	**116**	192.9	5.962	8.014	2.051
84	195.1	3.975	6.829	2.854	**117**	199.5	4.5	4.5	0.000
85	203	3.00	3.00	0.000	**118**	78.75	39.375	45	5.625
86	56.25	28.125	45	16.875	**119**	90.65	35.962	42.789	6.826
87	70.75	25.687	44.012	18.325	**120**	102.55	32.55	39.756	7.206
88	85.25	23.25	42.18	18.93	**121**	114.45	29.137	36.782	7.644
89	99.75	20.812	39.501	18.689	**122**	126.35	25.725	33.745	8.02
90	114.25	18.375	36.283	17.908	**123**	138.25	22.312	30.486	8.173
91	128.75	15.937	32.685	16.747	**124**	150.15	18.9	26.865	7.965
92	143.25	13.5	28.623	15.123	**125**	162.05	15.487	22.656	7.169
93	157.75	11.062	23.885	12.822	**126**	173.95	12.075	17.594	5.519
94	172.25	8.625	18.155	9.53	**127**	185.85	8.662	12.008	3.346
95	186.75	6.187	11.423	5.236	**128**	197.75	5.25	5.25	0.000
96	201.25	3.75	3.75	0.000	**129**	90	45	45	0.000
97	67.5	33.75	45	11.25	**130**	95.3	43.004	43.004	0.000

D. NO	X (M)	Y (M)	TOP. EN.(M)	BAS. YUK.(M)
131	100.6	41.002	41.002	0.000
132	105.9	39.461	39.461	-0.001
133	111.2	38.109	38.108	0.000
134	116.5	36.744	36.743	-0.001
135	121.8	35.414	35.413	-0.001
136	127.1	34.049	34.048	-0.001
137	132.4	32.651	32.65	-0.001
138	137.7	31.204	31.203	-0.001
139	143	29.694	29.693	0.000
140	148.3	28.109	28.108	-0.001
141	153.6	26.422	26.422	-0.001
142	158.9	24.622	24.621	-0.001
143	164.2	22.626	22.625	0.000
144	169.5	20.25	20.25	0.000
145	174.8	17.6	17.6	0.000
146	180.1	14.95	14.95	0.000
147	185.4	12.3	12.3	0.000
148	190.7	9.65	9.65	0.000
149	196	6.364	6.365	0.001

ELEMAN	DUGUM AKIMI							
1	-1.95E-08	-1.08E-19	-5.39E-08	-1.35E-06	-4.01E-07	1.18E-06	3.62E-07	2.80E-07
11	1.21E-07	-1.18E-06	-9.76E-07	-5.42E-06	-1.05E-06	3.23E-06	2.35E-06	2.94E-06
21	3.99E-07	-3.23E-06	-3.44E-06	-1.36E-05	-3.74E-06	8.47E-06	4.71E-06	1.05E-05
31	3.33E-06	-8.47E-06	-5.20E-06	-2.69E-05	-6.34E-06	-1.08E-19	1.99E-05	2.37E-05

***** SIZMA DEBISI= 6.85E-05 M^3/S.M *****

EK C

Anizotrop Dolgu Baraj Gövdesinde Sızma Analizi

Sızma bölgesi içerisindeki eleman sayısı, düğüm sayısı ve koordinatları, tüm noktalarda hidrolik yük (top. en. yük), basınç yükü (bas. yuk) ve memba bölgesindeki elemanlarada düğüm akım değerleri sunulmuştur.

TOPLAM	ELEMAN	SAYISI	=	40
TOPLAM	DUGUM	SAYISI	=	149

Zon Bilgileri:

ZON	KX(M/S)	KY(M/S)	BETA
1	4.50E-08	1.60E-08	0

BANT GENISLIGI 35

Eleman düğümleri EK B'de verildiği gibi numaralandırılmıştır.

******* DUGUM DEGERLERI *******

D. NO	X (M)	Y (M)	TOP. EN.(M)	BAS. YUK.(M)	D. NO	X (M)	Y (M)	TOP. EN.(M)	BAS. YUK.(M)
1	0.00	0.00	18	18	**33**	11.25	4.5	18	13.5
2	5.75	0.00	17.992	17.992	**34**	16.25	4.35	17.93	13.58
3	11.5	0.00	17.948	17.948	**35**	21.25	4.2	17.803	13.603
4	17.25	0.00	17.852	17.852	**36**	26.25	4.05	17.614	13.564
5	23	0.00	17.682	17.682	**37**	31.25	3.9	17.35	13.45
6	28.75	0.00	17.425	17.425	**38**	36.25	3.75	17.006	13.256
7	34.5	0.00	17.07	17.07	**39**	41.25	3.6	16.578	12.978
8	40.25	0.00	16.61	16.61	**40**	46.25	3.45	16.068	12.618
9	46	0.00	16.044	16.044	**41**	51.25	3.3	15.48	12.18
10	51.75	0.00	15.375	15.375	**42**	56.25	3.15	14.822	11.672
11	57.5	0.00	14.612	14.612	**43**	61.25	3.0	14.1	11.1
12	63.25	0.00	13.764	13.764	**44**	66.25	2.85	13.317	10.467
13	69	0.00	12.831	12.831	**45**	71.25	2.7	12.472	9.772
14	74.75	0.00	11.809	11.809	**46**	76.25	2.55	11.556	9.006
15	80.5	0.00	10.681	10.681	**47**	81.25	2.4	10.558	8.158
16	86.25	0.00	9.42	9.42	**48**	86.25	2.25	9.458	7.208
17	92	0.00	7.983	7.983	**49**	91.25	2.1	8.224	6.124
18	97.75	0.00	6.315	6.315	**50**	96.25	1.95	6.815	4.865
19	103.5	0.00	4.398	4.398	**51**	101.25	1.8	5.211	3.411
20	109.25	0.00	2.268	2.268	**52**	106.25	1.65	3.423	1.773
21	115	0.00	0.00	0.00	**53**	111.25	1.5	1.5	0.000
22	5.625	2.25	18	15.75	**54**	16.875	6.75	18	11.25
23	16.375	2.1	17.884	15.784	**55**	26.125	6.3	17.714	11.414
24	27.125	1.95	17.523	15.573	**56**	35.375	5.85	17.165	11.315
25	37.875	1.8	16.828	15.028	**57**	44.625	5.4	16.318	10.918
26	48.625	1.65	15.762	14.112	**58**	53.875	4.95	15.197	10.247
27	59.375	1.5	14.353	12.853	**59**	63.125	4.5	13.854	9.354
28	70.125	1.35	12.646	11.296	**60**	72.375	4.05	12.309	8.259
29	80.875	1.2	10.612	9.412	**61**	81.625	3.6	10.522	6.922
30	91.625	1.05	8.093	7.043	**62**	90.875	3.15	8.373	5.223
31	102.37	0.9	4.801	3.901	**63**	100.12	2.7	5.632	2.932
32	113.12	0.75	0.75	0.00	**64**	109.37	2.25	2.25	0.000

D. NO	X (M)	Y (M)	TOP. EN.(M)	BAS. YUK.(M)	D. NO	X (M)	Y (M)	TOP. EN.(M)	BAS. YUK.(M)
65	22.5	9	18	9	**98**	37.25	13.05	17.716	4.666
66	26.75	8.7	17.834	9.134	**99**	40.75	12.6	17.335	4.735
67	31	8.4	17.615	9.215	**100**	44.25	12.15	16.924	4.774
68	35.25	8.1	17.322	9.222	**101**	47.75	11.7	16.452	4.752
69	39.5	7.8	16.962	9.162	**102**	51.25	11.25	15.94	4.69
70	43.75	7.5	16.535	9.035	**103**	54.75	10.8	15.412	4.612
71	48	7.2	16.041	8.841	**104**	58.25	10.35	14.871	4.521
72	52.25	6.9	15.498	8.598	**105**	61.75	9.9	14.319	4.419
73	56.5	6.6	14.91	8.31	**106**	65.25	9.45	13.749	4.299
74	60.75	6.3	14.281	7.981	**107**	68.75	9	13.16	4.16
75	65	6	13.615	7.615	**108**	72.25	8.55	12.547	3.997
76	69.25	5.7	12.909	7.209	**109**	75.75	8.1	11.906	3.806
77	73.5	5.4	12.161	6.761	**110**	79.25	7.65	11.231	3.581
78	77.75	5.1	11.361	6.261	**111**	82.75	7.2	10.515	3.315
79	82	4.8	10.503	5.703	**112**	86.25	6.75	9.75	3.000
80	86.25	4.5	9.57	5.07	**113**	89.75	6.3	8.92	2.620
81	90.5	4.2	8.54	4.34	**114**	93.25	5.85	8.004	2.154
82	94.75	3.9	7.381	3.481	**115**	96.75	5.4	6.966	1.566
83	99	3.6	6.063	2.463	**116**	100.25	4.95	5.78	0.830
84	103.25	3.3	4.59	1.29	**117**	103.75	4.5	4.5	0.000
85	107.5	3.0	3.0	0.000	**118**	39.375	15.75	18	2.25
86	28.125	11.25	18	6.75	**119**	45.625	14.7	17.13	2.43
87	35.875	10.5	17.496	6.996	**120**	51.875	13.65	16.07	2.42
88	43.625	9.75	16.731	6.981	**121**	58.125	12.6	15.046	2.446
89	51.375	9	15.744	6.744	**122**	64.375	11.55	14.019	2.469
90	59.125	8.25	14.616	6.366	**123**	70.625	10.5	12.949	2.449
91	66.875	7.5	13.383	5.883	**124**	76.875	9.45	11.804	2.354
92	74.625	6.75	12.026	5.276	**125**	83.125	8.4	10.547	2.147
93	82.375	6	10.501	4.501	**126**	89.375	7.35	9.13	1.78
94	90.125	5.25	8.724	3.474	**127**	95.625	6.3	7.426	1.126
95	97.875	4.5	6.508	2.008	**128**	101.87	5.25	5.25	0.000
96	105.62	3.75	3.75	0.000	**129**	45	18	18	0.000
97	33.75	13.5	18	4.5	**130**	47.75	17.287	17.287	0.000

D. NO	X (M)	Y (M)	TOP. EN.(M)	BAS. YUK.(M)
131	50.5	16.608	16.607	0.000
132	53.25	16.076	16.075	-0.001
133	56.0	15.604	15.604	-0.001
134	58.75	15.136	15.135	0.000
135	61.5	14.683	14.683	-0.001
136	64.25	14.226	14.226	-0.001
137	67	13.766	13.765	-0.001
138	69.75	13.297	13.296	-0.001
139	72.5	12.816	12.815	-0.001
140	75.25	12.32	12.319	-0.001
141	78	11.806	11.805	-0.001
142	80.75	11.271	11.27	-0.001
143	83.5	10.71	10.709	-0.001
144	86.25	10.116	10.115	-0.001
145	89	9.483	9.482	-0.001
146	91.75	8.812	8.811	-0.001
147	94.5	8.05	8.049	-0.001
148	97.25	7.1	7.1	0.000
149	100	6.0	6.0	0.000

ELEMAN	DUGUM AKIMI							
1	-5.36E-11	-1.06E-22	-3.24E-10	-3.98E-09	-9.89E-10	2.66E-09	1.43E-09	1.25E-09
11	3.82E-10	-2.66E-09	-2.37E-09	-1.06E-08	-2.08E-09	5.55E-09	4.49E-09	7.27E-09
21	1.25E-09	-5.55E-09	-5.43E-09	-2.02E-08	-5.19E-09	1.00E-08	7.49E-09	1.77E-08
31	4.64E-09	-1.00E-08	-7.52E-09	-3.34E-08	-8.03E-09	3.18E-22	2.09E-08	3.34E-08

***** SIZMA DEBISI= 0.1001087E-06 M^3/S.M *****

EK D

Yatay Drenajlı Anizotrop Dolgu Baraj Gövdesinde Sızma Analizi

Sızma bölgesi içerisindeki eleman sayısı, düğüm sayısı ve koordinatları, tüm noktalarda hidrolik yük (top. en. yük), basınç yükü (bas. yuk) ve memba bölgesindeki elemanlarda düğüm akım değerleri sunulmuştur.

TOPLAM ELEMAN SAYISI = 40
TOPLAM DUGUM SAYISI = 149

Zon Bilgileri:

ZON	KX(M/S)	KY(M/S)	BETA
1	4.50E-08	1.60E-08	0

BANT GENISLIGI 35

Eleman düğümleri EK B'de verildiği gibi numaralandırılmıştır.

******* DUGUM DEGERLERI *******

D. NO	X (M)	Y (M)	TOP. EN.(M)	BAS. YUK.(M)	D. NO	X (M)	Y (M)	TOP. EN.(M)	BAS. YUK.(M)
1	0.0	0.0	18	18	**33**	11.25	4.5	18	13.5
2	4.5	0.0	17.995	17.995	**34**	15.187	4.284	17.929	13.644
3	9	0.0	17.964	17.964	**35**	19.125	4.069	17.811	13.742
4	13.5	0.0	17.896	17.896	**36**	23.062	3.853	17.644	13.79
5	18	0.0	17.777	17.777	**37**	27	3.638	17.418	13.78
6	22.5	0.0	17.597	17.597	**38**	30.937	3.422	17.132	13.709
7	27	0.0	17.346	17.346	**39**	34.875	3.207	16.778	13.571
8	31.5	0.0	17.017	17.017	**40**	38.812	2.991	16.355	13.363
9	36	0.0	16.602	16.602	**41**	42.75	2.776	15.861	13.085
10	40.5	0.0	16.098	16.098	**42**	46.687	2.56	15.296	12.735
11	45	0.0	15.501	15.501	**43**	50.625	2.345	14.661	12.316
12	49.5	0.0	14.813	14.813	**44**	54.562	2.129	13.957	11.828
13	54	0.0	14.032	14.032	**45**	58.5	1.914	13.185	11.271
14	58.5	0.0	13.159	13.159	**46**	62.437	1.698	12.338	10.639
15	63	0.0	12.189	12.189	**47**	66.375	1.483	11.41	9.927
16	67.5	0.0	11.112	11.112	**48**	70.312	1.267	10.387	9.119
17	72	0.0	9.892	9.892	**49**	74.25	1.052	9.258	8.206
18	76.5	0.0	8.479	8.479	**50**	78.187	0.836	7.875	7.038
19	81	0.0	6.621	6.621	**51**	82.125	0.621	6.184	5.563
20	85.5	0.0	4.406	4.406	**52**	86.062	0.405	4.006	3.6
21	90	0.0	0.078	0.078	**53**	90	0.19	0.188	-0.002
22	5.625	2.25	18	15.75	**54**	16.875	6.75	18	11.25
23	14.062	2.034	17.9	15.865	**55**	24.187	6.104	17.704	11.601
24	22.5	1.819	17.613	15.794	**56**	31.5	5.457	17.195	11.738
25	30.937	1.603	17.078	15.474	**57**	38.812	4.811	16.446	11.636
26	39.375	1.388	16.245	14.857	**58**	46.125	4.164	15.449	11.285
27	47.812	1.172	15.09	13.918	**59**	53.437	3.518	14.213	10.696
28	56.25	0.957	13.613	12.656	**60**	60.75	2.871	12.746	9.875
29	64.687	0.741	11.804	11.063	**61**	68.062	2.225	11.014	8.79
30	73.125	0.526	9.57	9.044	**62**	75.375	1.578	8.941	7.363
31	81.562	0.31	6.418	6.108	**63**	82.687	0.932	5.934	5.002
32	90	0.095	0.095	0.000	**64**	90	0.285	0.285	0.000

D. NO	X (M)	Y (M)	TOP. EN.(M)	BAS. YUK.(M)	D. NO	X (M)	Y (M)	TOP. EN.(M)	BAS. YUK.(M)
65	22.5	9	18	9	**98**	36.562	12.854	17.65	4.797
66	25.875	8.569	17.812	9.243	**99**	39.375	12.207	17.224	5.017
67	29.25	8.138	17.578	9.44	**100**	42.187	11.561	16.779	5.218
68	32.625	7.707	17.286	9.579	**101**	45	10.914	16.286	5.372
69	36	7.276	16.939	9.663	**102**	47.812	10.268	15.755	5.487
70	39.375	6.845	16.536	9.691	103	50.625	9.621	15.202	5.581
71	42.75	6.414	16.076	9.662	104	53.437	8.975	14.629	5.655
72	46.125	5.983	15.567	9.584	**105**	56.25	8.328	14.038	5.71
73	49.5	5.552	15.008	9.456	**106**	59.062	7.682	13.424	5.742
74	52.875	5.121	14.401	9.28	**107**	61.875	7.035	12.783	5.748
75	56.25	4.69	13.749	9.059	**108**	64.687	6.389	12.11	5.721
76	59.625	4.259	13.05	8.791	**109**	67.5	5.742	11.4	5.658
77	63	3.828	12.299	8.471	**110**	70.312	5.096	10.641	5.546
78	66.375	3.397	11.488	8.091	**111**	73.125	4.449	9.773	5.324
79	69.75	2.966	10.613	7.647	**112**	75.937	3.802	8.95	5.147
80	73.125	2.535	9.656	7.121	**113**	78.75	3.156	8.458	5.302
81	76.5	2.104	8.636	6.532	**114**	81.562	2.509	6.408	3.898
82	79.875	1.673	7.28	5.607	**115**	84.375	1.863	5.4	3.537
83	83.25	1.242	5.679	4.437	**116**	87.187	1.216	3.378	2.162
84	86.625	0.811	3.656	2.845	**117**	90	0.57	0.545	-0.025
85	90	0.38	0.398	0.018	**118**	39.375	15.75	18	2.25
86	28.125	11.25	18	6.75	**119**	44.437	14.242	16.974	2.733
87	34.312	10.172	17.426	7.253	**120**	49.5	12.733	15.817	3.084
88	40.5	9.095	16.641	7.546	**121**	54.562	11.225	14.678	3.453
89	46.687	8.017	15.666	7.649	**122**	59.625	9.716	13.523	3.807
90	52.875	6.94	14.536	7.596	**123**	64.687	8.208	12.307	4.099
91	59.062	5.862	13.271	7.408	**124**	69.75	6.699	10.993	4.294
92	65.25	4.785	11.845	7.06	**125**	74.812	5.191	9.429	4.238
93	71.437	3.707	10.203	6.496	**126**	79.875	3.682	8.042	4.36
94	77.625	2.63	8.527	5.897	**127**	84.937	2.173	5.209	3.035
95	83.812	1.552	5.533	3.981	**128**	90	0.665	0.665	0.000
96	90	0.475	0.475	0.000	**129**	45	18	18	0.000
97	33.75	13.5	18	4.5	**130**	47.25	17.207	17.206	-0.001

D. NO	X (M)	Y (M)	TOP. EN.(M)	BAS. YUK.(M)
131	49.5	16.464	16.464	0.000
132	51.75	15.873	15.872	0.000
133	54	15.335	15.335	0.000
134	56.25	14.808	14.808	0.000
135	58.5	14.299	14.299	0.000
136	60.75	13.785	13.785	0.000
137	63	13.268	13.268	0.000
138	65.25	12.741	12.741	0.000
139	67.5	12.199	12.199	0.000
140	69.75	11.633	11.634	0.001
141	72	11.042	11.043	0.001
142	74.25	10.481	10.482	0.001
143	76.5	9.894	9.893	0.000
144	78.75	8.972	8.971	-0.001
145	81	8.176	8.175	-0.001
146	83.25	8.079	8.078	-0.001
147	85.5	7.297	7.296	-0.001
148	87.75	6.754	6.753	-0.001
149	90	0.76	1.349	0

ELEMAN	DUGUM AKIMI							
1	-9.51E-11	-4.24E-22	-2.60E-10	-4.30E-09	-1.33E-09	2.53E-09	1.74E-09	1.72E-09
11	6.59E-10	-2.53E-09	-2.58E-09	-1.28E-08	-3.14E-09	5.16E-09	5.45E-09	9.81E-09
21	2.28E-09	-5.16E-09	-6.06E-09	-2.52E-08	-7.20E-09	8.52E-09	9.46E-09	2.34E-08
31	6.41E-09	-8.52E-09	-8.57E-09	-4.40E-08	-1.32E-08	-1.43E-21	2.30E-08	4.48E-08

***** SIZMA DEBISI= 1.29E-07 M^3/S.M**

EK E

Kuyruk Sulu İzotrop Dolgu Baraj Gövdesinde Sızma Analizi

Sızma bölgesi içerisindeki eleman sayısı, düğüm sayısı ve koordinatları, tüm noktalarda hidrolik yük (top. en. yük), basınç yükü (bas.yuk) ve memba bölgesindeki elemanlarada düğüm akım değerleri sunulmuştur.

TOPLAM ELEMAN SAYISI = 40
TOPLAM DUGUM SAYISI = 149

Zon Bilgileri:

ZON	KX(M/S)	KY(M/S)	BETA
1	1.00E+00	1.00E+00	0

BANT GENISLIGI 35

Eleman düğümleri EK B'de verildiği gibi numaralandırılmıştır.

******* DUGUM DEGERLERI *******

D. NO	X (M)	Y (M)	TOP. EN.(M)	BAS. YUK.(M)	D. NO	X (M)	Y (M)	TOP. EN.(M)	BAS. YUK.(M)
1	0.0	0.0	10	10	**33**	0	2.5	10	7.5
2	0.25	0.0	9.636	9.636	**34**	0.25	2.437	9.667	7.229
3	0.5	0.0	9.272	9.272	**35**	0.5	2.375	9.33	6.955
4	0.75	0.0	8.907	8.907	**36**	0.75	2.312	8.989	6.677
5	1	0.0	8.54	8.54	**37**	1	2.25	8.644	6.394
6	1.25	0.0	8.169	8.169	**38**	1.25	2.187	8.293	6.106
7	1.5	0.0	7.796	7.796	**39**	1.5	2.125	7.937	5.812
8	1.75	0.0	7.419	7.419	**40**	1.75	2.062	7.574	5.512
9	2	0.0	7.038	7.038	**41**	2	2	7.204	5.204
10	2.25	0.0	6.651	6.651	**42**	2.25	1.937	6.827	4.889
11	2.5	0.0	6.26	6.26	**43**	2.5	1.875	6.44	4.565
12	2.75	0.0	5.861	5.861	**44**	2.75	1.812	6.044	4.231
13	3	0.0	5.457	5.457	**45**	3	1.75	5.637	3.887
14	3.25	0.0	5.045	5.045	**46**	3.25	1.687	5.219	3.532
15	3.5	0.0	4.628	4.628	**47**	3.5	1.625	4.789	3.164
16	3.75	0.0	4.201	4.201	**48**	3.75	1.562	4.346	2.784
17	4	0.0	3.77	3.77	**49**	4	1.5	3.89	2.39
18	4.25	0.0	3.333	3.333	**50**	4.25	1.437	3.434	1.996
19	4.5	0.0	2.891	2.891	**51**	4.5	1.375	2.971	1.596
20	4.75	0.0	2.455	2.455	**52**	4.75	1.312	2.466	1.153
21	5	0.0	2	2	**53**	5	1.25	2	0.75
22	0	1.25	10	8.75	**54**	0	3.75	10	6.25
23	0.5	1.187	9.287	8.099	**55**	0.5	3.562	9.398	5.835
24	1	1.125	8.566	7.441	**56**	1	3.375	8.768	5.393
25	1.5	1.062	7.831	6.769	**57**	1.5	3.187	8.109	4.921
26	2	1	7.079	6.079	**58**	2	3	7.414	4.414
27	2.5	0.937	6.303	5.365	**59**	2.5	2.812	6.679	3.867
28	3	0.875	5.499	4.624	**60**	3	2.625	5.895	3.27
29	3.5	0.812	4.663	3.851	**61**	3.5	2.437	5.048	2.611
30	4	0.75	3.798	3.048	**62**	4	2.25	4.122	1.872
31	4.5	0.687	2.905	2.217	**63**	4.5	2.062	3.08	1.017
32	5	0.625	2	1.375	**64**	5	1.875	2	0.125

D. NO	X (M)	Y (M)	TOP. EN.(M)	BAS. YUK.(M)	D. NO	X (M)	Y (M)	TOP. EN.(M)	BAS. YUK.(M)
65	0	5	10	5	**98**	0.25	7.312	9.834	2.522
66	0.25	4.875	9.745	4.87	**99**	0.5	7.125	9.655	2.53
67	0.5	4.75	9.482	4.732	**100**	0.75	6.937	9.463	2.526
68	0.75	4.625	9.208	4.583	**101**	1	6.75	9.257	2.507
69	1	4.5	8.925	4.425	**102**	1.25	6.562	9.04	2.477
70	1.25	4.375	8.632	4.257	**103**	1.5	6.375	8.807	2.432
71	1.5	4.25	8.329	4.079	**104**	1.75	6.187	8.563	2.376
72	1.75	4.125	8.015	3.89	**105**	2	6	8.303	2.303
73	2	4	7.689	3.689	**106**	2.25	5.812	8.032	2.219
74	2.25	3.875	7.352	3.477	**107**	2.5	5.625	7.743	2.118
75	2.5	3.75	7.001	3.251	**108**	2.75	5.437	7.441	2.003
76	2.75	3.625	6.636	3.011	**109**	3	5.25	7.119	1.869
77	3	3.5	6.256	2.756	**110**	3.25	5.062	6.783	1.72
78	3.25	3.375	5.859	2.484	**111**	3.5	4.875	6.421	1.546
79	3.5	3.25	5.444	2.194	**112**	3.75	4.687	6.038	1.35
80	3.75	3.125	5.005	1.88	**113**	4	4.5	5.62	1.12
81	4	3	4.542	1.542	**114**	4.25	4.312	5.201	0.889
82	4.25	2.875	4.047	1.172	**115**	4.5	4.125	4.745	0.62
83	4.5	2.75	3.51	0.76	**116**	4.75	3.937	4.201	0.264
84	4.75	2.625	2.823	0.198	**117**	5	3.75	3.75	0.000
85	5	2.5	2	-0.5	**118**	0	8.75	10	1.25
86	0	6.25	10	3.75	**119**	0.5	8.312	9.736	1.423
87	0.5	5.937	9.569	3.632	**120**	1	7.875	9.412	1.537
88	1	5.625	9.093	3.468	**121**	1.5	7.437	9.03	1.593
89	1.5	5.312	8.569	3.257	**122**	2	7	8.591	1.591
90	2	5	7.996	2.996	**123**	2.5	6.562	8.091	1.529
91	2.5	4.687	7.368	2.681	**124**	3	6.125	7.528	1.403
92	3	4.375	6.679	2.304	**125**	3.5	5.687	6.891	1.204
93	3.5	4.062	5.917	1.854	**126**	4	5.25	6.165	0.915
94	4	3.75	5.071	1.321	**127**	4.5	4.812	5.306	0.493
95	4.5	3.437	4.124	0.687	**128**	5	4.375	4.375	0.000
96	5	3.125	3.125	0.000	**129**	0.0	10	10	0.000
97	0	7.5	10	2.5	**130**	0.25	9.934	9.934	0.000

D. NO	X (M)	Y (M)	TOP. EN.(M)	BAS. YUK.(M)
131	0.5	9.852	9.852	0.000
132	0.75	9.762	9.762	0.000
133	1	9.659	9.659	0.000
134	1.25	9.55	9.55	0.000
135	1.5	9.43	9.43	0.000
136	1.75	9.306	9.306	0.000
137	2	9.17	9.17	0.000
138	2.25	9.032	9.031	-0.001
139	2.5	8.88	8.88	-0.001
140	2.75	8.727	8.727	-0.001
141	3	8.561	8.56	-0.001
142	3.25	8.396	8.396	-0.001
143	3.5	8.218	8.217	-0.001
144	3.75	8.053	8.052	-0.001
145	4	7.878	7.877	-0.001
146	4.25	7.835	7.834	-0.001
147	4.5	7.821	7.82	-0.001
148	4.75	7.533	7.534	0.001
149	5	5	5	0.000

ELEMAN	DUGUM AKIMI							
1	6.11E-01	-2.35E-14	-5.82E-01	-2.25E+00	-5.61E-01	-1.02E-01	5.30E-01	2.36E+00
11	5.83E-01	1.02E-01	-5.10E-01	-1.91E+00	-4.50E-01	-1.58E-01	3.78E-01	1.96E+00
21	4.57E-01	1.58E-01	-3.74E-01	-1.36E+00	-3.11E-01	-1.52E-01	2.24E-01	1.36E+00
31	3.13E-01	1.52E-01	-2.08E-01	-9.31E-01	-1.95E-01	-3.51E-14	1.03E-01	7.68E-01

***** SIZMA DEBISI= 9.645 M^3/S.M *****

EK F

İzotrop Dolgu Baraj Temelinde Sızma Analizi

Sızma bölgesi içerisindeki eleman sayısı, düğüm sayısı ve koordinatları ve belirli noktalardaki hidrolik yük (top. en. yük), basınç yükü (bas. yuk) ve elemanlarda düğüm akım değerleri sunulmuştur.

TOPLAM ELEMAN SAYISI = 2500
TOPLAM DUGUM SAYISI = 7751

Zon Bilgileri:

ZON	KX(M/S)	KY(M/S)	BETA
1	1.00E-05	1.00E-05	0

BANT GENISLIGI 305

ELEMAN DUĞUM NUMARALARI								
ELEMAN	**N1**	**N2**	**N3**	**N4**	**N5**	**N6**	**N7**	**N8**
1	1	2	3	203	305	304	303	202
2	3	4	5	204	307	306	305	203
3	5	6	7	205	309	308	307	204
4	7	8	9	206	311	310	309	205
5	9	10	11	207	313	312	311	206
6	11	12	13	208	315	314	313	207
7	13	14	15	209	317	316	315	208
8	15	16	17	210	319	318	317	209
9	17	18	19	211	321	320	319	210
10	19	20	21	212	323	322	321	211
45	89	90	91	247	393	392	391	246
46	91	92	93	248	395	394	393	247
47	93	94	95	249	397	396	395	248
48	95	96	97	250	399	398	397	249
49	97	98	99	251	401	400	399	250
50	99	100	101	252	403	402	401	251
51	101	102	103	253	405	404	403	252
52	103	104	105	254	407	406	405	253
53	105	106	107	255	409	408	407	254
54	107	108	109	256	411	410	409	255
55	109	110	111	257	413	412	411	256
90	179	180	181	292	483	482	481	291
91	181	182	183	293	485	484	483	292
92	183	184	185	294	487	486	485	293
93	185	186	187	295	489	488	487	294
94	187	188	189	296	491	490	489	295
95	189	190	191	297	493	492	491	296
96	191	192	193	298	495	494	493	297
97	193	194	195	299	497	496	495	298
98	195	196	197	300	499	498	497	299
99	197	198	199	301	501	500	499	300
100	199	200	201	302	503	502	501	301
2401	7249	7250	7251	7451	7553	7552	7551	7450
2402	7251	7252	7253	7452	7555	7554	7553	7451
2403	7253	7254	7255	7453	7557	7556	7555	7452
2404	7255	7256	7257	7454	7559	7558	7557	7453
2405	7257	7258	7259	7455	7561	7560	7559	7454
2406	7259	7260	7261	7456	7563	7562	7561	7455
2407	7261	7262	7263	7457	7565	7564	7563	7456
2408	7263	7264	7265	7458	7567	7566	7565	7457
2409	7265	7266	7267	7459	7569	7568	7567	7458
2410	7267	7268	7269	7460	7571	7570	7569	7459
2441	7329	7330	7331	7491	7633	7632	7631	7490

ELEMAN DUĞUM NUMARALARI								
ELEMAN	**N1**	**N2**	**N3**	**N4**	**N5**	**N6**	**N7**	**N8**
2442	7331	7332	7333	7492	7635	7634	7633	7491
2443	7333	7334	7335	7493	7637	7636	7635	7492
2444	7335	7336	7337	7494	7639	7638	7637	7493
2445	7337	7338	7339	7495	7641	7640	7639	7494
2446	7339	7340	7341	7496	7643	7642	7641	7495
2447	7341	7342	7343	7497	7645	7644	7643	7496
2448	7343	7344	7345	7498	7647	7646	7645	7497
2449	7345	7346	7347	7499	7649	7648	7647	7498
2450	7347	7348	7349	7500	7651	7650	7649	7499
2451	7349	7350	7351	7501	7653	7652	7651	7500
2452	7351	7352	7353	7502	7655	7654	7653	7501
2453	7353	7354	7355	7503	7657	7656	7655	7502
2454	7355	7356	7357	7504	7659	7658	7657	7503
2455	7357	7358	7359	7505	7661	7660	7659	7504
2456	7359	7360	7361	7506	7663	7662	7661	7505
2457	7361	7362	7363	7507	7665	7664	7663	7506
2458	7363	7364	7365	7508	7667	7666	7665	7507
2459	7365	7366	7367	7509	7669	7668	7667	7508
2460	7367	7368	7369	7510	7671	7670	7669	7509
2491	7429	7430	7431	7541	7733	7732	7731	7540
2492	7431	7432	7433	7542	7735	7734	7733	7541
2493	7433	7434	7435	7543	7737	7736	7735	7542
2494	7435	7436	7437	7544	7739	7738	7737	7543
2495	7437	7438	7439	7545	7741	7740	7739	7544
2496	7439	7440	7441	7546	7743	7742	7741	7545
2497	7441	7442	7443	7547	7745	7744	7743	7546
2498	7443	7444	7445	7548	7747	7746	7745	7547
2499	7445	7446	7447	7549	7749	7748	7747	7548
2500	7447	7448	7449	7550	7751	7750	7749	7549

******* DUGUM DEGERLERI *******

D. NO	X (M)	Y (M)	TOP. EN.(M)	BAS. YUK.(M)	D. NO	X (M)	Y (M)	TOP. EN.(M)	BAS. YUK.(M)
1	0.0	0.0	32.267	32.267	**102**	25.25	0.0	29.752	29.752
2	0.25	0.0	32.267	32.267	**103**	25.5	0.0	29.712	29.712
3	0.5	0.0	32.266	32.266	**104**	25.75	0.0	29.672	29.672
4	0.75	0.0	32.265	32.265	**105**	26	0.0	29.632	29.632
5	1	0.0	32.263	32.263	**106**	26.25	0.0	29.592	29.592
6	1.25	0.0	32.26	32.26	**107**	26.5	0.0	29.552	29.552
7	1.5	0.0	32.257	32.257	**108**	26.75	0.0	29.512	29.512
8	1.75	0.0	32.254	32.254	**109**	27	0.0	29.472	29.472
9	2	0.0	32.249	32.249	**110**	27.25	0.0	29.432	29.432
10	2.25	0.0	32.245	32.245	**111**	27.5	0.0	29.393	29.393
11	2.5	0.0	32.239	32.239	**179**	44.5	0.0	27.501	27.501
12	2.75	0.0	32.233	32.233	**180**	44.75	0.0	27.489	27.489
13	3	0.0	32.227	32.227	**181**	45	0.0	27.478	27.478
14	3.25	0.0	32.22	32.22	**182**	45.25	0.0	27.468	27.468
15	3.5	0.0	32.212	32.212	**183**	45.5	0.0	27.458	27.458
16	3.75	0.0	32.204	32.204	**184**	45.75	0.0	27.448	27.448
17	4	0.0	32.195	32.195	**185**	46	0.0	27.44	27.44
18	4.25	0.0	32.186	32.186	**186**	46.25	0.0	27.431	27.431
19	4.5	0.0	32.176	32.176	**187**	46.5	0.0	27.423	27.423
20	4.75	0.0	32.166	32.166	**188**	46.75	0.0	27.416	27.416
21	5	0.0	32.155	32.155	**189**	47	0.0	27.409	27.409
89	22	0.0	30.273	30.273	**190**	47.25	0.0	27.403	27.403
90	22.25	0.0	30.234	30.234	**191**	47.5	0.0	27.398	27.398
91	22.5	0.0	30.194	30.194	**192**	47.75	0.0	27.392	27.392
92	22.75	0.0	30.154	30.154	**193**	48	0.0	27.388	27.388
93	23	0.0	30.114	30.114	**194**	48.25	0.0	27.384	27.384
94	23.25	0.0	30.074	30.074	**195**	48.5	0.0	27.38	27.38
95	23.5	0.0	30.034	30.034	**196**	48.75	0.0	27.377	27.377
96	23.75	0.0	29.994	29.994	**197**	49	0.0	27.375	27.375
97	24	0.0	29.954	29.954	**198**	49.25	0.0	27.373	27.373
98	24.25	0.0	29.914	29.914	**199**	49.5	0.0	27.372	27.372
99	24.5	0.0	29.873	29.873	**200**	49.75	0.0	27.371	27.371
100	24.75	0.0	29.833	29.833	**201**	50	0.0	27.371	27.371
101	25	0.0	29.793	29.793	**202**	0	0.5	32.269	31.769

D. NO	X (M)	Y (M)	TOP. EN.(M)	BAS. YUK.(M)	D. NO	X (M)	Y (M)	TOP. EN.(M)	BAS. YUK.(M)
203	0.5	0.5	32.267	31.767	**305**	0.5	1	32.271	31.271
204	1	0.5	32.264	31.764	**306**	0.75	1	32.269	31.269
205	1.5	0.5	32.258	31.758	**307**	1	1	32.267	31.267
206	2	0.5	32.251	31.751	**308**	1.25	1	32.265	31.265
207	2.5	0.5	32.24	31.74	**309**	1.5	1	32.262	31.262
208	3	0.5	32.228	31.728	**310**	1.75	1	32.258	31.258
209	3.5	0.5	32.213	31.713	**311**	2	1	32.254	31.254
210	4	0.5	32.197	31.697	**312**	2.25	1	32.249	31.249
211	4.5	0.5	32.177	31.677	**313**	2.5	1	32.244	31.244
212	5	0.5	32.156	31.656	**314**	2.75	1	32.238	31.238
246	22	0.5	30.274	29.774	**315**	3	1	32.231	31.231
247	22.5	0.5	30.194	29.694	**316**	3.25	1	32.224	31.224
248	23	0.5	30.114	29.614	**317**	3.5	1	32.217	31.217
249	23.5	0.5	30.034	29.534	**318**	3.75	1	32.209	31.209
250	24	0.5	29.954	29.454	**319**	4	1	32.2	31.2
251	24.5	0.5	29.873	29.373	**320**	4.25	1	32.191	31.191
252	25	0.5	29.793	29.293	**321**	4.5	1	32.181	31.181
253	25.5	0.5	29.712	29.212	**322**	4.75	1	32.17	31.17
254	26	0.5	29.632	29.132	**323**	5	1	32.159	31.159
255	26.5	0.5	29.551	29.051	**391**	22	1	30.274	29.274
256	27	0.5	29.472	28.972	**392**	22.25	1	30.235	29.235
257	27.5	0.5	29.392	28.892	**393**	22.5	1	30.195	29.195
291	44.5	0.5	27.5	27	**394**	22.75	1	30.155	29.155
292	45	0.5	27.477	26.977	**395**	23	1	30.115	29.115
293	45.5	0.5	27.457	26.957	**396**	23.25	1	30.075	29.075
294	46	0.5	27.439	26.939	**397**	23.5	1	30.035	29.035
295	46.5	0.5	27.422	26.922	**398**	23.75	1	29.994	28.994
296	47	0.5	27.408	26.908	**399**	24	1	29.954	28.954
297	47.5	0.5	27.396	26.896	**400**	24.25	1	29.914	28.914
298	48	0.5	27.387	26.887	**401**	24.5	1	29.873	28.873
299	48.5	0.5	27.379	26.879	**402**	24.75	1	29.833	28.833
300	49	0.5	27.374	26.874	**403**	25	1	29.793	28.793
301	49.5	0.5	27.371	26.871	**404**	25.25	1	29.752	28.752
302	50	0.5	27.37	26.87	**405**	25.5	1	29.712	28.712
303	0	1	32.272	31.272	**406**	25.75	1	29.672	28.672
304	0.25	1	32.272	31.272	**407**	26	1	29.631	28.631

D. NO	X (M)	Y (M)	TOP. EN.(M)	BAS. YUK.(M)	D. NO	X (M)	Y (M)	TOP. EN.(M)	BAS. YUK.(M)
408	26.25	1	29.591	28.591	**7249**	0	24	34.81	10.81
409	26.5	1	29.551	28.551	**7250**	0.25	24	34.81	10.81
410	26.75	1	29.511	28.511	**7251**	0.5	24	34.81	10.81
411	27	1	29.471	28.471	**7252**	0.75	24	34.81	10.81
412	27.25	1	29.431	28.431	**7253**	1	24	34.81	10.81
413	27.5	1	29.391	28.391	**7254**	1.25	24	34.809	10.809
481	44.5	1	27.497	26.497	**7255**	1.5	24	34.809	10.809
482	44.75	1	27.485	26.485	**7256**	1.75	24	34.808	10.808
483	45	1	27.474	26.474	**7257**	2	24	34.808	10.808
484	45.25	1	27.464	26.464	**7258**	2.25	24	34.807	10.807
485	45.5	1	27.454	26.454	**7259**	2.5	24	34.807	10.807
486	45.75	1	27.444	26.444	**7260**	2.75	24	34.806	10.806
487	46	1	27.435	26.435	**7261**	3	24	34.805	10.805
488	46.25	1	27.427	26.427	**7262**	3.25	24	34.804	10.804
489	46.5	1	27.419	26.419	**7263**	3.5	24	34.803	10.803
490	46.75	1	27.412	26.412	**7264**	3.75	24	34.802	10.802
491	47	1	27.405	26.405	**7265**	4	24	34.801	10.801
492	47.25	1	27.399	26.399	**7266**	4.25	24	34.8	10.8
493	47.5	1	27.393	26.393	**7267**	4.5	24	34.799	10.799
494	47.75	1	27.388	26.388	**7268**	4.75	24	34.798	10.798
495	48	1	27.384	26.384	**7269**	5	24	34.796	10.796
496	48.25	1	27.38	26.38	**7329**	20	24	33.593	9.593
497	48.5	1	27.376	26.376	**7330**	20.25	24	33.411	9.411
498	48.75	1	27.373	26.373	**7331**	20.5	24	33.155	9.155
499	49	1	27.371	26.371	**7332**	20.75	24	32.948	8.948
500	49.25	1	27.369	26.369	**7333**	21	24	32.737	8.737
501	49.5	1	27.367	26.367	**7334**	21.25	24	32.521	8.521
502	49.75	1	27.367	26.367	**7335**	21.5	24	32.311	8.311
503	50	1	27.366	26.366	**7336**	21.75	24	32.11	8.11
					7337	22	24	31.915	7.915
					7338	22.25	24	31.726	7.726
					7339	22.5	24	31.543	7.543
					7340	22.75	24	31.364	7.364
					7341	23	24	31.19	7.19
					7342	23.25	24	31.02	7.02
					7343	23.5	24	30.852	6.852

D. NO	X (M)	Y (M)	TOP. EN.(M)	BAS. YUK.(M)	D. NO	X (M)	Y (M)	TOP. EN.(M)	BAS. YUK.(M)
7344	23.75	24	30.687	6.687	**7440**	47.75	24	25.158	1.158
7345	24	24	30.524	6.524	**7441**	48	24	25.157	1.157
7346	24.25	24	30.363	6.363	**7442**	48.25	24	25.157	1.157
7347	24.5	24	30.203	6.203	**7443**	48.5	24	25.156	1.156
7348	24.75	24	30.045	6.045	**7444**	48.75	24	25.156	1.156
7349	25	24	29.887	5.887	**7445**	49	24	25.156	1.156
7350	25.25	24	29.729	5.729	**7446**	49.25	24	25.155	1.155
7351	25.5	24	29.571	5.571	**7447**	49.5	24	25.155	1.155
7352	25.75	24	29.413	5.413	**7448**	49.75	24	25.155	1.155
7353	26	24	29.253	5.253	**7449**	50	24	25.155	1.155
7354	26.25	24	29.093	5.093	**7450**	0	24.5	34.905	10.405
7355	26.5	24	28.931	4.931	**7451**	0.5	24.5	34.905	10.405
7356	26.75	24	28.768	4.768	**7452**	1	24.5	34.905	10.405
7357	27	24	28.601	4.601	**7453**	1.5	24.5	34.904	10.404
7358	27.25	24	28.432	4.432	**7454**	2	24.5	34.904	10.404
7359	27.5	24	28.259	4.259	**7455**	2.5	24.5	34.903	10.403
7360	27.75	24	28.083	4.083	**7456**	3	24.5	34.902	10.402
7361	28	24	27.901	3.901	**7457**	3.5	24.5	34.902	10.402
7362	28.25	24	27.715	3.715	**7458**	4	24.5	34.901	10.401
7363	28.5	24	27.522	3.522	**7459**	4.5	24.5	34.899	10.399
7364	28.75	24	27.322	3.322	**7460**	5	24.5	34.898	10.398
7365	29	24	27.116	3.116	**7490**	20	24.5	34.038	9.538
7366	29.25	24	26.917	2.917	**7491**	20.5	24.5	33.47	8.97
7367	29.5	24	26.721	2.721	**7492**	21	24.5	32.881	8.381
7368	29.75	24	26.479	2.479	**7493**	21.5	24.5	32.399	7.899
7369	30	24	26.307	2.307	**7494**	22	24.5	31.971	7.471
7429	45	24	25.168	1.168	**7495**	22.5	24.5	31.581	7.081
7430	45.25	24	25.167	1.167	**7496**	23	24.5	31.217	6.717
7431	45.5	24	25.166	1.166	**7497**	23.5	24.5	30.87	6.37
7432	45.75	24	25.165	1.165	**7500**	24	24.5	30.536	6.036
7433	46	24	25.164	1.164	**7501**	24.5	24.5	30.21	5.71
7434	46.25	24	25.163	1.163	**7502**	25	24.5	29.888	5.388
7435	46.5	24	25.162	1.162	**7503**	25.5	24.5	29.567	5.067
7436	46.75	24	25.161	1.161	**7504**	26	24.5	29.245	4.745
7437	47	24	25.16	1.16	**7505**	26.5	24.5	28.917	4.417
7438	47.25	24	25.159	1.159	**7506**	27	24.5	28.579	4.079
7439	47.5	24	25.158	1.158	**7507**	27.5	24.5	28.226	3.726

D. NO	X (M)	Y (M)	TOP. EN.(M)	BAS. YUK.(M)	D. NO	X (M)	Y (M)	TOP. EN.(M)	BAS. YUK.(M)
7508	29	24.5	26.984	2.484	**7571**	5	25	35	10
7509	29.5	24.5	26.429	1.929	**7631**	20	25	35	10
7510	30	24.5	25.896	1.396	**7632**	20.25	25	34.195	9.195
7540	45	24.5	25.084	0.584	**7633**	20.5	25	33.579	8.579
7541	45.5	24.5	25.083	0.583	**7634**	20.75	25	33.235	8.235
7542	46	24.5	25.082	0.582	**7635**	21	25	32.948	7.948
7543	46.5	24.5	25.081	0.581	**7636**	21.25	25	32.677	7.677
7544	47	24.5	25.08	0.58	**7637**	21.5	25	32.432	7.432
7545	47.5	24.5	25.079	0.579	**7638**	21.75	25	32.205	7.205
7546	48	24.5	25.079	0.579	**7639**	22	25	31.992	6.992
7547	48.5	24.5	25.078	0.578	**7640**	22.25	25	31.789	6.789
7548	49	24.5	25.078	0.578	**7641**	22.5	25	31.595	6.595
7549	49.5	24.5	25.078	0.578	**7642**	22.75	25	31.407	6.407
7550	50	24.5	25.078	0.578	**7643**	23	25	31.226	6.226
7551	0	25	35	10	**7644**	23.25	25	31.049	6.049
7552	0.25	25	35	10	**7645**	23.5	25	30.876	5.876
7553	0.5	25	35	10	**7646**	23.75	25	30.707	5.707
7554	0.75	25	35	10	**7647**	24	25	30.54	5.54
7555	1	25	35	10	**7648**	24.25	25	30.375	5.375
7556	1.25	25	35	10	**7649**	24.5	25	30.212	5.212
7557	1.5	25	35	10	**7650**	24.75	25	30.05	5.05
7558	1.75	25	35	10	**7651**	25	25	29.888	4.888
7559	2	25	35	10	**7652**	25.25	25	29.727	4.727
7560	2.25	25	35	10	**7653**	25.5	25	29.566	4.566
7561	2.5	25	35	10	**7654**	25.75	25	29.404	4.404
7562	2.75	25	35	10	**7655**	26	25	29.242	4.242
7563	3	25	35	10	**7656**	26.25	25	29.078	4.078
7564	3.25	25	35	10	**7657**	26.5	25	28.911	3.911
7565	3.5	25	35	10	**7658**	26.75	25	28.743	3.743
7566	3.75	25	35	10	**7659**	27	25	28.571	3.571
7567	4	25	35	10	**7660**	27.25	25	28.395	3.395
7568	4.25	25	35	10	**7661**	27.5	25	28.214	3.214
7569	4.5	25	35	10	**7662**	27.75	25	28.027	3.027
7570	4.75	25	35	10	**7663**	28	25	27.832	2.832

D. NO	X (M)	Y (M)	TOP. EN.(M)	BAS. YUK .(M)
7664	28.25	25	27.629	2.629
7665	28.5	25	27.412	2.412
7666	28.75	25	27.18	2.18
7667	29	25	26.923	1.923
7668	29.25	25	26.652	1.652
7669	29.5	25	26.329	1.329
7670	29.75	25	25.752	0.752
7671	30	25	25	0.000
7731	45	25	25	0.000
7732	45.25	25	25	0.000
7733	45.5	25	25	0.000
7734	45.75	25	25	0.000
7735	46	25	25	0.000
7736	46.25	25	25	0.000
7737	46.5	25	25	0.000
7738	46.75	25	25	0.000
7739	47	25	25	0.000
7740	47.25	25	25	0.000
7741	47.5	25	25	0.000
7742	47.75	25	25	0.000
7743	48	25	25	0.000
7744	48.25	25	25	0.000
7745	48.5	25	25	0.000
7746	48.75	25	25	0.000
7747	49	25	25	0.000
7748	49.25	25	25	0.000
7749	49.5	25	25	0.000
7750	49.75	25	25	0.000
7751	50	25	25	0.000

ELEMAN	DUGUM AKIMI							
42	2.56E-07	6.44E-11	-2.59E-07	-1.04E-06	-2.57E-07	1.04E-08	2.60E-07	1.03E-06
142	2.54E-07	-1.09E-08	-2.62E-07	-1.04E-06	-2.57E-07	2.20E-08	2.65E-07	1.03E-06
242	2.53E-07	-2.21E-08	-2.67E-07	-1.05E-06	-2.57E-07	3.37E-08	2.71E-07	1.04E-06
342	2.53E-07	-3.46E-08	-2.73E-07	-1.07E-06	-2.58E-07	4.60E-08	2.78E-07	1.06E-06
442	2.54E-07	-4.71E-08	-2.80E-07	-1.09E-06	-2.61E-07	6.02E-08	2.88E-07	1.08E-06
542	2.56E-07	-6.04E-08	-2.90E-07	-1.12E-06	-2.65E-07	7.46E-08	2.99E-07	1.10E-06
642	2.59E-07	-7.57E-08	-3.01E-07	-1.15E-06	-2.70E-07	9.03E-08	3.11E-07	1.13E-06
742	2.63E-07	-9.24E-08	-3.13E-07	-1.19E-06	-2.76E-07	1.08E-07	3.26E-07	1.17E-06
842	2.69E-07	-1.09E-07	-3.27E-07	-1.23E-06	-2.84E-07	1.26E-07	3.43E-07	1.21E-06
942	2.75E-07	-1.29E-07	-3.45E-07	-1.28E-06	-2.93E-07	1.48E-07	3.62E-07	1.26E-06
1042	2.83E-07	-1.53E-07	-3.64E-07	-1.35E-06	-3.03E-07	1.74E-07	3.85E-07	1.32E-06
1142	2.93E-07	-1.78E-07	-3.87E-07	-1.42E-06	-3.15E-07	2.02E-07	4.10E-07	1.39E-06
1242	3.02E-07	-2.07E-07	-4.12E-07	-1.49E-06	-3.29E-07	2.35E-07	4.39E-07	1.47E-06
1342	3.15E-07	-2.38E-07	-4.41E-07	-1.59E-06	-3.44E-07	2.72E-07	4.71E-07	1.55E-06
1442	3.28E-07	-2.75E-07	-4.75E-07	-1.69E-06	-3.63E-07	3.16E-07	5.09E-07	1.65E-06
1542	3.43E-07	-3.17E-07	-5.14E-07	-1.81E-06	-3.83E-07	3.66E-07	5.52E-07	1.77E-06
1642	3.61E-07	-3.69E-07	-5.58E-07	-1.95E-06	-4.06E-07	4.25E-07	6.03E-07	1.90E-06
1742	3.80E-07	-4.30E-07	-6.10E-07	-2.12E-06	-4.34E-07	4.98E-07	6.64E-07	2.05E-06
1842	4.02E-07	-5.03E-07	-6.72E-07	-2.32E-06	-4.67E-07	5.87E-07	7.37E-07	2.23E-06
1942	4.28E-07	-5.92E-07	-7.47E-07	-2.55E-06	-5.07E-07	6.98E-07	8.25E-07	2.45E-06
2042	4.58E-07	-7.01E-07	-8.38E-07	-2.86E-06	-5.62E-07	8.33E-07	9.43E-07	2.72E-06
2142	4.98E-07	-8.36E-07	-9.57E-07	-3.27E-06	-6.49E-07	1.02E-06	1.10E-06	3.10E-06
2242	5.55E-07	-1.02E-06	-1.11E-06	-3.89E-06	-8.01E-07	1.21E-06	1.38E-06	3.69E-06
2342	6.86E-07	-1.21E-06	-1.36E-06	-4.93E-06	-1.12E-06	1.40E-06	1.74E-06	4.80E-06
2442	8.04E-07	-1.41E-06	-1.83E-06	-6.87E-06	-1.94E-06	-1.34E-09	2.48E-06	8.77E-06

***** SIZMA DEBISI= 7.72E-05 M^3/S.M *****

EK G

Şekil 4.10.'da geometrisi ve özellikleri verilen izotrop barajın temeline etkiyen kaldırma kuvveti çizelgede verilmektedir.

X (m)	**Y (m)**	**Hidrolik Yük (m)**	**Basınç Yükü (m)**	**Boşluk Suyu Basıncı (kN/m^2)**	**X (m)**	**Y (m)**	**Hidrolik Yük (m)**	**Basınç Yükü (m)**	**Boşluk Suyu Basıncı (kN/m^2)**
20	25	35	10	98.1	25.25	25	29.727	4.727	46.371
20.25	25	34.195	9.195	90.202	25.5	25	29.566	4.566	44.792
20.5	25	33.579	8.579	84.159	25.75	25	29.404	4.404	43.203
20.75	25	33.235	8.235	80.785	26	25	29.242	4.242	41.614
21	25	32.948	7.948	77.969	26.25	25	29.078	4.078	40.005
21.25	25	32.677	7.677	75.311	26.5	25	28.911	3.911	38.366
21.5	25	32.432	7.432	72.907	26.75	25	28.743	3.743	36.718
21.75	25	32.205	7.205	70.681	27	25	28.571	3.571	35.031
22	25	31.992	6.992	68.591	27.25	25	28.395	3.395	33.304
22.25	25	31.789	6.789	66.600	27.5	25	28.214	3.214	31.529
22.5	25	31.595	6.595	64.696	27.75	25	28.027	3.027	29.694
22.75	25	31.407	6.407	62.852	28	25	27.832	2.832	27.781
23	25	31.226	6.226	61.077	28.25	25	27.629	2.629	25.790
23.25	25	31.049	6.049	59.340	28.5	25	27.412	2.412	23.661
23.5	25	30.876	5.876	57.643	28.75	25	27.18	2.18	21.385
23.75	25	30.707	5.707	55.985	29	25	26.923	1.923	18.864
24	25	30.54	5.54	54.347	29.25	25	26.652	1.652	16.206
24.25	25	30.375	5.375	52.728	29.5	25	26.329	1.329	13.037
24.5	25	30.212	5.212	51.129	29.75	25	25.752	0.752	7.377
24.75	25	30.05	5.05	49.5405	30	25	25	0.000	0.000

EK H

Geçirimsizlik Perdeli İzotrop Dolgu Baraj Temelinde Sızma Analizi

Sızma bölgesi içerisindeki eleman sayısı, düğüm sayısı ve koordinatları ve belirli noktalardaki hidrolik yük (top. en. yük), basınç yükü (bas. yuk) ve elemanlarda düğüm akım değerleri sunulmuştur.

TOPLAM	ELEMAN	SAYISI	=	2500
TOPLAM	DUGUM	SAYISI	=	7751

Zon bilgileri

ZON	KX(M/S)	KY(M/S)	BETA
1	1.00E-05	1.00E-05	0
2	1.00E-37	1.00E-37	0

BANT GENISLIGI 305

Eleman düğümleri EK F'de verildiği gibi numaralandırılmıştır.

******* DUGUM DEGERLERI *******

D. NO	X (M)	Y (M)	TOP. EN.(M)	BAS. YUK.(M)	D. NO	X (M)	Y (M)	TOP. EN.(M)	BAS. YUK.(M)
1	0.0	0.0	31.962	31.962	**102**	25.25	0.0	28.968	28.968
2	0.25	0.0	31.962	31.962	**103**	25.5	0.0	28.924	28.924
3	0.5	0.0	31.961	31.961	**104**	25.75	0.0	28.881	28.881
4	0.75	0.0	31.959	31.959	**105**	26	0.0	28.838	28.838
5	1	0.0	31.957	31.957	**106**	26.25	0.0	28.795	28.795
6	1.25	0.0	31.954	31.954	**107**	26.5	0.0	28.753	28.753
7	1.5	0.0	31.95	31.95	**108**	26.75	0.0	28.711	28.711
8	1.75	0.0	31.946	31.946	**109**	27	0.0	28.669	28.669
9	2	0.0	31.941	31.941	**110**	27.25	0.0	28.628	28.628
10	2.25	0.0	31.935	31.935	**111**	27.5	0.0	28.587	28.587
11	2.5	0.0	31.928	31.928	**179**	44.5	0.0	26.858	26.858
12	2.75	0.0	31.921	31.921	**180**	44.75	0.0	26.849	26.849
13	3	0.0	31.913	31.913	**181**	45	0.0	26.84	26.84
14	3.25	0.0	31.905	31.905	**182**	45.25	0.0	26.831	26.831
15	3.5	0.0	31.896	31.896	**183**	45.5	0.0	26.823	26.823
16	3.75	0.0	31.886	31.886	**184**	45.75	0.0	26.815	26.815
17	4	0.0	31.876	31.876	**185**	46	0.0	26.808	26.808
18	4.25	0.0	31.864	31.864	**186**	46.25	0.0	26.801	26.801
19	4.5	0.0	31.853	31.853	**187**	46.5	0.0	26.795	26.795
20	4.75	0.0	31.84	31.84	**188**	46.75	0.0	26.789	26.789
21	5	0.0	31.827	31.827	**189**	47	0.0	26.783	26.783
89	22	0.0	29.55	29.55	**190**	47.25	0.0	26.778	26.778
90	22.25	0.0	29.505	29.505	**191**	47.5	0.0	26.774	26.774
91	22.5	0.0	29.459	29.459	**192**	47.75	0.0	26.77	26.77
92	22.75	0.0	29.414	29.414	**193**	48	0.0	26.766	26.766
93	23	0.0	29.368	29.368	**194**	48.25	0.0	26.763	26.763
94	23.25	0.0	29.323	29.323	**195**	48.5	0.0	26.76	26.76
95	23.5	0.0	29.278	29.278	**196**	48.75	0.0	26.757	26.757
96	23.75	0.0	29.233	29.233	**197**	49	0.0	26.755	26.755
97	24	0.0	29.188	29.188	**198**	49.25	0.0	26.754	26.754
98	24.25	0.0	29.144	29.144	**199**	49.5	0.0	26.753	26.753
99	24.5	0.0	29.099	29.099	**200**	49.75	0.0	26.752	26.752
100	24.75	0.0	29.055	29.055	**201**	50	0.0	26.752	26.752
101	25	0.0	29.011	29.011	**202**	0	0.5	31.963	31.463

D. NO	X (M)	Y (M)	TOP. EN.(M)	BAS. YUK.(M)	D. NO	X (M)	Y (M)	TOP. EN.(M)	BAS. YUK.(M)
203	0.5	0.5	31.962	31.462	**305**	0.5	1	31.966	30.966
204	1	0.5	31.958	31.458	**306**	0.75	1	31.964	30.964
205	1.5	0.5	31.951	31.451	**307**	1	1	31.962	30.962
206	2	0.5	31.942	31.442	**308**	1.25	1	31.959	30.959
207	2.5	0.5	31.93	31.43	**309**	1.5	1	31.955	30.955
208	3	0.5	31.915	31.415	**310**	1.75	1	31.951	30.951
209	3.5	0.5	31.897	31.397	**311**	2	1	31.946	30.946
210	4	0.5	31.877	31.377	**312**	2.25	1	31.94	30.94
211	4.5	0.5	31.854	31.354	**313**	2.5	1	31.934	30.934
212	5	0.5	31.828	31.328	**314**	2.75	1	31.927	30.927
246	22	0.5	29.55	29.05	**315**	3	1	31.919	30.919
247	22.5	0.5	29.459	28.959	**316**	3.25	1	31.91	30.91
248	23	0.5	29.368	28.868	**317**	3.5	1	31.901	30.901
249	23.5	0.5	29.278	28.778	**318**	3.75	1	31.892	30.892
250	24	0.5	29.188	28.688	**319**	4	1	31.881	30.881
251	24.5	0.5	29.099	28.599	**320**	4.25	1	31.87	30.87
252	25	0.5	29.011	28.511	**321**	4.5	1	31.858	30.858
253	25.5	0.5	28.924	28.424	**322**	4.75	1	31.845	30.845
254	26	0.5	28.837	28.337	**323**	5	1	31.832	30.832
255	26.5	0.5	28.752	28.252	**391**	22	1	29.55	28.55
256	27	0.5	28.669	28.169	**392**	22.25	1	29.504	28.504
257	27.5	0.5	28.586	28.086	**393**	22.5	1	29.459	28.459
291	44.5	0.5	26.857	26.357	**394**	22.75	1	29.413	28.413
292	45	0.5	26.839	26.339	**395**	23	1	29.368	28.368
293	45.5	0.5	26.822	26.322	**396**	23.25	1	29.322	28.322
294	46	0.5	26.807	26.307	**397**	23.5	1	29.277	28.277
295	46.5	0.5	26.794	26.294	**398**	23.75	1	29.232	28.232
296	47	0.5	26.783	26.283	**399**	24	1	29.187	28.187
297	47.5	0.5	26.773	26.273	**400**	24.25	1	29.142	28.142
298	48	0.5	26.765	26.265	**401**	24.5	1	29.098	28.098
299	48.5	0.5	26.759	26.259	**402**	24.75	1	29.053	28.053
300	49	0.5	26.755	26.255	**403**	25	1	29.009	28.009
301	49.5	0.5	26.752	26.252	**404**	25.25	1	28.966	27.966
302	50	0.5	26.751	26.251	**405**	25.5	1	28.922	27.922
303	0.0	1	31.968	30.968	**406**	25.75	1	28.879	27.879
304	0.25	1	31.967	30.967	**407**	26	1	28.836	27.836

D. NO	X (M)	Y (M)	TOP. EN.(M)	BAS. YUK.(M)	D. NO	X (M)	Y (M)	TOP. EN.(M)	BAS. YUK.(M)
408	26.25	1	28.793	27.793	**7249**	0	24	34.799	10.799
409	26.5	1	28.75	27.75	**7250**	0.25	24	34.799	10.799
410	26.75	1	28.708	27.708	**7251**	0.5	24	34.799	10.799
411	27	1	28.667	27.667	**7252**	0.75	24	34.799	10.799
412	27.25	1	28.625	27.625	**7253**	1	24	34.799	10.799
413	27.5	1	28.584	27.584	**7254**	1.25	24	34.799	10.799
481	44.5	1	26.854	25.854	**7255**	1.5	24	34.798	10.798
482	44.75	1	26.845	25.845	**7256**	1.75	24	34.798	10.798
483	45	1	26.836	25.836	**7257**	2	24	34.798	10.798
484	45.25	1	26.827	25.827	**7258**	2.25	24	34.797	10.797
485	45.5	1	26.819	25.819	**7259**	2.5	24	34.797	10.797
486	45.75	1	26.812	25.812	**7260**	2.75	24	34.796	10.796
487	46	1	26.804	25.804	**7261**	3	24	34.796	10.796
488	46.25	1	26.798	25.798	**7262**	3.25	24	34.795	10.795
489	46.5	1	26.791	25.791	**7263**	3.5	24	34.794	10.794
490	46.75	1	26.785	25.785	**7264**	3.75	24	34.794	10.794
491	47	1	26.78	25.78	**7265**	4	24	34.793	10.793
492	47.25	1	26.775	25.775	**7266**	4.25	24	34.792	10.792
493	47.5	1	26.77	25.77	**7267**	4.5	24	34.791	10.791
494	47.75	1	26.766	25.766	**7268**	4.75	24	34.79	10.79
495	48	1	26.762	25.762	**7269**	5	24	34.789	10.789
496	48.25	1	26.759	25.759	**7329**	20	24	34.679	10.679
497	48.5	1	26.756	25.756	**7330**	20.25	24	30.961	6.961
498	48.75	1	26.754	25.754	**7331**	20.5	24	27.236	3.236
499	49	1	26.752	25.752	**7332**	20.75	24	27.235	3.235
500	49.25	1	26.75	25.75	**7333**	21	24	27.232	3.232
501	49.5	1	26.749	25.749	**7334**	21.25	24	27.227	3.227
502	49.75	1	26.749	25.749	**7335**	21.5	24	27.22	3.22
503	50	1	26.749	25.749	**7336**	21.75	24	27.211	3.211
					7337	22	24	27.2	3.2
					7338	22.25	24	27.187	3.187
					7339	22.5	24	27.173	3.173
					7340	22.75	24	27.156	3.156
					7341	23	24	27.137	3.137
					7342	23.25	24	27.116	3.116
					7343	23.5	24	27.093	3.093

D. NO	X (M)	Y (M)	TOP. EN.(M)	BAS. YUK.(M)	D. NO	X (M)	Y (M)	TOP. EN.(M)	BAS. YUK.(M)
7344	23.75	24	27.068	3.068	**7440**	47.75	24	25.111	1.111
7345	24	24	27.041	3.041	**7441**	48	24	25.11	1.11
7346	24.25	24	27.012	3.012	**7442**	48.25	24	25.11	1.11
7347	24.5	24	26.981	2.981	**7443**	48.5	24	25.11	1.11
7348	24.75	24	26.947	2.947	**7444**	48.75	24	25.109	1.109
7349	25	24	26.912	2.912	**7445**	49	24	25.109	1.109
7350	25.25	24	26.875	2.875	**7446**	49.25	24	25.109	1.109
7351	25.5	24	26.835	2.835	**7447**	49.5	24	25.109	1.109
7352	25.75	24	26.793	2.793	**7448**	49.75	24	25.109	1.109
7353	26	24	26.748	2.748	**7449**	50	24	25.109	1.109
7354	26.25	24	26.702	2.702	**7450**	0	24.5	34.899	10.399
7355	26.5	24	26.652	2.652	**7451**	0.5	24.5	34.899	10.399
7356	26.75	24	26.6	2.6	**7452**	1	24.5	34.899	10.399
7357	27	24	26.545	2.545	**7453**	1.5	24.5	34.899	10.399
7358	27.25	24	26.487	2.487	**7454**	2	24.5	34.899	10.399
7359	27.5	24	26.426	2.426	**7455**	2.5	24.5	34.898	10.398
7360	27.75	24	26.362	2.362	**7456**	3	24.5	34.898	10.398
7361	28	24	26.293	2.293	**7457**	3.5	24.5	34.897	10.397
7362	28.25	24	26.221	2.221	**7458**	4	24.5	34.896	10.396
7363	28.5	24	26.145	2.145	**7459**	4.5	24.5	34.895	10.395
7364	28.75	24	26.064	2.064	**7460**	5	24.5	34.895	10.395
7365	29	24	25.978	1.978	**7490**	20	24.5	34.839	10.339
7366	29.25	24	25.894	1.894	**7491**	20.5	24.5	27.224	2.724
7367	29.5	24	25.811	1.811	**7492**	21	24.5	27.22	2.72
7368	29.75	24	25.705	1.705	**7493**	21.5	24.5	27.208	2.708
7369	30	24	25.63	1.63	**7494**	22	24.5	27.188	2.688
7429	45	24	25.117	1.117	**7495**	22.5	24.5	27.16	2.66
7430	45.25	24	25.116	1.116	**7496**	23	24.5	27.124	2.624
7431	45.5	24	25.115	1.115	**7497**	23.5	24.5	27.08	2.58
7432	45.75	24	25.115	1.115	**7500**	24	24.5	27.028	2.528
7433	46	24	25.114	1.114	**7501**	24.5	24.5	26.967	2.467
7434	46.25	24	25.113	1.113	**7502**	25	24.5	26.898	2.398
7435	46.5	24	25.113	1.113	**7503**	25.5	24.5	26.82	2.32
7436	46.75	24	25.112	1.112	**7504**	26	24.5	26.733	2.233
7437	47	24	25.112	1.112	**7505**	26.5	24.5	26.634	2.134
7438	47.25	24	25.111	1.111	**7506**	27	24.5	26.525	2.025
7439	47.5	24	25.111	1.111	**7507**	27.5	24.5	26.401	1.901

D. NO	X (M)	Y (M)	TOP. EN.(M)	BAS. YUK.(M)	D. NO	X (M)	Y (M)	TOP. EN.(M)	BAS. YUK.(M)
7508	29	24.5	25.907	1.407	**7571**	5	25	35	10
7509	29.5	24.5	25.665	1.165	**7631**	20	25	35	10
7510	30	24.5	25.426	0.926	**7632**	20.25	25	31.095	6.095
7540	45	24.5	25.058	0.558	**7633**	20.5	25	27.22	2.22
7541	45.5	24.5	25.058	0.558	**7634**	20.75	25	27.219	2.219
7542	46	24.5	25.057	0.557	**7635**	21	25	27.216	2.216
7543	46.5	24.5	25.056	0.556	**7636**	21.25	25	27.211	2.211
7544	47	24.5	25.056	0.556	**7637**	21.5	25	27.204	2.204
7545	47.5	24.5	25.055	0.555	**7638**	21.75	25	27.195	2.195
7546	48	24.5	25.055	0.555	**7639**	22	25	27.184	2.184
7547	48.5	24.5	25.055	0.555	**7640**	22.25	25	27.171	2.171
7548	49	24.5	25.055	0.555	**7641**	22.5	25	27.156	2.156
7549	49.5	24.5	25.054	0.554	**7642**	22.75	25	27.139	2.139
7550	50	24.5	25.054	0.554	**7643**	23	25	27.12	2.12
7551	0	25	35	10	**7644**	23.25	25	27.099	2.099
7552	0.25	25	35	10	**7645**	23.5	25	27.076	2.076
7553	0.5	25	35	10	**7646**	23.75	25	27.051	2.051
7554	0.75	25	35	10	**7647**	24	25	27.023	2.023
7555	1	25	35	10	**7648**	24.25	25	26.994	1.994
7556	1.25	25	35	10	**7649**	24.5	25	26.963	1.963
7557	1.5	25	35	10	**7650**	24.75	25	26.929	1.929
7558	1.75	25	35	10	**7651**	25	25	26.894	1.894
7559	2	25	35	10	**7652**	25.25	25	26.856	1.856
7560	2.25	25	35	10	**7653**	25.5	25	26.815	1.815
7561	2.5	25	35	10	**7654**	25.75	25	26.772	1.772
7562	2.75	25	35	10	**7655**	26	25	26.727	1.727
7563	3	25	35	10	**7656**	26.25	25	26.679	1.679
7564	3.25	25	35	10	**7657**	26.5	25	26.628	1.628
7565	3.5	25	35	10	**7658**	26.75	25	26.574	1.574
7566	3.75	25	35	10	**7659**	27	25	26.517	1.517
7567	4	25	35	10	**7660**	27.25	25	26.457	1.457
7568	4.25	25	35	10	**7661**	27.5	25	26.392	1.392
7569	4.5	25	35	10	**7662**	27.75	25	26.323	1.323
7570	4.75	25	35	10	**7663**	28	25	26.249	1.249

D. NO	X (M)	Y (M)	TOP. EN.(M)	BAS. YUK.(M)
7664	28.25	25	26.169	1.169
7665	28.5	25	26.081	1.081
7666	28.75	25	25.985	0.985
7667	29	25	25.875	0.875
7668	29.25	25	25.758	0.758
7669	29.5	25	25.614	0.614
7670	29.75	25	25.349	0.349
7671	30	25	25	0.000
7731	45	25	25	0.000
7732	45.25	25	25	0.000
7733	45.5	25	25	0.000
7734	45.75	25	25	0.000
7735	46	25	25	0.000
7736	46.25	25	25	0.000
7737	46.5	25	25	0.000
7738	46.75	25	25	0.000
7739	47	25	25	0.000
7740	47.25	25	25	0.000
7741	47.5	25	25	0.000
7742	47.75	25	25	0.000
7743	48	25	25	0.000
7744	48.25	25	25	0.000
7745	48.5	25	25	0.000
7746	48.75	25	25	0.000
7747	49	25	25	0.000
7748	49.25	25	25	0.000
7749	49.5	25	25	0.000
7750	49.75	25	25	0.000
7751	50	25	25	0.000

ELEMAN	DUGUM AKIMI							
42	3.02E-07	-1.59E-10	-3.03E-07	-1.21E-06	-3.03E-07	3.37E-09	3.05E-07	1.21E-06
142	3.02E-07	-4.41E-09	-3.05E-07	-1.22E-06	-3.06E-07	8.41E-09	3.09E-07	1.22E-06
242	3.04E-07	-7.89E-09	-3.10E-07	-1.24E-06	-3.11E-07	1.35E-08	3.16E-07	1.24E-06
342	3.08E-07	-1.32E-08	-3.16E-07	-1.27E-06	-3.19E-07	1.72E-08	3.26E-07	1.27E-06
442	3.15E-07	-1.85E-08	-3.25E-07	-1.31E-06	-3.29E-07	2.23E-08	3.39E-07	1.30E-06
542	3.25E-07	-2.32E-08	-3.37E-07	-1.36E-06	-3.43E-07	2.69E-08	3.55E-07	1.36E-06
642	3.38E-07	-2.84E-08	-3.52E-07	-1.43E-06	-3.61E-07	3.09E-08	3.76E-07	1.42E-06
742	3.55E-07	-3.34E-08	-3.72E-07	-1.51E-06	-3.84E-07	3.45E-08	4.02E-07	1.51E-06
842	3.77E-07	-3.58E-08	-3.95E-07	-1.62E-06	-4.16E-07	3.49E-08	4.34E-07	1.62E-06
942	4.07E-07	-3.87E-08	-4.25E-07	-1.76E-06	-4.58E-07	3.40E-08	4.77E-07	1.76E-06
1042	4.46E-07	-3.80E-08	-4.64E-07	-1.95E-06	-5.18E-07	2.81E-08	5.34E-07	1.96E-06
1142	5.04E-07	-3.14E-08	-5.13E-07	-2.21E-06	-6.03E-07	-3.42E-09	6.20E-07	2.24E-06
1242	5.84E-07	-6.26E-10	-5.84E-07	-2.60E-06	-7.65E-07	-5.31E-08	7.38E-07	2.68E-06
1342	7.48E-07	5.07E-08	-6.65E-07	-3.22E-06	-9.84E-07	-4.50E-07	1.00E-06	3.52E-06
1442	9.91E-07	4.49E-07	-9.09E-07	-3.92E-06	-1.57E-06	-1.88E-06	8.45E-07	6.00E-06
1542	2.50E-06	1.88E-06	-3.79E-08	-1.80E-06	-2.38E-07	-2.01E-06	-2.92E-07	-7.24E-10
1642	2.91E-07	2.01E-06	9.84E-09	-4.85E-07	-4.13E-07	-1.07E-06	-3.43E-07	-8.47E-10
1742	3.42E-07	1.07E-06	2.43E-07	-2.58E-07	-2.58E-07	-9.18E-07	-2.14E-07	-6.40E-10
1842	2.13E-07	9.15E-07	1.61E-07	-1.72E-07	-2.20E-07	-7.13E-07	-1.83E-07	-1.13E-09
1942	1.82E-07	7.09E-07	1.43E-07	-1.37E-07	-1.75E-07	-5.78E-07	-1.44E-07	-8.68E-10
2042	1.43E-07	5.74E-07	1.11E-07	-1.19E-07	-1.42E-07	-4.52E-07	-1.13E-07	-8.61E-10
2142	1.12E-07	4.48E-07	8.34E-08	-1.11E-07	-1.11E-07	-3.35E-07	-8.40E-08	-8.73E-10
2242	8.29E-08	3.33E-07	5.53E-08	-1.09E-07	-8.28E-08	-2.23E-07	-5.60E-08	-2.80E-10
2342	5.48E-08	2.20E-07	2.79E-08	-1.07E-07	-5.49E-08	-1.11E-07	-2.80E-08	-7.16E-10
2442	2.72E-08	1.09E-07	3.74E-10	-1.08E-07	-2.71E-08	-6.27E-10	-2.68E-10	-9.85E-10

***** SIZMA DEBISI= 4.68E-05 M^3/S.M *****

EK I

Şekil 4.12.'de geometrisi ve özellikleri verilen izotrop barajın temeline etkiyen kaldırma kuvveti çizelgede verilmektedir.

X (m)	**Y (m)**	**Hidrolik Yük (m)**	**Basınç Yükü (m)**	**Boşluk Suyu Basıncı (kN/m^2)**	**X (m)**	**Y (m)**	**Hidrolik Yük (m)**	**Basınç Yükü (m)**	**Boşluk Suyu Basıncı (kN/m^2)**
20.5	25	27.22	2.22	21.778	25.25	25	26.856	1.856	18.207
20.75	25	27.219	2.219	21.768	25.5	25	26.815	1.815	17.805
21	25	27.216	2.216	21.738	25.75	25	26.772	1.772	17.383
21.25	25	27.211	2.211	21.689	26	25	26.727	1.727	16.941
21.5	25	27.204	2.204	21.621	26.25	25	26.679	1.679	16.470
21.75	25	27.195	2.195	21.532	26.5	25	26.628	1.628	15.970
22	25	27.184	2.184	21.425	26.75	25	26.574	1.574	15.440
22.25	25	27.171	2.171	21.297	27	25	26.517	1.517	14.881
22.5	25	27.156	2.156	21.150	27.25	25	26.457	1.457	14.293
22.75	25	27.139	2.139	20.983	27.5	25	26.392	1.392	13.655
23	25	27.12	2.12	20.797	27.75	25	26.323	1.323	12.978
23.25	25	27.099	2.099	20.591	28	25	26.249	1.249	12.252
23.5	25	27.076	2.076	20.365	28.25	25	26.169	1.169	11.467
23.75	25	27.051	2.051	20.120	28.5	25	26.081	1.081	10.604
24	25	27.023	2.023	19.845	28.75	25	25.985	0.985	9.662
24.25	25	26.994	1.994	19.561	29	25	25.875	0.875	8.583
24.5	25	26.963	1.963	19.257	29.25	25	25.758	0.758	7.435
24.75	25	26.929	1.929	18.923	29.5	25	25.614	0.614	6.023
25	25	26.894	1.894	18.580	29.75	25	25.349	0.349	3.423
					30	25	25	0.000	0.000

EK J

Temeli Katmanlardan Oluşan Barajda Sızma Analizi

Sızma bölgesi içerisindeki eleman sayısı, düğüm sayısı ve koordinatları, ve belirli noktalardaki hidrolik yük (top. en. yük), basınç yükü (bas. yuk) ve elemanlarda düğüm akım değerleri sunulmuştur.

TOPLAM	ELEMAN	SAYISI	=	2500
TOPLAM	DUGUM	SAYISI	=	7751

Zon Bilgileri

ZON	KX(M/S)	KY(M/S)	BETA
1	1.00E-05	1.00E-05	0
2	1.00E-06	1.00E-06	0
3	1.00E-07	1.00E-07	0
BANT	GENISLIGI	305	

Eleman düğümleri EK F'de verildiği gibi numaralandırılmıştır.

******* DUGUM DEGERLERI *******

D. NO	X (M)	Y (M)	TOP. EN.(M)	BAS. YUK.(M)	D. NO	X (M)	Y (M)	TOP. EN.(M)	BAS. YUK.(M)
1	1.0	0.0	30.178	30.178	**102**	25.25	0.0	29.997	29.997
2	2.0	0.0	30.178	30.178	**103**	25.5	0.0	29.994	29.994
3	3.0	0.0	30.178	30.178	**104**	25.75	0.0	29.991	29.991
4	4.0	0.0	30.178	30.178	**105**	26	0.0	29.989	29.989
5	5.0	0.0	30.178	30.178	**106**	26.25	0.0	29.986	29.986
6	6.0	0.0	30.178	30.178	**107**	26.5	0.0	29.983	29.983
7	7.0	0.0	30.178	30.178	**108**	26.75	0.0	29.98	29.98
8	8.0	0.0	30.177	30.177	**109**	27	0.0	29.977	29.977
9	9.0	0.0	30.177	30.177	**110**	27.25	0.0	29.974	29.974
10	10.0	0.0	30.177	30.177	**111**	27.5	0.0	29.971	29.971
11	11.0	0.0	30.176	30.176	**179**	44.5	0.0	29.832	29.832
12	12.0	0.0	30.176	30.176	**180**	44.75	0.0	29.831	29.831
13	13.0	0.0	30.175	30.175	**181**	45	0.0	29.83	29.83
14	14.0	0.0	30.175	30.175	**182**	45.25	0.0	29.829	29.829
15	15.0	0.0	30.174	30.174	**183**	45.5	0.0	29.828	29.828
16	16.0	0.0	30.174	30.174	**184**	45.75	0.0	29.828	29.828
17	17.0	0.0	30.173	30.173	**185**	46	0.0	29.827	29.827
18	18.0	0.0	30.172	30.172	**186**	46.25	0.0	29.826	29.826
19	19.0	0.0	30.172	30.172	**187**	46.5	0.0	29.826	29.826
20	20.0	0.0	30.171	30.171	**188**	46.75	0.0	29.825	29.825
21	21.0	0.0	30.17	30.17	**189**	47	0.0	29.825	29.825
89	22.0	0.0	30.034	30.034	**190**	47.25	0.0	29.824	29.824
90	22.25	0.0	30.031	30.031	**191**	47.5	0.0	29.824	29.824
91	22.5	0.0	30.029	30.029	**192**	47.75	0.0	29.823	29.823
92	22.75	0.0	30.026	30.026	**193**	48	0.0	29.823	29.823
93	23.0	0.0	30.023	30.023	**194**	48.25	0.0	29.823	29.823
94	23.25	0.0	30.02	30.02	**195**	48.5	0.0	29.822	29.822
95	23.5	0.0	30.017	30.017	**196**	48.75	0.0	29.822	29.822
96	23.75	0.0	30.014	30.014	**197**	49	0.0	29.822	29.822
97	24.0	0.0	30.011	30.011	**198**	49.25	0.0	29.822	29.822
98	24.25	0.0	30.009	30.009	**199**	49.5	0.0	29.822	29.822
99	24.5	0.0	30.006	30.006	**200**	49.75	0.0	29.822	29.822
100	24.75	0.0	30.003	30.003	**201**	50	0.0	29.822	29.822
101	25.0	0.0	30.0	30.0	**202**	0.0	0.5	30.178	29.678

D. NO	X (M)	Y (M)	TOP. EN.(M)	BAS. YUK.(M)	D. NO	X (M)	Y (M)	TOP. EN.(M)	BAS. YUK.(M)
203	0.5	0.5	30.178	29.678	**305**	0.5	1.0	30.179	29.179
204	1.0	0.5	30.178	29.678	**306**	0.75	1.0	30.178	29.178
205	1.5	0.5	30.178	29.678	**307**	1.0	1.0	30.178	29.178
206	2.0	0.5	30.177	29.677	**308**	1.25	1.0	30.178	29.178
207	2.5	0.5	30.176	29.676	**309**	1.5	1.0	30.178	29.178
208	3.0	0.5	30.175	29.675	**310**	1.75	1.0	30.178	29.178
209	3.5	0.5	30.174	29.674	**311**	2	1.0	30.177	29.177
210	4.0	0.5	30.173	29.673	**312**	2.25	1.0	30.177	29.177
211	4.5	0.5	30.172	29.672	**313**	2.5	1.0	30.177	29.177
212	5.0	0.5	30.17	29.67	**314**	2.75	1.0	30.176	29.176
246	22.0	0.5	30.034	29.534	**315**	3	1.0	30.176	29.176
247	22.5	0.5	30.029	29.529	**316**	3.25	1.0	30.175	29.175
248	23.0	0.5	30.023	29.523	**317**	3.5	1.0	30.175	29.175
249	23.5	0.5	30.017	29.517	**318**	3.75	1.0	30.174	29.174
250	24.0	0.5	30.011	29.511	**319**	4	1.0	30.173	29.173
251	24.5	0.5	30.006	29.506	**320**	4.25	1.0	30.173	29.173
252	25.0	0.5	30	29.5	**321**	4.5	1.0	30.172	29.172
253	25.5	0.5	29.994	29.494	**322**	4.75	1.0	30.171	29.171
254	26.0	0.5	29.989	29.489	**323**	5	1.0	30.17	29.17
255	26.5	0.5	29.983	29.483	**391**	22	1.0	30.034	29.034
256	27.0	0.5	29.977	29.477	**392**	22.25	1.0	30.032	29.032
257	27.5	0.5	29.971	29.471	**393**	22.5	1.0	30.029	29.029
291	44.5	0.5	29.832	29.332	**394**	22.75	1.0	30.026	29.026
292	45.0	0.5	29.83	29.33	**395**	23	1.0	30.023	29.023
293	45.5	0.5	29.828	29.328	**396**	23.25	1.0	30.02	29.02
294	46.0	0.5	29.827	29.327	**397**	23.5	1.0	30.017	29.017
295	46.5	0.5	29.826	29.326	**398**	23.75	1.0	30.014	29.014
296	47.0	0.5	29.825	29.325	**399**	24	1.0	30.012	29.012
297	47.5	0.5	29.824	29.324	**400**	24.25	1.0	30.009	29.009
298	48.0	0.5	29.823	29.323	**401**	24.5	1.0	30.006	29.006
299	48.5	0.5	29.822	29.322	**402**	24.75	1.0	30.003	29.003
300	49.0	0.5	29.822	29.322	**403**	25	1.0	30	29
301	49.5	0.5	29.822	29.322	**404**	25.25	1.0	29.997	28.997
302	50.0	0.5	29.822	29.322	**405**	25.5	1.0	29.994	28.994
303	0.0	1.0	30.179	29.179	**406**	25.75	1.0	29.991	28.991
304	0.25	1.0	30.179	29.179	**407**	26	1.0	29.988	28.988

D. NO	X(M)	Y(M)	TOP. EN.(M)	BAS. YUK.(M)	D. NO	X(M)	Y (M)	TOP. EN.(M)	BAS. YUK.(M)
408	26.25	1.0	29.986	28.986	**7249**	0.0	24	34.553	10.553
409	26.5	1.0	29.983	28.983	**7250**	0.25	24	34.553	10.553
410	26.75	1.0	29.98	28.98	**7251**	0.5	24	34.553	10.553
411	27	1.0	29.977	28.977	**7252**	0.75	24	34.553	10.553
412	27.25	1.0	29.974	28.974	**7253**	1.0	24	34.553	10.553
413	27.5	1.0	29.971	28.971	**7254**	1.25	24	34.553	10.553
481	44.5	1.0	29.831	28.831	**7255**	1.5	24	34.553	10.553
482	44.75	1.0	29.831	28.831	**7256**	1.75	24	34.553	10.553
483	45	1.0	29.83	28.83	**7257**	2.0	24	34.553	10.553
484	45.25	1.0	29.829	28.829	**7258**	2.25	24	34.553	10.553
485	45.5	1.0	29.828	28.828	**7259**	2.5	24	34.553	10.553
486	45.75	1.0	29.827	28.827	**7260**	2.75	24	34.552	10.552
487	46	1.0	29.827	28.827	**7261**	3.0	24	34.552	10.552
488	46.25	1.0	29.826	28.826	**7262**	3.025	24	34.552	10.552
489	46.5	1.0	29.825	28.825	**7263**	3.5	24	34.552	10.552
490	46.75	1.0	29.825	28.825	**7264**	3.75	24	34.551	10.551
491	47	1.0	29.824	28.824	**7265**	4.0	24	34.551	10.551
492	47.25	1.0	29.824	28.824	**7266**	4.25	24	34.551	10.551
493	47.5	1.0	29.823	28.823	**7267**	4.5	24	34.55	10.55
494	47.75	1.0	29.823	28.823	**7268**	4.75	24	34.55	10.55
495	48	1.0	29.823	28.823	**7269**	5.0	24	34.55	10.55
496	48.25	1.0	29.822	28.822	**7329**	20	24	33.511	9.511
497	48.5	1.0	29.822	28.822	**7330**	20.25	24	33.332	9.332
498	48.75	1.0	29.822	28.822	**7331**	20.5	24	33.077	9.077
499	49	1.0	29.822	28.822	**7332**	20.75	24	32.874	8.874
500	49.25	1.0	29.822	28.822	**7333**	21	24	32.669	8.669
501	49.5	1.0	29.821	28.821	**7334**	21.25	24	32.459	8.459
502	49.75	1.0	29.821	28.821	**7335**	21.5	24	32.256	8.256
503	50	1.0	29.821	28.821	**7336**	21.75	24	32.063	8.063
					7337	22	24	31.877	7.877
					7338	22.25	24	31.699	7.699
					7339	22.5	24	31.527	7.527
					7340	22.75	24	31.36	7.36
					7341	23	24	31.198	7.198
					7342	23.25	24	31.04	7.04
					7343	23.5	24	30.885	6.885

D. NO	X (M)	Y (M)	TOP. EN.(M)	BAS. YUK.(M)	D. NO	X (M)	Y (M)	TOP. EN.(M)	BAS. YUK.(M)
7344	23.75	24	30.734	6.734	**7440**	47.75	24	25.447	1.447
7345	24	24	30.584	6.584	**7441**	48	24	25.447	1.447
7346	24.25	24	30.437	6.437	**7442**	48.25	24	25.447	1.447
7347	24.5	24	30.29	6.29	**7443**	48.5	24	25.447	1.447
7348	24.75	24	30.145	6.145	**7444**	48.75	24	25.447	1.447
7349	25	24	30	6	**7445**	49	24	25.447	1.447
7350	25.25	24	29.855	5.855	**7446**	49.25	24	25.447	1.447
7351	25.5	24	29.71	5.71	**7447**	49.5	24	25.447	1.447
7352	25.75	24	29.563	5.563	**7448**	49.75	24	25.447	1.447
7353	26	24	29.416	5.416	**7449**	50	24	25.447	1.447
7354	26.25	24	29.266	5.266	**7450**	0	24.5	34.777	10.277
7355	26.5	24	29.115	5.115	**7451**	0.5	24.5	34.777	10.277
7356	26.75	24	28.96	4.96	**7452**	1	24.5	34.777	10.277
7357	27	24	28.802	4.802	**7453**	1.5	24.5	34.777	10.277
7358	27.25	24	28.64	4.64	**7454**	2	24.5	34.776	10.276
7359	27.5	24	28.473	4.473	**7455**	2.5	24.5	34.776	10.276
7360	27.75	24	28.301	4.301	**7456**	3	24.5	34.776	10.276
7361	28	24	28.123	4.123	**7457**	3.5	24.5	34.776	10.276
7362	28.25	24	27.937	3.937	**7458**	4	24.5	34.776	10.276
7363	28.5	24	27.744	3.744	**7459**	4.5	24.5	34.775	10.275
7364	28.75	24	27.541	3.541	**7460**	5	24.5	34.775	10.275
7365	29	24	27.331	3.331	**7490**	20	24.5	33.99	9.49
7366	29.25	24	27.126	3.126	**7491**	20.5	24.5	33.416	8.916
7367	29.5	24	26.923	2.923	**7492**	21	24.5	32.827	8.327
7368	29.75	24	26.668	2.668	**7493**	21.5	24.5	32.353	7.853
7369	30	24	26.489	2.489	**7494**	22	24.5	31.94	7.44
7429	45	24	25.45	1.45	**7495**	22.5	24.5	31.57	7.07
7430	45.25	24	25.45	1.45	**7496**	23	24.5	31.228	6.728
7431	45.5	24	25.45	1.45	**7497**	23.5	24.5	30.905	6.405
7432	45.75	24	25.449	1.449	**7500**	24	24.5	30.597	6.097
7433	46	24	25.449	1.449	**7501**	24.5	24.5	30.296	5.796
7434	46.25	24	25.449	1.449	**7502**	25	24.5	30	5.5
7435	46.5	24	25.448	1.448	**7503**	25.5	24.5	29.704	5.204
7436	46.75	24	25.448	1.448	**7504**	26	24.5	29.403	4.903
7437	47	24	25.448	1.448	**7505**	26.5	24.5	29.095	4.595
7438	47.25	24	25.448	1.448	**7506**	27	24.5	28.772	4.272
7439	47.5	24	25.447	1.447	**7507**	27.5	24.5	28.43	3.93

D. NO	X(M)	Y(M)	TOP. EN.(M)	BAS. YUK.(M)	D. NO	X(M)	Y(M)	TOP. EN.(M)	BAS. YUK.(M)
7508	29	24.5	27.173	2.673	**7571**	5	25	35	10
7509	29.5	24.5	26.584	2.084	**7631**	20	25	35	10
7510	30	24.5	26.01	1.51	**7632**	20.25	25	34.167	9.167
7540	45	24.5	25.225	0.725	**7633**	20.5	25	33.533	8.533
7541	45.5	24.5	25.225	0.725	**7634**	20.75	25	33.185	8.185
7542	46	24.5	25.224	0.724	**7635**	21	25	32.899	7.899
7543	46.5	24.5	25.224	0.724	**7636**	21.25	25	32.63	7.63
7544	47	24.5	25.224	0.724	**7637**	21.5	25	32.39	7.39
7545	47.5	24.5	25.224	0.724	**7638**	21.75	25	32.169	7.169
7546	48	24.5	25.224	0.724	**7639**	22	25	31.964	6.964
7547	48.5	24.5	25.223	0.723	**7640**	22.25	25	31.769	6.769
7548	49	24.5	25.223	0.723	**7641**	22.5	25	31.585	6.585
7549	49.5	24.5	25.223	0.723	**7642**	22.75	25	31.408	6.408
7550	50	24.5	25.223	0.723	**7643**	23	25	31.238	6.238
7551	0.0	25	35	10	**7644**	23.25	25	31.073	6.073
7552	0.25	25	35	10	**7645**	23.5	25	30.912	5.912
7553	0.5	25	35	10	**7646**	23.75	25	30.755	5.755
7554	0.75	25	35	10	**7647**	24	25	30.601	5.601
7555	1.0	25	35	10	**7648**	24.25	25	30.449	5.449
7556	1.25	25	35	10	**7649**	24.5	25	30.298	5.298
7557	1.5	25	35	10	**7650**	24.75	25	30.149	5.149
7558	1.75	25	35	10	**7651**	25	25	30	5
7559	2.0	25	35	10	**7652**	25.25	25	29.851	4.851
7560	2.25	25	35	10	**7653**	25.5	25	29.702	4.702
7561	2.5	25	35	10	**7654**	25.75	25	29.551	4.551
7562	2.75	25	35	10	**7655**	26	25	29.399	4.399
7563	3.0	25	35	10	**7656**	26.25	25	29.245	4.245
7564	3.25	25	35	10	**7657**	26.5	25	29.088	4.088
7565	3.5	25	35	10	**7658**	26.75	25	28.927	3.927
7566	3.75	25	35	10	**7659**	27	25	28.762	3.762
7567	4.0	25	35	10	**7660**	27.25	25	28.592	3.592
7568	4.25	25	35	10	**7661**	27.5	25	28.415	3.415
7569	4.5	25	35	10	**7662**	27.75	25	28.231	3.231
7570	4.75	25	35	10	**7663**	28	25	28.036	3.036

D. NO	X (M)	Y (M)	TOP. EN.(M)	BAS. YUK.(M)
7664	28.25	25	27.831	2.831
7665	28.5	25	27.61	2.61
7666	28.75	25	27.37	2.37
7667	29	25	27.101	2.101
7668	29.25	25	26.815	1.815
7669	29.5	25	26.467	1.467
7670	29.75	25	25.833	0.833
7671	30	25	25	0.000
7731	45	25	25	0.000
7732	45.25	25	25	0.000
7733	45.5	25	25	0.000
7734	45.75	25	25	0.000
7735	46	25	25	0.000
7736	46.25	25	25	0.000
7737	46.5	25	25	0.000
7738	46.75	25	25	0.000
7739	47	25	25	0.000
7740	47.25	25	25	0.000
7741	47.5	25	25	0.000
7742	47.75	25	25	0.000
7743	48	25	25	0.000
7744	48.25	25	25	0.000
7745	48.5	25	25	0.000
7746	48.75	25	25	0.000
7747	49	25	25	0.000
7748	49.25	25	25	0.000
7749	49.5	25	25	0.000
7750	49.75	25	25	0.000
7751	50	25	25	0.000

ELEMAN	DUGUM AKIMI							
2401	-3.72E-09	-1.49E-08	-3.72E-09	-4.62E-12	3.72E-09	1.49E-08	3.72E-09	-3.39E-21
2402	-3.72E-09	-1.49E-08	-3.73E-09	-9.28E-12	3.72E-09	1.49E-08	3.72E-09	4.62E-12
2403	-3.72E-09	-1.49E-08	-3.73E-09	-1.41E-11	3.72E-09	1.49E-08	3.72E-09	9.28E-12
2404	-3.72E-09	-1.49E-08	-3.73E-09	-1.90E-11	3.73E-09	1.49E-08	3.72E-09	1.41E-11
2405	-3.72E-09	-1.49E-08	-3.74E-09	-2.42E-11	3.73E-09	1.49E-08	3.73E-09	1.90E-11
2406	-3.72E-09	-1.49E-08	-3.75E-09	-2.98E-11	3.73E-09	1.49E-08	3.73E-09	2.42E-11
2407	-3.72E-09	-1.49E-08	-3.75E-09	-3.58E-11	3.74E-09	1.49E-08	3.73E-09	2.98E-11
2408	-3.72E-09	-1.49E-08	-3.76E-09	-4.23E-11	3.74E-09	1.50E-08	3.74E-09	3.58E-11
2409	-3.72E-09	-1.50E-08	-3.77E-09	-4.94E-11	3.75E-09	1.50E-08	3.74E-09	4.23E-11
2410	-3.72E-09	-1.50E-08	-3.78E-09	-5.72E-11	3.75E-09	1.50E-08	3.75E-09	4.94E-11
2411	-3.72E-09	-1.50E-08	-3.79E-09	-6.60E-11	3.76E-09	1.50E-08	3.75E-09	5.72E-11
2412	-3.73E-09	-1.51E-08	-3.81E-09	-7.58E-11	3.77E-09	1.51E-08	3.76E-09	6.60E-11
2413	-3.73E-09	-1.51E-08	-3.82E-09	-8.68E-11	3.78E-09	1.51E-08	3.77E-09	7.58E-11
2414	-3.73E-09	-1.51E-08	-3.84E-09	-9.93E-11	3.79E-09	1.51E-08	3.78E-09	8.68E-11
2415	-3.74E-09	-1.52E-08	-3.86E-09	-1.14E-10	3.81E-09	1.52E-08	3.79E-09	9.93E-11
2416	-3.75E-09	-1.52E-08	-3.88E-09	-1.30E-10	3.82E-09	1.53E-08	3.81E-09	1.14E-10
2417	-3.75E-09	-1.53E-08	-3.91E-09	-1.49E-10	3.84E-09	1.53E-08	3.82E-09	1.30E-10
2418	-3.76E-09	-1.54E-08	-3.94E-09	-1.70E-10	3.86E-09	1.54E-08	3.84E-09	1.49E-10
2419	-3.77E-09	-1.55E-08	-3.97E-09	-1.95E-10	3.88E-09	1.55E-08	3.86E-09	1.70E-10
2420	-3.78E-09	-1.55E-08	-4.01E-09	-2.25E-10	3.91E-09	1.56E-08	3.88E-09	1.95E-10
2421	-3.79E-09	-1.57E-08	-4.06E-09	-2.59E-10	3.94E-09	1.57E-08	3.91E-09	2.25E-10
2422	-3.80E-09	-1.58E-08	-4.11E-09	-3.00E-10	3.97E-09	1.58E-08	3.94E-09	2.59E-10
2423	-3.81E-09	-1.59E-08	-4.17E-09	-3.48E-10	4.01E-09	1.60E-08	3.97E-09	3.00E-10
2424	-3.83E-09	-1.61E-08	-4.25E-09	-4.05E-10	4.06E-09	1.61E-08	4.01E-09	3.48E-10
2425	-3.84E-09	-1.63E-08	-4.33E-09	-4.74E-10	4.12E-09	1.64E-08	4.06E-09	4.05E-10
2426	-3.86E-09	-1.65E-08	-4.43E-09	-5.57E-10	4.18E-09	1.66E-08	4.12E-09	4.74E-10
2427	-3.88E-09	-1.68E-08	-4.55E-09	-6.58E-10	4.26E-09	1.69E-08	4.18E-09	5.57E-10
2428	-3.90E-09	-1.71E-08	-4.70E-09	-7.83E-10	4.35E-09	1.72E-08	4.26E-09	6.58E-10
2429	-3.93E-09	-1.74E-08	-4.88E-09	-9.39E-10	4.45E-09	1.76E-08	4.35E-09	7.83E-10
2430	-3.95E-09	-1.79E-08	-5.09E-09	-1.14E-09	4.58E-09	1.81E-08	4.46E-09	9.39E-10
2431	-3.97E-09	-1.84E-08	-5.36E-09	-1.39E-09	4.74E-09	1.87E-08	4.59E-09	1.14E-09
2432	-3.99E-09	-1.90E-08	-5.70E-09	-1.73E-09	4.94E-09	1.94E-08	4.75E-09	1.39E-09
2433	-4.00E-09	-1.98E-08	-6.13E-09	-2.19E-09	5.18E-09	2.03E-08	4.95E-09	1.73E-09
2434	-3.99E-09	-2.07E-08	-6.70E-09	-2.84E-09	5.50E-09	2.14E-08	5.20E-09	2.19E-09
2435	-3.94E-09	-2.19E-08	-7.47E-09	-3.80E-09	5.92E-09	2.28E-08	5.53E-09	2.84E-09
2436	-3.82E-09	-2.34E-08	-8.57E-09	-5.31E-09	6.49E-09	2.48E-08	5.98E-09	3.80E-09
2437	-3.53E-09	-2.53E-08	-1.02E-08	-7.89E-09	7.33E-09	2.76E-08	6.62E-09	5.31E-09
2438	-2.82E-09	-2.76E-08	-1.27E-08	-1.29E-08	8.70E-09	3.18E-08	7.66E-09	7.89E-09
2439	-9.02E-10	-3.04E-08	-1.69E-08	-2.43E-08	1.13E-08	3.86E-08	9.71E-09	1.29E-08
2440	6.15E-09	-3.38E-08	-1.68E-08	-6.78E-08	2.02E-08	4.91E-08	1.86E-08	2.43E-08

***** SIZMA DEBISI= 0.1130660E-05 M^3/S.M *****

EK K

Dolgu Baraj Gövde ve Temelimnde Sızma Analizi

Sızma bölgesi içerisindeki eleman sayısı, düğüm sayısı ve koordinatları ve belirli noktalardaki hidrolik yük (top. en. yük), basınç yükü (bas. yuk) ve elemanlarda düğüm akım değerleri sunulmuştur.

TOPLAM ELEMAN SAYISI = 1344
TOPLAM DUGUM SAYISI = 4265

Zon bilgileri

ZON	KX(M/S)	KY(M/S)	BETA
1	1.00E-08	1.00E-08	0
2	1.00E-05	1.00E-05	0

BANT GENISLIGI 305

ELEMAN DUĞUM NUMARALARI								
ELEMAN	**N1**	**N2**	**N3**	**N4**	**N5**	**N6**	**N7**	**N8**
1101	3323	3324	3325	3525	3627	3626	3625	3524
1102	3325	3326	3327	3526	3629	3628	3627	3525
1103	3327	3328	3329	3527	3631	3630	3629	3526
1104	3329	3330	3331	3528	3633	3632	3631	3527
1105	3331	3332	3333	3529	3635	3634	3633	3528
1106	3333	3334	3335	3530	3637	3636	3635	3529
1107	3335	3336	3337	3531	3639	3638	3637	3530
1108	3337	3338	3339	3532	3641	3640	3639	3531
1109	3339	3340	3341	3533	3643	3642	3641	3532
1110	3341	3342	3343	3534	3645	3644	3643	3533
1131	3383	3384	3385	3555	3687	3686	3685	3554
1132	3385	3386	3387	3556	3689	3688	3687	3555
1133	3387	3388	3389	3557	3691	3690	3689	3556
1134	3389	3390	3391	3558	3693	3692	3691	3557
1135	3391	3392	3393	3559	3695	3694	3693	3558
1136	3393	3394	3395	3560	3697	3696	3695	3559
1137	3395	3396	3397	3561	3699	3698	3697	3560
1138	3397	3398	3399	3562	3701	3700	3699	3561
1139	3399	3400	3401	3563	3703	3702	3701	3562
1140	3401	3402	3403	3564	3705	3704	3703	3563
1141	3403	3404	3405	3565	3707	3706	3705	3564
1142	3405	3406	3407	3566	3709	3708	3707	3565
1143	3407	3408	3409	3567	3711	3710	3709	3566
1144	3409	3410	3411	3568	3713	3712	3711	3567
1145	3411	3412	3413	3569	3715	3714	3713	3568
1146	3413	3414	3415	3570	3717	3716	3715	3569
1147	3415	3416	3417	3571	3719	3718	3717	3570
1148	3417	3418	3419	3572	3721	3720	3719	3571
1149	3419	3420	3421	3573	3723	3722	3721	3572
1150	3421	3422	3423	3574	3725	3724	3723	3573
1151	3423	3424	3425	3575	3727	3726	3725	3574
1152	3425	3426	3427	3576	3729	3728	3727	3575
1153	3427	3428	3429	3577	3731	3730	3729	3576

ELEMAN DUĞUM NUMARALARI								
ELEMAN	**N1**	**N2**	**N3**	**N4**	**N5**	**N6**	**N7**	**N8**
1154	3429	3430	3431	3578	3733	3732	3731	3577
1155	3431	3432	3433	3579	3735	3734	3733	3578
1156	3433	3434	3435	3580	3737	3736	3735	3579
1157	3435	3436	3437	3581	3739	3738	3737	3580
1158	3437	3438	3439	3582	3741	3740	3739	3581
1159	3439	3440	3441	3583	3743	3742	3741	3582
1160	3441	3442	3443	3584	3745	3744	3743	3583
1161	3443	3444	3445	3585	3747	3746	3745	3584
1162	3445	3446	3447	3586	3749	3748	3747	3585
1163	3447	3448	3449	3587	3751	3750	3749	3586
1164	3449	3450	3451	3588	3753	3752	3751	3587
1165	3451	3452	3453	3589	3755	3754	3753	3588
1166	3453	3454	3455	3590	3757	3756	3755	3589
1167	3455	3456	3457	3591	3759	3758	3757	3590
1191	3503	3504	3505	3615	3807	3806	3805	3614
1192	3505	3506	3507	3616	3809	3808	3807	3615
1193	3507	3508	3509	3617	3811	3810	3809	3616
1194	3509	3510	3511	3618	3813	3812	3811	3617
1195	3511	3512	3513	3619	3815	3814	3813	3618
1196	3513	3514	3515	3620	3817	3816	3815	3619
1197	3515	3516	3517	3621	3819	3818	3817	3620
1198	3517	3518	3519	3622	3821	3820	3819	3621
1199	3519	3520	3521	3623	3823	3822	3821	3622
1200	3521	3522	3523	3624	3825	3824	3823	3623
1201	3687	3688	3689	3827	3865	3864	3863	3826
1202	3689	3690	3691	3828	3867	3866	3865	3827
1203	3691	3692	3693	3829	3869	3868	3867	3828
1204	3693	3694	3695	3830	3871	3870	3869	3829
1205	3695	3696	3697	3831	3873	3872	3871	3830
1206	3697	3698	3699	3832	3875	3874	3873	3831
1207	3699	3700	3701	3833	3877	3876	3875	3832
1208	3701	3702	3703	3834	3879	3878	3877	3833
1209	3703	3704	3705	3835	3881	3880	3879	3834

ELEMAN DUĞUM NUMARALARI								
ELEMAN	**N1**	**N2**	**N3**	**N4**	**N5**	**N6**	**N7**	**N8**
1210	3705	3706	3707	3836	3883	3882	3881	3835
1211	3707	3708	3709	3837	3885	3884	3883	3836
1212	3709	3710	3711	3838	3887	3886	3885	3837
1213	3711	3712	3713	3839	3889	3888	3887	3838
1214	3713	3714	3715	3840	3891	3890	3889	3839
1215	3715	3716	3717	3841	3893	3892	3891	3840
1216	3717	3718	3719	3842	3895	3894	3893	3841
1217	3719	3720	3721	3843	3897	3896	3895	3842
1218	3721	3722	3723	3844	3899	3898	3897	3843
1219	3723	3724	3725	3845	3901	3900	3899	3844
1220	3725	3726	3727	3846	3903	3902	3901	3845
1221	3727	3728	3729	3847	3905	3904	3903	3846
1222	3729	3730	3731	3848	3907	3906	3905	3847
1223	3731	3732	3733	3849	3909	3908	3907	3848
1224	3733	3734	3735	3850	3911	3910	3909	3849
1225	3735	3736	3737	3851	3913	3912	3911	3850
1226	3737	3738	3739	3852	3915	3914	3913	3851
1227	3739	3740	3741	3853	3917	3916	3915	3852
1228	3741	3742	3743	3854	3919	3918	3917	3853
1229	3743	3744	3745	3855	3921	3920	3919	3854
1230	3745	3746	3747	3856	3923	3922	3921	3855
1231	3747	3748	3749	3857	3925	3924	3923	3856
1232	3749	3750	3751	3858	3927	3926	3925	3857
1233	3751	3752	3753	3859	3929	3928	3927	3858
1234	3753	3754	3755	3860	3931	3930	3929	3859
1235	3755	3756	3757	3861	3933	3932	3931	3860
1236	3757	3758	3759	3862	3935	3934	3933	3861
1237	3863	3864	3865	3937	3975	3974	3973	3936
1272	3933	3934	3935	3972	4045	4044	4043	3971
1273	3973	3974	3975	4047	4085	4084	4083	4046
1308	4043	4044	4045	4082	4155	4154	4153	4081
1309	4083	4084	4085	4157	4195	4194	4193	4156
1344	4153	4154	4155	4192	4265	4264	4263	4191

******* DUGUM DEGERLERI *******

D. NO	X (M)	Y (M)	TOP .EN.(M)	BAS. YUK.(M)	D. NO	X (M)	Y (M)	TOP. EN.(M)	BAS. YUK.(M)
3323	0.0	11	16.999	5.999	**3396**	36.5	11	16.936	5.936
3324	0.5	11	16.999	5.999	**3397**	37	11	16.928	5.928
3325	1.0	11	16.999	5.999	**3398**	37.5	11	16.919	5.919
3326	1.5	11	16.999	5.999	**3399**	38	11	16.908	5.908
3327	2.0	11	16.999	5.999	**3400**	38.5	11	16.896	5.896
3328	2.5	11	16.999	5.999	**3401**	39	11	16.882	5.882
3329	3.0	11	16.999	5.999	**3402**	39.5	11	16.866	5.866
3330	3.5	11	16.999	5.999	**3403**	40	11	16.847	5.847
3331	4.0	11	16.999	5.999	**3404**	40.5	11	16.827	5.827
3332	4.5	11	16.999	5.999	**3405**	41	11	16.803	5.803
3333	5.0	11	16.999	5.999	**3406**	41.5	11	16.777	5.777
3334	5.5	11	16.999	5.999	**3407**	42	11	16.748	5.748
3335	6.0	11	16.999	5.999	**3408**	42.5	11	16.715	5.715
3336	6.5	11	16.998	5.998	**3409**	43	11	16.68	5.68
3337	7.0	11	16.998	5.998	**3410**	43.5	11	16.642	5.642
3338	7.5	11	16.998	5.998	**3411**	44	11	16.601	5.601
3339	8.0	11	16.998	5.998	**3412**	44.5	11	16.557	5.557
3340	8.5	11	16.998	5.998	**3413**	45	11	16.511	5.511
3341	9.0	11	16.998	5.998	**3414**	45.5	11	16.462	5.462
3342	9.5	11	16.998	5.998	**3415**	46	11	16.411	5.411
3343	10.0	11	16.998	5.998	**3416**	46.5	11	16.358	5.358
3383	30.0	11	16.979	5.979	**3417**	47	11	16.303	5.303
3384	30.5	11	16.977	5.977	**3418**	47.5	11	16.246	5.246
3385	31.0	11	16.975	5.975	**3419**	48	11	16.187	5.187
3386	31.5	11	16.974	5.974	**3420**	48.5	11	16.128	5.128
3387	32.0	11	16.972	5.972	**3421**	49	11	16.066	5.066
3388	32.5	11	16.969	5.969	**3422**	49.5	11	16.003	5.003
3389	33.0	11	16.967	5.967	**3423**	50	11	15.939	4.939
3390	33.5	11	16.964	5.964	**3424**	50.5	11	15.873	4.873
3391	34.0	11	16.961	5.961	**3425**	51	11	15.806	4.806
3392	34.5	11	16.957	5.957	**3426**	51.5	11	15.738	4.738
3393	35.0	11	16.953	5.953	**3427**	52	11	15.668	4.668
3394	35.5	11	16.948	5.948	**3428**	52.5	11	15.597	4.597
3395	36.0	11	16.942	5.942	**3429**	53	11	15.524	4.524

D. NO	X (M)	Y (M)	TOP. EN.(M)	BAS. YUK.(M)	D. NO	X(M)	Y(M)	TOP. EN.(M)	BAS. YUK.(M)
3430	53.5	11	15.45	4.45	**3511**	94	11	12.006	1.006
3431	54	11	15.374	4.374	**3512**	94.5	11	12.005	1.005
3432	54.5	11	15.296	4.296	**3513**	95	11	12.005	1.005
3433	55	11	15.216	4.216	**3514**	95.5	11	12.005	1.005
3434	55.5	11	15.134	4.134	**3515**	96	11	12.005	1.005
3435	56	11	15.05	4.05	**3516**	96.5	11	12.005	1.005
3436	56.5	11	14.964	3.964	**3517**	97	11	12.005	1.005
3437	57	11	14.876	3.876	**3518**	97.5	11	12.004	1.004
3438	57.5	11	14.785	3.785	**3519**	98	11	12.004	1.004
3439	58	11	14.691	3.691	**3520**	98.5	11	12.004	1.004
3440	58.5	11	14.594	3.594	**3521**	99	11	12.004	1.004
3441	59	11	14.493	3.493	**3522**	99.5	11	12.004	1.004
3442	59.5	11	14.389	3.389	**3523**	100	11	12.004	1.004
3443	60	11	14.281	3.281	**3524**	0.0	11.5	16.999	5.499
3444	60.5	11	14.168	3.168	**3525**	1.0	11.5	16.999	5.499
3445	61	11	14.05	3.05	**3526**	2.0	11.5	16.999	5.499
3446	61.5	11	13.927	2.927	**3527**	3.0	11.5	16.999	5.499
3447	62	11	13.798	2.798	**3528**	4.0	11.5	16.999	5.499
3448	62.5	11	13.662	2.662	**3529**	5.0	11.5	16.999	5.499
3449	63	11	13.521	2.521	**3530**	6.0	11.5	16.999	5.499
3450	63.5	11	13.374	2.374	**3531**	7.0	11.5	16.999	5.499
3451	64	11	13.223	2.223	**3532**	8.0	11.5	16.999	5.499
3452	64.5	11	13.068	2.068	**3533**	9.0	11.5	16.999	5.499
3453	65	11	12.914	1.914	**3534**	10	11.5	16.999	5.499
3454	65.5	11	12.762	1.762	**3555**	31	11.5	16.988	5.488
3455	66	11	12.619	1.619	**3556**	32	11.5	16.986	5.486
3456	66.5	11	12.485	1.485	**3557**	33	11.5	16.983	5.483
3457	67	11	12.383	1.383	**3558**	34	11.5	16.98	5.48
3505	91	11	12.008	1.008	**3559**	35	11.5	16.975	5.475
3506	91.5	11	12.007	1.007	**3560**	36	11.5	16.967	5.467
3507	92	11	12.007	1.007	**3561**	37	11.5	16.956	5.456
3508	92.5	11	12.007	1.007	**3562**	38	11.5	16.94	5.44
3509	93	11	12.006	1.006	**3563**	39	11.5	16.917	5.417
3510	93.5	11	12.006	1.006	**3564**	40	11.5	16.886	5.386

D. NO	X (M)	Y (M)	TOP. EN.(M)	BAS. YUK.(M)	D. NO	X (M)	Y (M)	TOP. EN.(M)	BAS. YUK.(M)
3565	41	11.5	16.844	5.344	**3621**	97	11.5	12.002	0.502
3566	42	11.5	16.791	5.291	**3622**	98	11.5	12.002	0.502
3567	43	11.5	16.724	5.224	**3623**	99	11.5	12.002	0.502
3568	44	11.5	16.644	5.144	**3624**	100	11.5	12.002	0.502
3569	45	11.5	16.552	5.052	**3625**	0.0	12	17	5.000
3570	46	11.5	16.451	4.951	**3626**	0.5	12	17	5.000
3571	47	11.5	16.34	4.84	**3627**	1.0	12	17	5.000
3572	48	11.5	16.224	4.724	**3628**	1.5	12	17	5.000
3573	49	11.5	16.101	4.601	**3629**	2.0	12	17	5.000
3574	50	11.5	15.973	4.473	**3630**	2.5	12	17	5.000
3575	51	11.5	15.839	4.339	**3631**	3.0	12	17	5.000
3576	52	11.5	15.701	4.201	**3632**	3.5	12	17	5.000
3577	53	11.5	15.556	4.056	**3633**	4.0	12	17	5.000
3578	54	11.5	15.406	3.906	**3634**	4.5	12	17	5.000
3579	55	11.5	15.248	3.748	**3635**	5.0	12	17	5.000
3580	56	11.5	15.082	3.582	**3636**	5.5	12	17	5.000
3581	57	11.5	14.908	3.408	**3637**	6.0	12	17	5.000
3582	58	11.5	14.722	3.222	**3638**	6.5	12	17	5.000
3583	59	11.5	14.523	3.023	**3639**	7.0	12	17	5.000
3584	60	11.5	14.309	2.809	**3640**	7.5	12	17	5.000
3585	61	11.5	14.074	2.574	**3641**	8.0	12	17	5.000
3586	62	11.5	13.813	2.313	**3642**	8.5	12	17	5.000
3587	63	11.5	13.521	2.021	**3643**	9.0	12	17	5.000
3588	64	11.5	13.198	1.698	**3644**	9.5	12	17	5.000
3569	65	11.5	12.855	1.355	**3645**	10.0	12	17	5.000
3590	66	11.5	12.511	1.011	**3685**	30.0	12	17	5.000
3591	67	11.5	12.228	0.728	**3686**	30.5	12	17	5.000
3614	90	11.5	12.004	0.504	**3687**	31.0	12	17	5.000
3615	91	11.5	12.004	0.504	**3688**	31.5	12	17	5.000
3616	92	11.5	12.003	0.503	**3689**	32.0	12	17	5.000
3617	93	11.5	12.003	0.503	**3690**	32.5	12	17	5.000
3618	94	11.5	12.003	0.503	**3691**	33.0	12	17	5.000
3619	95	11.5	12.003	0.503	**3692**	33.5	12	16.999	4.999
3620	96	11.5	12.002	0.502	**3693**	34.0	12	16.999	4.999

D. NO	X (M)	Y (M)	TOP. EN.(M)	BAS. YUK.(M)	D. NO	X(M)	Y(M)	TOP. EN.(M)	BAS. YUK.(M)
3694	34.5	12	16.998	4.998	**3728**	51.5	12	15.805	3.805
3695	35	12	16.997	4.997	**3729**	52	12	15.735	3.735
3696	35.5	12	16.996	4.996	**3730**	52.5	12	15.663	3.663
3697	36	12	16.993	4.993	**3731**	53	12	15.59	3.59
3698	36.5	12	16.99	4.99	**3732**	53.5	12	15.516	3.516
3699	37	12	16.986	4.986	**3733**	54	12	15.44	3.44
3700	37.5	12	16.98	4.98	**3734**	54.5	12	15.362	3.362
3701	38	12	16.974	4.974	**3735**	55	12	15.282	3.282
3702	38.5	12	16.965	4.965	**3736**	55.5	12	15.201	3.201
3703	39	12	16.955	4.955	**3737**	56	12	15.117	3.117
3704	39.5	12	16.942	4.942	**3738**	56.5	12	15.031	3.031
3705	40	12	16.927	4.927	**3739**	57	12	14.942	2.942
3706	40.5	12	16.91	4.91	**3740**	57.5	12	14.851	2.851
3707	41	12	16.889	4.889	**3741**	58	12	14.756	2.756
3708	41.5	12	16.865	4.865	**3742**	58.5	12	14.659	2.659
3709	42	12	16.837	4.837	**3743**	59	12	14.557	2.557
3710	42.5	12	16.805	4.805	**3744**	59.5	12	14.452	2.452
3711	43	12	16.77	4.77	**3745**	60	12	14.341	2.341
3712	43.5	12	16.732	4.732	**3746**	60.5	12	14.226	2.226
3713	44	12	16.69	4.69	**3747**	61	12	14.104	2.104
3714	44.5	12	16.644	4.644	**3748**	61.5	12	13.975	1.975
3715	45	12	16.596	4.596	**3749**	62	12	13.837	1.837
3716	45.5	12	16.545	4.545	**3750**	62.5	12	13.689	1.689
3717	46	12	16.492	4.492	**3751**	63	12	13.529	1.529
3718	46.5	12	16.437	4.437	**3752**	63.5	12	13.358	1.358
3719	47	12	16.38	4.38	**3753**	64	12	13.178	1.178
3720	47.5	12	16.321	4.321	**3754**	64.5	12	12.99	0.99
3721	48	12	16.261	4.261	**3755**	65	12	12.796	0.796
3722	48.5	12	16.2	4.2	**3756**	65.5	12	12.599	0.599
3723	49	12	16.137	4.137	**3757**	66	12	12.4	0.400
3724	49.5	12	16.073	4.073	**3758**	66.5	12	12.2	0.200
3725	50	12	16.008	4.008	**3759**	67	12	12	0.000
3726	95	11.5	12.003	0.503	**3805**	90	12	12	0.000
3727	96	11.5	12.002	0.502	**3806**	90.5	12	12	0.000

D. NO	X(M)	Y(M)	TOP. EN.(M)	BAS. YUK.(M)	D. NO	X(M)	Y(M)	TOP. EN.(M)	BAS. YUK.(M)
3807	91	12	12	0.000	**3841**	46.807	12.406	16.403	3.996
3808	91.5	12	12	0.000	**3842**	47.757	12.392	16.291	3.899
3809	92	12	12	0.000	**3843**	48.707	12.377	16.174	3.797
3810	92.5	12	12	0.000	**3844**	49.656	12.362	16.053	3.69
3811	93	12	12	0.000	**3845**	50.606	12.348	15.927	3.58
3812	93.5	12	12	0.000	**3846**	51.556	12.333	15.797	3.464
3813	94	12	12	0.000	**3847**	52.505	12.319	15.663	3.344
3814	94.5	12	12	0.000	**3848**	53.455	12.304	15.523	3.219
3815	95	12	12	0.000	**3849**	54.405	12.29	15.377	3.088
3816	95.5	12	12	0.000	**3850**	55.354	12.275	15.225	2.95
3817	96	12	12	0.000	**3851**	56.304	12.26	15.065	2.805
3818	96.5	12	12	0.000	**3852**	57.253	12.246	14.896	2.651
3819	97	12	12	0.000	**3853**	58.203	12.231	14.717	2.486
3820	97.5	12	12	0.000	**3854**	59.153	12.217	14.526	2.309
3821	98	12	12	0.000	**3855**	60.102	12.202	14.319	2.117
3822	98.5	12	12	0.000	**3856**	61.052	12.187	14.091	1.904
3823	99	12	12	0.000	**3857**	62.002	12.173	13.837	1.664
3824	99.5	12	12	0.000	**3858**	62.951	12.158	13.546	1.387
3825	100	12	12	0.000	**3859**	63.901	12.144	13.215	1.071
3826	32.562	12.625	17	4.375	**3860**	64.851	12.129	12.854	0.725
3827	33.512	12.61	17	4.389	**3861**	65.8	12.115	12.479	0.365
3828	34.462	12.596	16.999	4.403	**3862**	66.75	12.1	12.1	0.000
3829	35.411	12.581	16.996	4.415	**3863**	34.125	13.25	17	3.75
3830	36.361	12.567	16.992	4.425	**3864**	34.575	13.235	17	3.764
3831	37.311	12.552	16.984	4.432	**3865**	35.024	13.221	16.999	3.778
3832	38.26	12.537	16.971	4.433	**3866**	35.474	13.206	16.998	3.792
3833	39.21	12.523	16.951	4.428	**3867**	35.924	13.192	16.996	3.804
3834	40.16	12.508	16.924	4.415	**3868**	36.373	13.177	16.994	3.817
3835	41.109	12.494	16.885	4.392	**3869**	36.823	13.162	16.991	3.828
3836	42.059	12.479	16.835	4.356	**3870**	37.273	13.148	16.987	3.839
3837	43.009	12.465	16.771	4.307	**3871**	37.722	13.133	16.982	3.848
3838	43.958	12.45	16.695	4.245	**3872**	38.172	13.119	16.975	3.857
3839	44.908	12.435	16.606	4.171	**3873**	38.622	13.104	16.968	3.864
3840	45.858	12.421	16.508	4.088	**3874**	39.071	13.09	16.959	3.869

D. NO	X(M)	Y(M)	TOP. EN.(M)	BAS. YUK.(M)	D. NO	X(M)	Y(M)	TOP. EN.(M)	BAS. YUK.(M)
3875	39.521	13.075	16.948	3.873	**3911**	55.708	12.55	15.167	2.617
3876	39.97	13.06	16.935	3.874	**3912**	56.158	12.535	15.091	2.556
3877	40.42	13.046	16.919	3.873	**3913**	56.608	12.521	15.013	2.492
3878	40.87	13.031	16.902	3.87	**3914**	57.057	12.506	14.933	2.427
3879	41.319	13.017	16.881	3.864	**3915**	57.507	12.492	14.851	2.359
3880	41.769	13.002	16.858	3.855	**3916**	57.957	12.477	14.766	2.289
3881	42.219	12.987	16.831	3.843	**3917**	58.406	12.462	14.679	2.216
3882	42.668	12.973	16.801	3.828	**3918**	58.856	12.448	14.589	2.141
3883	43.118	12.958	16.768	3.81	**3919**	59.306	12.433	14.495	2.062
3884	43.568	12.944	16.733	3.789	**3920**	59.755	12.419	14.398	1.979
3885	44.017	12.929	16.694	3.765	**3921**	60.205	12.404	14.297	1.893
3886	44.467	12.915	16.653	3.738	**3922**	60.655	12.39	14.191	1.801
3887	44.917	12.9	16.609	3.709	**3923**	61.104	12.375	14.08	1.705
3888	45.366	12.885	16.563	3.678	**3924**	61.554	12.36	13.963	1.602
3889	45.816	12.871	16.515	3.645	**3925**	62.004	12.346	13.838	1.492
3890	46.266	12.856	16.466	3.61	**3926**	62.453	12.331	13.705	1.374
3891	46.715	12.842	16.415	3.573	**3927**	62.903	12.317	13.563	1.247
3892	47.165	12.827	16.363	3.536	**3928**	63.352	12.302	13.412	1.11
3893	47.615	12.812	16.309	3.497	**3929**	63.802	12.287	13.252	0.964
3894	48.064	12.798	16.255	3.457	**3930**	64.252	12.273	13.085	0.812
3895	48.514	12.783	16.199	3.416	**3931**	64.701	12.258	12.913	0.654
3896	48.964	12.769	16.143	3.374	**3932**	65.151	12.244	12.737	0.493
3897	49.413	12.754	16.085	3.331	**3933**	65.601	12.229	12.559	0.33
3898	49.863	12.74	16.027	3.287	**3934**	66.05	12.215	12.38	0.165
3899	50.313	12.725	15.968	3.243	**3935**	66.5	12.2	12.2	0.000
3900	50.762	12.71	15.907	3.197	**3936**	35.688	13.875	17	3.125
3901	51.212	12.696	15.846	3.15	**3937**	36.536	13.831	16.997	3.166
3902	51.661	12.681	15.784	3.102	**3971**	65.401	12.344	12.639	0.295
3903	52.111	12.667	15.72	3.054	**3972**	66.25	12.3	12.3	0.000
3904	52.561	12.652	15.656	3.004	**3973**	37.25	14.5	17	2.5
3907	53.01	12.637	15.59	2.952	**3974**	37.649	14.471	16.997	2.526
3908	53.46	12.623	15.523	2.9	**3975**	38.049	14.442	16.993	2.551
3909	53.91	12.608	15.455	2.847	**4043**	65.202	12.458	12.718	0.26
3910	54.359	12.594	15.385	2.792	**4044**	65.601	12.429	12.559	0.13

D. NO	X(M)	Y(M)	TOP. EN.(M)	BAS. YUK.(M)
4045	66	12.4	12.4	0.000
4046	38.812	15.125	17	1.875
4047	39.561	15.052	16.988	1.936
4081	65.002	12.573	12.797	0.224
4082	65.75	12.5	12.5	0.000
4083	40.375	15.75	17	1.25
4084	40.724	15.706	16.989	1.282
4153	64.802	12.688	12.876	0.189
4154	65.151	12.644	12.739	0.096
4155	65.5	12.6	12.6	0.000
4156	41.938	16.375	17	0.625
4157	42.585	16.273	16.967	0.694
4191	64.602	12.802	12.957	0.155
4192	65.25	12.7	12.7	0.000
4263	64.403	13.039	13.039	0.000
4264	64.701	12.919	12.919	0.000
4265	65	12.8	12.803	0.000

ELEMAN	DUGUM AKIMI							
1201	9.76E-10	-3.16E-09	1.19E-09	-2.14E-08	-1.11E-08	1.08E-08	1.22E-08	1.04E-08
1237	5.19E-09	-1.46E-08	-1.61E-08	-1.95E-07	-7.41E-08	6.71E-08	9.46E-08	1.33E-07
1273	5.22E-08	-6.95E-08	-1.13E-07	-8.00E-07	-2.87E-07	2.11E-07	3.75E-07	6.33E-07
1309	2.09E-07	-2.14E-07	-2.65E-07	-2.46E-06	-1.11E-06	-2.34E-09	2.03E-06	1.81E-06
63	2.53E-10	3.12E-14	-2.47E-10	-9.91E-10	-2.55E-10	-2.15E-11	2.49E-10	1.01E-09
163	2.58E-10	2.15E-11	-2.42E-10	-9.99E-10	-2.65E-10	-4.29E-11	2.48E-10	1.02E-09
263	2.65E-10	4.27E-11	-2.39E-10	-1.02E-09	-2.77E-10	-6.38E-11	2.50E-10	1.04E-09
363	2.75E-10	6.40E-11	-2.38E-10	-1.05E-09	-2.92E-10	-8.46E-11	2.54E-10	1.07E-09
463	2.87E-10	8.44E-11	-2.40E-10	-1.09E-09	-3.10E-10	-1.04E-10	2.63E-10	1.10E-09
563	3.01E-10	1.03E-10	-2.45E-10	-1.14E-09	-3.32E-10	-1.20E-10	2.75E-10	1.16E-09
663	3.18E-10	1.19E-10	-2.54E-10	-1.21E-09	-3.58E-10	-1.30E-10	2.94E-10	1.22E-09
763	3.36E-10	1.30E-10	-2.70E-10	-1.31E-09	-3.88E-10	-1.29E-10	3.21E-10	1.31E-09
863	3.57E-10	1.29E-10	-2.94E-10	-1.43E-09	-4.22E-10	-1.08E-10	3.59E-10	1.41E-09
963	3.77E-10	1.08E-10	-3.31E-10	-1.60E-09	-4.58E-10	-5.14E-11	4.11E-10	1.54E-09
1063	3.94E-10	5.06E-11	-3.87E-10	-1.80E-09	-4.90E-10	6.76E-11	4.82E-10	1.69E-09
1163	3.99E-10	-6.83E-11	-4.72E-10	-2.06E-09	-5.05E-10	2.97E-10	5.71E-10	1.84E-09

***** SIZMA DEBISI= 5.39E-06 M^3/S.M *****